

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SIVILAŞMAYA KARŞI JET GROUT YÖNTEMİ İLE ZEMİN
İYİLEŞTİRİLMESİ: SAMSUN-TEKKEKÖY ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda ÖZTÜRK

HAZİRAN 2016
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SIVILAŞMAYA KARŞI JET GROUT YÖNTEMİ İLE ZEMİN
İYİLEŞTİRİLMESİ: SAMSUN-TEKKEKÖY ÖRNEĞİ**

Seda ÖZTÜRK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29.04.2016
Tezin Savunma Tarihi : 14.06.2016**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. S. Banu İKİZLER

Trabzon 2016

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Seda ÖZTÜRK Tarafından Hazırlanan**

**SIVILAŞMAYA KARŞI JET GROUT YÖNTEMİ İLE ZEMİN
İYİLEŞTİRİLMESİ: SAMSUN-TEKKEKÖY ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10.052016 gün ve 1652sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. S. Banu İKİZLER


.....

Üye : Doç. Dr. Erol ŞADOĞLU


.....

Üye : Doç. Dr. Tufan ÇAKIR


.....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Samsun ili Tekkeköy ilçesinde bulunan bir inceleme alanının Standart Penetrasyon Deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve muhtemel sıvılaşma riskine karşı direnci arttırmak amacıyla jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme uygulamasının yapıldığı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisans, yüksek lisans ve bu tez çalışması boyunca her konuda bana ışık tutan, beni Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği ile tanıştıran çok değerli danışman hocam Doç. Dr. S. Banu İKİZLER'e;

Yüksek lisans derslerim ve çalışmamın hazırlanma safhasında geoteknik konularda her ihtiyacım olduğunda değerli fikirlerini sunan, farklı düşünmemi sağlayan ve yönlendiren Sayın Doç. Dr. Erol ŞADOĞLU'na;

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını ve sabırlarını esirgemeyen, mesleki anlamda sıkıntılı olabilecek durumlarda bana her zaman yol gösteren Sayın Yrd. Doç. Dr. Ümit ÇALIK ve İnş. Müh. Tuğrul SADIKLAR'a;

Şahsıma göstermiş oldukları hoşgöründen ve tez çalışmam kapsamında kullandığım verilerin derlenmesinde buldukları katkıdan dolayı Geocon Zemin Uzmanları Mühendislik Ltd. Şti. Genel Müdürü Sayın İnş. Yük. Müh. Ozan DADAŞBİLGE ve firmadaki diğer tüm çalışanlara;

Bilgi ve kaynaklarını benimle paylaşan Sayın Arş. Gör. Ahmet KUVAT'a;

Hayatım boyunca bana olan inanç ve destekleri ile beni motive ederek her daim yanımda olan başta canım annem Fatma ÖZTÜRK ve babam Yılmaz ÖZTÜRK olmak üzere ailemin her bir ferdine;

En içten duygularıyla teşekkür eder, saygılar sunarım.

Seda ÖZTÜRK
Trabzon, 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sıvılaşmaya Karşı Jet Grout Yöntemi ile Zemin İyileştirilmesi: Samsun-Tekkeköy Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. S. Banu İKİZLER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2016

Seda ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Özeti.....	3
1.4. Deprem	15
1.4.1. Türkiye'nin Depremselliği.....	17
1.4.2. Depremlerin Sebep Olduğu Zemin Problemleri.....	18
1.5. Zeminlerde Sıvılaşma	19
1.5.1. Sıvılaşmanın Tanımı ve Mekanizması.....	19
1.5.2. Sıvılaşma Türleri	22
1.5.2.1. Akma Sıvılaşması	22
1.5.2.2. Çevrimsel Hareketlilik (Mobilite)	23
1.5.3. Sıvılaşma Kökenli Hasar Türleri	24
1.5.4. Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler	29
1.5.4.1. Sismik Aktiviteye Bağlı Faktörler	29
1.5.4.1.1. Depremin Büyüklüğü (Moment Magnitüdü).....	29
1.5.4.1.2. Depremin Süresi	30
1.5.4.2. Zemin Özelliklerine Bağlı Faktörler.....	30
1.5.4.2.1. Zeminin Türü	30
1.5.4.2.2. Dane Şekli ve Dağılımı.....	32
1.5.4.2.3. Zeminin Rölatif Sıklığı.....	33
1.5.4.3. Jeolojik Koşullara Bağlı Faktörler.....	34
1.5.4.3.1. Zeminin Jeolojik Yaşı ve Çimentolanma	34

1.5.4.3.2.	Yeraltı Suyu Seviyesi	35
1.5.4.3.3.	Sıvılaştırılabilir Tabakanın Derinliği ve Kalınlığı.....	35
1.5.4.3.4.	Deformasyon Geçmişi	35
1.6.	Sıvılaştırma Potansiyelinin Değerlendirilmesi.....	36
1.6.1.	Sıvılaştırma Potansiyelinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Deneyler	36
1.6.1.1.	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	37
1.6.1.1.1.	SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi.....	38
1.6.2.	Sıvılaştırma Potansiyeli Analiz Yöntemleri.....	44
1.6.2.1.	Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi.....	44
1.6.2.1.1.	Devirsel Gerilme Oranının Belirlenmesi	45
1.6.2.1.2.	Devirsel Direnç Oranının Belirlenmesi	48
1.6.2.1.3.	Sıvılaştırmaya Karşı Emniyet Faktörünün Belirlenmesi.....	52
1.6.3.	Sıvılaştırmaya Karşı Emniyet Faktörü ile Oturma İlişkisi.....	53
1.6.3.1.	Tokimatsu ve Seed (1987) Yöntemi	53
1.6.3.2.	Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi	54
1.7.	Sıvılaştırma Potansiyeline Sahip Zeminlerde Alınabilecek Önlemler ve İyileştirme Yöntemleri.....	56
1.7.1.	Jet Grout Yöntemi.....	59
1.7.1.1.	Jet Grout Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	61
1.7.1.2.	Jet Grout Yönteminde Kullanılan Ekipmanlar	62
1.7.1.3.	Jet Grout Sistemleri	63
1.7.1.3.1.	Jet 1 (Tek Akışkanlı Sistem).....	64
1.7.1.3.2.	Jet 2 (İki Akışkanlı Sistem)	64
1.7.1.3.3.	Jet 3 (Üç Akışkanlı Sistem).....	65
1.7.1.3.4.	Süper Jet Yöntemi.....	65
1.7.1.4.	Jet Grout Yöntemi İşletim Parametreleri.....	66
1.7.1.4.1.	Enjeksiyon Basıncı	67
1.7.1.4.2.	Dönme ve Çekme Hızı.....	68
1.7.1.4.3.	Dozaj.....	68
1.7.1.4.4.	Enjeksiyon Akış Oranı.....	68
1.7.1.5.	Jet Grout İmalatı Kontrol Deneyleri	70
1.7.1.5.1.	Karot Numunelerinin Alınması	70
1.7.1.5.2.	Çap Kontrolü	71
1.7.1.5.3.	Kolon Süreklilik Deneyi	72
1.7.1.5.4.	Kolon Yükleme Deneyi	72

1.8.	Sıvılaşma Riskine Karşı Jet Grout Yöntemi ile Zemin İyileştirilmesinin Projelendirilmesi.....	73
1.8.1.	Kesme Güvenlik Kontrolü.....	74
1.8.2.	Zemin Maksimum Kayma Modülünün Saptanması.....	74
1.8.3.	Birim Alan Oranı Metodu ve Deprem Kayma Gerilmeleri Dağılımı.....	75
1.8.4.	Devirsel Gerilme Azaltım Faktörü.....	77
1.8.5.	Yapısal Kontroller.....	79
1.8.6.	Önerilen Hesap Algoritması.....	79
1.8.7.	Taşıma Gücü Kontrolü.....	80
1.8.7.1.	Temel Zemininin Taşıma Gücü.....	80
1.8.7.2.	Jet Grout Kolonlarının Taşıma Gücü.....	82
1.8.7.3.	Jet Grout ile İyileştirilmiş Zeminin Taşıma Gücü.....	85
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR.....	87
2.1.	İnceleme Alanının Tanıtılması.....	87
2.1.1.	İnceleme Alanının Coğrafi Konumu.....	87
2.1.2.	Samsun İli ve İnceleme Alanının Jeolojik Yapısı.....	88
2.1.3.	İnceleme Alanının Tektonik Özelliği ve Depremselliği.....	89
2.2.	İnceleme Alanından Elde Edilen Veriler.....	90
2.2.1.	SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi.....	92
2.3.	Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi'ne Göre Sıvılaşma Analizi.....	96
2.4.	Sıvılaşmadan Kaynaklanan Oturma Hesapları.....	104
2.4.1.	Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi.....	104
2.4.2.	Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi.....	106
2.5.	Zemin İyileştirme Yönteminin Seçilmesi.....	108
2.5.1.	Sıvılaşma Riskine Karşı Uygulanacak olan Jet Grout Kolonunun Boyutlandırılması ve Yapısal Tahkikler.....	108
2.5.1.1.	Jet Grout Kolonu Çap ve Aralığı İçin Kesme Tahkiki.....	108
2.5.1.2.	Jet Grout Kolon Çapı ve Aralığı İçin Taşıma Gücü Tahkiki.....	113
2.5.1.3.	Jet Grout Kolon Boyu İçin Taşıma Gücü Tahkiki.....	116
2.6.	Jet Grout İmalatı ve Uygulama Sonrası Yapılan Kontroller.....	117
2.6.1.	Numune Alımı ve Basınç Dayanımı Tayini.....	120
2.6.2.	Tam Boy Karot Alımı.....	121
2.6.3.	Süreklilik Deneyi.....	122
2.6.4.	Dinamik Sondalama Deneyleri.....	122

2.6.5.	Kolon Yükleme Deneyi	123
2.6.5.1.	KYD-1 ve KYD-3 Numaralı Yükleme Deneyleri	124
2.6.5.2.	KYD-2 Numaralı Yükleme Deneyi	126
3.	SONUÇLAR.....	128
4.	ÖNERİLER.....	133
5.	KAYNAKLAR	134
6.	EKLER	144
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SIVILAŞMAYA KARŞI JET GROUT YÖNTEMİ İLE ZEMİN İYİLEŞTİRİLMESİ: SAMSUN-
TEKKEKÖY ÖRNEĞİ

Seda ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. S. Banu İKİZLER
2016, 143 Sayfa, 70 Sayfa Ek

Bu çalışma, Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) yaklaşık 57 km mesafedeki Samsun ili Tekkeköy ilçesinde bulunan bir sahanın sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi ve muhtemel sıvılaşma riskine karşı direnci arttırmak amacıyla jet grout yönteminin kullanıldığı zemin iyileştirme uygulamasını içermektedir. Bu amaçla, öncelikle 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.2 büyüklüğünde senaryo depremlerine ait pik yatay yer ivme değerleri Türkiye depremleri için geliştirilmiş olan deprem azalım ilişkisi kullanılarak belirlenmiştir. Bu ivme değerleri ve 12 adet sondaj kuyusunda yapılan Standart Penetrasyon Deneylelerinden (SPT) elde edilen darbe sayıları kullanılarak Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen "Basitleştirilmiş Yöntem" ile sıvılaşma riski analizleri yapılmıştır. Ayrıca sıvılaşma nedeniyle zemin tabakalarında oluşabilecek oturmalar Tokimatsu&Seed (1986) ve Ishihara&Yoshimine (1992) Yöntemlerine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemlere göre en büyük oturma değerlerine 7.2 büyüklüğündeki senaryo depreminde ulaşıldığı belirlenmiştir. Sıvılaşma riski ve aşırı oturmalar yapabileceği belirlenen inceleme sahasında, sıvılaşma etkilerinin giderilmesi amacıyla zemin iyileştirme yöntemlerinden Türkiye'de yaygın olarak kullanılan ve hemen her tür zemin için uygulanabilen jet grout yöntemi seçilmiştir. Bu kapsamda, optimum çözüme toplamda 616 adet, 0.65 m çapındaki, 8 m ve 12 m'lik jet grout kolonları ile ulaşılmış olup hem sıvılaşma riski ortadan kaldırılmış hem de temel zemininin taşıma gücünde 3 katı aşan iyileşme sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, Sıvılaşma Risk Analizi, Zemin İyileştirme, Jet Grout.

Master Thesis

SUMMARY

SOIL IMPROVEMENT BY JET GROUT METHOD AGAINST LIQUEFACTION: EXAMPLE
OF SAMSUN-TEKKEKÖY

Seda ÖZTÜRK

Karadeniz Technical University
Institute of Science and Technology
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. S. Banu İKİZLER
2016, 143 Pages, 70 Pages Appendix

This study comprises of the liquefaction evaluation of a site that is located in Tekkeköy district of Samsun province which is approximately 57 km distant from North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and the implementation of soil improvement by jet grout method with the aim of increasing resistance against possible risk of liquefaction. For this purpose, peak horizontal acceleration at ground surface values belonging to scenario earthquakes with the magnitudes of 6.0, 6.5, 7.0 and 7.2 were determined through the use of attenuation relation of earthquake which was developed for Turkey's earthquakes. Through the use of these acceleration values and the blow counts that were obtained through Standard Penetration Tests (SPT) which were performed in 12 boreholes, liquefaction risk analyses were carried out with "Simplified Procedure" that was developed by Seed and Idriss (1971). Additionally, settlements which may occur on soil strata due to liquefaction were calculated in accordance with the methods of Tokimatsu&Seed (1986) and Ishihara&Yoshimine (1992). According to these methods, it was designated that the highest settlement values were obtained within the scope of scenario earthquake with the magnitude of 7.2. On the inspection site that was determined as having liquefaction risk and possibility of excessive settlements, the method of jet grout that has been commonly used in Turkey and that is able to be applied almost any type of soil was chosen with the aim of eliminating the effects of liquefaction. Within this scope, optimal solution was obtained with 616 pieces of 8 m and 12 m jet grout columns with the diameter of 0.65 m, and liquefaction risk was eliminated as well as a threefold improvement was obtained the bearing capacity of the foundation soil.

Key Words: Liquefaction, Liquefaction Risk Analysis, Soil Improvement, Jet Grout.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Türkiye’de yaşanan doğal afet türleri..... 1
Şekil 2.	Odak noktası, dış merkez, fay ve deprem dalgalarının yayılışı 15
Şekil 3.	Deprem dalgaları 16
Şekil 4.	Türkiye’nin levha hareketleri 17
Şekil 5.	Türkiye deprem bölgeleri haritası 18
Şekil 6.	Zeminlerde sıvılaşma davranışının yalınlaştırılmış mekanizması 21
Şekil 7.	Aşağı San Fernando Barajı’nda 9 Şubat 1971de meydana gelen depremdeki akma türü sıvılaşma..... 22
Şekil 8.	Dinamik yüklemenden dolayı çevrimsel hareketlilik..... 23
Şekil 9.	23 Ekim 2011 Van Depremi’nde Erciş’te çevrimsel hareketlilik sonucu oluşan çatlaklar 24
Şekil 10.	(a) Sims ve Garvin, 1995’ten uyarlanan kum kaynaması modeli ve (b) 1989 Loma Prieta Depremi sonucu Oakland Havalimanı yakınında oluşan kum krateri 25
Şekil 11.	Akma göçmesi biçimi..... 25
Şekil 12.	Yanal yayılma oluşma biçimi..... 26
Şekil 13.	Zemin salınımı mekanizması 26
Şekil 14.	İstinat yapısı yenilme biçimi 27
Şekil 15.	Gömülü yapı yüzeyleme biçimi 27
Şekil 16.	Taşıma gücü kaybı yenilme biçimi 28
Şekil 17.	23 Ekim 2011 Van Depremi’nde sıvılaşmaya bağlı zemin oturması..... 28
Şekil 18.	Depremlerin moment büyüklüğüne göre sıvılaşma gözlenen sahaların dışmerkez uzaklığı..... 30
Şekil 19.	Potansiyel olarak sıvılaşma eğilimine sahip zeminlerin dane boyu dağılım eğrileri (a) üniformaluluk katsayısı düşük ve (b) üniformaluluk katsayısı yüksek olan kumlar 33
Şekil 20.	Standart Penetrasyon Deneyi aşamaları 38
Şekil 21.	Gerilme azaltma katsayısı 46
Şekil 22.	Beyaz (2004)’ün sönüm denkleminin eldesinde çalışma yaptığı lokasyonlar 48
Şekil 23.	Temiz kum ve siltler için $M_w=7.5$ depremlerinde kullanılan devirsel direnç oranı grafiği 49
Şekil 24.	Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen büyüklük ayarlama faktörlerinin karşılaştırılması 51

Şekil 25.	Suya doygun kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO ve SPT direnci ile değişimi	54
Şekil 26.	Temiz kumlarda sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünün fonksiyonu olarak zemin yüzeyi oturma diyagramı	55
Şekil 27.	Sıvılaşmadan kaynaklanan hasarları azaltma yöntemleri.....	58
Şekil 28.	Jet grout kolonu yapım aşamaları.....	59
Şekil 29.	Dane dağılımına göre enjeksiyon çeşitleri	60
Şekil 30.	Jet grout yönteminde kullanılan imalat ekipmanları	63
Şekil 31.	Geleneksel jet grout sistemleri	64
Şekil 32.	Süper jet sistemi ve uygulama aşaması	66
Şekil 33.	Basınç-bekleme süresi-kolon çapı arasındaki ilişki	67
Şekil 34.	Tahmini çimento şerbeti akış oranı	69
Şekil 35.	Karot numune alımı ve serbest basınç deneyi	70
Şekil 36.	Jet grout kolonu çap kontrolü.....	71
Şekil 37.	Jet grout kolonu süreklilik (integrity) deneyi	72
Şekil 38.	Kolon yükleme deneyi	73
Şekil 39.	Deprem kayma dalgalarının dağılım modeli ve birim hücrenin tanımlanması	76
Şekil 40.	Birim alan ve kayma modülü oranlarına bağlı olarak (DGO; CSR) azaltım eğrileri (S_R).....	78
Şekil 41.	Önerilen hesap algoritması.....	80
Şekil 42.	Bir temelin göçme biçimi.....	80
Şekil 43.	Kumlu zeminlerde kolon birim çevre sürtünme direncinin derinlikle değişimi	85
Şekil 44.	Jet grout kolon yerleşimi ve hesap alanları	86
Şekil 45.	İnceleme alanı	87
Şekil 46.	Samsun ve çevresinin jeolojik haritası	88
Şekil 47.	Kuzey Anadolu Fay Zonu	89
Şekil 48.	Samsun ili deprem bölge haritası	90
Şekil 49.	İnceleme alanında yapılacak olan tankların ve araştırma noktalarının sahadaki dağılımını gösteren vaziyet planı	91
Şekil 50.	a_{maks} 'ın belirlenmesinde kullanılan odak uzaklığı.....	97
Şekil 51.	Sondaj kuyusu 1 ve sondaj kuyusu 2 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	98
Şekil 52.	Sondaj kuyusu 3 ve sondaj kuyusu 4 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	99

Şekil 53.	Sondaj kuyusu 5 ve sondaj kuyusu 6 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	100
Şekil 54.	Sondaj kuyusu 7 ve sondaj kuyusu 8 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	101
Şekil 55.	Sondaj kuyusu 9 ve sondaj kuyusu 10 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	102
Şekil 56.	Sondaj kuyusu 11 ve sondaj kuyusu 12 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi	103
Şekil 57.	Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi'ne göre sıvılaşma kaynaklı yüzeyde meydana gelen toplam oturmalar	106
Şekil 58.	Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre sıvılaşma kaynaklı yüzeyde meydana gelen toplam oturmalar	107
Şekil 59.	Seçilen jet grout kolon çap ve aralığına göre büyük tank tabanında imal edilecek olan kolonların yerleşim planı	115
Şekil 60.	Seçilen jet grout kolon çap ve aralığına göre küçük tank tabanında imal edilecek olan kolonların yerleşim planı	115
Şekil 61.	Jet grout kolonu pilot çalışma	118
Şekil 62.	Sıkıştırılmayan akışkanlar için basınç akım grafiği	119
Şekil 63.	Jet grout kolonlarından tam boy karot alınması	121
Şekil 64.	Jet grout süreklilik deneyi	122
Şekil 65.	Jet grout kolon yükleme deney düzeneği; (a) plan görünüşü, (b) deneyin uygulanma aşaması	124
Şekil 66.	KYD-1 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği	125
Şekil 67.	KYD-2 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği	125
Şekil 68.	KYD-3 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği	127

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kil içeren kumların sıvılaşma koşulları	32
Tablo 2. Rölatif sıklığa göre sıvılaşma potansiyeli durumu	34
Tablo 3. Sıvılaşma potansiyeli, rölatif sıklık ve pik yer ivmesi arasındaki ilişki	34
Tablo 4. Enerji oranı düzeltmesi	40
Tablo 5. Tij boyu düzeltme katsayıları	40
Tablo 6. Kuyu çapı düzeltme katsayıları	41
Tablo 7. Çakma başlığı düzeltme faktörü	41
Tablo 8. Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü	41
Tablo 9. Tokmak yastığı düzeltme faktörü	42
Tablo 10. Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen magnitüd düzeltme faktörleri	52
Tablo 11. Jet grout yöntemi imalat parametreleri	66
Tablo 12. Çeşitli zemin türleri için jet grout serbest basınç mukavemeti ve modülü	71
Tablo 13. Taşıma gücü katsayıları	81
Tablo 14. Temel şekil katsayıları	82
Tablo 15. Kazık malzemesi, δ açısı – K katsayısı arasındaki ilişki	84
Tablo 16. SPT- N_{arazi} değerlerine yapılan düzeltmeler	92
Tablo 17. Senaryo depremleri için beklenen pik yer ivmeleri ve deprem büyüklüğü düzeltme faktörleri	97
Tablo 18. Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi'ne göre sondaj kuyularında yüzeyde beklenen toplam oturmalar	105
Tablo 19. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre sondaj kuyularında yüzeyde beklenen toplam oturmalar	107
Tablo 20. Zemin türüne göre tasarımda önerilen jet grout kolonu taşıma kapasiteleri	109
Tablo 21. Devirsel gerilme azaltma faktörü ile azaltılmış tasarım devirsel gerilme oranı kullanılarak sondaj kuyularında en düşük emniyet faktörüne sahip derinliklerde yapılan sıvılaşma analizi sonuçları	111
Tablo 22. Jet grout kolon aralık ve kesit tahkiki	112
Tablo 23. Seçilen temel tipine göre yapı tabanında oluşan gerilmeler	113
Tablo 24. Büyük ve küçük tank tabanındaki zeminin taşıma gücü	114

Tablo 25.	Seçilen kolon çap ve aralığına göre taşıma gücü kontrolü ve değerlendirilmesi	114
Tablo 26.	Her bir jet grout kolonu başına gelen üst yapı servis yükü	116
Tablo 27.	Bir adet jet grout kolonunun emin taşıma gücü hesap tablosu.....	117
Tablo 28.	Temel altı jet grout kolon numuneleri serbest basınç deneyi sonuçları	121
Tablo 29.	KYD-1 ve KYD-3 numaralı yükleme deneylerine ait bilgiler.....	126
Tablo 30.	KYD-2 numaralı yükleme deneyine ait bilgiler	127



SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Birim hücre alanı
A_{JG}	: Bir adet jet grout alanı
a_{maks}	: Maksimum yatay yer ivmesi
a_r	: Alan yer değiştirme oranı
A_s	: Jet grout kolonunun zemin içerisinde kalan yüzey alanı
B	: Temel genişliği
BPT	: Beker Penetrasyon Deneyi
BT	: Büyük tank
c	: Kohezyon
C_A	: Çakma başlığı düzeltme faktörü
C_B	: Sondaj kuyusu çapı düzeltme faktörü
C_{BF}	: Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü
C_c	: Tokmak yastığı düzeltme faktörü
C_E	: Enerji düzeltme faktörü
C_N	: Derinlik düzeltme faktörü
CPT	: Koni Penetrasyon Testi
C_R	: Tij boyu düzeltme faktörü
C_S	: Numune alıcı kılıf düzeltme faktörü
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DDO	: Devirsel direnç oranı
D_f	: Jet grout boyu
DGO	: Devirsel gerilme oranı
D_r	: Rölatif sıklık
EF	: Emniyet faktörü
EF*	: Emniyet faktörü
E_{yg}	: Jet grout elastisite modülü
ER	: Enerji oranı
F	: Zemin tipine bağlı düzeltme faktörü
f_{yg}	: Jet grout kolonu serbest basınç mukavemeti
f_s	: Jet grout kolonunun birim alanına etkiyen ortalama sürtünme gerilmesi
g	: Yerçekimi ivmesi
G_{JG}	: Jet grout kolonu kayma modülü

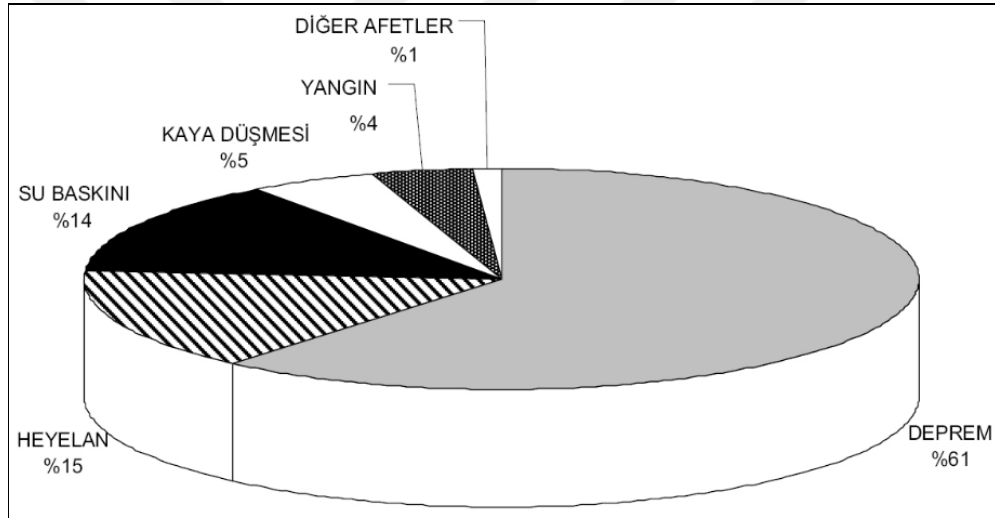
G_r	: Kayma modülleri oranı
GS	: Güvenlik sayısı
G_s	: Zeminin kayma modülü
H	: Tabaka kalınlığı
İDO	: İnce dane oranı
K	: Zemin tabakasının efektif yanal toprak basıncı katsayısı
k_1	: Temel şekil katsayısı
k_2	: Temel şekil katsayısı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KT	: Küçük tank
LL	: Likit Limit
MDF	: Magnitüd düzeltme faktörü
M_w	: Deprem moment büyüklüğü
n	: Birim alan içerisindeki gerilme konsantrasyonu
N'	: Yeraltı suyu düzeltmesi yapılmış SPT-N değeri
N_1	: Düzeltilmiş SPT darbe sayısı (Japon enerji aktarım oranına göre)
$(N_1)_{60}$: Düzeltilmiş SPT-N değerleri
N_{60}	: %60 enerji seviyesine göre düzeltilmiş SPT-N değeri
N_c	: Taşıma gücü katsayısı
N_q	: Taşıma gücü katsayısı
NRC	: National Research Council
N_γ	: Taşıma gücü katsayısı
P_0	: Temel taban düzeyindeki düşey efektif gerilme
Pa	: Atmosfer basıncı
PMT	: Presiyometre deneyi
q_d	: Jet grout kolonu ucundaki zeminin taşıma gücü
q_{emin}	: Zeminin emin taşıma gücü
q_{is}	: Jet grout iyileştirmesi sonrası taşıma gücü
q_{jg}	: Jet grout kolonunun taşıma gücü
Q_{jg}	: Jet grout net taşıma yükü
$q_{sınır}$: Zeminin sınır taşıma gücü
$Q_{uç}$: Jet grout kolonu uç yükü
Q_y	: Yeni alüvyon
Q_{yan}	: Jet grout kolonu yan sürtünme yükü
r	: Jet grout kolon yarıçapı

R	: Odağa olan mesafe
r_d	: Gerilme azaltma faktörü
S	: İlgili derinlikteki oturma miktarı
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
SPT-N	: Ölçülen SPT darbe sayısı
S_R	: Azaltım faktörü
S_{top}	: Zemin yüzeyindeki toplam oturma miktarı
τ	: Birim alan üzerine etki eden gerilme
τ_{avg}	: Ortalama kayma gerilmesi
τ_{JG}	: Çimento-zemin karışımı kolonlara etkileyen kayma gerilmesi
τ_S	: Kolonlar arasındaki zemine etkileyen kayma gerilmesi
u_d	: Dinamik haldeki boşluk suyu basıncı fazlalığı
u_s	: Statik haldeki boşluk suyu basıncı
V_{JG}	: Jet grout kolonu kayma kuvveti
V_s	: Kayma dalgası hızı
W_{ig}	: Jet grout kolon ağırlığı
w_n	: Doğal su içeriği
α	: İnce dane düzeltme katsayısı
β	: İnce dane düzeltme katsayısı
γ₁	: Temel zemininin birim hacim ağırlığı
γ₂	: Yapı temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığı
γ_{beton}	: Betonun birim hacim ağırlığı
δ	: Jet grout kolonu ile zemin arasındaki sürtünme (adezyon) açısı
ε_v	: Hacimsel birim deformasyon
v	: Poisson oranı
σ'_{vo}	: Düşey efektif gerilme
σ_{vo}	: Toplam gerilme
Δz	: Zemin tabaka kalınlığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğa ve insan kaynaklı olarak gelişen afetler, yaşamın doğal fonksiyonlarını engelleyen, ekonomik ve psikolojik olumsuz etkilere sebep olan yıkıcı olaylardır. Türkiye, jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve sahip olduğu coğrafi özellikleri nedeniyle afetlerle sık sık karşılaşmaktadır. Ülkemizde büyük can ve mal kayıplarına neden olan afetler arasında yaşanma sıklığı bakımından ilk sırada depremler yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de yaşanan doğal afet türleri (Akdağ, 2002).

Depremler, oluş zamanları ve yerleri önceden tahmin edilemeyen dolayısıyla var olan koşullarda önlenmesi mümkün olmayan doğa olaylarıdır. Bu doğa olaylarının etkisi ile zeminlerde çeşitli problemler meydana gelmektedir. Bu problemler arasında geoteknik mühendisliği açısından büyük önem arz eden sıvılaşma; suya doymuş, gevşek veya orta-sıkı kohezyonsuz zeminlerde tekrarlı dinamik yükler altında meydana gelmektedir. Deprem sırasında gelişen aşırı boşluk suyu basıncı artışına bağlı olarak oluşan kayma mukavemeti kaybı sonucu zemin daneleri arasındaki sürtünme uzunca bir süre kesilir ve zemin viskoz bir sıvı davranışı göstererek sıvılaşmaya maruz kalır. Sıvılaşma sonucu zeminlerde kum kaynaması, taşıma gücü kaybı, aşırı ve/veya farklı oturma ve şev kayması

gibi çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Dolayısıyla bu tür problemlerden korunmak ve zararlarını en aza indirmek amacıyla deprem öncesinde zemin koşulları incelenmeli ve detaylı sıvılaşma risk analizleri yapılmalıdır. Analizler sonucunda sıvılaşma riski taşıdığı belirlenen zeminler için ise uygun iyileştirme yöntemleri kullanılarak oluşabilecek hasarları en aza indirmek oldukça önemlidir.

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Geoteknik mühendisliği bünyesinde gerçekleştirilen projelerin tasarım aşamasında taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma analizlerinde yeterli güvenlik kriterlerini sağlaması gerekmektedir. Dolayısıyla bu tezin, Samsun ili Tekkeköy ilçesi sanayi sitesinde bulunan bir sahanın 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.2 büyüklüğündeki senaryo depremleri için sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi, sıvılaşma kaynaklı gelişen oturmaların hesaplanması ve taşıma gücü kriteri göz önüne alınarak zemininin iyileştirilmesi açısından bütüncül bir çalışma olması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında değinilen konuların organizasyonu şu şekildedir:

Birinci bölümde; depremlerin ve sıvılaşmanın oluşum mekanizması ile ilgili temel kavramlar üzerinde durulmuş olup sıvılaşmanın oluşumunu etkileyen faktörler sismik, zemin ve jeolojik koşullara bağlı olarak ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır. Sıvılaşma sonucu oluşan kum kaynaması, akma göçmesi, yanal yayılma, gömülü hafif yapıların yükselmesi, taşıma gücü kayıpları ve zemin oturması gibi sıvılaşma kökenli problemlere değinilmiştir. Sonrasında zeminin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde en eski ve en sık kullanılan yöntem olan, Standart Penetrasyon Deneyi darbe sayılarını esas alan, Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi ile sıvılaşma analizine kapsamlı bir şekilde yer verilmiştir. Kum zeminlerdeki sıvılaşma kaynaklı oturmaların hesabında kullanılan Ishihara ve Yoshimine (1992) ve Tokimatsu ve Seed (1987) Yöntemleri hakkında bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, sıvılaşma riski içeren zeminlerde olası hasarların önlenmesi amacıyla yapılabilecek zemin iyileştirme yöntemlerinden jet grout Yöntemi detaylı olarak irdelenmiştir.

İkinci bölümde, söz konusu inceleme alanında yapılan arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler ışığında, birinci bölümde ayrıntılı olarak üzerinde durulmuş olan Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi ile 12 adet sondaj kuyusunda 20 m derinlik boyunca sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmiştir. Sıvılaşma riski görülen

zemin tabakalarındaki oturmalar, Ishihara ve Yoshimine (1992) ve Tokimatsu ve Seed (1987) Yöntemlerine göre hesaplanarak yüzeyde oluşabilecek toplam oturmalar belirlenmiştir. Yapılan analizlere bağlı olarak ortaya konulan sıvılaşma riski ve olası oturma problemine karşı seçilen jet grout yönteminde imal edilecek kolon çapı, aralığı, boyu belirlenerek yapısal tahkikler yapılmıştır. Bölümün sonunda inceleme alanında imal edilmiş olan jet grout kolonlarının kalite kontrollerine ait deneyler proje sonuç raporundan derlenerek sunulmuştur.

Üçüncü bölüm, sıvılaşma riskinin ortaya konması üzerine yapılan analizlere ait yorumlamalar ve inceleme alanında sıvılaşmaya karşı direncin artırılması amacıyla seçilmiş olan jet grout yönteminin zemin iyileştirme öncesi ve sonrası durumunu karşılaştıran genel sonuçlar ve öneriler kısmından oluşmaktadır.

En son bölümde ise tez kapsamında yararlanılan veri, şekil ve tablolar ekler halinde sunulmuştur.

1.3. Literatür Özeti

Casagrande (1936) tarafından ortaya konulan kritik boşluk oranı yaklaşımı kumlu zeminlerin sıvılaşması üzerine yapılan ilk çalışmalardan biridir. Çalışmada, kum zeminde kayma gerilmeleri altında meydana gelen hacimsel değişim davranışı ile kumun sıklık derecesi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Drenajlı direk kesme deneyi sonuçlarını kullanarak kum zeminin sabit yükleme ve hacim altında deformasyonunun limit boşluk oranında ne yönde devam ettiğini belirlemiş ve kritik boşluk oranı çizgisi olarak bir sınır durum eğrisi tanımlanmıştır. Kesme sırasında eğrinin altındaki zeminlerde genleşme, üzerindeki zeminlerde ise sıkışma olduğunu belirterek hacim değişiminin olmadığı boşluk oranını kritik boşluk oranı olarak tanımlamıştır.

Casagrande (1938) yaptığı diğer bir çalışmada ise kritik boşluk oranının çevre basıncı ile yakından ilişkili olduğunu gözlemlemiştir. Çevre basıncının artışı ile hacimsel genişleme eğilimi daha az olacağından kritik boşluk oranının da daha az olacağını ifade etmiştir.

Mogami ve Kubo (1953) çalışmada, tekrarlı örselenmelerin sebep olduğu zemin deformasyonlarının davranış biçimlerini incelemek amacıyla suya doymun kohezyonsuz zeminler üzerinde bir dizi drenajsız kayma testleri yapmışlardır. Söz konusu davranış biçimlerinin nitelendirilmesi adına sıvılaşma terimi ilk defa kullanılmıştır.

Seed (1966), suya doygun gevşek kum tabakalarının deprem etkisi altında zemini etkileyebilecek gerilme koşullarını dikkate alarak sıvılaşma durumlarını tanımlamak amacıyla kum numuneler üzerinde laboratuvar deneylerinden sarsma yüklemeli üç eksenli basınç deneyini uygulamıştır. Deney sonuçlarına göre doygun kumun sıvılaşma tehlikesinde üç etkenin rol oynadığını belirterek bunları; boşluk oranı, çevresel basınç ve çevrimsel gerilme ya da şekil değiştirmenin büyüklüğü olarak sıralamıştır. Çalışmada, tekrarlı yüklemeye maruz kalan zemin numunesine etkiyen çevrimsel gerilme ya da şekil değiştirme ne kadar büyük olursa sıvılaşmayı başlatacak çevrim sayısının da o kadar az olduğu ve yük çevrim sayısı arttıkça deformasyonlarda artış olduğu sonucuna varmıştır.

Yoshimine (1967), çalışma kapsamında 30.5 cm yüksekliğindeki kum tabakasının üzerine lastik bir membran aracılığıyla düşey bir basınç uygulayarak tabakanın sıvılaşması üzerine gözlemler yapmıştır. Uygulanan bu basınçla kum tabakasında oluşan titreşimlerin, boşluk suyu basıncında önce artışa daha sonra ani bir artışa ve takip eden süreçte ise sıvılaşmaya neden olduğunu gözlemlenmiştir. Sıvılaşma sonrasında ise lastik membranın altında tabaka kalınlığının yaklaşık %6'sına denk gelen yükseklikte bir suyun biriktiğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda, suya doygun kum tabakasında sıvılaşmadan sonra kum danelerinin aşağıya doğru hareket ederek daha sıkı bir hale geldiğini ve bu sürecin artık boşluk suyu basıncını sönmüleme evresi olduğunu belirterek Terzaghi'nin bir boyutlu konsolidasyon teorisi ile ilişkilendirilebileceği sonucuna varmıştır.

Whitman (1971), sıvılaşma direncinin belirlenmesi amacıyla geliştirdiği yaklaşımda daha önceden deprem meydana gelmiş bölgelerdeki arazi ölçümlerini kullanmıştır. Geçmiş depremlerde sıvılaşmanın meydana geldiği ya da gelmediği bölgeleri deprem yüklerine ve zeminin sıvılaşma direncine göre sınıflandırarak bu veriler yardımıyla sıvılaşma için bir sınır elde etmiştir.

Seed ve Idriss (1971), deprem etkisi altında kumlarda meydana gelen sıvılaşma kavramını tanımlayarak sıvılaşma potansiyeline etki eden faktörleri açıklamışlardır. Ayrıca sıvılaşma analizlerinin yapılması amacıyla arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen verileri kullanarak Basitleştirilmiş Yöntem adını verdikleri ampirik bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem sıvılaşma analizinde standart kabul edilmiştir.

Iwasaki vd. (1981), sıvılaşma analizinde kullanılan arazi direnci olarak tanımladıkları devirsel direnç oranını, drenajsız devirsel kesme kutusu deney sonuçlarından elde ettikleri bir yaklaşımla belirlemişlerdir. Yaklaşımda, ince dane oranı yerine ortalama dane çapı değerlerini kullanmışlardır. Bu doğrultuda deneysel yöntemlerle belirlenemeyen değerler

için farklı zemin sınıflarına ait birim hacim ağırlıklarına bağlı olarak ortalama dane çapı önerisinde bulunmuşlardır.

Tokimatsu ve Yoshimine (1983), sıvılaşma meydana gelmiş suya doygun kumlar üzerinde yaptıkları deneylerin sonuçlarını kullanarak sıvılaşmaya neden olan sismik yer hareketi etkilerini; yatay yer ivmesi ve belirli bir yer hareketinin devir sayısı olarak öne sürmüşlerdir. Bunları kullanarak belirli bir derinlikteki devirsel kayma gerilmesi oranı için bir eşitlik elde etmişlerdir. Ayrıca, su seviyesinin zemin yüzeyinin üzerinde bulunduğu yerlerde, zemin yüzeyi üzerindeki suyun kayma gerilmelerini iletemeyeceğini ve efektif gerilmenin toplam gerilme olarak alınamayacağını ifade etmişlerdir.

Seed vd. (1985), çalışmalarında farklı ülkelerde çeşitli prosedürlerle uygulanan Standart Penetrasyon Deneyinde kullanılan enerji oranlarını değerlendirerek sıvılaşma analizleri için %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı standartını önermişlerdir. Ayrıca, 7.5 büyüklüğündeki depremlere maruz kalmış temiz ve siltli kumlu zeminlerde, sıvılaşmanın olduğu ve oluşmadığı bölgelerde Standart Penetrasyon Deneyi darbe sayılarını inceleyerek belirli darbe sayılarında sıvılaşmanın meydana gelebilmesi için gereken minimum devirsel kayma gerilme oranını düzeltilmiş SPT darbe sayısı değerlerine bağlı olarak grafiksel bir biçimde ifade etmişlerdir. Bu grafikteki eğrileri ince dane oranı %5 ve daha az, %15 ve %35 olmak üzere granüler zeminler için elde ederek söz konusu eğrilerin ortalama dane çapına göre oluşturulmuş diğer eğrilerden daha anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. İnce dane oranının artmasının sıvılaşma direncini arttırdığını ifade ederek oranı %5 ve daha az olan kumlu zeminleri temiz kum olarak adlandırmışlardır.

Gilstrap ve Youd (1998), çalışmalarında 19 adet farklı bölgede Koni Penetrasyon Deney verileri ile hesaplanan sıvılaşma dirençlerini karşılaştırarak CPT'nin sıvılaşmanın meydana gelip gelmediğini belirlemede %85 oranında güvenilirlik sağladığı sonucuna varmışlardır.

Siyahi ve Anagün (1998), zeminlerin sismik sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları (YSA)'nın getirdiği yenilikleri ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma kapsamında, gerçek deprem verilerini kullanarak sekiz parametrelilik bir model üzerinde denemeler yaparak YSA'nın sonuçlarını arazi gözlemleri ve farklı yaklaşımlarla karşılatırmışlardır. YSA yönteminin, daha önceden meydana gelmiş olan depremlerden elde edilen deprem ve zemin parametreleri arasındaki ilişkiyi doğru ve hızlı tanımlaması ve buna bağlı olarak sonuçların mikrobölgeleştirme koşullarına uygun olması

sebebiyle sıvılaşma potansiyelini belirlemede, kullanılan diğer yöntemlere kıyasla daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Kokusho (1999), çalışmada 2 m kalınlığında ve ince silt ara tabakalı bir boyutlu doymun kum modelini mekanik bir çekici aracılığıyla sıvılaştırarak birkaç mm kalınlığındaki bir su filminin silt ara tabakasının altında kolaylıkla oluştuğunu gözlemlemiştir. Araştırmacı, su filminin sıvılaşma sonrası oturmaların tamamlanmasından sonra da bulunduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, iki boyutlu sarsma tablası ile silt ara tabakalı ve tabakasız doymun kumlar üzerinde de deneyler gerçekleştirmiştir. Deneylerde, silt ara tabakasının bulunması durumunda sıvılaşma meydana gelmesinin hemen ardından silt tabakalarının altında su filmlerinin oluştuğunu gözlemlemiştir. Dolayısıyla üstte yer alan tabakaların aldığı dengesiz hali sarsma sonrasında da koruduğu sonucuna varmıştır.

Youd vd. (2001), Seed ve Idriss (1971) tarafından sıvılaşma analizi yapmak üzere geliştirilmiş olan Basitleştirilmiş Yöntemin güncellenmesi ve zenginleştirilmesi amacıyla pek çok uzmanla yaptıkları NCEER/NSF toplantıları sonucunda aldıkları kararları yayınlamışlardır. Bu doğrultuda; SPT, CPT ve Kayma Dalgası Hızına dayalı analiz yöntemlerini, çakıllı zeminlerde Beker Penetrasyon Deneyinin kullanımını, deprem büyüklüğü ölçekleme faktörlerini, örtü basınç ve eğimli zemin düzeltme faktörlerini, deprem büyüklüğü ve pik ivme için girdi değerlerini gözden geçirerek bu konular hakkında yeni öneriler yapmışlardır.

Aksu ve Toz (2002), 17 Ağustos 1999 depreminden sonra meydana gelen konumsal değişiklikleri, fay hareketleri sebebiyle oluşan hasarları ve sıvılaşma olan bölgeleri belirlemek amacıyla Sapanca ve Gölcük Bölgelerinin hava fotoğraflarını ve Landsat 7 uydu görüntülerini kullanarak bir çalışma hazırlamışlardır.

Seed vd. (2003), zemin sıvılaşması mühendisliği hakkında önemli ve devam etmekte olan yeni gelişmelerle ilgili bilgiler ve öneriler sunarak hesap yöntemlerindeki gelişmeleri özetlemişlerdir.

Özsoy ve Durgunoğlu (2003), sıvılaşmanın 17 Ağustos 1999 depreminden sonra ülkemizde pek çok hasara neden olduğunu belirterek bu sismik felaketin etkilerinin Jet Grouting ve Deep Mixing zemin ıslahı teknikleri ile azaltılmasına yönelik bir hesap metodu önermişlerdir. Bu metotta, deprem kaynaklı oluşan kayma gerilmelerinin tanımlanan birim alanlar üzerine dağılımını, zemin-çimento karışımı kolonlar ve çevrelerindeki zemin arasındaki kayma modülü farkını kullanarak modellemişlerdir.

Ayrıca, çalışmada önerdikleri metodun etkinliğini seçtikleri bir sahada yapılan sondaj verilerini baz alarak göstermişlerdir.

Durgunoğlu vd. (2004), İzmir ili Tire ilçesi Organize Sanayi Bölgesinde bulunan bir sigara fabrikası sahasının zemininde tespit ettikleri sıvılaşma riskini ortadan kaldırmak ve yüzeysel temellerin oturduğu bu zemini güçlendirmek amacıyla jet grout yöntemini uygun metod olarak belirlemişlerdir. Bu kapsamda, uygun jet grout imalat yöntemi ve parametrelerinin seçiminin yapılması, iyileştirme esnasında jet grout kolonlardan karot alımının yapılması, imalat sonrası kolonlarda çap kontrolü, yükleme deneyleri, piston numune alıcısı ile alınan numuneler üzerinde mukavemet deneylerinin yapılması gibi uygulamaları içeren kalite kontrol deneylerini yaparak iyileştirmenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamışlardır.

Erken vd. (2004), Türkiye’de ve dünyada meydana gelen büyük depremler sonucunda oluşan hasarlar nedeniyle zeminlerin dinamik yükler altında göstereceği davranışların tanınması gerekliliğini vurgulamışlardır. Bu sebeple çalışmada kum, silt ve killi zeminlerin deprem yükleri altında gösterdiği davranışı inceleyerek düşük plastisiteli siltler ve kumlardaki sıvılaşma analizi yöntemi hakkında bilgi vermişlerdir. Ayrıca, plastik silt ve killerin dinamik yükler altında yumuşama davranışı gösterdiğini ve bu durumun zeminlerde statik mukavemette azalmaya dolayısıyla taşıma gücü kayıplarına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Andrus vd. (2004), sıvılaşma direncinin belirlenmesi amacıyla Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen Basitleştirilmiş Yöntemin genel formatını uygulayarak Standart Penetrasyon darbe sayısı, koni penetrasyon direnci ve kayma dalgası hızını esas alan üç analiz yöntemini karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında Kaliforniya, Güney Karolayna, Kanada ve Japonya’da Holosen döneme ait kum tabakalarından elde edilen 43 adet veri çifti kullanarak çevrimsel direnç eğrileri etmişlerdir. Bu eğrilerden penetrasyon direnci ile kayma dalgası hızı arasında ilişki kuran bağıntılar önermişlerdir. Holosene ait derlenen verilerle belirlenen kayma dalgası hızına bağlı olan devirsel direnç oranı eğrisinin, standart penetrasyon ve koni penetrasyon deneyiyle belirlenen eğrilerden daha korunumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

Durgunoğlu (2004), deprem yükleri altında zeminlerin sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörlerinin hesap yöntemlerini açıklamış ve Chinese kriterinin ince daneli zeminler için geçerliliğini tartışarak yeni bir önerinin üzerinde durmuştur. Çalışmada, yüksek modüllü jet grout kolonların sıvılaşma riskini azaltmada kullanılmasını detaylı olarak konu etmiş ve

bu kullanıma ait geliştirilen bir tasarım metodunu özetlemiştir. Geliştirilen bu metodun özellikle 17 Ağustos 1999 Depremi öncesi kısmen uygulandığı İzmit Carrefour-SA ticaret merkezini bir vaka analizi olarak inceleyerek metodun geçerliliğini kanıtlamıştır.

Zarif vd. (2005), son yıllarda artan deprem tehlikesinden dolayı sıvılaşma gibi zemin problemlerine karşı yapı yerinin güvenliğinin sağlanmasının yapılacak olan bölgelendirme çalışmaları adına önemli bir ölçüt olduğunu vurgulamışlardır. Bu doğrultuda; Yalova merkezinde 216 adet zemin araştırma sondajında yapılan Standart Penetrasyon Deneyi verileri ile 6.5, 7.0 ve 7.5 büyüklüğündeki depremler için 0,25 g, 0,3 g, 0,35 g, 0,4 g ve 0,5 g ivmelerini kullanarak zeminlerde sıvılaşma riski değerlendirmesi yapmışlardır. Sonuçlar ile sıvılaşma bazlı mikrobölgelendirme çalışmaları yaparak bunun için kriter oluşturan bir harita hazırlamışlardır.

Karanlık (2006) Hatay, Samandağ, Altıncöy ve çevresinin sıvılaşma potansiyelini, bölgede açılan sondaj kuyularından elde ettiği SPT darbe sayıları ile derinlik ve sıvılaşmaya sebep olan yer ivmesi arasındaki ilişkiyi veren abakları kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Ayrıca çalışmada, inceleme alanında bulunan zeminlere ait granülometri analiz sonuçlarını daha önceden farklı bölgelerde meydana gelen depremler sebebiyle sıvılaşmış zemin granülometreleri ile karşılaştırmıştır. Sıvılaşma potansiyeline ait veriler, çalışma alanının önemli seviyede sıvılaşma riski içerdiğini göstermiştir.

Şişman (2006), Muğla ili Fethiye ilçesi yerleşim alanı için bir senaryo depremi üreterek bölgenin sıvılaşma potansiyelini araştırmıştır. Analizleri, bölgeye ait SPT darbe sayıları ve ölçülen kayma dalgası hızları yardımıyla yaparak sıvılaşma şiddeti indeksine göre sıvılaşma potansiyeli haritalarını hazırlamıştır. Çalışmada, inceleme alanındaki güncel alüvyonda yüzeye yakın kesimlerde sıvılaşma olabileceği sonucuna varmış ve alınabilecek önlemleri belirlemiştir.

Moss vd. (2006), dünya çapında gerçekleştirilmiş olan CPT tabanlı vakalara ait geçmiş verileri derleyerek bu verileri kullanan geriye dönük analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu analizlere bağlı olarak olasılıksal tetikleme bağıntıları önermişlerdir. Çalışma kapsamında, CPT uç direncinin normalize edilmesi amacıyla yeni bir yöntem geliştirerek yöntemin temiz kumlar için yapılmış önceki çalışmalarla uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak aynı zamanda silt ve ince dane içeren kumlarda önemli ölçüde farklı sonuçlar elde ettiklerini de ifade etmişlerdir. Oluşturdukları yeni eğrilerde, önceki çalışmalara kıyasla ince dane oranı artışının koni uç direnci düzeltmesinde daha az etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Toprak ve Jinguuji (2007), sıvılaşmanın tahmin edilmesinde kullanılmak üzere Konik Vibrasyon Penetrasyon Testi (VPT) adını verdikleri yeni bir arazi deneyi ve yöntemi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada, konik VPT aletini istenilen derinliklere iterken vibrasyon uygulayarak ivme, boşluk suyu basıncı ve zemindeki elektriksel özdirenci ölçmüşlerdir. Zeminin dinamik tepkisini doğrudan ölçtüklerinden bu deneyin kullanılan mevcut metotlara göre sıvılaşma tahminleri yönünden üstünlük göstereceğini belirtmişlerdir. VPT deney aletinin geliştirilmesi ve kalibrasyonu için aletin prototip modeli ile Japonya'da laboratuvar deneylerini ve arazideki doğrulama çalışmaları için ise gerçek ölçülerdeki deney aleti ile Sapanca Gölü, Adapazarı kıyısı, Antalya ve Yalova'da arazi deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, deney sahasında VPT deneyleri ile karşılaştırma yapmak ve zemin özelliklerini belirlemek amacıyla SPT ve CPT deneylerini de yapmışlardır. Bu çalışmada sunulan VPT deney ölçümleri ve değerlendirmelerinin, yöntemin farklı zemin türlerinin dinamik davranışları ve özelliklerini yakaladığını belirtmişlerdir.

Ural ve Gündüz (2007), zeminlerin dinamik özelliklerinin depremlerden önce belirlenmesi ile yapısal hasarların azalacağını belirterek bu doğrultuda Adapazarı şehir merkezinden numuneler alarak üç eksenli deneyler yapmışlardır. Deney süresince zeminlerdeki deformasyonları ve boşluk suyu basıncı artışlarını inceleyerek numunelerde gözlemlenen dinamik davranışlara göre meydana gelebilecek zemin problemlerini irdelenmişlerdir.

Olgun ve Martin (2008), İzmit körfezinde yer alan bir alışveriş merkezinin yumuşak killi, siltli ve gevşek kumlu olan temel zeminini iyileştirme çalışmaları sırasında 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin meydana gelmesi sebebiyle deprem öncesi ve sonrası durumlarını değerlendiren bir vaka analizi yapmışlardır. Çalışma, inşaat alanında oturmanın azaltılması, taşıma gücü ve sıvılaşma direncinin artırılması amaçlarıyla sürşarj yüklemesi, kum drenler ve jet grout yöntemleriyle zemin iyileştirme çalışmaları biten kısımlar ve henüz iyileştirmesi bitmeyen kısımlar üzerinde söz konusu depremin etkilerinin mukayesesini içermektedir. Jet grout uygulaması yapılmış olan kısımlarda deprem sonrasındaki hasar ve göçmelerde etkin bir direnç sağlandığını gözlemlemişlerdir. Çalışma sonuçları jet grout kolonların, zemin ortamındaki deprem kaynaklı kesme gerilmelerinde, aşırı boşluk suyu basıncında ve birim deformasyonlarda küçük miktarlarda azalmaya sebep olmasına rağmen düşey yönde meydana gelen sıvılaşma kökenli oturmalara karşı direnci arttırdığını göstermiştir.

Yılmaz vd. (2008), zemin tabakalanması ve sismik koşullardan dolayı sıvılaşma riski taşıdığı belirlenen Beydağ Barajı inşa alanında hem taşıma gücü hem de sıvılaşmaya karşı direnci arttırmak amacıyla jet grout kolonlarını baraj gövdesi altında uygulanabilecek alternatif bir zemin iyileştirme yöntemi olarak detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu çalışma kapsamında göz önüne alınan problemler için en iyi jet grout uygulama düzeninin bindirmeli jet grout kolonları şeklinde baraj eteklerine yapılması gerektiğini belirlemiştir. Sıvılaşma direncinin araştırılması gerilme azaltma katsayısı (r_d) değerleri ile yapılmış olup sıvılaşma için 0,5 olması gereken bu değer jet grout uygulaması sonrası 0,4'den başlayarak derinlik boyunca 0,2'ye indiği ve sıvılaşma riskinin ortadan kalktığı sonucuna ulaşmışlardır.

Mitchell ve Hon (2008), bu çalışmada %15 ile %20 arasında ince malzeme içeren kohezyonsuz zeminlerde, sıvılaşma potansiyelini azaltmada ve zeminin taşıma gücünü arttırmada kullanılan derin dinamik kompaksiyon, patlatma ile kompaksiyon, vibro-kompaksiyon, kompaksiyon kazıkları, kum-çakıl veya prefabrike drenler, jet grout ve sıvılaşma problemi olan zeminin değiştirilmesi gibi yöntemleri inşa zorluğu ve maliyet açısından irdelemiştir. Jet grout yöntemi ile ilgili olarak, sismik kaynaklı sıvılaşmanın meydana getirdiği düşey ve yanal deplasmanlara karşı iyileşme sağladığı ve alttaki sağlam zeminlere yükü aktarmada başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Tonaroğlu ve Dikmen (2011), silt ara tabakalı suya doymuş zeminlerin dinamik yük etkisindeki davranışlarını, doğrusal olmayan efektif gerilme analizi yapabilen LASS-IV bilgisayar yazılımını kullanarak parametrik olarak incelemiştir. Farklı sıklık derecesine sahip kum zeminlerde silt ara tabakasının bulunması durumunun sıvılaşma potansiyelini arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Orhan ve Ateş (2011), Manisa Saruhanlı ilçesinde alüvyonlu zeminlerde sıvılaşma sebebiyle meydana gelen taşıma gücü kayıplarını belirlemiştir. Çalışmada ilçenin yaklaşık 33 km güneyinde ve 150 km uzunluğunda olan 'Gediz Grabeni Fay Zonu' esas alınmış ve olası bir depremde fay zonunun 1/3'ü kırılacağı tahmin edilerek moment büyüklüğü 7.1 ve 0,28 g büyüklüğünde pik deprem ivmesi oluşturabileceğini hesaplamışlardır. Sonrasında sıvılaşma riskini gösteren haritaları hazırlayarak sıvılaşan lokasyondan numuneler almışlardır. Araştırmacılar öncelikle kum, silt ve killerin dinamik yükler altındaki davranışı üzerinde durmuş olup düşük plastisiteli siltler ve kumların sıvılaşma analizlerinin nasıl yapıldığını göstermişlerdir. Çalışmanın son bölümünde,

zemindeki yumuşamadan dolayı mukavemetin ve taşıma gücünün azaldığını belirtmişlerdir.

Şeflek ve Çetin (2012), Adana ili Ceyhan ilçesinde inşa edilen bir toplu konut projesinin zemininde açılan sondaj kuyularında yapılan SPT darbe sayılarını kullanarak sıvılaşma analizi yapmış ve bölgenin sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Bu kapsamda, sıvılaşma potansiyeline karşı direncin artırılması, yapılacak üst yapıların temellerinin desteklenmesi ve oluşabilecek deprem gibi sismik aktiviteler sonucunda yapıya gelebilecek zararların en aza indirilmesi amacıyla iyileştirme yöntemlerinden biri olan jet grout yöntemini seçerek arazide bu yöntemi uygulamışlardır.

Alkaya ve Yeşil (2012), sıvılaşma analizinin sonuçlarını doğrudan etkileyen; dane boyutu, yeraltı suyu durumu ve derinliği, sıvılaşabilir tabakanın kalınlığı yüzeye olan uzaklığı, zeminin ince dane oranı ve sıvılaşmayı meydana getirebilecek deprem büyüklüğü gibi parametreleri göz önüne alarak zeminlerde sıvılaşma analizini hızlı ve doğru yapmak amacıyla bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Bu program yardımıyla, sonuçların karşılaştırılması ve gerçek durumu en iyi temsil eden çözümün elde edilmesi üzerine çalışmışlardır.

Bayrakçı vd. (2013), Eskişehir’de yapılan 87 adet sondajın verileriyle farklı derinlikler (5 m, 10 m, 15 m ve 20 m) için sıvılaşma risk analizi yaparak bu derinliklere ait sıvılaşma haritalarını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında hazırlamışlardır. Haritalar yardımıyla derinliğe bağlı sıvılaşma derecesinin alansal değişimini inceleyerek derinlik arttıkça sıvılaşabilen alanların arttığı sonucuna varmışlardır.

Ayad vd. (2014), zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerde ve modellemelerde belirsizliklerin mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Bu belirsizliklerin sıvılaşma potansiyeli üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla Monte Carlo Simülasyon metodunu kullanarak güvenilirlik analizi yapmışlardır. Simülasyonun sıvılaşma riskini belirlemede oldukça başarılı sonuçlar verdiğini ve zemin parametrelerinin sıvılaşmaya etkisini ortaya koymada kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, belirsizlik katsayılarını esas alan bir hassaslık analizi yaparak sıvılaşma üzerinde en etkili parametreleri $(SPT-N_1)_{60}$, deprem büyüklüğü (M_w) ve zemin yüzeyindeki pik ivme (a_{maks}) olarak tespit etmişlerdir. Bunun yanında analizlerde, ince malzeme oranı belirsizlik katsayısı ile toplam ve efektif gerilme belirsizlik katsayılarının sıvılaşma olasılığına etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır.

Schultz ve Jafroudi (2014), Californiya’da hükümetin başlattığı bir program kapsamında sismik tehlikelere karşı hassas olan binaların belirlenmesi ve ASCE 31 standartına göre gerekli değerlendirmelerin yapılması amacıyla iki adet okul binasını değerlendirmişlerdir. Söz konusu binaların bulunduğu alanların büyük bir depreme maruz kalabilme olasılığının bulunması ve siltli-killi kum zemin profili ile yüzeye yakın yeraltı suyunun bulunması sebebiyle zeminin sıvılaşmaya maruz kalabileceğini ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda, CPT deneyi verileri ile Cliq.Version 1.7.1.14 yazılımı ve literatürde mevcut olan farklı üç yöntemi kullanarak sıvılaşma analizleri yapmışlardır. Analizler sonucunda sıvılaşma sonrası zemin yüzeyinde büyük oturmaların meydana gelebileceği ve temellerin altında bulunan zeminin taşıma gücü kaybına uğrayabileceği durumları olasılık dahilinde görülmüş olup hasarların kabul edilebilir sınırların üzerinde olacağını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, yapılan incelemelerde bina temelindeki kazıkların boylarının kısa olduğunu ve sıvılaşabilir tabakaya kadar imal edilmemiş olduğunu tespit etmişlerdir. Söz konusu sıvılaşma kaynaklı problemlerin giderilmesi amacıyla hali hazırda bulunan kazıkları, jet grout yöntemini kullanarak, beklenen aşırı deformasyonlara karşı koyabilecek derinliğe kadar yeniden şekillendirerek uzamasını sağlamışlardır. Bu kapsamda, kazıkların etrafını 4 adet jet grout kolonu ile kare bir düzende olacak şekilde çevreleyerek ve jet grout kolonların boylarını sağlam zemin tabakasına ulaştırarak kazıklara gelen yükün zeminçimento kütlelerine oradan da stabil tabakalara transferini sağlamışlardır.

Özocak ve Tapan (2014), çalışmada siltli zeminlerin sıvılaşabilirliğini incelemek amacıyla bir sıvılaşma bölgesinden alınan siltli malzemeyi önce çökeltme işlemine tabi tutup sonrasında yıkayarak kumundan ve kilinden arındırmışlardır. İçerdiği kilden değişik oranlarda katmak suretiyle 16 farklı silt-kil karışım numunesi elde ederek karışımların sıvılaşma potansiyeli taşıyıp taşımadıklarını Adapazarı Kriteri ve Dinamik Üç Eksenli deneyler yardımıyla belirlemişlerdir. Basınç plakası ve filtre kâğıdı yöntemleri ile belirlenen zemin-su karakteristik eğrileriyle numunelerin boşluk boyutu dağılımlarını elde etmişlerdir. Buna göre sıvılaşan ve sıvılaşmayan numunelerin boşluk boyutu dağılım eğrilerinin birbirinden ayrıldığını ve ortalama boşluk boyutu 0,0004 mm’den küçük olan numunelerin sıvılaşmaya karşı dirençli olduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca numunelerin sönümlenme davranışlarını dikkate aldıklarında; sıvılaşma potansiyeli bulunan %10’dan daha az kil içeren numunelere ait sönüm eğrilerinin parabolik azalma gösterdiğini, sıvılaşma potansiyeli içermeyen %10’dan fazla kil içeren numunelerin ise sönüm eğrilerinde önce bir miktar artma sonra sıvılaşmaya sebep olamadan benzer bir parabolik

azalma olduğu sonucuna varmışlardır. Buna göre laboratuvar sönümlenme eğrisi başlangıç kısmında boşluk suyu basıncı değerinde artış görülen zeminlerin sıvılaşma potansiyeli taşımayacakları görüşünü ortaya koymuşlardır.

Duman ve İkizler (2014), Duman vd. (2014) ve Duman vd. (2015), Kuzey Anadolu Fay Hattı etki alanında bulunan Erzincan ilinin olası bir depremden etkilenebileceği öngörüsü ile 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5 büyüklüğündeki senaryo depremleri için SPT verilerini esas alan analiz yöntemleri ile MATLAB programlama dilini kullanarak sıvılaşma potansiyeli değerlendirme çalışmaları yapmışlardır. Araştırmacılar, yaptıkları analizler yardımıyla Erzincan ili ve çevresinin potansiyel sıvılaşma haritalarını hazırlayarak yeraltı suyu ve kumlu-siltli zeminlerin varlığında bölgenin sismik özellikleri nedeniyle sıvılaşma potansiyelinin artacağı sonucuna varmışlardır.

Doğan (2015), Adapazarı, Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi sınırları içerisinde kalan bölgelerde azalım ilişkileri yardımıyla pik ivme değerlerini tahmin ederek sıvılaşma potansiyelini değerlendirmişlerdir. Sıvılaşmanın oluşum biçimi, mekanizması, oluşumuna neden olan faktörleri, sonrasında meydana gelen deformasyon türleri hakkında ayrıntılı incelemeler yapmış ve bölgede sıvılaşma riski olan tabakalar ile oluşabilecek deformasyon miktarlarını sayısal olarak ifade etmiştir.

Huang vd. (2015), sıvılaşma etkilerini ve zemin deformasyonlarını azaltmada zemin iyileştirme yöntemlerinden taş kolon uygulamasının kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla ikisi suya doygun kumda taş kolon olmaksızın diğer ikisi ise yine suya doygun kumda taş kolon imal edilerek toplamda dört adet modelle sarsma tablası deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Sismik etki altında gerçekleştirilen model deneylerde, taş kolon uygulamasının artık boşluk suyu basıncı, ivme ve oturma değerlerine dayanarak suya doygun kumlarda sıvılaşma direncini önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, taş kolonlar ile zeminde artık boşluk suyu oluşumunun bir miktar azaltıldığını, zeminin rijitliğinin arttırıldığını ve oturmaların da önemli ölçüde önüne geçildiğini belirtmişlerdir.

Dülger (2015), suya doygun gevşek kumlu zeminlerde meydana gelebilecek sıvılaşma olayı için geliştirilen UBCSAND bünye modelini PLAXIS sonlu elemanlar programına kullanıcı tanımlı olarak ekleyip kumların sıvılaşma tahmini için UBC3D-PLM adını alan sıvılaşma modelini kullanarak nümerik modellemeler yapmıştır. Eğimli arazide yapılan santrifüj deney sonuçları ile PLAXIS UBC3D-PLM modelini kullanarak yaptığı nümerik analizlerden elde ettiği boşluk suyu basınçlarını karşılaştırarak oluşan boşluk suyu

basınçları ve ivmelerin santrifüj ile uyumlu olduğunu gözlemlemiştir. Fakat eğimli arazide nümerik analizle hesaplanan deplasman değerlerinin santrifüj deneyi ile ölçülenlere göre daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Castellaro vd. (2015), zeminlerin sıvılaşma analizinde kullanılan devirsel gerilme oranının (DGO) hesabında yaygın olarak SPT ve CPT gibi deneylerin sonuçları kullanıldığını ancak son yıllarda sondaj kuyularından ve yüzeyden ölçülen kayma dalga hızına (V_s) bağlı sıvılaşma potansiyeli değerlendirmelerinin ön plana çıktığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, ReMi, MASW, EASC ve SSAP benzeri korelasyon teknikleriyle yüzey dalgalarını zeminlerin sıvılaşma olasılığını belirlemede kullanmayı amaçlamışlardır. Kuzey İtalya'daki Emilia-Rumagna bölgesinde 6 ve 6.1 büyüklüğündeki iki depremin 1200 km² alanda sıvılaşmaya sebep olup olmayacağını CPT ve Kayma Dalga Hızlarını kullanarak incelemiştir. Bu incelemeler sonucunda, kayma dalga hızının sıvılaşma riskini ortaya koymada yetersiz olduğunu ancak CPT deneyi verilerinden özellikle koni uç direnci kullanımının sıvılaşmayı belirlemede geoteknik yaklaşımda daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Ertek (2015), Samsun ili Atakum ilçesinde yer alan bir sahada farklı büyüklüklerdeki senaryo depremleri için pik yer ivmesi değerlerini hesaplayarak SPT darbe sayıları ile Basitleştirilmiş Yöntem ve zeminin mekanik özelliklerini kullanarak DIANA sonlu elemanlar programında Towhata-Iai bünye modeli yardımıyla sıvılaşma analizi yapmıştır. Her iki yöntemle göre yaptığı analizlerin sonuçlarını karşılaştırarak birbiri ile uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Chen vd. (2015) bu çalışmada, Idriss ve Boulanger (2010) ve Xie (1984) tarafından gerçekleştirilen SPT bazlı sıvılaşma vaka analizlerinin bulunduğu veri tabanlarını kullanarak sıvılaşma potansiyelini değerlendirebilecek yeni bir korelasyon denklemi üretmeyi amaçlamışlardır. Sıvılaşma analizinde kullanılan bileşenlerin geçmiş analizlerdeki hassasiyetini inceleyerek bunlardan sıvılaşma risk durumunu ortaya koyacak sıvılaşma olasılığı (P_L) ve nominal güvenlik faktörü (F_s) gibi iki deneysel denklem elde etmişlerdir.

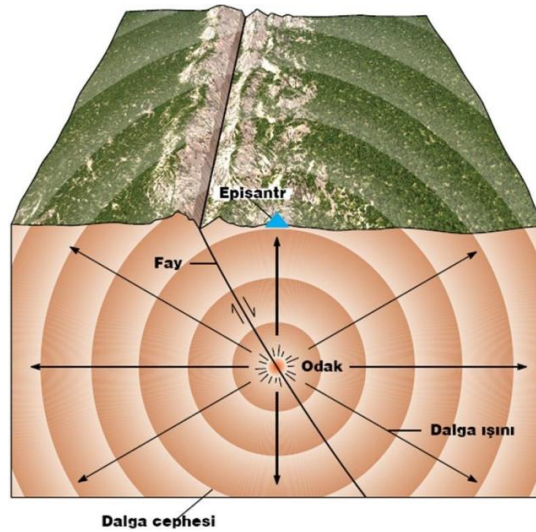
Monkul vd. (2015), temiz kum, siltli kum ve killi kumun sismik yükleme altındaki sıvılaşma mekanizmasını belirlemek amacıyla kuru ve doymuş numuneler üzerinde çevrimsel basit kesme tepkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, temiz kum ve siltli kumların sıvılaşma potansiyellerinin kuru numuneler üzerinden de bulunabileceği sonucuna varmışlardır. Buna rağmen killi kumlarda kuru ve doymuş durumdaki çevrimsel

basit kesme tepkilerinde farklılık gözlemlediklerinden dolayı bu tür zeminlerde doymun numune kullanımının halen bir zorunluluk olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan ince daneli malzemelerden silt ve kaolinin kum numuneye en fazla %10 oranında katılması halinde aynı boşluk oranına sahip temiz kum numunelerine göre sıvılaşıma potansiyelinin arttığını ve bu artış oranının numunelerin sıklığının azalmasıyla küçüldüğünü ortaya koymuşlardır.

1.4. Deprem

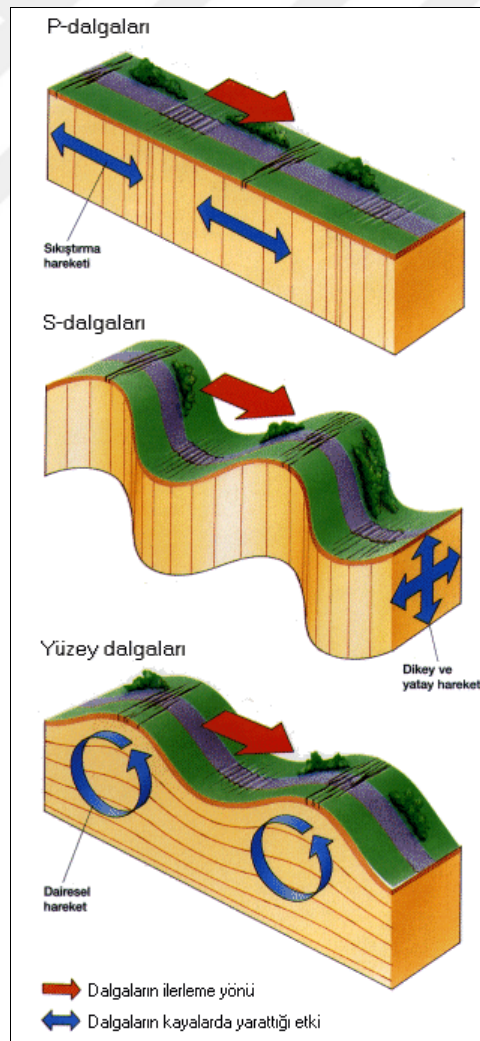
Yer kabuğunda çeşitli ölçeklerde yer alan kayma yüzeyleri (faylar) boyunca tektonik plaka hareketlerinden dolayı biriken enerji, kırılma ve kıvrımlara sebep olmaktadır. Bu şekil değişiklikleri sonucunda biriken enerjinin açığa çıkması ile yer kabuğu içinde oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzünü sarsması olayı deprem olarak adlandırılmaktadır. Yeryüzünde meydana gelen depremlerin %90'ının mekanizması anlatılan biçimde olup türü bakımından tektonik olarak sınıflandırılmaktadır. Bunun yanında az miktarda da olsa diğer doğal nedenlerle meydana gelen volkanik ve çöküntü deprem türleri de mevcuttur.

Tektonik hareketlerde kırılma ya da kaymanın başladığı noktaya depremin odağı (hiposantr), yeryüzündeki izdüşümü noktasına da dış merkezi (episantr) denilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Odak noktası, dış merkez, fay ve deprem dalgalarının yayılışı (URL-1).

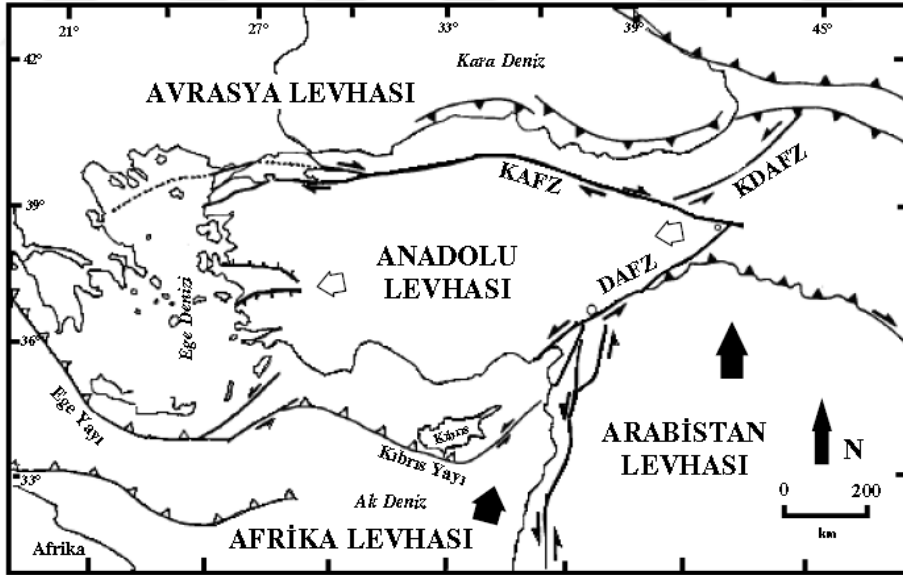
Deprem sırasında, odak noktasından başlayarak tüm yönlere doğru yayılan sismik dalgalar oluşmaktadır. Bu sismik dalgalar, cisim dalgaları ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 3). Yerin içinden hareket edebilen cisim dalgalarının, P ve S dalgaları olmak üzere iki türü mevcuttur. P dalgaları geçtikleri ortamların art arda sıkışmasına veya genişlemesine; S dalgaları ise geçtikleri ortamların kayma deformasyonuna uğramasına sebep olmaktadır. Love ve Rayleigh dalgaları olmak üzere ikiye ayrılan (Day, 2002) yüzey dalgaları yeryüzü materyalleri ile cisim dalgaları arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkmaktadır. Love dalgaları, S dalgalarına benzemekle birlikte yeryüzüne yakın seyahat eden enine kayma dalgalarıdır (Yeats vd., 1997). Rayleigh dalgaları ise yüzeye ulaşan sismik dalgaların dışı yayıldığı sırada yer kabuğunda hem düşeyde hem de yatayda deformasyonlara sebep olan dalga türüdür.



Şekil 3. Deprem dalgaları (Watt, 1993).

1.4.1. Türkiye'nin Depremselliği

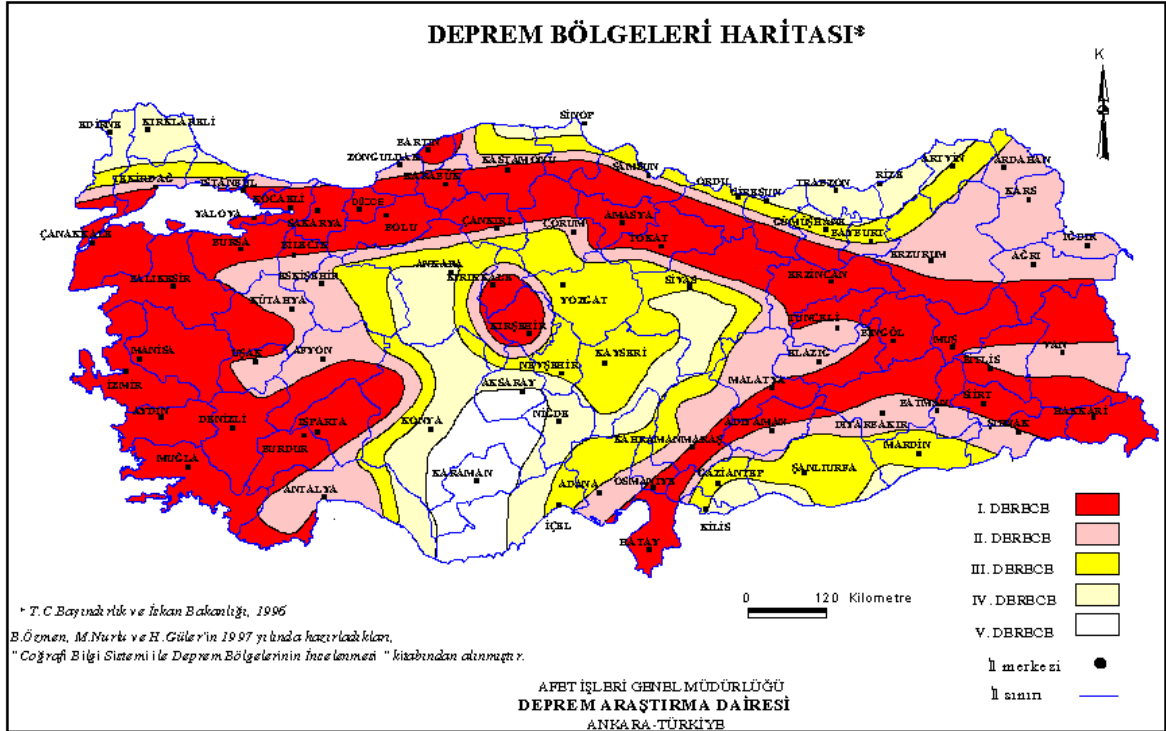
Türkiye, dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağında olup Afrika, Arap, Anadolu ve Avrasya levhalarının üzerinde yer almaktadır. Şekil 4'de görülen tektonik levha yapılanması, Atlantik Okyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak Afrika ve Arabistan levhalarının kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket etmeleriyle ilişkilidir. Kızıldeniz'in uzun eksenini boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılması nedeni ile Arabistan levhası kuzeye doğru itilmekte ve Avrasya levhasının altına doğru dalmaya zorlanmaktadır. Bu zorlanma, Arabistan levhası ile Avrasya kıtası arasında kalan ülkemizde yoğun sıkışma etkisi oluşturmaktadır (Atabey, 2000). Söz konusu levha hareketleri sonucu oluşan sismik aktivite üç ana fay zonu tarafından kontrol edilmektedir. Bunlar: Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Batı Anadolu Gerilme Yapısı'dır (Canbey vd., 2008). Ülkemizdeki fay kırıklarındaki hareket milyonlarca yıldır devam etmekte ve yaşanan depremlerin ana nedenini oluşturmaktadır.



Şekil 4. Türkiye'nin levha hareketleri (Şengör vd., 1985).

Şekil 5'te görülen 1996 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan deprem bölgeleri haritasında, Türkiye 5 ana deprem bölgesine ayrılmıştır. Buna göre Türkiye topraklarının %66'sı 1. ve 2. derece deprem bölgeleri, başka bir ifadeyle aktif fay

zonları içinde kalmakta ve nüfusun %71'i bu bölgelerde yaşamaktadır (Ergünay, 2007). Türkiye'de meydana gelen deprem kayıtları incelendiğinde ortalama her iki yılda bir büyük deprem olması konunun önemi ve alınması gereken önlemlerin aciliyeti hakkında yeterince fikir vermektedir (Özkan, 2003).



Şekil 5. Türkiye deprem bölgeleri haritası (URL-2).

1.4.2. Depremlerin Sebep Olduğu Zemin Problemleri

Oluşumu, yapısı ve fonksiyonları ile kompleks davranışlar sergileyen zeminler, deprem sırasında oluşan tekrarlı sismik hareketler sebebiyle daha sıkı bir konuma geçmeye eğilim gösterirler. Bu sırada oluşan aşırı boşluk suyu basınçları zeminde mukavemet ve rijitlik kaybına sebep olmaktadır. Dolayısıyla şevlerde kaymalar, temel zemininde taşıma gücü sorunları, aşırı ve farklı oturmalar gibi problemler meydana gelmektedir. Ayrıca depremlerin sebep olduğu önemli bir zemin problemi de zemin büyütmesidir. Dinamik deprem hareketleri, odaktan başlayarak yerkürede yayıldıkları sırada içerisinden geçtikleri zeminlerin parametrelerine bağlı olarak depremlerin ivmelerinde ve sebep olduğu

deplasmanlarda büyümelere yol açabilmektedir. Bu durum yapıya gelecek olan yüklerin tahmin edilenin ötesine geçmesine ve uzak mesafelerde önemli yapı hasarlarına sebep olmaktadır.

Yüzeğe yakın, gevşek ve suya doygun kohezyonsuz zeminlerde tekrarlı sismik hareketler esnasında görülen, mühendislik yapılarında önemli derecede hasarlara, yan yatmalara ve yıkımlara neden olan, sıvılaşma olayı ise depremlerin sebep olduğu diğerk bir zemin problemidir. Bu yüksek lisans tezi, seçilen bir çalışma sahasındaki sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve olası riskin giderilmesi hakkındaki çalışmaları kapsayacağından, sıvılaşma olayı ile ilgili sonraki bölümlerde detaylı bilgiler verilecektir.

1.5. Zeminlerde Sıvılaşma

Sıvılaşma, dinamik tekrarlı yüklemeler sebebiyle meydana gelen ve sonuçları önemli derecede hasar verici olabilen bir zemin problemidir. Tarihsel süreç içerisinde pek çok depremde gözlenmesine rağmen mühendislik açısından, 1964 yılında Japonya’da meydana gelen ve sismik sıvılaşma nedeniyle oldukça büyük hasarlara sebep olan Nigata depreminden sonra açık şekilde fark edilerek önem kazanmıştır. Ülkemizde geçmiş deprem kayıtları incelendiğinde, sıvılaşma olayının pek çok kez meydana gelmiş olduğu gözlenmiş olmasına rağmen konu üzerinde yeterince durulmamıştır. Özellikle 1999 Kocaeli depremde meydana gelen sıvılaşmanın ağır ve yıkıcı etkilerinden sonra bu olgu üzerindeki çalışmalar artarak hız kazanmıştır.

1.5.1. Sıvılaşmanın Tanımı ve Mekanizması

Seed ve Idriss (1982) sıvılaşmanın en güncel tanımını şu şekilde yapmışlardır: “Gevşek suya doygun kum zeminler deprem, patlama ya da okyanus dalgaları gibi dinamik titreşimlere maruz kaldığında, zemin daneleri sıkışma eğilimi gösterir ve hacimlerinde azalmalar meydana gelir. Hacimdeki bu değişimler sebebiyle boşluk suyu basıncı artar ve artan boşluk suyu basıncı başlangıç efektif gerilme değerine ulaştığında, efektif gerilme sıfır olur. Dolayısıyla kum taşıma gücünü kaybederek sıvı gibi davranır. Zeminin dayanımı üzerinde bulunan yapıları taşımayacak kadar düşer ve yapıda oturmalar meydana gelir.

Sıvılaşma olarak adlandırılan suya doymun gevşek kumlarda görülen bu sismik olay, kentsel alanlarda çok büyük hasarlara sebep olur.”

Ishihara (1985) sıvılaşma kavramını, “Yer sarsıntısı ve suyun yukarı doğru yükselmesi nedeniyle yüksek boşluk suyu basınçlarının meydana gelmesi, kumu ‘sıvılaşma’ olarak adlandırılan bir duruma dönüştürür. Sıvılaşma olduğu sırada efektif gerilme sıfırdır ve zemin daneleri birbiri ile teması kaybederek su içerisinde yüzer.” olarak tanımlamıştır.

Erken ve Ansal (1994) ise “Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu durumlarda doymun kum tabakalarında, depremler esnasında boşluk suyu basınçlarının artması sıvılaşma olarak tanımlanan bir olaya sebep olmaktadır. Bu durumda kum tabakası, kısa bir süre için viskoz bir sıvı gibi davranır. Kum tabakasının üzerinde bulunan yapılarda büyük oturmalar, tabakanın içinde bulunan su ve yakıt tankları gibi gömülü yapılarda ise yüzeye doğru hareketler ve şevlerde ise kaymalar oluşabilmektedir.” şeklinde belirtmişlerdir.

Geoteknik literatürde en genel anlamda, dinamik tekrarlı yüklemelerin oluşturduğu titreşimlerin etkisiyle gevşek, sature -suya doymun- durumdaki daneli zeminlerin taşıma güçlerini kaybederek “sıvı” gibi davranış göstermesine “sıvılaşma” denilmektedir.

Efektif gerilme prensibine göre;

$$\text{Statik durumda, } \sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u_s \quad (1)$$

$$\text{Dinamik etki durumunda, } \sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - (u_s + u_d) \text{ olacaktır.} \quad (2)$$

Burada;

σ'_{vo} : Düşey efektif gerilme

σ_{vo} : Toplam gerilme

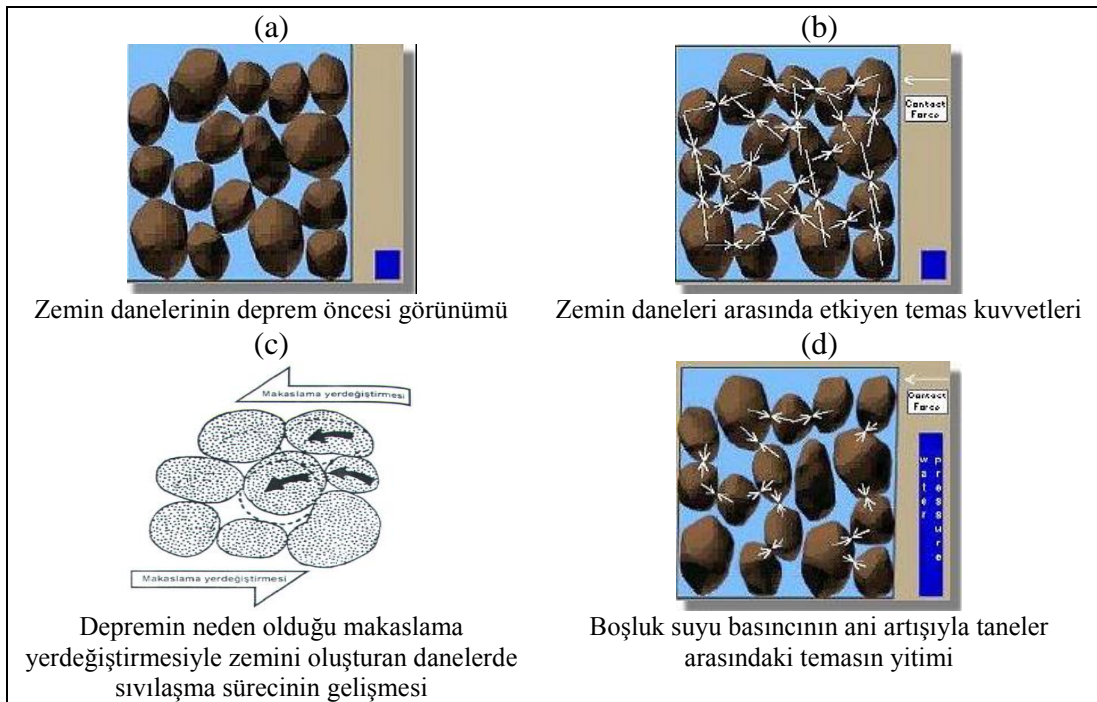
u_s : Statik haldeki boşluk suyu basıncı

u_d : Dinamik haldeki boşluk suyu basıncı fazlalığıdır.

Eğer $(u_s + u_d) = \sigma_{vo}$ olursa, $\sigma'_{vo} = 0$ olur (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). Bu durumda, zemin makaslama direncini kaybederek bir sıvı gibi davranır ve büyük deformasyonlara maruz kalır. Böylece sıvılaşma davranışına geçilmiş olur (Das, 1983). Bu formülasyonlar sıvılaşmanın geoteknik mühendisliğindeki matematiksel ifadeleridir.

Zeminlerde sıvılaşma olgusunun tanımlanabilmesi için dinamik etki öncesi zemin koşullarının bilinmesi gereklidir. Zeminde çok sayıda dane bir arada bulunmaktadır ve

yakından incelendiklerinde her danenin çevresindeki diğer danelerle temas halinde olduğu gözlenmektedir (Şekil 6a). Her bir dane üzerinde bulunan diğer dane ağırlıkları sebebiyle daneler arasında temas kuvvetleri gelişmektedir. Bu kuvvetler onları bir arada tutmakta ve zeminin dayanıma sahip olmasını sağlamaktadır (Şekil 6b). Daneler arasındaki boşluklar su ve hava ile doludur. Suyun danelere yaptığı basınç boşluk suyu basıncı olarak adlandırılmaktadır (Şekil 6a ve b). Deprem sırasında sismik dalgalar, özellikle makaslama dalgaları, suya doymun gevşek zeminler içinde yayılırken, tekrarlı makaslama gerilmeleri yaratarak zemin danelerinin yer değiştirmelerine sebep olurlar (Şekil 6c). Bu koşullar altında gevşek konumda bulunan zemin daneleri birbirlerine yakınlaşma eğilimi gösterirler ve danelerin temas noktalarındaki gerilmeler onları çevreleyen suya aktarılır. Depremlerin ani ve çok kısa süreli olması sebebiyle daneler arasındaki suyun ortamdan uzaklaşması (drene olması) için yeterli süre mevcut olmaz. Dolayısıyla ortamdan uzaklaşamayan boşluk suyu basıncı aniden artar. Boşluk suyu basıncındaki bu ani artış, zemin danelerini bir arada tutan temas kuvvetlerini yok ederek daneleri birbirinden uzaklaştırır. Böylece zemin dayanımını yitirir (Şekil 6d). Bu koşullar altında zemin, deprem öncesinde gösterdiği katı malzeme davranışı yerine, bir sıvı gibi davranarak suyla birlikte yüze doğru hareket eder ve yüzeyden çıkmaya başlar (Ulusay, 2010). Bu olaylar bütünü sıvılaşmanın mekanizmasını oluşturmaktadır.



Şekil 6. Zeminlerde sıvılaşma davranışının yalınlaştırılmış mekanizması (Youd, 1984).

1.5.2. Sıvılaşma Türleri

Sebepler olduğu hasar tipleri incelendiğinde iki çeşit sıvılaşma türünden bahsedilebilir:

- Akma Sıvılaşması
- Çevrimsel Hareketlilik (Mobilite)

Sıvılaşma olayının oluşum mekanizması genel olarak değerlendirildiğinde; akma sıvılaşmasında zemin daneleri arasındaki temas kuvvetleri azalarak efektif gerilme sıfıra eşitlenirken çevrimsel hareketlilik türü sıvılaşmada ise zemin danecikleri arasındaki temas kuvvetleri azalır fakat tamamen yok olmaz.

1.5.2.1. Akma Sıvılaşması

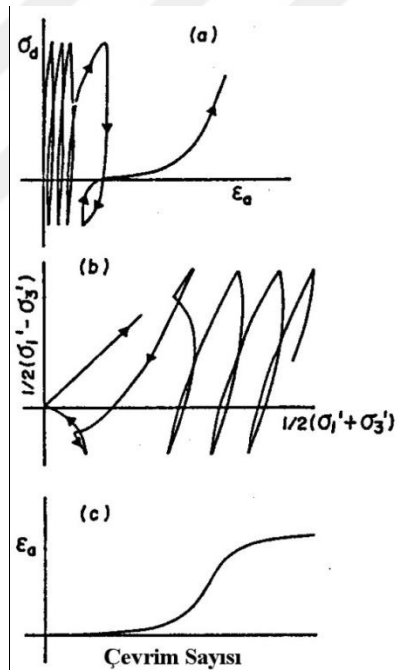
Suya doymuş gevşek zeminlerde sıvılaşmanın etkisi ile oluşan yumuşamadan dolayı kayma mukavemeti kayıpları olur ve sonucunda kayma şekil değiştirmeleri olan akma sıvılaşması meydana gelir. Akma sıvılaşması, sıvılaşmış zeminin kayma mukavemetinin statik şartlar altındaki dengesi için gereken kayma dayanımından daha az olması durumunda hızlı bir şekilde gelişir ve zeminde çok büyük yer değiştirmelere sebep olur (Kramer, 1996). Etkileri depremden sonra bile devam eden akma sıvılaşması, ağır yapıların batması veya devrilmesi, hafif gömülü yapıların yüzeye çıkması, toprak barajlarda ve şevlerde büyük oranda stabilite kayıpları gibi olumsuz durumlara yol açmaktadır. Şekil 7'de akma türü sıvılaşma örneği görülmektedir.



Şekil 7. Aşağı San Fernando Barajı'nda 9 Şubat 1971'de meydana gelen depremden sonraki akma türü sıvılaşma (Kramer, 1996).

1.5.2.2. Çevrimsel Hareketlilik (Mobilite)

Çevrimsel hareketlilik, statik denge için gerekli olan kayma gerilmelerinin, dinamik etkilerle oluşan kayma gerilmelerinden küçük olduğu durumda gelişmekte ve deprem süresince artarak devam etmektedir. Bu tür dinamik gerilmelerin yeterli çevrim sayısına erişmesi, kayma gerilmeleri sıfırdan geçerken efektif gerilmelerin kısa bir süre için sıfıra doğru azalmasına sebep olur (Şekil 8). Bu olay çevrimsel hareketlilik (mobilite) olarak adlandırılır. Çevrimsel hareketlilik ile meydana gelen aşırı boşluk suyu basınçları, danelerin yeniden dizilimini sağladığından zeminin boşluk oranını değiştirmektedir. Buradaki durum, hareketliliğin deprem sarsıntısından sonra da devam etmesine sebep olmaktadır (Kramer ve Elgamal, 2001).



Şekil 8. Dinamik yüklemekten dolayı çevrimsel hareketlilik (Vaid ve Chern, 1985).

Deprem sırasındaki ve sonrasındaki çevrimsel hareketlilik arazi koşullarında genellikle yanal yayılma şeklinde görülmektedir (Şekil 9). Oluşan yanal deformasyonlar, yenilme alanı içinde inşa edilen binaların temellerini parçalayabilir, kanalizasyon borularını ve diğer tesisleri sökebilir. Ayrıca, çevrimsel hareketlilik alanı içerisinde

bulunan köprü gibi büyük yapılarda sıkışma ve kemerlenmelere sebep olabilmektedir (Day, 2002).

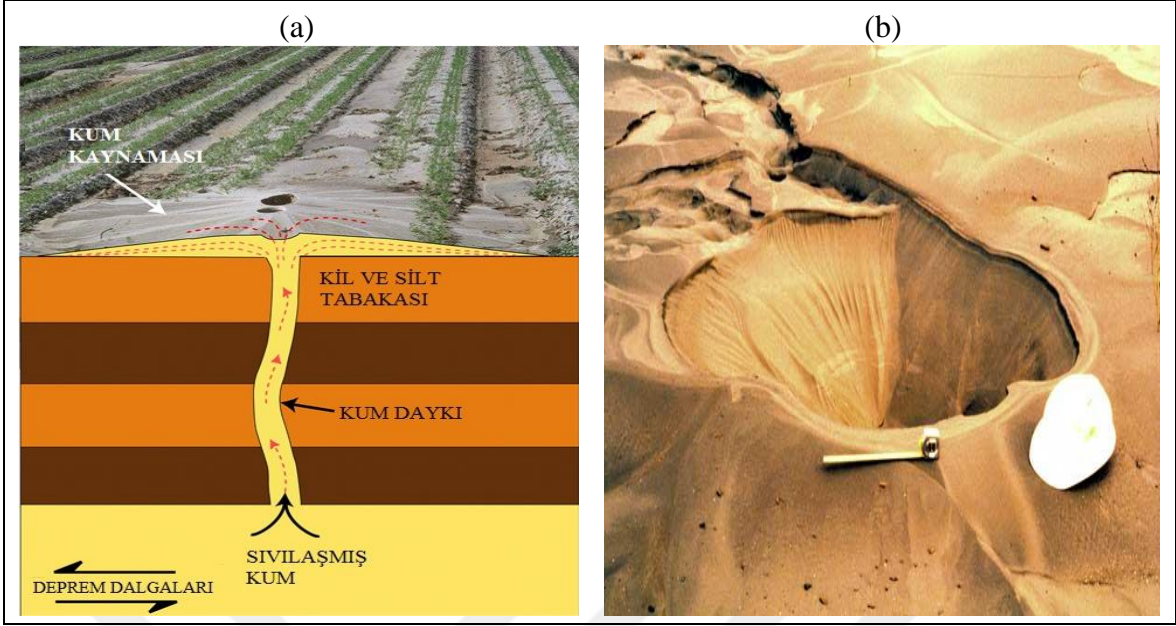


Şekil 9. 23 Ekim 2011 Van Depremi'nde Erciş'te çevrimsel hareketlilik sonucu oluşan çatlaklar (URL-3).

1.5.3. Sıvılaşma Kökenli Hasar Türleri

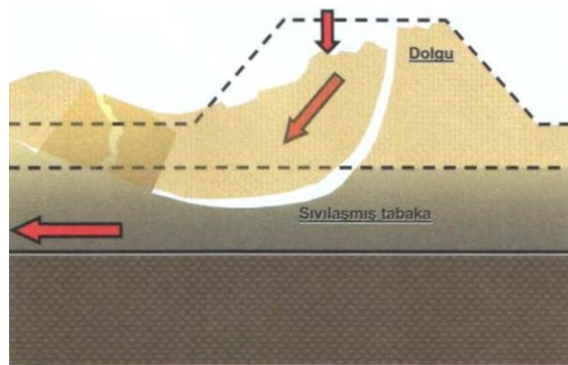
Zemin, sıvılaşmanın etkisiyle kayma direncini kaybederek deformasyona uğrar. Bu durum mühendislik yapılarında çeşitli hasarlara sebep olur. Sıvılaşma türlerinin oluşum mekanizmaları farklı olmasına rağmen zeminlerde ayırt edilmesi zor olan etkiler meydana gelmektedir. Bu etkiler aşağıda ana hatlarıyla açıklanmıştır.

i. Kum Kaynaması: Sıvılaşma ile birlikte çok sık rastlanılan bir olaydır. Tekrarlı yükler altında boşluk suyu basıncının yükselmesi ile hidrolik eğim kritik bir değere erişebilir. Böylece efektif gerilme sıfır ya da negatif bir değer alır. Bu durumda su borularak zemin daneciklerinin yüzeye çıkmasına sebep olur. Eğer taşınan karışımın enerjisi yeterli olursa Şekil 10'da görüldüğü gibi yüzeyde kum kaynamaları meydana gelir. Kum kaynamaları genellikle bir hat üzerinde çatlak veya yarıkları takip ederek oluşur ve çoğunlukla çökme türü hasarlara sebep olurlar (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).



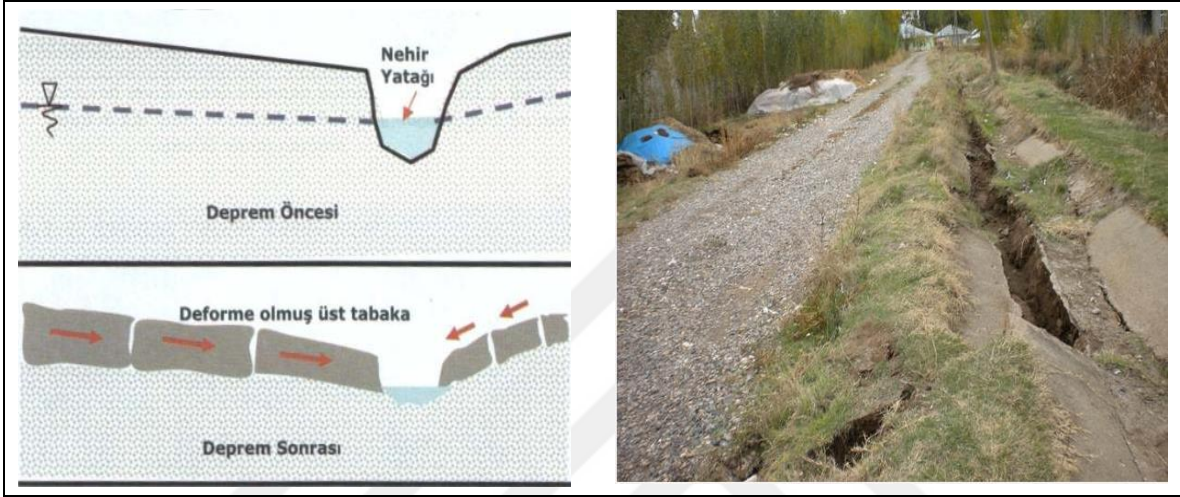
Şekil 10. (a) Sims ve Garvin, 1995'ten uyarlanan kum kaynaması modeli ve (b) 1989 Loma Prieta Depremi sonucu Oakland Havalimanı yakınında oluşan kum krateri (URL-4).

ii. Akma Göçmesi: Gevşek suya doymuş kumlarda veya siltli kumlarda kayma direncinde oluşan ani düşmeler sebebiyle (genellikle) eğimi 3° 'den daha büyük olan yamaçlar boyunca zemin kütlelerinin hareket etmesidir (Şekil 11). Bu göçme türünde, akma deformasyonu başladığı zaman herhangi bir titreşim olmasa bile statik kayma gerilmesi kalıcı direnç seviyesine düşüncüye kadar ya da zemin direncinin çeşitli nedenlerle statik kayma gerilmesine yeniden yükselinceye kadar hareket devam eder (Altun vd., 2005).



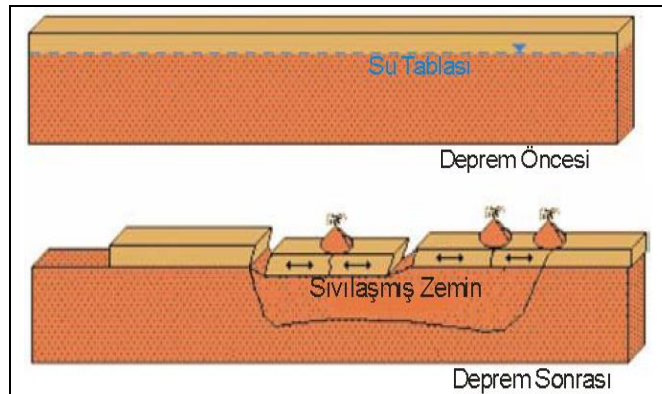
Şekil 11. Akma göçmesi biçimi

iii. Yanal Yayılma: Sıvılaştırılmış zeminin üzerinde bulunan az eğimli ($0,3^{\circ}$ - 3°) yamaçlarda, birkaç metreden onlarca metrelere varabilen yanar yönde yerdeğıştirmeler olarak gelişen deformasyonlardır (Şekil 12). Genellikle hareketin oluşumuna bir engel olmayışından dolayı kıyılarda meydana gelirler. Sonuç olarak, sıvılaştırılmış zeminden dolayı meydana gelen yanar yayılmanın üzerinde bulunan yapılaşmalar ciddi zararlara uğrarlar.



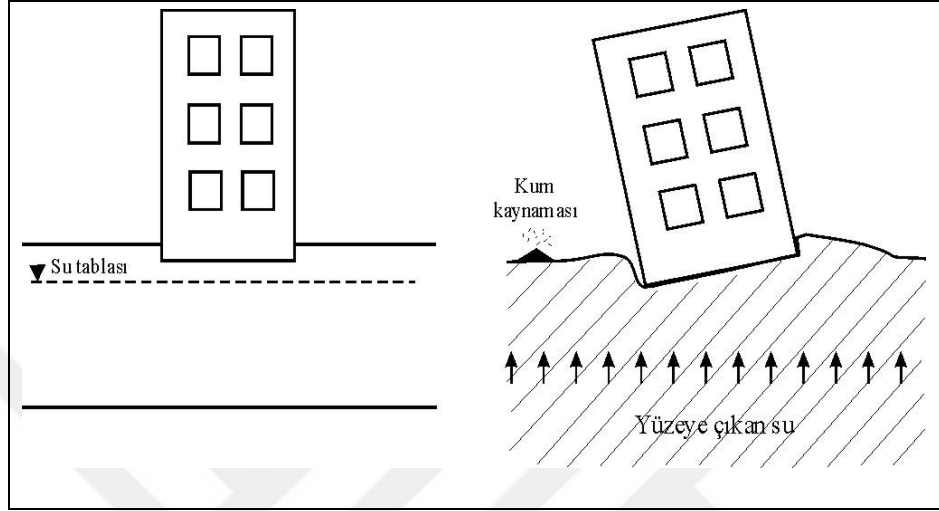
Şekil 12. Yanal yayılma oluşma biçimi

iv. Zemin Salınımı: Eğimin olmadığı ya da çok düşük olduğu sıvılaştırılmış zeminlerde, yüzeye yakın derinlikteki zeminin Şekil 13'te görüldüğü üzere bloklara ayrılarak ileri-geri yönlü olarak salınması ve sürüklenmesi şeklinde oluşur.



Şekil 13. Zemin salınımı mekanizması (Youd, 1984); (Ulusay, 2010).

deformasyonlar görülür (Şekil 16). Zemin dayanımını yitirdiği için üzerinde bulunan yapılardan gelen yükleri taşıyamaz. Dolayısıyla yapılarda devrilme, öne veya geriye yatma gibi durumlar meydana gelir.



Şekil 16. Taşıma gücü kaybı yenilme biçimi

viii. Zemin Oturması: Deprem sırasında oluşan titreşimler sebebiyle kuru kumlu ya da suya doymun kumlu zeminlerin daneleri bir araya gelme eğilimi gösterir ve sıkışır. Bu sıkışmalar yüzeyde düşey yönde oturma şeklinde deformasyonlara neden olur. Dolayısıyla gelişen oturma, zemin üzerinde bulunan yapıya da yansır ve Şekil 17'de görüldüğü üzere yapının zemine batmasına yol açar (Ulusay, 2010).



Şekil 17. 23 Ekim 2011 Van Depremi'nde sıvılaşmaya bağlı zemin oturması (URL-3).

1.5.4. Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler

Sıvılaşma olayı çok çeşitli faktörün etkisinin bulunduğu karmaşık bir zemin davranışıdır. Zeminin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi aşamasında etkili olan faktörler, genel olarak sismik aktiviteye, zemin özelliklerine ve jeolojik koşullara bağlı olarak üç ana grupta değerlendirilebilir.

1.5.4.1. Sismik Aktiviteye Bağlı Faktörler

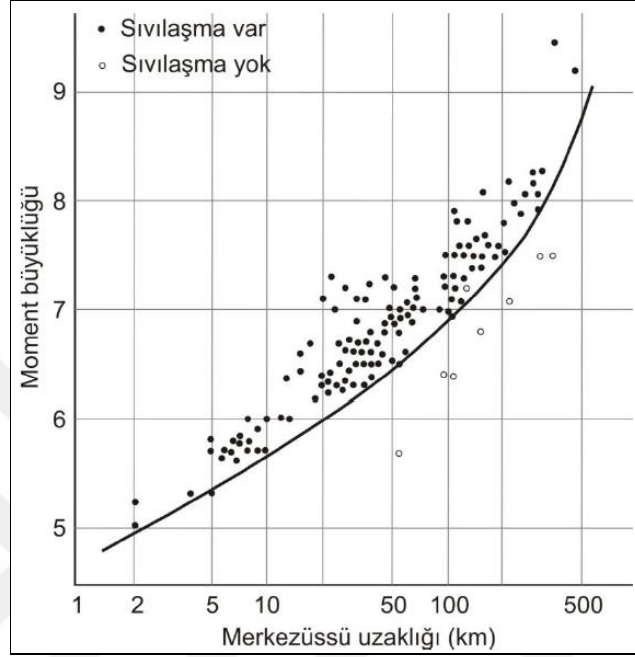
Zemin sıvılaşması için en uygun yükleme koşulu, sismik hareketler sebebiyle oluşacak ani tekrarlı yüklemelerdir. Sıvılaşmanın meydana gelmesi için başlıca kaynak depremdir. Deprem sırasında oluşan kayma gerilmeleri ve birim deformasyonlar, depremin; büyüklük, süre, ivme, odağa olan mesafe vb. özelliklerine bağlı olarak gelişmektedir (Day, 2002).

1.5.4.1.1. Depremin Büyüklüğü (Moment Magnitüdü)

Depremin büyüklüğü, deprem sırasında açığa çıkan enerji düzeyini sayısal olarak belirten bir ölçüdür. Bu enerji sonucu meydana gelen sarsıntı, zemin danelerinin ve yeraltı suyunun hareketini kontrol ettiğinden dolayı depremin büyüklüğü arttıkça sıvılaşma potansiyeli de artar. Geçmiş deprem kayıtları incelendiğinde büyüklüğü 5'in altında ve şiddeti VI'nın altında, orta ve sığ derinlikte meydana gelen bir deprem sonucu sıvılaşma olayının olmadığı görülür (Wang ve Law, 1994). Buna ilave olarak depremin büyüklüğü ile değişen pik yer ivmesi sıvılaşmayı etkileyen bir diğer parametredir. Daha önce yapılan araştırmalara göre sıvılaşma meydana gelmesi için gereken minimum pik yer ivmesi değeri yaklaşık $a_{maks} \approx 0,1$ g 'dir (National Research Council, NRC 1985; Ishihara, 1985). Dolayısıyla, 0,1 g'den daha küçük bir pik yer ivmesinin veya 5'den daha küçük bir yerel büyüklüğün söz konusu olduğu yerler için, sıvılaşma analizine gerek yoktur (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Deprem sonrası yapılan arazi gözlemleri odaktan uzaklığın sıvılaşma gözlenen bölge ile ilgisi olduğunu göstermiştir (Kuribayashi ve Tatsuoka, 1975). Deprem sırasında sıvılaşabilir bir zeminde sıvılaşmayı tetikleyen deprem etkilerinin oluşmadığı bir odak

uzaklığı vardır. Bu uzaklık ve depremin büyüklüğü arasındaki ilişki Şekil 18’de verilmiştir. Odaktan yani sismik kaynaktan uzaklaştıkça yer ivmesi ve deprem dalgalarının şiddeti azaldığından sıvılaşmaya karşı direnç artacaktır.



Şekil 18. Depremlerin moment büyüklüğüne göre sıvılaşma gözlenen sahaların dışmerkez uzaklığı (Ambraseys, 1988).

1.5.4.1.2. Depremin Süresi

Depremin meydana gelme süresi, sıvılaşma süresince zeminin maruz kalacağı tekrarlı gerilmelerin ve birim deformasyonların sayısını belirlediğinden dolayı sıvılaşma için önemli bir faktördür (Ulusay, 2010). Yer sarsıntısının süresi arttıkça zemin daha fazla yükleme altında kalacağından sıvılaşma tehlikesi de artacaktır.

1.5.4.2. Zemin Özelliklerine Bağlı Faktörler

1.5.4.2.1. Zeminin Türü

Kohezyonsuz zeminlerin sıvılaşmaya karşı en az dirençliden en çok dirençliye kadar olan bir sıralaması kabaca; temiz kumlar, plastik olmayan siltli kumlar, plastik olmayan

siltler ve çakıllar olarak verilebilir (Day, 2002). Temiz kumlar, sıvılaşma olgusunun temelini oluştururlar ve sıvılaşmaya en yatkın zeminler olarak bilinirler. Düşük plastisiteli silt ve siltli kumlar hem sıvılaşabilir olmaları hem de boşluk suyu basıncının düşmesini engelleyebilecek kadar düşük geçirimsizliğe sahip olmaları nedeniyle en tehlikeli zemin türleridir (Çetin, 2001). Bu tür zeminlerin, sıvılaşmaya en yatkın zeminler olduğu uzun yıllardır bilinmektedir.

Kil içeren kumlar ve çakıllı zeminlerin sıvılaşabilirliği konusunda henüz ortak bir görüş birliği oluşmamıştır. Genel olarak, killi zeminlerin ve iyi drene olabilen çakılların sıvılaşma eğilimi göstermeleri beklenmez. Ancak deprem sarsıntıları sırasında dayanım kaybına uğramaları sebebiyle sıvılaşan kumlarla beraber yüzeye hareket ettikleri daha önce yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir.

Çakıllı zeminler; ince daneli kumlu ve siltli zeminlerle karşılaştırıldığında daha geçirimli olduklarından sismik yükler altında oluşan tekrarlı boşluk suyu basıncını daha iyi sönmölemektedirler. İri ve ağır kütleli danelerden oluşan çakıllara genellikle doğada gevşek halde rastlanılmadığından bu tür zeminlerin sıvılaşmaya yatkın olmadığı söylenebilmektedir. Buna rağmen çakıllı zeminlerde bazı durumlarda dinamik yükler altında sıvılaşma olduğu gözlenmiştir. Bu durumlar;

- Çakıl tabakasının az geçirimli tabakalar arasında sıkışması,
- Çakıl danelerinin arasının ince daneli malzeme ile dolması,
- Çakıl tabakasının son derece kalın olmasından dolayı drenaj mesafesinin uzaması

şeklinde sıralanabilir (Çetin, 2001).

Çetin (2001), ince daneli (killi ve siltli) zemin parçacıkları, iri daneleri birbirinden ayıracak ya da genel zemin davranışını kontrol edebilecek miktara ulaşması ve zeminin plastisite indisinin 10-12'den küçük olması durumlarını sıvılaşmanın meydana gelme koşulları olarak belirtmiştir. Ayrıca Andrews ve Martin (2000), kumların sıvılaşması hakkında kil içeriği ve likit limit değerlerine bağlı koşulları Tablo 1'deki gibi vermişlerdir.

Düşük plastisiteli silt ve siltli kumlar hem sıvılaşabilir olmaları hem de boşluk suyu basıncının düşmesini engelleyebilecek kadar düşük geçirimsizlik göstermeleri nedeniyle en tehlikeli zemin türleridir (Çetin, 2001). Bu zemin türünün sıvılaşabilirliğinin araştırılması konusunda ilk olarak Wang (1979) tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan yöntem "Çin Kriteri" dir. Bu kriterin verilerine göre;

- 0,005 mm'den daha ince danelerin yüzdesi < %15
- Likit limit (LL) < %35
- Doğal su içeriği (w_n) $\geq 0,90LL$

olan killi kum zeminlerin sıvılaşma riski taşıdığı gözlenmiştir.

Tablo 1. Kil içeren kumların sıvılaşma koşulları (Andrews ve Martin, 2000).

	Likit Limit < 32	Likit Limit ≥ 32
Kil İçeriği < %10	Sıvılaşabilir.	Detaylı çalışma gerekir. (Plastik kil harici boyutlu dane olduğu düşünülerek-mika vb.)
Kil İçeriği \geq %10	Detaylı çalışma gerekir. (Plastik olmayan kil boyutlu dane olduğu düşünülerek-maden veya ocak atığı vb.)	Sıvılaşmaz.

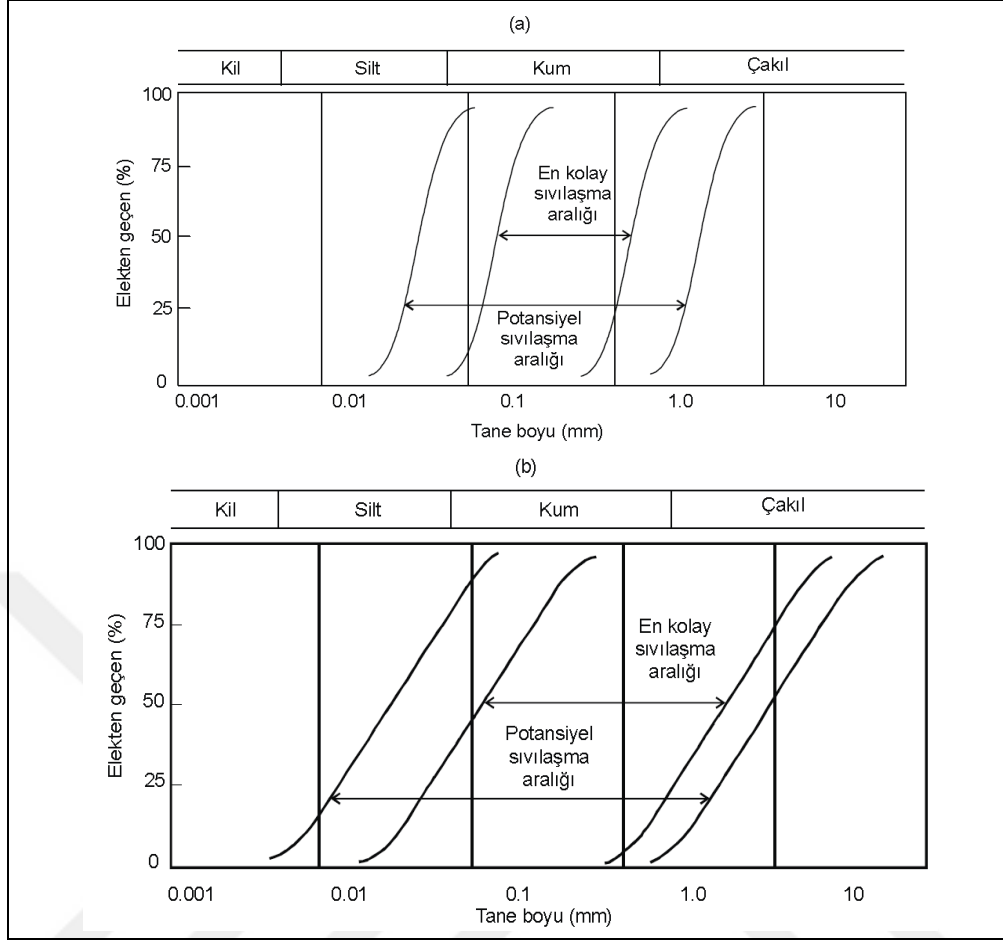
1.5.4.2.2. Dane Şekli ve Dağılımı

Sıvılaşma sırasında zemin daneleri arasında oluşan aşırı boşluk suyu basıncı hacim değişimlerine sebep olmaktadır. Dolayısıyla sıvılaşmaya olan duyarlılık hacmin değişim davranışını etkileyen dane boyu, dane şekli ve dane boyu dağılımı özelliklerinden etkilenmektedir.

Granüler zeminlerde dane boyutunun küçülmesi sıvılaşma riskini arttırmaktadır. Bu sebeple ince kumlarda sıvılaşma hassasiyeti kaba kumlara kıyasla daha yüksektir. Dane şekli açısından ise yuvarlak daneli zeminler köşeli daneli zeminlere kıyasla daha fazla sıkışma gösterdiğinden sıvılaşma potansiyelleri köşeli daneli zeminlere oranla daha yüksektir.

İyi derecelenmiş dane dağılımına sahip zeminlerde hemen hemen her boyuttan dane bulunmaktadır. Deprem sırasında küçük boyutlu daneler büyük boyutlu danelerin arasındaki boşlukları doldurarak drenajlı şartlardaki hacim değişimini azaltırlar ve drenajsız şartlardaki aşırı boşluk suyu basıncının da daha düşük değerlerde kalmasına sebep olurlar. Bu durum iyi derecelenmiş dane dağılımına sahip zeminlerin sıvılaşma duyarlılıklarının uniform dane dağılımına sahip zeminlere göre daha düşük olmasını sağlar (Kramer, 1996).

Şekil 19'da, sıvılaşma eğilimine sahip zeminler için dane boyutu dağılımı eğrilerine göre sıvılaşma olasılığı açısından alt ve üst sınırlar belirtilmiştir.



Şekil 19. Potansiyel olarak sıvılaşma eğilimine sahip zeminlerin dane boyu dağılım eğrileri (a) üniformaluluk katsayısı düşük ve (b) üniformaluluk katsayısı yüksek olan kumlar (Port and Harbour Research Institute of Japan, 1997).

1.5.4.2.3. Zeminin Rölatif Sıklığı

Sıklık derecesi, kohezyonsuz zeminlerin hem statik hem de dinamik yükler altındaki davranışlarını etkileyen önemli bir parametredir ve yüksek olması sıvılaşma riskini azaltıcı bir etki yapmaktadır. Tablo 2’de zeminlerin rölatif sıklıklarına göre sıvılaşma potansiyelleri sınıflandırılmıştır. Sıklık derecesi %35’ten küçük olan zeminler, gevşek zeminler olarak kabul edilmekte olup suya doymun olmaları halinde sıvılaşmaya karşı son derece hassastırlar (Tonaroğlu, 2006). Genel olarak, sıklık değeri %65’ten büyük olan zeminlerde sıvılaşmanın oluşmayacağı söylenebilir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). Nitekim 1964 Nigata Depremi’nde sıklığı %50 olan kumlu zeminlerde sıvılaşma meydana gelmişken %70 civarında sıklığa sahip bölgelerde sıvılaşma meydana gelmemiştir (Seed ve Idriss, 1971).

Tablo 2. Rölatif sıklığa göre sıvılaşma potansiyeli durumu

Rölatif Sıklık % D_r	Zeminin Sıklık Durumu	Sıvılaşma Potansiyeli
0-15	Çok gevşek	Sıvılaşma riski var.
15-35	Gevşek	
35-65	Orta sıkı	Detaylı inceleme gerekir.
65-85	Sıkı	Sıvılaşma riski yok.
85-100	Çok Sıkı	

Sıvılaşma potansiyeli, rölatif sıklık ve ivme arasındaki ilişki Tablo 3' te verilmiştir. Bu tablonun verilerine göre depremin ivmesi arttıkça sıvılaşma riski bulunan sınıfa giren rölatif sıklık değerleri de artmıştır.

Tablo 3. Sıvılaşma potansiyeli, rölatif sıklık ve pik yer ivmesi arasındaki ilişki (Seed ve Idriss, 1971).

a_{maks}	Sıvılaşma Riski		
	Yüksek	Orta	Az
0,10 g	$D_r < 33$	$33 < D_r < 54$	$D_r > 54$
0,15 g	$D_r < 48$	$48 < D_r < 73$	$D_r > 73$
0,20 g	$D_r < 60$	$60 < D_r < 85$	$D_r > 85$
0,25 g	$D_r < 70$	$70 < D_r < 92$	$D_r > 92$

1.5.4.3. Jeolojik Koşullara Bağlı Faktörler

1.5.4.3.1. Zeminin Jeolojik Yaşı ve Çimentolanma

Bir zemin tabakasının jeolojik yaşı sıvılaşabilirliği hakkında önemli ipuçları vermektedir. Uzun süre jeolojik yük altında kalan zemin tabakalarında, daneler daha duraylı dizilimde sıkışacağından dolayı partiküller arasında kaynaşma ve çimentolanma meydana gelmektedir. Bu durum jeolojik yaşı fazla olan zeminlerin sıvılaşma direncini arttıran bir etkidir (Seed, 1976). Mollamahmutoglu ve Babuocu (2006), yeni çökelmiş genç zeminlerin sıvılaşmaya karşı dirençlerinin yaşlı zemin çökellerine kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

1.5.4.3.2. Yeraltı Suyu Seviyesi

Yeraltı suyu seviyesi zeminlerin sıvılaşmasını etkileyen önemli faktörlerden biridir (Özaydın, 2007). Sıvılaşma için en uygun koşulların yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu durumlarda olması ile birlikte bu su seviyesinin üzerinde bulunan doygun olmayan zeminlerin sıvılaşması söz konusu değildir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). Yani yüzeyden itibaren yeraltı suyu seviyesinin derinliği arttıkça sıvılaşma potansiyeli düşmektedir. Ayrıca yeraltı su seviyesinin mevsimlere göre farklılık göstermesi sebebiyle sıvılaşma potansiyeli de buna paralel olarak değişiklik göstermektedir (Çetin ve Unutmaz, 2004).

1.5.4.3.3. Sıvılaşabilir Tabakanın Derinliği ve Kalınlığı

Tabaka derinliğinin artması ya da şiddetli depremlerin meydana gelmesi gevşek kumların kendi ağırlıkları altında sıkışmasına sebep olur. Dolayısıyla 20 m'nin altında efektif gerilmeler aşırı olarak artar ve çevrimsel gerilme oranı küçülür. Bu durum sıvılaşmanın 20 m derinliğin altında beklenmemesinin temel kaynağıdır. Sıvılaşma riskinin en fazla olduğu derinlik yüzeyden itibaren ilk 10 m'dir (Genç, 2011).

Sıvılaşabilir tabaka kalınlığının fazla olması drenaj yolunu uzatır. Bu durumda deprem sırasında ani bir yüklemenin etkisiyle tabaka drenajsız koşullar altında gibi davranır ve sıvılaşmanın meydana gelme olasılığı artar (Eskişar, 2002).

1.5.4.3.4. Deformasyon Geçmişi

Geçmişte meydana gelmiş olan depremler zeminlerde deformasyona sebep olabilirler. Finn (1970), jeolojik yaşı genç olan ve basit kesme deneyi ile daha önceden deformasyona uğramış benzer özelliklere ait zeminler üzerinde incelemeler yapmış ve genç olan zeminlerin sıvılaşma direncinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Sonuç olarak, Mollamahmutoğlu ve Babuçcu (2006), belirli saha koşulları için sıvılaşmaya en duyarlı saha koşulları ve zemin türünü;

i. Saha Koşulları:

- Dış merkeze veya büyük bir depremin fay yırtılma yerine yakın saha
- Yeraltı suyu seviyesinin yer yüzeyine yakın olduğu saha

ii. Zemin Türü:

- Çok gevşek veya gevşek halde, zemin daneleri arasında çimentolanma olmayan, daha önceden yüklemeye veya sismik sarsıntıya maruz kalmamış, yakın zamanda çökelmiş, üniform dane dağılımına sahip ve daneleri yuvarlak kumdan oluşan zemin olarak belirtmişlerdir.

1.6. Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi

1.6.1. Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Deneyler

Zeminlerin sıvılaşma potansiyellerini arazide ve laboratuvarında yapılan deneylerden elde edilen veriler ile değerlendirmek mümkündür. Dinamik basit kesme, dinamik burulmalı kesme ve dinamik üç eksenli basınç deneyleri sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanılan laboratuvar deneyleridir. Bu deneyler uzun, zaman alıcı, örselenmemiş numune alımının zor olduğu maliyetleri yüksek deneylerdir. Dolayısıyla genellikle sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde zeminin doğal durumunda değerlendirildiği arazi deneyleri tercih edilmektedir. Arazi deneylerinden Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Konik Penetrasyon Deneyi (CPT), yüzeyden istenilen derinliğe kadar inilebilmesi, zeminin tabaka değişiminin belirlenebilmesi ve sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde pek çok korelasyonu olması sebebiyle analizlerde kullanılan en yaygın penetrasyon deneyleridirler. Bu deneylerin yanı sıra Kayma Dalga Hızı (V_s) ve Beker Penetrasyon Deneyi (BPT) de analizler de kullanılan diğer arazi deneyleridir. Bu tez kapsamında, inceleme yapılan sahanın sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde Standart Penetrasyon Deney (SPT) verilerini esas alan bir yöntem kullanılacağından deney ile ilgili bilgiler bir sonraki kısımda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

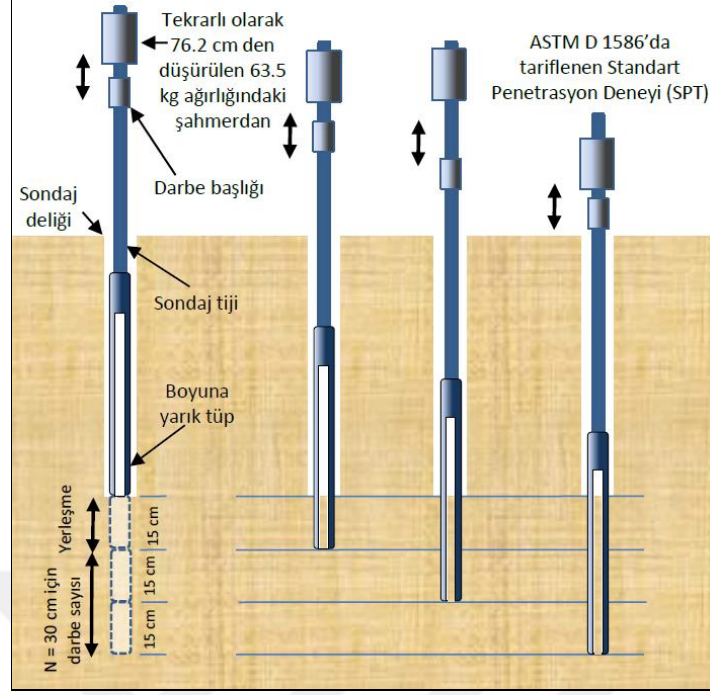
1.6.1.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi, geoteknik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan en eski arazi deneylerinden biridir. Dünyada birçok ülkede kullanıldığı gibi Türkiye’de de hemen hemen her zemin inceleme programının ana parçalarından birini oluşturmaktadır (Sivrikaya ve Toğrol, 2009).

Standart Penetrasyon Deneyi’nin diğer arazi deneylerinden birçok üstün özelliği mevcuttur. Bunlar;

- Deney süresinin kısa olması,
- Yapım yönteminin basit olması,
- Deneyin yorumlanmasına yönelik bir bilgi birikiminin bulunması,
- Veri tabanının zengin olması,
- Sondaj işlemi sırasında kolaylıkla uygulanabilmesi sebebiyle maliyetinin düşük olması,
- Her tür zemin grubunda ve yeraltı suyu seviyesi altında uygulanabilmesi,
- İstenilen derinlikten numune alınabilmesi
- Zeminle ilgili parametrelerin tespiti ve sınıflama potansiyeline geçiş gibi pek çok korelasyona sahip olması, vb. şeklinde sıralanabilir.

‘Standart Penetrasyon Deneyi’ terimi ilk olarak Terzaghi tarafından 1947’de düzenlenen Teksas Zemin Mekaniği Konferansı’nda “bir örnek alıcı tüpün zeminin içerisine çakılması” ifadesi ile tanımlanarak kullanılmıştır (Clayton, 1995). SPT en genel anlamda sondaj kuyusunun içerisinde yapılan, en uçta ‘boyuna yarık tüp’ olarak bilinen standart örnek alıcısının bağlı olduğu tijlerin üzerine, 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın 76,2 cm yükseklikten tekrarlı bir şekilde bırakılarak kuyu tabanından toplamda 45 cm’lik penetrasyon sağlanana kadar çakılması ve bunun için gerekli olan darbe sayısı (SPT-N) değerlerinin kaydedilmesi olarak tanımlanabilir. 45 cm’lik mesafenin ilk 15 cm’lik kısmı penetrasyonun yerleşme aşaması olarak tanımlandığından kaydedilen darbe sayıları, delgi tabanında oluşabilecek örselenmeler nedeniyle dikkate alınmamaktadır. Deneyin yapım aşamaları Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Standart Penetrasyon Deneyi aşamaları (Federal Highway Administration, 2002).

SPT, birçok zeminde uygulanabilse de özellikle temiz ince-orta kum, çok ince çakıllı kum ve az siltli kumlu zeminlerde (örselememiş numune almanın zor olduğu, laboratuvar ortamına getirilemediği durumlarda) gerçekçi ve tutarlı sonuçlar vermektedir.

1.6.1.1.1. SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi

Deneyin uygulanması esnasında yanlış sondaj metotları, yanlış sondaj deliği stabilizasyonu, yanlış deney prosedürü, standart olmayan veya hatalı aletlerin kullanımı ve sonuçların doğru olarak kaydedilmemesi gibi sebeplerden dolayı SPT-N sayısında bazı hatalar oluşmaktadır. Dolayısıyla ölçülen SPT-N değerleri aşırı yüksek veya aşırı düşük olabilmektedir. Aşırı yüksek olarak ölçülen SPT-N değerleri, zeminin özellikleri ve taşıma gücü hakkında güvenli olmayan tahminlerin yapılmasına sebep olmaktadır. Aşırı düşük olarak ölçülen SPT-N değerleri ise, aşırı güvenli çözümlere yol açmaktadır. Bu nedenlerle deney sonuçlarının yorumlanması öncesinde SPT-N değerlerinde bir dizi düzeltmeler yapılması gereklidir.

SPT-N değerleri aşağıda verilen ampirik ifade yardımıyla düzeltilmektedir.

$$N_{60} = N C_E C_R C_B C_S C_A C_{BF} C_C \quad (3)$$

Burada,

N_{60} : Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

N : Arazide ölçülen SPT darbe sayısı (Gereği halinde Eşitlik (5)'teki yeraltı suyu düzeltilmesi uygulanmış değer)

C_E : Enerji düzeltme faktörü

C_R : Tij boyu düzeltme faktörü

C_B : Sondaj kuyusu çapı düzeltme faktörü

C_S : Numune alıcı kılıf düzeltme faktörü

C_A : Çakma başlığı düzeltme faktörü

C_{BF} : Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü

C_C : Tokmak yastığı düzeltme faktörüdür.

• Enerji düzeltme faktörü (C_E):

Şahmerdandan zemine iletilen enerji veriminin düzeltilmesi arazide ölçülen SPT-N değerlerinde yapılacak en önemli düzeltmelerden biridir. Zemine iletilen enerji verimi şahmerdan mekanizmasına ve şahmerdanın serbest bırakılma yöntemine bağlıdır. Enerji ölçümleri, numune alıcıya aktarılabilen gerçek enerji miktarını Kovacs ve Salomone (1982)'a göre %30–80, diğer araştırmacılara göre %70–100 arasında değişebileceğini göstermiştir. Bununla birlikte birçok ülkede, enerji verimi olarak %60 oranı kabul edilmiştir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Enerji düzeltme faktörü uygulanmasının amacı, teorik enerjinin %60'ını veren bir tokmak deneyde kullanılmamışsa, ölçülmüş olan SPT-N değerini uyarlamak ve düzeltmektir. Düzeltme faktörü C_E aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$C_E = \frac{ER}{60} \quad (4)$$

Burada;

$ER = 63,5$ kg tokmağın 76 cm'den düşürülmesiyle tijlerde oluşan enerjinin ($E_{ölçülen}$), teorik enerjiye ($E_{teorik} = 475$ J) yüzde olarak oranı göstermektedir.

Çeşitli ülkelerde yapılan SPT'lerde karşılaşılan ER ve C_E 'nin değişimi Tablo 4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Enerji oranı düzeltmesi (Clayton, 1995).

Ülke	Tokmak tipi	Tokmak düşürülme yöntemi	ER (%)	C_E
Japonya	Halka	Tombi	78-85	1,30-1,42
	Halka	Kedibaşında 2 devir + Özel bırakma yöntemi	65-67	1,08-1,12
ABD	Güvenli	Kedibaşında 2 devir	55-60	0,92-1,00
	Halka	Kedibaşında 2 devir	45	0,75
Arjantin	Halka	Kedibaşı	45	0,75
Çin	Otomatik	Elle Dolamalı	60	1,00
	Halka	Kedibaşı	50	0,83
Türkiye	Güvenli	Kedibaşında 2 devir	45	0,75

- Tij boyu düzeltme faktörü (C_R):

Numune alıcıya aktarılan enerji, tijin boyuna bağlı olarak belli bir dereceye kadar etkilenir ve ölçülen SPT-N değerleri bazen bu faktör için düzeltilir (Sivrikaya ve Toğrol,2009). Youd vd. (2001) tarafından önerilen C_R değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Tij boyu düzeltme katsayıları (Skempton, 1986).

Derinlik (m)	Tij boyu düzeltme katsayısı, C_R
d=0-3	0,75
d=3-4	0,75
d=4-6	0,85
d=6-10	0,95
d=10-30	1,00
d>30	1,00

- Sondaj kuyusu çapı düzeltme faktörü (C_B)

Sondaj kuyusu çapının 114 mm'den büyük olması durumunda yapılan deneylerde, ölçülen SPT-N değerlerinde düzeltme yapılır (Tablo 6).

Tablo 6. Kuyu çapı düzeltme katsayıları (Skempton, 1986).

Kuyu Çapı (mm)	Kuyu çapı düzeltme faktörü (C_B)
65 - 115	1,00
150	1,05
200	1,15

- Numune alıcı kılıf düzeltme faktörü (C_S):

SPT deneyi, numune alıcı içerisinde kılıf kullanılarak veya kılıfsız olarak yapılabilir. Numune alıcı kılıf düzeltme faktörü (C_S), eğer numune alma yöntemi standart numune alıcı (kılıflı) ise 1,0, kılıfsız numune alıcı ise 1,1-1,3 değerleri arasında değişen bir değer almaktadır.

- Çakma başlığı düzeltme faktörü (C_A):

Çakma başlığı ağırlığı ve tokmak tipine bağlı SPT-N değerlerinin düzeltme faktörleri Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Çakma başlığı düzeltme faktörü (Tokimatsu, 1988).

Tokmak	Çakma Başlığı	C_A
Halka	Küçük, 2 kg	0,85
	Büyük, 12 kg	0,70
Güvenli	2,5 kg	0,90

- Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü (C_{BF}):

Bu durum yalnızca yer altı su seviyesinin altındaki kumlar için geçerlidir. Tij çubuklara uygulanan düşürme sıklığı (çakma hızı), ölçülen SPT-N değerini etkileyebilmektedir. C_{BF} , yeraltı su seviyesinin altındaki kumlarda oluşan boşluksuyu basıncı etkilerini gidermek için kullanılmaktadır. C_{BF} 'nin değeri, derinlik düzeltmesi yapılmış SPT-N değerine bağlıdır. Tablo 8, tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörünü göstermektedir. Tokmak vuruş sıklığı dakikada 30-40 vuruş ise $C_{BF}=1,00$ olarak alınabilir.

Tablo 8. Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü (Décourt, 1989).

$(N_1)_{60}$	Tokmak vuruş sıklığı (vuruş/dk)	C_{BF}
<20	10-20	0,95
>20	10-20	1,05

- Tokmak yastığı düzeltme faktörü (C_c):

Tokmaklar düşürülürken, çakma başlığı yüzeyinde bazen sert odun yastık blok kullanılmaktadır. Blok enerjii absorbe etmekte ve ölçülen SPT-N değerini artırmaktadır. Bu durumda SPT-N değerleri, Tablo 9’da gösterilen faktörlerle düzeltilmelidir.

Tablo 9. Tokmak yastığı düzeltme faktörü (Décourt, 1989).

Odun yastık blok türü	C_c
Olmayan	1,00
Yeni	0,95
Eski	0,90

- Yeraltı suyu düzeltmesi:

Dinamik yüklemelere maruz kalan suya doymun siltli veya ince dane oranı yüksek kumlu zeminlerde düşük geçirgenlikten dolayı su aniden drene edilememekte ve boşluk suyu basınçları yükselmektedir. Drene olmayan suyun varlığı zeminin mukavemetini geçici olarak arttırmakta ve SPT-N değerini yanıltıcı olarak yükseltmektedir. Bu nedenle SPT-N değerlerine, aşağıdaki koşulların tamamının geçerli olması durumunda Eşitlik (8) kullanılarak düzeltme yapılır (Terzaghi ve Peck, 1968).

- Deney yeraltı suyu seviyesi altında yapılmış ise,
- Deneyin yapıldığı zemin türü ince kum veya siltli kum ise,
- $SPT-N > 15$ darbe/30 cm ise,

$$N' = 15 + (N - 15)/2 \quad (5)$$

Burada; N' : Yeraltı suyu düzeltmesi yapılmış SPT-N değeridir.

Bu düzeltme yapılmazsa, suya doymun orta sıkı çok ince kum veya siltli kumun rölatif sıklığı, SPT deney sonuçlarından aşırı yüksek tahmin edilebilir (Terzaghi ve Peck, 1968).

- Derinlik düzeltme faktörü (C_N):

Zeminin homojen, derinlikle değişmeyen birim ağırlık ve su içeriğine sahip olması durumunda SPT-N değerleri derinlikle artmaktadır. Bunun nedeni, derine inildikçe örtü yükü gerilmelerinin artması, dolayısıyla da deneyin daha yüksek düşey ve yatay çevre basınçları altında gerçekleştirilmesidir. Sonuçta aynı penetrasyonu sağlayan darbe sayıları

artmaktadır. Aynı özellikteki zemini derinlikten bağımsız tek bir Standart Penetrasyon değeri ile tanımlamak amacıyla örtü yükü etkisi için bir düzeltme faktörü (C_N) uygulanmaktadır (Erol ve Çekinmez, 2014). Ancak jeolojik gerilmenin 100 kPa'dan küçük olduğu derinliklerde bu düzeltme faktörü uygulanmaktadır.

$$(N_1)_{60} = N_{60} C_N \quad (6)$$

$(N_1)_{60}$ = Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre ve efektif jeolojik basıncı 100 kPa olarak düzeltilmiş vuruş sayısı

N_{60} = Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

C_N = Derinlik düzeltme faktörü

Derinlik düzeltmesi katsayısı C_N , genellikle Liao ve Whitman (1986) tarafından verilen aşağıda eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_{vo}}} \quad (7)$$

Burada,

P_a = Yaklaşık 100 kPa değerindeki referans gerilmesi

σ'_{vo} = P_a ile aynı birime sahip düşey efektif gerilmedir.

Youd vd. (2001)' e göre hesaplanan C_N değeri 1,7'yi aşmamalıdır. Kayen vd. (1992) ise yine 1,7 değerini aşmamak üzere C_N değeri için aşağıdaki ifadeyi önermişlerdir.

$$C_N = 2,2 / (1,2 + \frac{\sigma'_{vo}}{P_a}) \quad (8)$$

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından geliştirilen C_N değerini hesaplamak için kullanılan diğer bir eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_{vo}} \quad (9)$$

Yukarıda verilen her üç eşitlik de mühendislik hesaplamalarında kullanılabilir.

Youd vd. (2001), 200 kPa'a kadar olan düşey efektif gerilme değerlerinde Eşitlik (8)'in güvenilirliğini onaylamışlar ama 200 kPa'dan büyük düşey efektif gerilmelerde, sonucun belirsiz olacağını belirtmişlerdir. Eşitlik (9), 300 kPa'a kadar olan düşey efektif gerilme değerleri için daha tutarlı sonuçlar vermektedir (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006).

1.6.2. Sıvılaşma Potansiyeli Analiz Yöntemleri

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Konik Penetrasyon Deneyi (CPT) gibi arazi deneyleri veya sarsma tablası, dinamik üç eksenli deney ve dinamik basit kesme deneyi gibi laboratuvar deneyleri ile elde edilen verilerin esas alındığı çok sayıda yöntem ve yaklaşım mevcuttur.

Bu tez çalışması için derlenen verilerin sondaj kuyularında muhtelif derinliklerde yapılan SPT deneylerine ait olması sebebiyle, bu bölümde SPT verilerini esas alan Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen analiz yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

1.6.2.1. Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi

Seed ve Idriss (1971) tarafından zeminlerin sıvılaşma potansiyellerinin değerlendirilmesi amacıyla Basitleştirilmiş Yöntem olarak da anılan güvenilir bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, SPT deney verileri kullanılarak elde edilen ampirik eşitlikler üzerine kurulmuştur. Günümüzde hala en çok kabul görme özelliği taşıyan yöntemin işlem adımları aşağıda sıralandığı gibidir.

1. Zemin tipinin deprem sırasında sıvılaşmaya yatkın olup olmadığının belirlenir,
2. Zeminin yeraltı su seviyesinin altında olması ya da gelecekte bir şekilde olabileceğinin ihtimalinin değerlendirilir,
3. Yukarıdaki iki şartın da sağlanması durumunda yöntem kullanılabilir ve depremin sebep olacağı devirsel gerilme oranı hesaplanır.
4. Standart Penetrasyon Deneyi kullanılarak arazideki zeminin devirsel direnç oranı belirlenir.

5. Sıvılaşmaya karşı emniyet faktörü Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır. Emniyet faktörünün 1'den küçük değerler aldığı bölgelerde sıvılaşma meydana gelmesi beklenir (Day, 2002).

$$EF = \frac{DDO}{DGO} \quad (10)$$

Seed ve Idriss (1982), buna ek olarak güvenlik faktörünün 1-1,2 arasında olması durumunda da sıvılaşma riskinin potansiyel olarak mevcut olduğunu belirtmişlerdir.

1.6.2.1.1. Devirsel Gerilme Oranının Belirlenmesi

Devirsel gerilme oranı yaklaşımı, zeminde meydana gelen aşırı boşluk suyu basıncının devirsel (çevrimli) gerilmelerle ilişkili olduğu kabulünü esas almaktadır. Dolayısıyla sıvılaşmaya sebep olacak sismik yüklemeler, devirsel kayma gerilmeleri cinsinden ifade edilmektedir (Kramer, 1996). Depremi sebep olacağı devirsel gerilme oranı (DGO, CSR; Cyclic Stress Ratio), Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen yöntemine göre Eşitlik (11) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$DGO = 0,65 \frac{a_{maks}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \quad (11)$$

Burada,

a_{maks} : Deprem nedeniyle zemin yüzünde oluşan pik yer ivmesi (m/s^2)

g : Yerçekimi ivmesi ($9,81 m/s^2$)

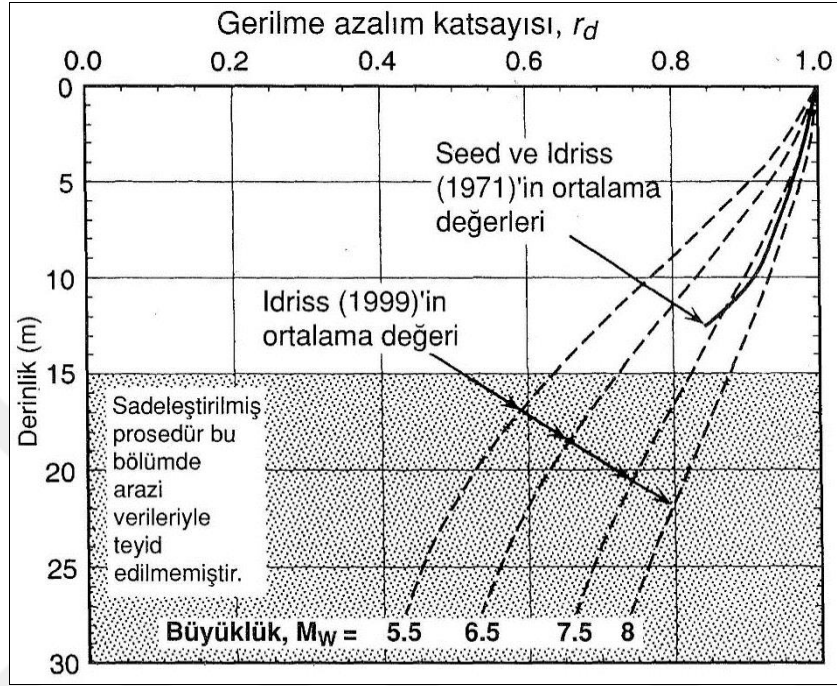
σ_{v0} : Toplam düşey gerilme (kPa)

σ'_{v0} : Toplam düşey efektif gerilme (kPa)

r_d : Gerilme azaltma katsayısıdır.

Eşitlik (12)' de bulunan toplam düşey gerilme (σ_{v0}) ve toplam düşey efektif gerilme (σ'_{v0}), temel geoteknik ilkeler kullanılarak hesaplanabilir. Diğer parametrelerin belirlenmesi için ise çeşitli araştırmacıların önerdiği bağıntılar mevcuttur:

i. Gerilme azaltma katsayısının hesabı: Seed ve Idriss (1971) düz veya eğimli zeminler için, derinliğe bağlı olarak gerilme azaltma katsayısını Şekil 21'deki eğri ile ifade etmişlerdir.



Şekil 21. Gerilme azaltma katsayısı (Seed ve Idriss, 1971).

Fakat matematiksel hesaplamalarda bu eğrinin kullanılmasında oluşan zorluklar nedeniyle ortalama değer eğrisinden alınan değerler, hesap kolaylığı olması açısından Eşitlik (12) ile ifade edilmiştir (Youd vd., 2001).

$$r_d = \frac{1,000 - 0,4113z^{0,5} + 0,04052z + 0,001753z^{1,5}}{1,000 - 0,4177z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205z^{1,5} + 0,001210z^2} \quad (12)$$

Bunların yanı sıra gerilme azaltma katsayısı, kritik olmayan projeler için Liao ve Whitman (1986) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikler ile de hesaplanabilmektedir.

$$r_d = 1,0 - 0,00765z ; z \leq 9,15 \text{ m} \quad (13)$$

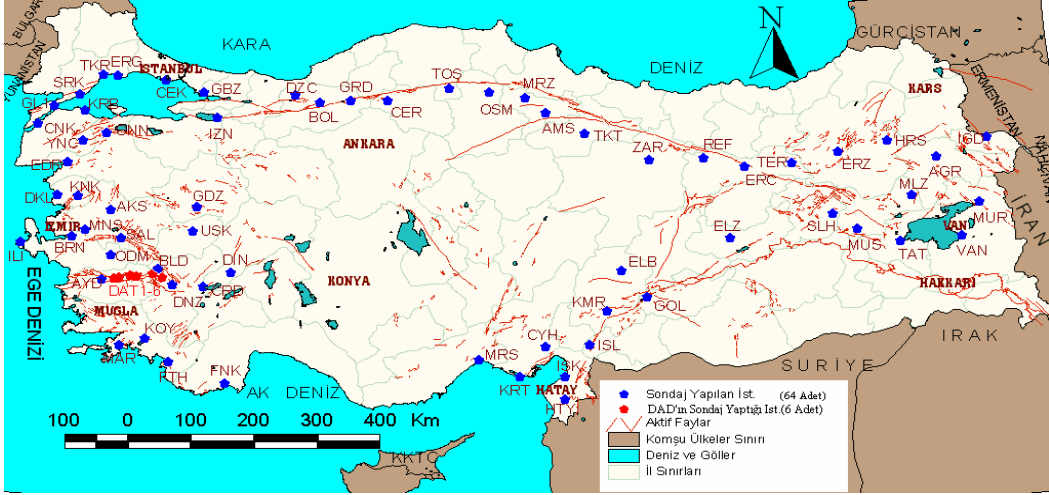
$$r_d = 1,174 - 0,0267z ; 9,15 \leq z \leq 23 \text{ m} \quad (14)$$

Buradaki (z) zemin yüzeyinden metre cinsinden derinliktir.

ii. Pik yer ivmesinin hesabı: Geoteknik analizlerde devirsel yer hareketlerinin miktarı, zemin yüzeyindeki pik yer ivmesi (a_{maks}) ile temsil edilmektedir. Bu ivme, boşluk suyu basınçlarının veya deprem kaynaklı sıvılaşmanın yokluğunda, gelecekte oluşacak bir depremin neden olacağı ivme değeridir. Depremlerin meydana geleceğini önceden tahmin etmek mümkün olmadığından, pik yer ivmesinin değeri önceki depremlere ve fay çalışmalarına dayandırılmaktadır (Day, 2002).

a_{maks} değerinin hesabında SHAKE veya DESRA gibi bilgisayar yazılımları ve zemin yüzeyindeki hareketlerin tahmini amacıyla anakaya hareketlerinin büyütüldüğü oran eğrileri kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra deprem magnitüdü, sismik enerji kaynağından olan uzaklık ve lokal arazi koşullarının bir fonksiyonu olarak geliştirilmiş olan deprem azalım ilişkileri (sönüm denklemleri) maksimum yer ivmesinin hesaplanması için kullanılan en yaygın metottur (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006). Literatürde yerli ve yabancı araştırmacıların geliştirdiği pek çok deprem azalım ilişkisi mevcuttur. Ülkemizde 1996 yılına kadar yabancı araştırmacıların önerdiği sönüm denklemleri kullanılırken o yıldan itibaren yerli araştırmacıların önerdiği sönüm denklemleri de kullanılmaya başlamıştır. Yabancı kaynaklı denklemler türetilirken kullanılan depremlerin meydana geldiği bölgelerin kabuk yapısının Türkiye'nin kabuk yapısından farklı olması ve Türkiye dışındaki deprem kayıtları kullanılarak hazırlanmasından dolayı ülkemizdeki depremlerin özelliklerini yansıtmadığı belirlenmiştir. Yerli sönüm denklemlerinin ise Türkiye'de meydana gelen deprem kayıtlarının kullanılmasına rağmen; deprem kayıtlarının zemin etkisinden arındırılmaması, aletsel dönemde olmayan depremlerin özelliklerinin kıyaslama yapılarak tahmin edilmesi, kayıtlar sırasında oluşan hatalar, fay mekanizmalarının sönüm denklemlerine etkisinin göz ardı edilmesi, lokal bölgelerde çalışılması vb. etkenler sebebiyle Türkiye depremlerinin özelliklerini yansıtmayı yansıtmadığı konusunda şüpheler mevcuttur (Beyaz, 2004).

Beyaz (2004), zemin etkisinden arındırılmış pik yer ivmesinin tespiti amacıyla Şekil 22'de verilmiş olan toplam 64 adet lokasyonda çalışmalar yapmıştır. Kayada konuşlandırılmış istasyondan elde edilen ivme kayıtlarını, magnitüd ve mesafe değerlerini kullanarak yaptığı çoklu regresyon analizleri sonucunda Türkiye'ye özgü daha güvenilir ve güncel bir azalım ilişkisi ortaya koymuştur (Eşitlik 15).



Şekil 22. Beyaz (2004)'ün sönüm denkleminin eldesinde çalışma yaptığı lokasyonlar

$$\text{Log } a_{\text{maks}} = \beta_0 + (\beta_1 M^2) + (\beta_2 \log (R+1)) \quad (15)$$

Burada,

$$\beta_0 = 2,08$$

$$\beta_1 = 2,54 \cdot 10^{-2}$$

$$\beta_2 = -1,001$$

$$\sigma = 0,712$$

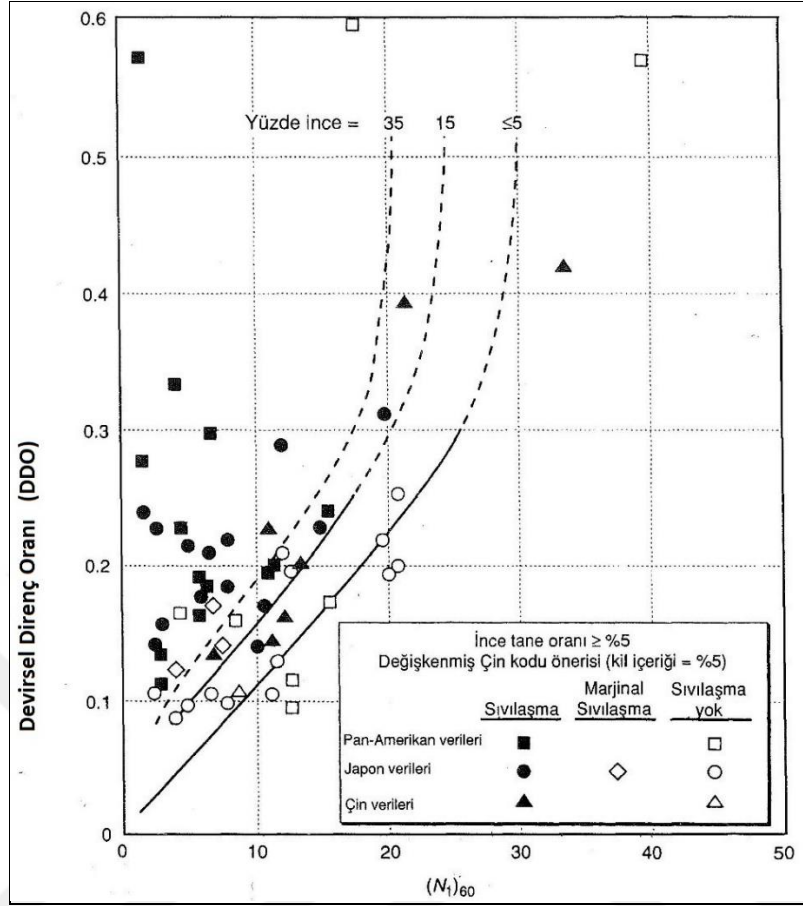
a_{maks} : Önerilen denklem yardımıyla hesaplanan pik yer ivmesi (cm/s^2)

M : Moment magnitüdü (M_w)

R : Mesafe (km) 'dir.

1.6.2.1.2. Devirsel Direnç Oranının Belirlenmesi

Devirsel direnç oranı, arazideki zeminin sıvılaşma direncini temsil etmektedir. Seed vd. (1985) devirsel direnç oranını (DDO, CRR; cyclic resistance ratio) belirlemek amacıyla, büyüklüğü çoğunlukla 7.5 civarında olan depremler sırasında sıvılaşmış veya sıvılaşmamış pek çok arazinin SPT verilerini kullanarak Şekil 23' deki grafiği sunmuşlardır.



Şekil 23. Temiz kum ve siltler için $M_w=7.5$ depremlerinde kullanılan devirsel direnç oranı grafiği (Kramer, 1996).

Bu grafiğe göre, verilen üç çizgi %35, %15 ve ≤ %5 ince tane yüzdesi içeren zeminleri ifade etmektedir. Genel olarak çizginin sağında kalan veriler sıvılaşmayan yerleri temsil ederken solundaki veriler ise sıvılaşma gözlenmiş yerleri temsil etmektedir (Day, 2002).

Şekil 23 kullanılarak arazideki zeminin direnç oranının belirlenmesinde izlenen yol aşağıdaki gibidir.

1. Grafiğin yatay ekseninin belirlenmesi için Standart Penetrasyon Deneyi N_{60} değerlerine Eşitlik (7) kullanılarak derinlik düzeltmesi yapılır ve $(N_1)_{60}$ değerleri elde edilir.

2. $(N_1)_{60}$ değerlerinin hesabından sonraki adım, Seed vd.'ye (1985) göre ince dane oranının artmasıyla sıvılaşma direncinde de önemli oranlarda artış göstermesi sebebiyle, zemin içindeki ince dane oranını belirlemektir. Bu doğrultuda Seed ve Idriss yardımıyla

ince dane oranının sıvılaştırma direncine etkisi aşağıdaki eşitlik ile denklemsel olarak ifade edilmiştir (Youd vd., 2001).

$$(N_1)_{60tk} = \alpha + \beta (N_1)_{60} \quad (16)$$

Burada,

$(N_1)_{60tk}$: İnce dane oranına göre düzeltilmiş SPT değeri

α ve β ince dane düzeltme katsayılarıdır ve aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmektedir.

$$\alpha = 0 \quad ; \quad \dot{I}DO \leq \%5 \quad (17)$$

$$\alpha = \text{Exp}[1,76 - (190/\dot{I}DO^2)] \quad ; \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35 \quad (18)$$

$$\alpha = 5,0 \quad ; \quad \dot{I}DO \geq \%35 \quad (19)$$

$$\beta = 1,0 \quad ; \quad \dot{I}DO \leq \%5 \quad (20)$$

$$\beta = [0,99 + (\dot{I}DO^{1,5}/1000)] \quad ; \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35 \quad (21)$$

$$\beta = 1,2 \quad ; \quad \dot{I}DO \geq \%35 \quad (22)$$

$\dot{I}DO$: İnce dane oranının yüzde cinsinden değeridir.

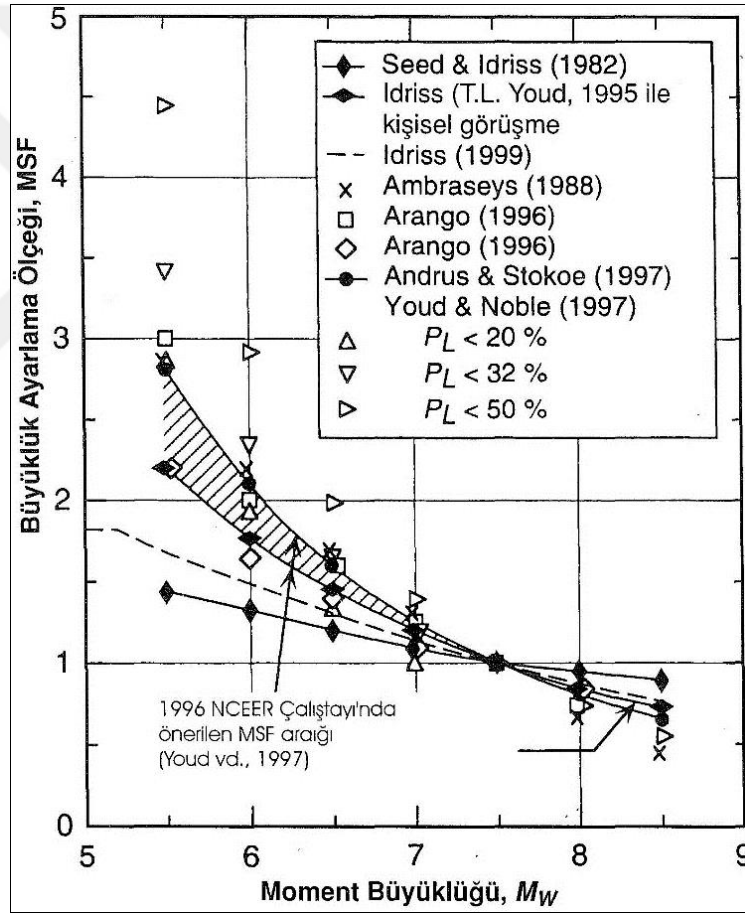
3. İnce dane yüzdesi belirlendikten sonraki adım ise 7.5 büyüklüğündeki olası bir deprem için zeminin devirsel direnç oranının belirlenmesidir. Bu amaçla Şekil 23 üzerinde daha önceki adımlarda belirlenmiş olan düzeltilmiş Standart Penetrasyon Deneyi $(N_1)_{60}$ değeri ile zemine ait ince dane içeriği kesiştirilir ve devirsel direnç oranı elde edilir (Day, 2002).

Devirsel direnç oranının hesaplanması için diğer bir yöntem ise Youd vd. (2001), tarafından ince dane oranının % 5 den küçük olduğu haldeki eğri olan temiz kum eğrisi için önerdiği Eşitlik (23)'tür.

$$DDO = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{2000} \quad (23)$$

Bu eşitlik sadece $(N_1)_{60} < 30$ değerleri için geçerlidir. Seed vd. (2003)' e göre, $(N_1)_{60} \geq 30$ olan granüler zeminler sıvılaşmayan zemin olarak sınıflandırılmaktadır (Tosun vd, 2011).

Devirsel direnç oranının hesaplanmasında kullanılan eğriler ve eşitlikler, büyüklüğü $M_w=7.5$ olan depremleri esas almaktadır. Bu sebeple hesaplanan $DDO_{7.5}$ değerlerinin sıvılaşma potansiyeli belirlenecek olan bölgede öngörülen deprem büyüklüklerine göre magnitud (büyüklük) düzeltme faktörü (MDF; MSF) ile düzeltilmesi gerekmektedir. Bu faktör için birçok araştırmacı tarafından elde edilen değerler Şekil 24 ve Tablo 10'da sunulmuştur.



Şekil 24. Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen büyüklük ayarlama faktörlerinin karşılaştırılması (Andrus ve Stokoe, 2000).

Daha sonra I.M. Idriss, konu hakkında tekrar çalışmalar yaparak hesaplamalarda kolaylık sağlamak açısından büyüklük düzeltme faktörünün matematiksel formülasyonunu aşağıdaki gibi ifade etmiştir.

$$\text{MDF} = 10^{2,24} / M^{2,56} \quad (24)$$

Burada,

MDF: Magnitüd düzeltme faktörü

M: Depremin magnitüdü (büyüklüğü)

Tablo 10. Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen magnitüd düzeltme faktörleri (Youd vd., 2001).

Magnitüd (M _w)	Seed ve Idriss, (1982)	Idriss, 1995	Ambreseys, 1988	Arango, 1996		Andrusve Stoke, 1997	Youd ve Noble, 1997		
				Mesafeye göre	Enerjiye göre		PL< %20	PL< %32	PL< %50
5.5	1,43	2,20	2,86	3,00	2,20	2,20	2,86	3,42	4,44
6.0	1,32	1,76	2,20	2,00	1,65	2,10	1,93	2,35	2,92
6.5	1,19	1,44	1,69	1,60	1,40	1,60	1,34	1,66	1,99
7.0	1,08	1,19	1,30	1,25	1,10	1,25	1,00	1,20	1,39
7.5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
8.0	0,94	0,84	0,84	0,75	0,85	0,8?			0,73?
8.5	0,89	0,72	0,72			0,65?			0,56?

1.6.2.1.3. Sıvılaşmaya Karşı Emniyet Faktörünün Belirlenmesi

Sıvılaşmanın varlığının tespit edilmesi için son adım, her SPT logu için emniyet faktörünün hesaplanmasıdır. Sıvılaşmaya karşı direncin emniyet faktörü cinsinden ifadesi Eşitlik (25)'te verilmiştir.

$$\text{EF} = \text{DDO} / \text{DGO} \quad (25)$$

Burada,

DGO : Deprem sebebiyle oluşan devirsel gerilme oranı

DDO : Devirsel direnç oranı

EF : Emniyet faktörü'dür.

MDF faktörünün de etkisi dikkate alınarak emniyet faktörü için verilen bağıntı aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$EF = \left(\frac{DDO}{DGO} \right) MDF \quad (26)$$

Bu bağıntıya göre,

$EF \leq 1$ ise sıvılaşma mevcuttur,

$1 < EF \leq 1,2$ ise potansiyel sıvılaşma mevcuttur,

$EF > 1,2$ ise sıvılaşma gerçekleşmez (Day, 2002).

1.6.3. Sıvılaşmaya Karşı Emniyet Faktörü ile Oturma İlişkisi

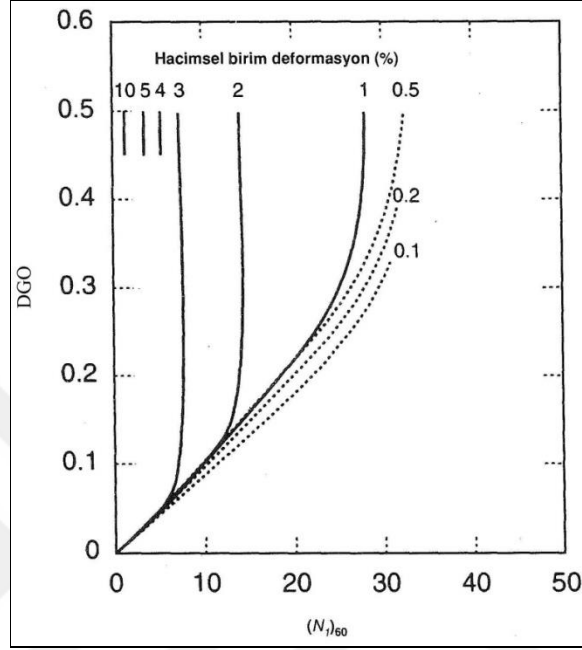
Suya doymun kohezyonsuz kumlarda sıvılaşmadan kaynaklanan oturmaların tespit edilmesi için sıvılaşmaya karşı direnci ifade eden emniyet faktörü esas alınmaktadır. Daha önceki bölümde de bahsedildiği üzere $EF \leq 1$ olduğunda sıvılaşma meydana gelmekte ve su zeminden akarken oturmalar oluşmaktadır. Bunun yanı sıra $EF > 1$ olduğunda bile depremin sebep olduğu aşırı boşluk suyundan dolayı aşırı boşluk suyu basıncı gelişimi sebebiyle de çok daha az olmakla birlikte zeminde oturmalar meydana gelebilmektedir. Sıvılaşma olayı meydana geldiğinde oluşan oturma miktarları, gelmediği durumdaki oturma miktarlarından çok daha fazladır (Day, 2002). Oturma miktarının hesaplanması amacıyla devirsel gerilme oranının ve sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünün esas alındığı iki farklı yöntem mevcuttur.

1.6.3.1. Tokimatsu ve Seed (1987) Yöntemi

Bu yönteme göre suya doymun kumlarda sıvılaşma sonrası yüzeyde oluşan oturmanın hesaplanması amacıyla düzeltilmiş SPT darbe sayıları ve devirsel gerilme oranı arasındaki ilişkiyi veren Şekil 25'deki diyagram kullanılmaktadır.

Diyagramda bulunan devamlı çizgiler sıvılaşan zemindeki hacimsel deformasyonu temsil ederken kesikli çizgiler ise deprem sırasında aşırı boşluk suyu basıncının geliştirdiği hacimsel birim deformasyonu temsil etmektedir. Bu yöntem yardımıyla oturma hesabında ilk adım devirsel gerilme oranını hesaplamaktır. Daha sonra, diyagram 7.5 büyüklüğündeki depremler için geliştirilmiş olduğundan farklı bir büyüklükteki deprem için hesap yapılması halinde devirsel gerilme oranı Tablo 10'da bulunan magnitud düzeltme faktörüne bölünerek düzeltme yapılmalıdır. Standart Penetrasyon Deneyi verileri için de gereken düzeltmeler yapıldıktan sonra hesaplanan değerler diyagramda uygun eksenlere

yerleştirilerek hacimsel birim deformasyonlar belirlenir. Her tabaka için ayrı ayrı belirlenen bu birim hacim değişim değerleri buldukları tabakanın kalınlığı ile çarpılarak o derinlikteki oturma miktarı belirlenir (Day, 2002).



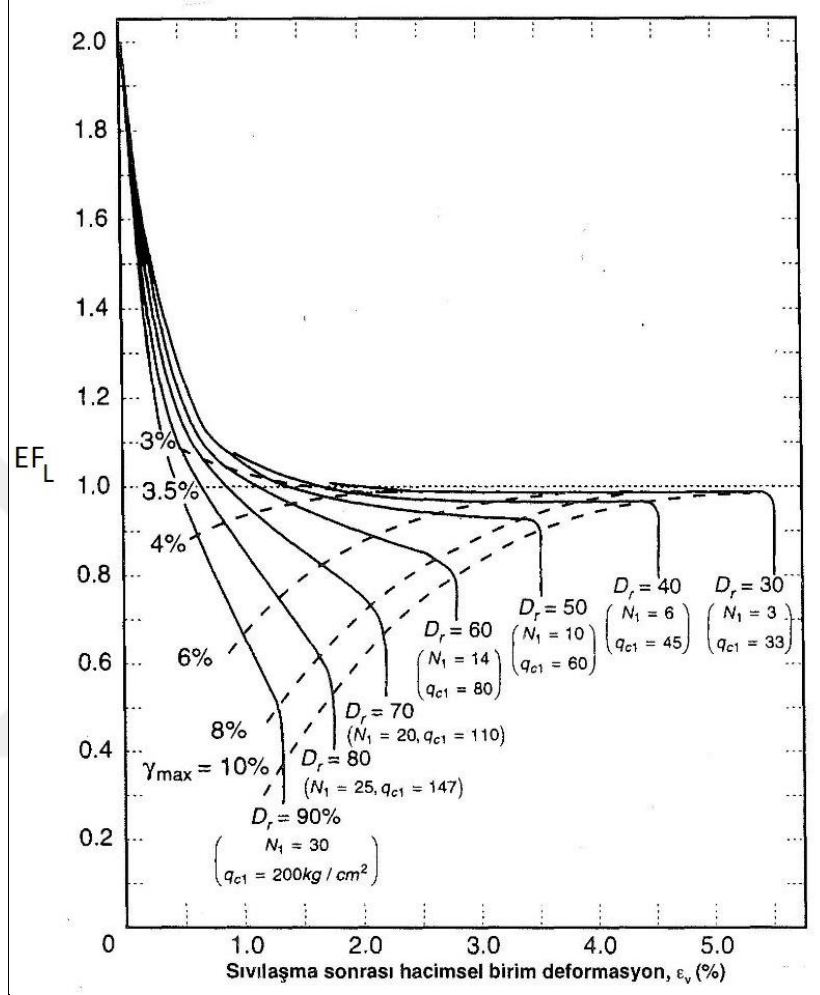
Şekil 25. Suya doymun kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO ve SPT direnci ile değişimi (Tokimatsu ve Seed, 1987).

1.6.3.2. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi

Suya doymun temiz kumlarda sıvılaşma kaynaklı yüzeyde oluşan oturmaların belirlenebilmesi amacıyla Ishihara ve Yoshimine (1992), emniyet faktörünün rölatif sıkılık, CPT uç direnci ve SPT direnci ile ilişki kurduğu bir diyagram geliştirmişlerdir (Şekil 26).

Diyagramın yatay eksenini oluşturan hacimsel şekil değiştirme değeri bulunabilmesi için arazideki rölatif yoğunluk (D_r), düzeltilmiş konik uç direnci (q_{c1}) veya Japon Standart Penetrasyon Deneyi N_1 değerlerinden birinin tanımlanmış olması gerekmektedir. Japon Standart Penetrasyon Deneyi'nde numune alıcıya yaklaşık %20 oranından daha fazla enerji iletildiği kabulünden dolayı Kramer (1996), $(N_1)_{60}$ değerini Japon N_1 değerine dönüştürülmesi için $N_1=0,83*(N_1)_{60}$ eşitliğinin kullanılabileceğini belirtmiştir. Düşey eksenden ilgili derinlik için hesap edilen emniyet faktörü ile Japon N_1 değerine karşılık gelen uygun eğri kesiştirilerek yatay eksenden birim deformasyon (ϵ_v)

değeri belirlenir (Day, 2002). Belirlenen birim hacim değişimleri ile içinde buldukları tabakaların kalınlıkları çarpılarak oturma miktarı hesaplanır (Eşitlik 27).



Şekil 26. Temiz kumlarda sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünün fonksiyonu olarak zemin yüzeyi oturma diyagramı (Ishihara ve Yoshimine, 1992).

$$S = \frac{\varepsilon_v}{100} \Delta z \quad (27)$$

Burada,

S : İlgili derinlikteki oturma miktarı

Δz : Zemin tabaka kalınlığı

ε_v : Hacimsel birim deformasyondur.

Tokimatsu ve Seed (1987) veya Ishihara ve Yoshimine (1992) yöntemlerinden her bir tabaka için hesaplanan oturma değerleri, zeminin en alt tabakasından başlanılmak üzere toplanarak zemin yüzeyinde oluşacak olan toplam oturma elde edilir (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006). Söz konusu toplam oturmanın matematiksel ifadesi Eşitlik (28)'de verilmiştir.

$$S_{top} = \sum_{zemin\ tabanı}^{Y_{ass}} S \quad (28)$$

Burada,

S : İlgili derinlikteki oturma miktarı

S_{top} : Zemin yüzeyindeki toplam oturma miktarı

1.7. Sıvılaşma Potansiyeline Sahip Zeminlerde Alınabilecek Önlemler ve İyileştirme Yöntemleri

Deprem gibi dinamik yüklerin neden olduğu tekrarlı çevrimsel gerilmeler sığ derinliklerde bulunan suya doymuş gevşek zeminlerde kendine has özel problemlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Dinamik yüklerden kaynaklanan zemin sorunlarından biri olan sıvılaşma önemli yapısal hasarlara neden olmaktadır. Bu hasarlara karşı uygun önlemin alınabilmesi amacıyla öncelikle sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilerek sıvılaşmanın nedeni, mekanizması ve verebileceği hasar türleri tespit edilmelidir. Sıvılaşma riskinin mevcut olması durumunda alınabilecek önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

i. Sıvılaşmaya yatkın zeminlerden kaçınma: Alternatif alanların mevcut olması halinde sıvılaşmaya yatkın olan zeminlerden kaçınmak akla gelen ilk ve en ekonomik önlemdir.

ii. Sıvılaşmaya karşı dirençli yapıların inşa edilmesi: Uygun alanların mevcut olmaması gibi nedenlerden dolayı yapıların sıvılaşmaya yatkın olan zeminler üzerine inşa edilmesi gerekebilir. Böyle bir durumda radye ve derin temellerin kullanılması yapının sıvılaşmaya karşı direncini artırır (Day, 2002).

iii. Zeminin değiştirilmesi veya iyileştirilmesi: Sıvılaşma duyarlılığı bulunan zeminin kalın ve geniş bir alanda yayılmamış olması halinde kazılıp yerine sıvılaşma eğilimi bulunmayan bir zemin konulabilir. Ayrıca, zeminin doğal durumuna oranla daha sıkı hale

getirilmesi için sıkıştırılması, zeminin drenaj kapasitesinin artırılması, bağlayıcı bir katkı malzemesi ile enjeksiyon ve karıştırma yapılması gibi yöntemler sıvılaşmaya karşı direncin artırılmasında kullanılan en yaygın iyileştirme yöntemleridir.

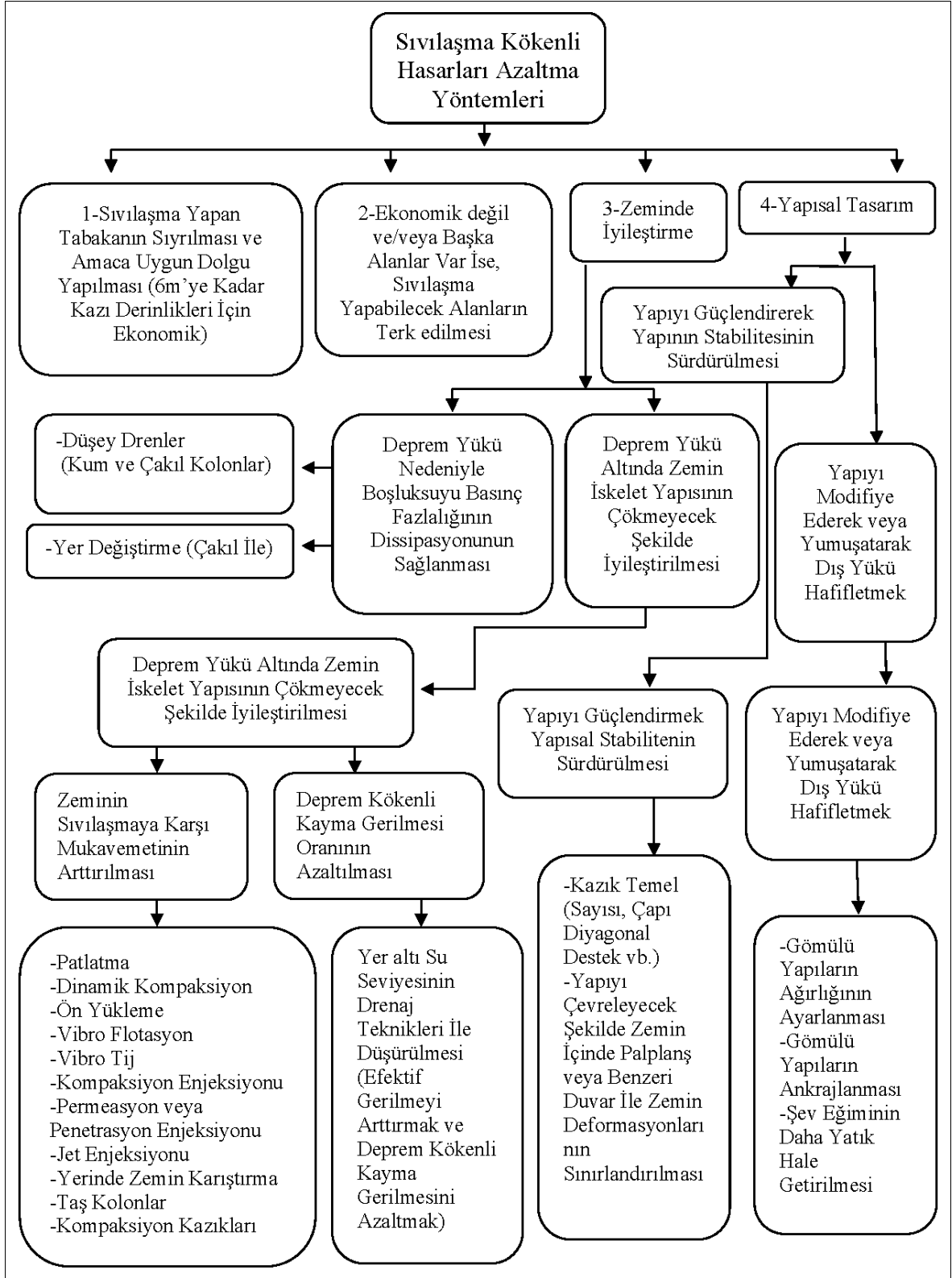
Zeminde düşey yönde belirli aralıklarla açılan deliklere dökülen granüler malzemeler ile imal edilen çakıl-kum drenleri ve zemine istenilen açıyla yerleştirilebilen sentetik düşey drenler drenaj yolunu kısaltacağından zemin boşluklarında bulunan su daha hızlı bir şekilde ortamdan uzaklaşacaktır. Dolayısıyla, deprem sırasında dinamik yükler sebebiyle oluşan aşırı boşluk suyu basınçları da daha hızlı sönmüneceğinden zeminde sıvılaşmanın önüne geçilecektir (Ulusay, 2010).

Sıkıştırma yöntemlerinin uygulanması sonucu zemin daha sıkı hale geleceğinden rijitliği ve dayanımı artacaktır. Bu halde tekrarlı yüklemelere maruz kalan zemin, pozitif boşluk suyu basıncı oluşturma eğilimi göstereceğinden sıvılaşma gibi sismik tehlikelere karşı daha dirençli hale gelecektir.

Enjeksiyon ve karıştırma tekniğinde ise farklı bileşimde hazırlanmış olan akışkan, yarı akışkan veya katı kıvamdaki bağlayıcı malzeme şerbeti basınç yoluyla zemine enjekte edilerek mukavim kolonlar elde edilmektedir. Enjekte edilen şerbet, boşlukları doldurarak zeminin dayanımını arttırmakta ve geçirgenliğini azaltmaktadır (Balkıs, 2009). Dolayısıyla zeminin sıvılaşmaya karşı direncini arttırmaktadır.

Şekil 27'de sıvılaşmadan kaynaklanabilecek hasarları azaltma yöntemleri özetlenmiştir.

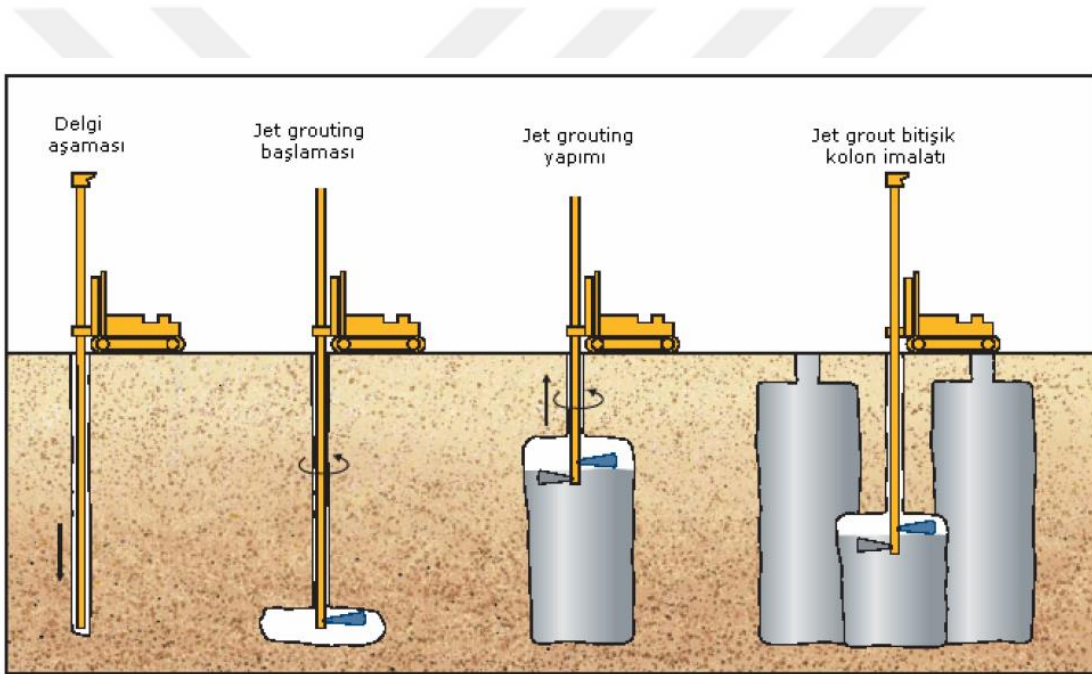
Esas olarak zeminde uygulanacak bir iyileştirme yönteminin seçiminde önemli etkenler, metodun aplikasyon kolaylığı, tanımlanan sismik problemin çözümüne etkinliği, maliyeti ve çevresel etkilere duyarlılığı olarak sıralanabilir (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003). Jet grout yöntemi, yüksek taşıma gücü sağlaması, oturma problemlerine çözüm olması, imalat süresinin kısa olması, ekonomik olması ve hemen her tür zemin için uygulanabilmesi sebebiyle ülkemizde en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Dolayısıyla bu tez kapsamında incelenen ve sıvılaşma riski bulunan bir saha için uygun zemin iyileştirme yöntemi olarak seçilmiş olup detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 27. Sıvılaşmadan kaynaklanan hasarları azaltma yöntemleri (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

1.7.1. Jet Grout Yöntemi

Jet grout, bir diğer ifade ile “soilcrete” olarak bilinen zemin-çimento karışımının ürünüdür ve bir aşındırma-yer değiştirme sistemidir (Baş, 2006). Jet grout, mevcut zeminin özel delgi makinesi ile delinmesi, bilahare yüksek basınçta (400-500 bar) çimento şerbetinin (çimento-su karışımı; bazen ilave olarak bentonit ve katkı malzemesi) ortama jetlenmesi, yerinde parçalanmış zemin ile karıştırılması ve kullanılan özel ekipmanların belirli bir hızda döndürülerek yukarı çekilmesi suretiyle imal edilen yüksek elastisite modüllü silindirik kolonların yapım tekniğidir (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003). Kolonların yapım aşaması Şekil 28’de görülmektedir.



Şekil 28. Jet grout kolonu yapım aşamaları (Baş, 2006).

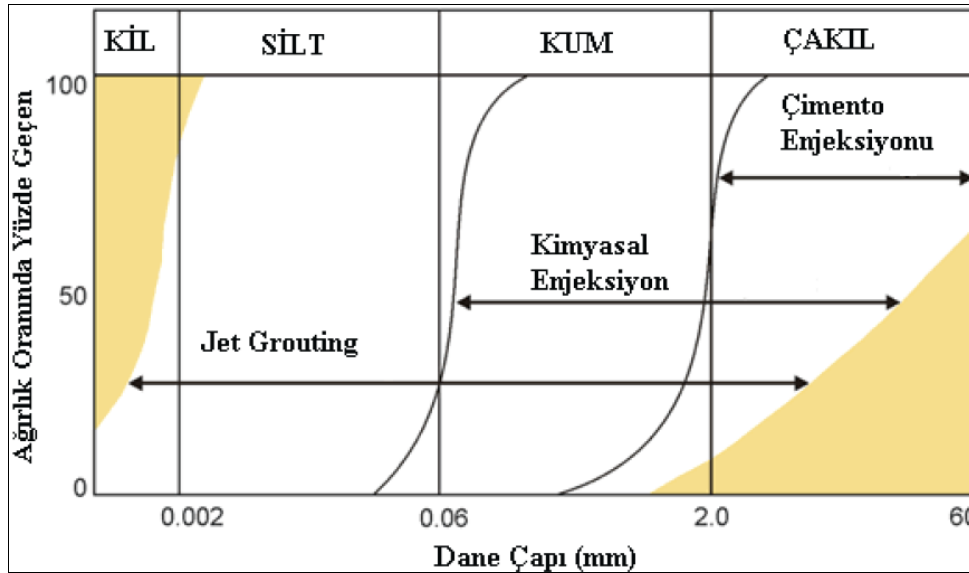
Jet grout yöntemi için literatürde pek çok tanım mevcut olmakla birlikte bu tanımlar genellikle aynı kavram konseptinde yer almaktadır. Eurocode EN12716-2001’in terminolojisine göre jet grout; “Zemine enjekte edilen çimento enjeksiyonu tarafından orjinal zemin ile kısmi yer değiştirme ve karışma sonucu zeminin ayrışması sürecidir. Zeminin ayrıştırılması yüksek enerjili jet aracılığıyla gerçekleştirilir.” şeklinde tanımlanmıştır.

ASCE Geoteknik Mühendisliği Grubu Enjeksiyon Komitesi’ne göre ise jet grout; “Yatay ve düşey su jetleri ile zemini delen, kesen ve yıkayan özel bir delici uç kullanılıp

ucun geri çekilmesi sırasında yüksek basınçla yatay püskürtme ağızlarından enjeksiyon pompalayıp zeminle karışmasını sağlayan ve böylece sağlam ve geçirimsiz kolonlar oluşturan bir tekniktir.” şeklinde tanımlanmaktadır (Fırat, 2001).

Jet grout yöntemi, minimum deformasyona sebep olması, titreşim yaratmaması, dar yapısal alanlarda çalışmaya olanak vermesi, istenilen derinliğe kadar zeminde iyileştirme yapabilmesi gibi özellikleriyle diğer yöntemlere kıyasla üstünlük sağlamaktadır (Boulanger ve Hayden, 1995). Ayrıca klasik enjeksiyon sistemlerinde zemin özelliklerinde büyük miktarlarda değişim yapılamazken, jet grout yönteminde ise zeminin, su-çimento karışımı ile karıştırılmasından dolayı bu özellikler üzerinde önemli değişiklikler sağlanabilmektedir. Jet grout, özellikle zeminin taşıma gücünü ve elastisite modülünü artırırken aynı zamanda geçirgenliğini azaltmaktadır (Baş, 2006).

Jet grout yöntemi geliştirildiği ilk zamanlarda granüler zeminlerde kullanılmış olup teknolojinin gelişimi ile ince daneli zeminlerde de başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Dolayısıyla jet grout yönteminin, en önemli artılarından birisi değişik dane dağılımı gösteren zeminlerde uygulanabilirliği ve uygulama alanları dikkate alındığında, Şekil 29’ da görüldüğü üzere diğer enjeksiyon türlerine kıyasla oldukça geniş olmasıdır (Doğu, 2005).



Şekil 29. Dane dağılımına göre enjeksiyon çeşitleri

Jet grout yöntemi; zeminin konsolide edilmesi, geçirimsiz hale getirilmesi ve temellerin takviyesi için kullanılan geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı birçok duruma çözüm getirmiştir. Ayrıca mevcut yapıların sıvılaşma riskine karşı güçlendirilmesi gerekliliği arttıkça jet grout yöntemi oldukça yaygınlaşmış ve sıkılaştırma tekniği olarak sıvılaşma riskinin azaltılmasında da uygulanmaya başlanmıştır. İmal edilen jet grout kolonları sıvılaşma riskine karşı güvenlik sayısını arttırmak amacıyla zeminde oluşan kayma gerilmelerinin bir kısmını taşımakta ve deprem sonucu yapı etrafında ve altında oluşabilecek deplasmanların sınırlandırmasını sağlamaktadır (Durgunoğlu, 2004). Dolayısıyla yöntem sıvılaşmaya karşı alınan mühendislik önlemleri arasında ön sıralarda yer almakta ve gelişmeye devam etmektedir. Öyle ki, ülkemizde özellikle 17 Ağustos 1999 depreminde Gölcük, Sapanca, İzmit, Yalova, Adapazarı gibi önemli yerleşim yerlerinde gözlenen sıvılaşma ile oluşan hasarlar sonucu bazı konutların ve yapıların çökmesi neticesinde çok sayıda can kaybı olmuş ve maddi kayıp milyarlarca dolara ulaşmıştır (Youd vd., 2000). Bu sebeple, özellikle 2000'li yıllarda ülkemizde sıvılaşma riskinin önemi daha da iyi kavranmış ve sıvılaşma riskinin belirlenerek buna karşı gerekli mühendislik önlemlerinin alınması deprem yönetmeliğinde de yer almıştır (Durgunoğlu, 2004).

Jet grout kolonlarının diğer çeşitli amaçlarla kullanımını aşağıda özetlenmiştir:

- Temel ve dolgu altlarında, düşey yükler için daha fazla taşıma gücü sağlamak ve zemindeki mutlak ve farklı oturmaları sınırlamak,
- Tünel ve shaft gibi imalatlarda yapılan kazı işlerinde, yanal zemin itkilerine karşı destek sağlamak,
- Kazı tabanından kazıya gelebilecek yeraltı suyunun kontrolünde ve katı atık sahalarında kirli suların çevreye yayılmasını engellemek amacıyla sızdırmazlık elemanı olarak kullanmak,
- Şevlerde stabilitenin sağlanması amacıyla zemin takviye elemanı olarak kullanmaktır (Durgunoğlu, 2004).

1.7.1.1. Jet Grout Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Jet Grout Yönteminin Avantajları:

Melegari ve Garassino (1997)'ya göre jet grout tekniğinin avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Hemen her tür zemin çeşitlerinde uygulanabilir.
- Küçük çaplı bir deliğin zeminde delinmesi ile (100 mm) büyük çaplı kolonlar imal edilebilmektedir (500 ~ 3000 mm).
- Çevre kirliliğine yol açmadan zeminlerin stabilizasyonuna yardımcı olur.
- Temel takviyesinde yapının deformasyonu az olur.
- Diğer metotlara göre daha hızlı, ekonomik ve güvenli imalat yapılmasını sağlar.
- Gerekli geçirimsizlik ve yapısal mukavemet imalattan önce proje aşamasında tasarlanabilir.
- Hassas yapılara zarar verecek titreşim üretilmediğinden bu yapıların yakınında imalat yapılabilir.
- Çok sınırlı alanlarda çalışma olanağı verir.
- Kolonlar istenilen derinlik boyunca imal edilebilir.
- Arazi şartlarına göre inşaat süresini %30 ~ %60 kısaltır.

Jet Grout Yönteminin Dezavantajları:

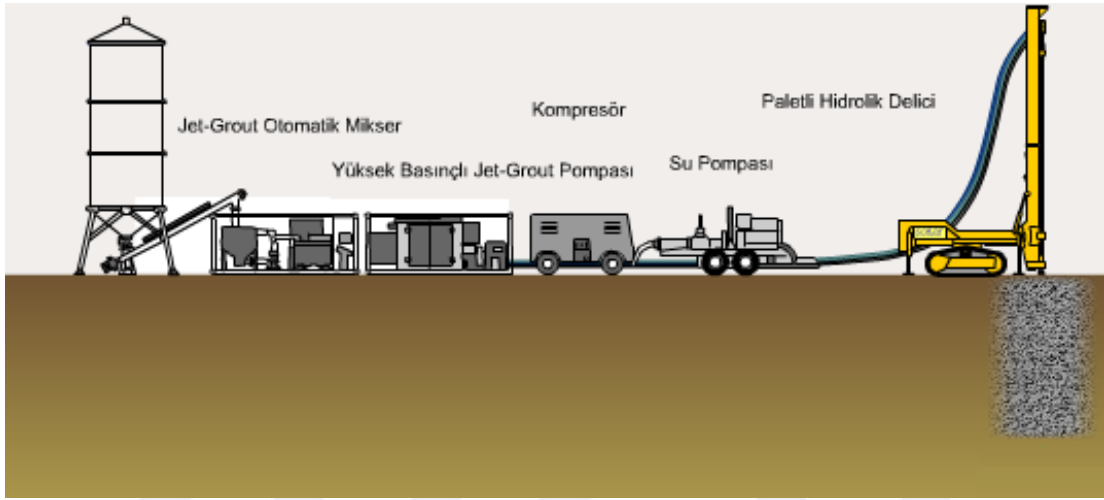
Melegari ve Garassino (1997)'ya göre jet grout tekniğinin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Enjeksiyon akışı enjeksiyon noktasından yüzeye kadar izlenmelidir. Eğer enjeksiyon yolunda bir tıkanıklık var ise bu durum kolonların oluşmasına engel olacaktır.
- Zemin cinsine göre kolon çapları farklılık göstermektedir.
- Üretimde seçilen basıncın çok yüksek olması zeminin taşıma gücünü azaltarak istenmeyen oturmalara neden olabilir.
- Tam olarak basit bir tasarım yöntemi geliştirilememiştir ve bundan dolayı deneyim önem kazanmaktadır.
- Bazı zamanlar kolon çapları istenildiğinden büyük olabilmekte bu da ekonomik açıdan sorunlar yaratmaktadır.

1.7.1.2. Jet Grout Yönteminde Kullanılan Ekipmanlar

Jet grout yönteminde, imalatta kullanılan üniteler Şekil 30'da görüldüğü üzere, çimento silosu, karışım ünitesi, yüksek basınç pompası, su pompası, hava kompresörü ve delgi makinesi olarak sıralanabilir. Belirli bir derinliğe kadar su pompası vasıtasıyla delgi

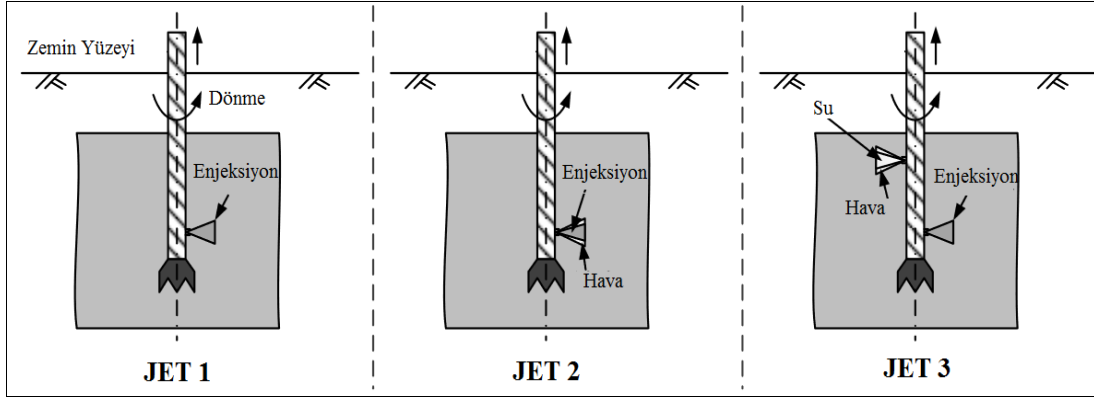
makinesi tijlerine gönderilen basınçlı su ile zeminde delgi yapılır. Delginin sona ermesinin ardından suyun tahliye olduğu nozul kapatılarak tijin ucunda yer alan jetleme monitörünün üzerindeki nozullar aracılığıyla karışım ünitesinden yüksek basınç ile gelen çimento şerbeti ortama jetlenir. Jetleme sırasında tijler belirli bir hızla döndürülür ve zemin içinde aşağıdan yukarıya doğru çekilir. Böylece istenilen çap ve boyda silindirik bir “soilcrete” kolonu teşkil edilmiş olur (Durgunoğlu, 2004).



Şekil 30. Jet grout yönteminde kullanılan imalat ekipmanları

1.7.1.3. Jet Grout Sistemleri

Jet grout sistemleri geleneksel olarak jet 1, jet 2 ve jet 3 yöntemlerinden oluşmaktadır (Şekil 31). Ayrıca son dönemlerde büyük kolon çapları üretimi yapılabilen süper jet yöntemi gelişim göstermiştir. Bu sistemlerden en uygun olanı, iyileştirilecek zeminin cinsine, imalat sonucunda istenilen jet grout kolonun geometrik ve mekanik özellikleri ile çevre şartlarına bağlı olarak seçilmektedir.



Şekil 31. Geleneksel jet grout sistemleri (Wang vd., 2013).

1.7.1.3.1. Jet 1 (Tek Akışkanlı Sistem)

Genellikle çimento enjeksiyonu kullanılarak zeminin parçalanması, ayrıştırılması ve zemin ile enjeksiyonun karıştırılması işlevlerini yerine getirmek için yüksek enerjili tek akışkanlı su jetinin kullanılması esasına dayanır.

Bu metotta enjeksiyon yaklaşık 200 m/sn hızla 300-600 bar basınçla nozullardan zemine tek çeperli bir borudan basılmaktadır. Elde edilen jet grout kolon çapları zemin türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Granüler zeminlerde 0,5-1 m'lik kolon çapları oluşturulabilirken siltli ve kumlu yumuşak zeminlerde daha yüksek çaplarda kolonlar imal edilebilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde kullanımı ise olumlu sonuçlar vermeyebilir.

1.7.1.3.2. Jet 2 (İki Akışkanlı Sistem)

Tek akışkanlı sistemin modifiye edilmiş şekli olan bu sistemde çift çeperli bir boru takımı delici olarak kullanılmaktadır. Yüksek hıza sahip enjeksiyon jetinden, orta borudan enjeksiyon ve dış borudan 8-12 bar'la sıkıştırılmış hava birlikte püskürtülmektedir. Sisteme eklenmiş olan bu hava jeti sürtünme kayıplarını azalttığından çimento enjeksiyonunun aşındırıcı etkisi artmaktadır. Dolayısıyla bu sistemle elde edilen kolon çapları tek akışkanlı sistemde elde edilenlere göre yaklaşık 2 katlık bir artış göstermektedir.

Bu yöntemle kolon çapları orta sıkı zeminlerde 1 m'den, gevşek zeminlerde ise 1,8 m'den fazla kalınlığa ulaşabilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde ise jet 1'e kıyasla daha etkili sonuçlar elde edilmektedir.

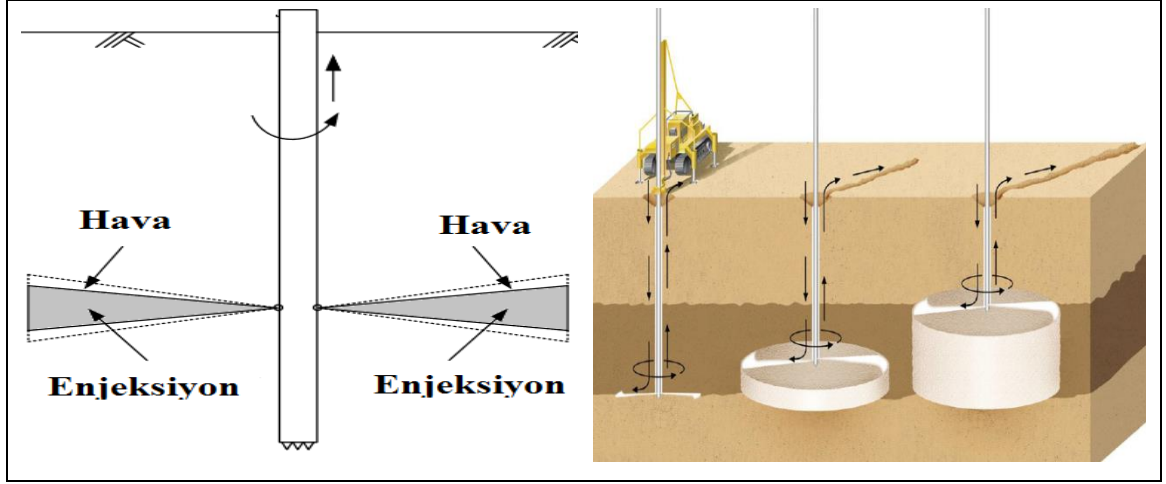
1.7.1.3.3. Jet 3 (Üç Akışkanlı Sistem)

Üç akışkanlı sistem diğer jet grout sistemlerine göre daha karmaşık ve ileri bir sistemdir. İç içe üç çeperli bir boru takımının kullanıldığı bu sistemde, zeminin parçalanması 8-12 bar ile ara borudan gelen sıkıştırılmış hava ve orta borudan gelen su ile yapılmaktadır. Su jetinden bir miktar aşağıya (birkaç desimetre) aynı eksenli olacak şekilde yerleştirilmiş püskürtme ağzından 30-80 bar basınçlı en dış borudan gelen çimento enjeksiyonu tek başına püskürtülmektedir (Fırat, 2001). Böylece, hava ve su basıncı ile önü açılan çimento enjeksiyonunun daha uzak mesafeye kadar etki etmesi sağlanmakta ve zeminde çapları 2 m'den daha fazla boyutlara sahip kolonlar teşkil edilebilmektedir. Ayrıca kohezyonlu zeminlerde yapılacak olan imalatlarda jet 3 sistemi en etkili yöntemdir.

1.7.1.3.4. Süper Jet Yöntemi

Jet grout yönteminde kullanılan makine ve ekipmanın gelişmesi ile birlikte zeminde daha düşük maliyetlerle daha büyük çapta kolonlar imal edebilme ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla Şekil 32'de görüldüğü gibi geleneksel iki akışkanlı sisteme dayanarak geliştirilen süper jet sisteminde, 3-5 m çapa kadar zemin ve çimento karışımı içeren kolonlar elde edilebilmektedir. Kolonun yapım aşaması ilk olarak 15 cm çapa sahip tijin tasarım derinliğine indirilmesi ile başlamaktadır. Tijlerin ucundaki nozullardan çimentolu harç ile hava karışımı yüksek basınçta püskürtülür ve zemin parçalanarak yüksek basınçlı enjeksiyon kolonları oluşturulur.

Bu yöntem yatay zemin suyu kontrolünde, sıvılaşabilir tabakanın iyileştirilmesinde, geçirimsiz perde duvar imalatında, kazı yan yüzeyleri desteklenmesinde kullanılmaktadır. (Küsin, 2009).



Şekil 32. Süper jet sistemi (Wang vd., 2013) ve uygulama aşaması

1.7.1.4. Jet Grout Yöntemi İşletim Parametreleri

Jet grout yöntemi aşındırma ile enjeksiyon esasına dayalı bir yöntem olduğundan yöntemde; yapım sürecinde aşındırılacak olan zeminin cinsine, seçilen grout yöntemine, kullanılacak makine ve elemanların kapasitesine, imal edilecek kolonun sağlaması istenen geometri şartlarına bağlı olarak değişen bir dizi parametre mevcuttur (Tablo 11). Bu parametrelerin başlıcaları; enjeksiyon basıncı, dozaj, çekme ve dönme hızı olarak sıralanabilir. Genellikle uygun parametrelerin seçimi zeminlerde daha önceden uygulanmış çalışmalar esas alınarak yapılmaktadır (Fook-Hou Lee, 2005).

Tablo 11. Jet grout yöntemi imalat parametreleri (Lunardi, 1997).

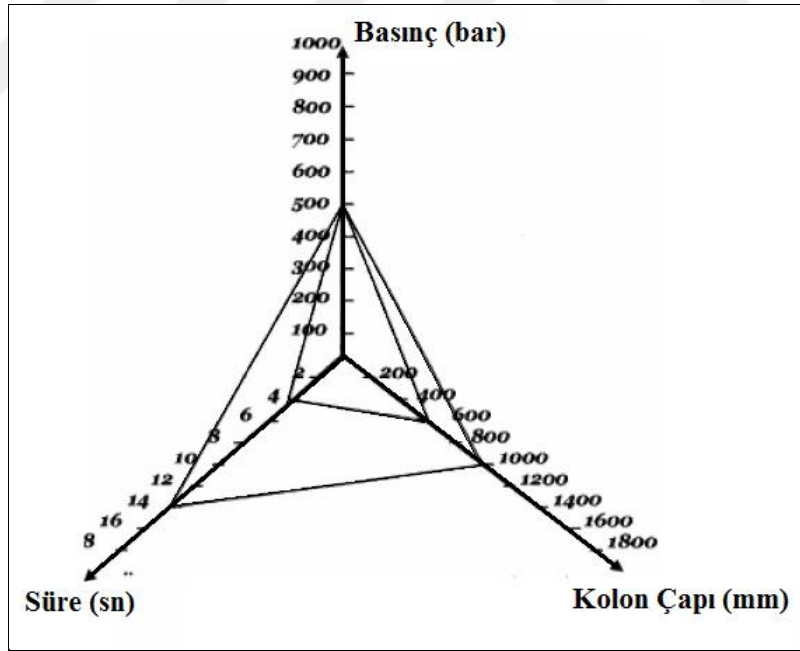
SİSTEM	ENJEKSİYON TİPİ	BASINÇ (bar)	NOZZLE ADEDİ ve ÇAPI (adet, mm)	ÇEKME HIZI (cm/dk)	DÖNME HIZI (rpm)	SU/ÇİMENTO ORANI	POMPA KAPASİT ESİ (lt/dk)
JET 1	Çimento	400-550	1-2*2-5	15-100	5-15	1,0-1,5	70-600
JET 2	Çimento	400-550	1-2*2-5	10-30	4-8	1,0-1,5	70-600
	Hava	10-12	-	10-30	-	-	4000-10000
JET 3	Çimento	50-100	1-2*4-5	6-15	4-8	1,2-1,5	80-200
	Hava	10-12	-	6-15	-	-	4000-10000
	Su			6-15	-	-	40-100

1.7.1.4.1. Enjeksiyon Basıncı

Jet grout yönteminde imal edilecek kolonların istenilen çapta teşkil edilebilmesi için gerekli olan en önemli parametre enjeksiyon basıncıdır. Enjeksiyon basıncı çalışma aralıklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- 200 – 250 bar aralığında çalışma DÜŞÜK BASINÇLI
- 300 – 400 bar aralığında çalışma ORTA BASINÇLI
- 400 – 700 bar aralığında çalışma YÜKSEK BASINÇLI

Basınç ile kolon çapı arasında Şekil 33'de görüldüğü üzere doğrudan bir ilişki mevcuttur. Genel olarak yüksek enjeksiyon basınçlarında daha büyük çaplı kolonlar imal edilebilmektedir. İstenilen çapa ulaşmada basınç değeri gerekli fakat yeterli değildir ve her zaman basıncı artırmak ile istenilen çapa ulaşılamayabilir. Bunun sebebi ise kolon çapının zamanın da bir fonksiyonu olmasıdır. Kolon oluşturulma sürecinde geçen zaman kolon çapının homojen olmasında direk olarak etkilidir.



Şekil 33. Basınç-bekleme süresi-kolon çapı arasındaki ilişki (Melegary ve Garassino, 1997).

Uygun enjeksiyon basıncının seçilmesinde unutulmaması gereken bir diğer husus ise enjeksiyon basıncının pompadan çıktıktan sonra püskürtme ağzına gelene kadarki süreçte basıncının %5-%10 kadarını kaybettiğidir.

1.7.1.4.2. Dönme ve Çekme Hızı

Dönme işlemi delgi makinesinde bulunan tijlerin belli bir hızla kendi etrafında dönmesidir. Zemin ile enjeksiyon malzemesinin homojen bir karışım oluşturabilmesi için tijlerin dönüş hızı belirli bir değerden fazla olamamalı, tij çekme hızı da iyileştirilen bölgenin tamamında sürekliliği sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Dönüş hızı genellikle 10-20 devir/dk' ya kadar çıkabilmektedir.

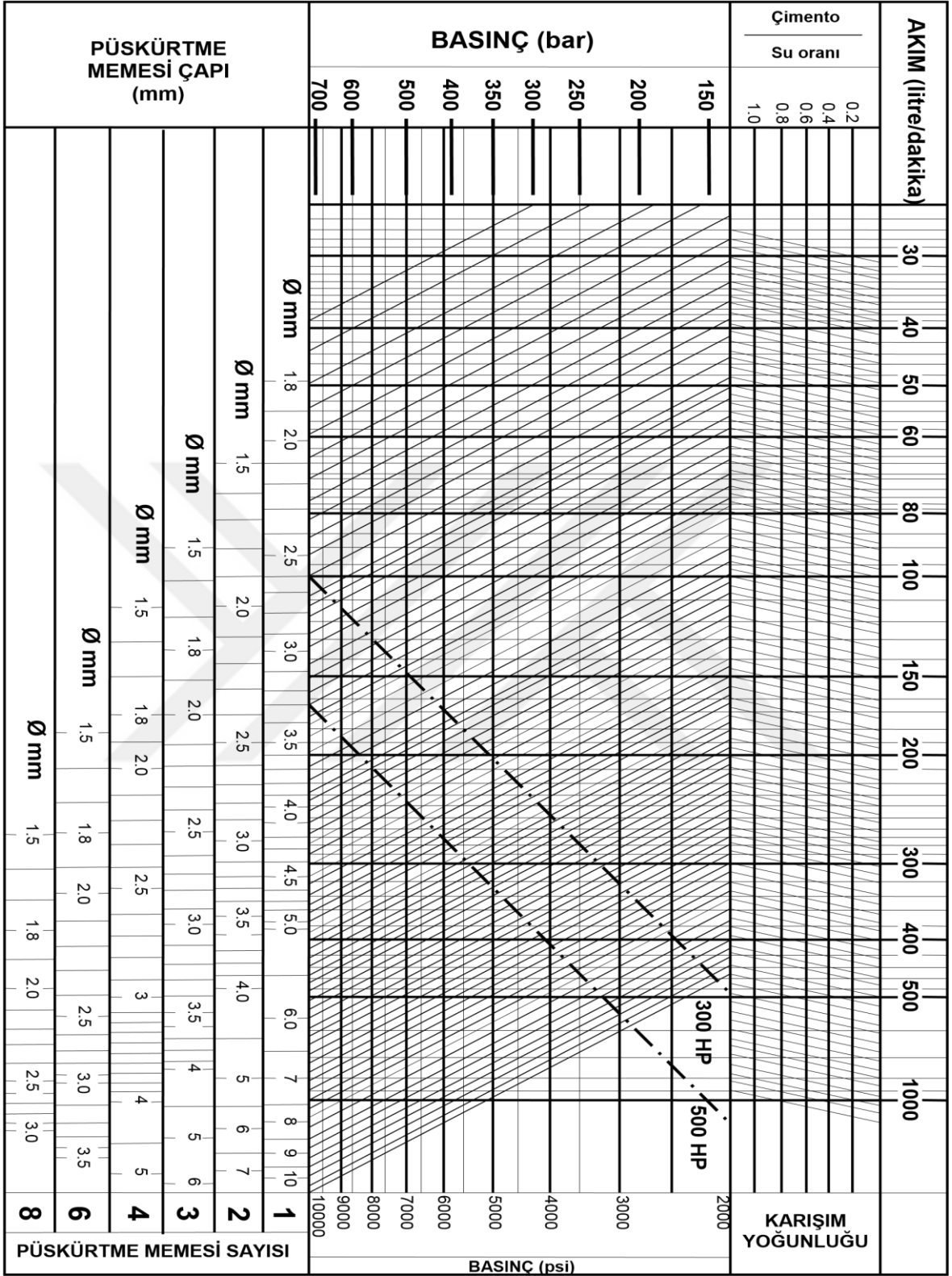
Çekme hızı, zeminin özelliklerine ve birim hacme enjekte edilecek grout miktarına bağlıdır. Kohezyonlu zeminlerde, jetten çıkan enjeksiyonun zemini parçalaması ve homojen karışım oluşumunu sağlaması daha uzun süreler gerektirmektedir. Dönme ve çekme hızının optimizasyonu, iyileştirilecek zemine ve seçilen jet grout sistemine direk olarak bağlıdır. Jet 2 ve jet 3 sistemlerinin seçilmesi halinde daha büyük çapta kolon imalatı hedeflendiğinden iyileştirilecek zeminin hacmi daha büyük olacaktır. Dolayısıyla daha uzun süreye ihtiyaç duyulacaktır.

1.7.1.4.3. Dozaj

Standart su/çimento oranı (S/Ç) 1, özgül ağırlığı ise $1410-1570 \text{ kg/cm}^3$ 'tür. Bu oran seçilen jet grout yöntemi ve kolonların nihai mukavemetlerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. S/Ç oranının, su geçirmez plastik grout perde teşkili için karışımda bentonit kullanılması durumu hariç 0,7'nin altına inilmesi uygun görülmez. 1 m^3 iyileştirilmiş zemin içindeki çimento miktarı $350-700 \text{ kg/m}^3$ aralığında değişmektedir (Melegary ve Garassino, 1997).

1.7.1.4.4. Enjeksiyon Akış Oranı

Jet grout kolon imalatı sırasında enjekte edilecek olan çimento şerbetinin miktarının tespiti maliyet analizi açısından gereklidir. Enjeksiyon sırasında birim zamanda tüketilecek çimento şerbetinin miktarı nozul sayısına ve çapına, enjeksiyon basıncına ve su/çimento oranına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Şekil 34'de tahmini çimento şerbeti akış oranı grafiği görülmektedir.



Şekil 34. Tahmini çimento şerbeti akış oranı (Xanthakos, 1994).

Uygun parametrelerin seçiminin ardından uygulama alanında/yerinde deneme enjeksiyonları yapılır. Bu deneme enjeksiyonları en az 3 ayrı kuyuda ve en az 4 veya daha fazla kademede yapılır. Her kademede yapılan deneme enjeksiyonlarında istenilen değerlere ulaşmak için değişik karışım oranları, enjeksiyon-su veya hava akımları ve kademede bekleme zamanları zeminin farklılıklarına göre değişiklik gösterecektir (Özkan, 2006).

1.7.1.5. Jet Grout İmalatı Kontrol Deneyleri

Ülkemizde, Eurocode gibi bazı uluslararası standartlardan faydalanılarak jet enjeksiyonu konusunda TS-EN 12716 sayılı bir standart oluşturulmuştur. Standartta jet enjeksiyonu ile ilgili tanımlamalar yapılmış ve bunlara örnekler verilmiştir. Ayrıca uygulama, tasarım esasları, deneyler, imalat sonrası kontroller ve uygulama dokümanlarının hazırlanması sürecinde uyulması gereken hususlara açıklık getirilmiştir. Bu çalışmada, yapılması gereken imalat kontrol deneyleri hakkında bilgi verilirken söz konusu yönetmelik esas alınmıştır.

1.7.1.5.1. Karot Numunelerinin Alınması

Uygulamadan 28 gün sonra piston numune alıcı ile imalatı tamamlanmış jet grout kolonlardan alınan silindirik numuneler üzerinde laboratuvarında yapılan serbest basınç deneyleri ile kolonun basınç dayanımı belirlenir (Durgunoğlu, 2004), (Şekil 35). Deneyler ile ölçülen mukavemet değerlerinin servis yüklerini belli bir emniyet faktörü ile taşıdıkları ispat edilmelidir.



Şekil 35. Karot numune alımı ve serbest basınç deneyi (URL-5).

Serbest basınç deneyinde tercihen deformasyonlar da ölçülerek deformasyon modülü; elastisite modülü E_{jg} , tayin edilebilir (Sağlamer vd., 2002). Tablo 12’de zemin cinsine göre jet grout deformasyon modülü değerleri verilmiştir. Burada özetlenen zeminler için elastisite modülü ortalama E_{jg} , 500-12500 MPa olarak alınabilir (Durgunoğlu, 2004).

Tablo 12. Çeşitli zemin türleri için jet grout serbest basınç mukavemeti ve modülü (Durgunoğlu, 2004).

Zemin Cinsi	Serbest basınç mukavemeti, f_{jg} , MPa	Modül oranı (*), E/f_{jg}
Kil	2-5	150
Silt	3-7	200
Kum	7-14	600
Çakıl	12-18	900

(*) %40 gerilme seviyesine tekabül eden modül

1.7.1.5.2. Çap Kontrolü

Genel olarak elde edilmesi gereken minimum kolon çapı proje kriteri olarak belirlenir (Durgunoğlu, 2004). Seçilen sistem parametreleri ile bu çapın oluşup oluşmadığının kontrolü, Şekil 36’da görüldüğü üzere çalışma platformundan seçilen bazı kolonların etrafının açılarak farklı seviyelerde çevrelerinin ölçülmesi suretiyle yapılır.



Şekil 36. Jet grout kolonu çap kontrolü (URL-5).

1.7.1.5.3. Kolon Süreklilik Deneyi

İmalatı yapılan jet grout kolonlarının boylarının tespiti için kazıklardakine benzer bir şekilde uygulanan tahribatsız kontrol metotlarından biri olan integrity test kullanılmaktadır. Bu metodun uygulanması kolay, ucuz ve hızlıdır (Toğrol, 1998). Kolon boyunca oluşabilecek kırık, çatlak, uygulama hatası ve kesit daralması gibi taşıma gücünü etkileyen ana süreksizliklerin tespit edilebilmesi amacıyla kolonunun üst kısmına küçük bir el çekici ile vurulur ve kolonun üzerine yerleştirilmiş olan ivme ölçerle bir yansıma sinyali kaydı alınır (Şekil 37). Kolonun yanıtı ekranda görüntülenir ve analiz için bellekte saklanır (Özcan ve Özdemir).



Şekil 37. Jet grout kolonu süreklilik (integrity) deneyi (URL-5).

1.7.1.5.4. Kolon Yükleme Deneyi

Kolon yükleme deneyi, zeminde inşa edilen jet grout kolonların taşıma kapasitesini belirlemek amacıyla uygulanmaktadır. Bu deney ile projede öngörölmüş olan kolon kalitesi ve tasarım yükünün imalattan sonra sağlanıp sağlanmadığı tahkik edilmektedir. Deneyin uygulaması Şekil 38’de görölmektedir. Deney kapsamında kolona statik eksenel basınç yükü uygulanarak yük-oturma, yük-zaman ve oturma-zaman grafikleri elde edilir.

Jet grout imalatı için yükleme deneyi iki gruba ayrılabilir:

- Deneme kolonları üzerinde yapılan yükleme deneyleri,
- Daha sonra kullanılacak kolonlar üzerinde yapılan kontrol deneyleri

Birinci grupta yer alan deneyler, kolon imalatında kullanılacak olan basınç, enjeksiyon debisi, delgi borusunun dönme ve çekilme hızı gibi parametrelerin belirlenmesi amacıyla imal edilen deneme kolonları üzerinde yapılmaktadır. Deneme kolonları, göçme

meydana gelene kadar ya da maksimum kabul edilebilir oturma meydana gelene kadar yüklenir.



Şekil 38. Kolon yükleme deneyi

Göçme yükü aşağıdaki tanımlardan birisine göre belirlenmektedir.

- (1) yük daha fazla artmadığı halde oturma devam etmesi halindeki yük,
- (2) kolon çapının %10 kadar bir toplam oturmaya yol açan yük,

Deney sonunda, kolon çevresi kazılarak meydana çıkarılır ve boyutlar için gerekli kontroller yapılarak zemin-çimento karışımının dayanımı, birim hacim ağırlığı belirlenir.

İkinci grupta bulunan kontrol deneyleri, imalatı gerçekleştirilen kolonların taşıma gücünün yeterli olup olmadıklarını araştırmak amacıyla yapılmaktadır. Uygulanacak deney yükü, en az kolonun proje yükü kadar olmalı ya da tercihen yükün 1,5 katı kadar olmalıdır (Toğrol, 1998).

1.8. Sıvılaşma Riskine Karşı Jet Grout Yöntemi ile Zemin İyileştirilmesinin Projelendirilmesi

Arazi ve laboratuvar deneyleri ile elde edilen veriler ve hesaplanan pik yer ivmesi ile yapılan analizler sonucu sıvılaşma riski olduğu belirlenen bir zemin için taşıma gücü kriteri göz önünde bulundurularak jet grout projelendirme aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- i. Optimum kolon çap ve aralığının belirlenmesi için tahmini boyutlar seçilerek iterasyona başlanır.

- ii. Jet grout kolonlarının, oluşacak kayma kuvvetlerini karşılayacak mukavemete sahip olup olmadığının tespiti için, kesme güvenlik kontrolü yapılır.
- iii. Kesme güvenliğinin sağlanması durumunda oturma ve taşıma gücü kontrolleri yapılır.
- iv. Kontroller sonucunda istenilen koşullar elde edilmez ise kolon çap, aralık veya her iki değerinde değiştirilerek iterasyona yeniden başlanır.

1.8.1. Kesme Güvenlik Kontrolü

Her bir sondaj kuyusu için sıvılaşmaya en müsait, en gevşek özellikli, en düşük güvenlik faktörü değerine sahip derinlikte oluşacak deprem kayma gerilmelerinin sözkonusu çap ve aralıklı jet grout kolonları tarafından karşılanıp karşılanmadığı Özsoy ve Durgunoğlu (2003) tarafından önerilen birim alan oranı metodu ile araştırılmıştır.

1.8.2. Zemin Maksimum Kayma Modülünün Saptanması

Çimento-zemin karışımı ile elde edilen yüksek kayma mukavemetine sahip kolonlarda hesap için öncelik olarak zemin maksimum kayma modülünün tayini ve uygun giriş deprem büyüklüklerinin tespiti yapılmalıdır. Bu amaçla aşağı kuyu (Down-Hole) veya ‘Suspension PS Logging’ yöntemleri kullanarak doğrudan veya SPT, CPT, PMT gibi arazi deneyleri sonuçlarından yola çıkarak dolaylı olarak zemin kayma hızı (V_s , m/sn) profilinin tayini gerekir. Bu amaçla Ohta ve Goto (1978) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$V_s = 62,14 \cdot N^{0,219} \cdot H^{0,230} \cdot F \quad (29)$$

Burada;

N: Düzeltilmemiş SPT darbe sayısı,

H: Tabaka derinliği (m),

F: Zemin tipine bağlı bir düzeltme faktörüdür.

F düzeltme faktörü killi zeminlerde 1,000, ince kumlarda 1,091, orta daneli kumlarda 1,029, kalın daneli kumlarda 1,073, kum ve çakıllılarda 1,151 ve çakıllı zeminlerde 1,485 alınabilecektir (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

1.8.3. Birim Alan Oranı Metodu ve Deprem Kayma Gerilmeleri Dağılımı

Yöntemin hesap adımlarının gerçekleştirilmesi sonrasında sıvılaşma riskinin mevcut olduğunun anlaşılması durumunda tasarımcı ve işveren tarafından bu riskin gerçekleşmesi durumunda oluşabilecek muhtemel durumları (temel ve döşeme oturmaları, üst yapıda hasar, tesisin operasyonelliğinin kesintiye uğraması vs.) içeren bir risk analizi yapılmalıdır. Bu analiz sonucunda sıvılaşma etkilerinin önlenmesi veya kısmen azaltılması durumuna gidilmesi yönünde bir karar çıkması halinde saha için en uygun zemin iyileştirme metodunun seçimine gidilmelidir.

Yüksek kayma modüllü zemin-çimento karışımı kolonlar ile yapılan uygulamalarda ilk adım olarak tasarımcının tecrübesine de bağlı olarak uygun bir kolon çapı ve aralığı seçilerek iterasyona başlanır. Kolonların kayma modülleri tercihen arazide yapılacak aplikasyon deneyleri veya başlangıç olarak müteahhit firmaların benzer sahalarda elde ettiği tek eksenli silindirik basınç deneyi mukavemetlerinin (f_{JG} , MPa) yorumlanması ile elde edilebilir. Her halükarda bu verilerin inşaat aşamasında deneylerle doğrulanması zorunludur. Tercihen jet grout kolon karot numunelerinden alınacak örnekler tek eksenli basınç deneyine tabi tutularak geçici yükleme durumlarında Poisson Oranı (ν) 0.5 kabul edilip aşağıda açıklanan şekilde elastisite (E_{JG} , MPa) ve kayma (G_{JG} , MPa) modülleri bulunabilecektir:

$$E_{JG} = 4730 \sqrt{f_{JG}} \quad (30)$$

$$G_{JG} = \frac{E_{JG}}{2(1+\nu)} \quad (31)$$

Tek eksenli basınç deneyi sonuçlarına uygulanacak 2 mertebesinde bir güvenlik faktörü ile kayma modülünün alabileceği değer aralığının, daha önce elde edilen tecrübelerin ışığında, 1000 MPa ila 4000 MPa mertebesinde olabileceği görülmektedir. Uygulamada gerçekleştirilen zemin değiştirme miktarını tanımlamak üzere yüksek

modüllü kolon alanının (A_{JG} , m^2), Şekil 39’da gösterilen birim hücre alanına (A , m^2) oranı olan alan yer değiştirme oranı (a_r) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003):

$$a_r = \frac{A_{JG}}{A} \quad (32)$$

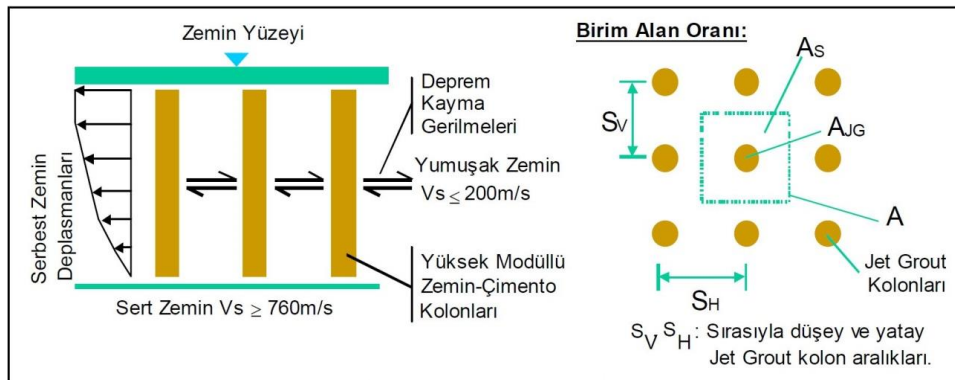
$$a_s = \frac{A_s}{A} = 1 - a_r \quad (33)$$

Hesabın bundan sonraki adımları; deprem durumunda oluşacak kayma gerilmelerinin birim alan içerisinde üniform olarak oluşturulan kolonlar ve bu elemanları çevreleyen zemin arasında, kayma modülleri oranında dağılacağı kabulüne dayanmaktadır. Sıvılaşma potansiyeli gösteren alüvyonal zeminlerde kayma dalgası hızının genelde 200 m/s’den az olacağı düşünülürse buradan elde edilecek çimento-zemin karışımı kolonların kayma modülünün (G_{JG} , MPa) zeminin kayma modülüne (G_S , MPa) oranının 15 ila 160 kat farklı olabileceği hesaplanmıştır.

$$G_r = \frac{G_{JG}}{G_S} \quad (34)$$

$$G_S = \rho V_S^2 \quad (35)$$

Bu durumda oluşacak kayma gerilmeleri uygun bir uygulama çapı ve aralığının seçimi ile kolonlar arasında kalan zeminden ziyade kolonlar üzerinde yoğunlaşacaktır.



Şekil 39. Deprem kayma dalgalarının dağılım modeli ve birim hücrenin tanımlanması (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

Yukarıda yapılan tanımlamaların ışığında birim alan içerisindeki gerilme konsantrasyonu (n), aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir:

$$n = \frac{\tau_{JG}}{\tau_s} \quad (36)$$

Yukarıdaki ifadede, τ_{JG} ; çimento-zemin karışımı kolonlara ve τ_s ; kolonlar arasındaki zemine etkiyen kayma gerilmesini temsil etmektedir. Bu durumda birim alan üzerine etki eden gerilme (τ), herhangi bir derinlikte birim alan içerisindeki kayma gerilmesinin dengesinden yola çıkarak ve alan değişim oranı (a_r)'ye bağlı olarak şu şekilde hesaplanacaktır:

$$\tau = \tau_s a_s + \tau_{JG} a_r \quad (37)$$

$$\tau = \tau_s (1-a_r) + \tau_{JG} a_r \quad (38)$$

Yukarıdaki eşitliklerin gerilme konsantrasyon oranına (n) bağlı olarak çözümü durumunda aşağıdaki bağıntılar elde edilir:

$$\tau_s = \frac{\tau}{(1+(n-1)a_r)} \longrightarrow \frac{\tau_s}{\tau} = \frac{1}{(1+(n-1)a_r)} \quad (39)$$

$$\tau_{JG} = \frac{n\tau}{(1+n-1)a_r)} \longrightarrow \frac{\tau_{JG}}{\tau} = \frac{n}{(1+n-1)a_r)} \quad (40)$$

1.8.4. Devirsel Gerilme Azaltım Faktörü

Zeminde çimento-zemin karışımı kolonların veya herhangi başka bir donatılı elemanın olmaması durumunda ortalama kayma gerilmeleri Seed ve Idriss'in (1971) çalışmasında açıklandığı gibi Eşitlik (11) yardımıyla bulunabilmektedir.

Ortalama kayma gerilmesinin (τ_{avg}) yukarıdaki formüllerdeki birim alan üzerine etki eden gerilme (τ) yerine kullanılmasının sebebi, oluşacak şekil değiştirmelerin depremde genelde bu gerilme seviyesinde ortaya çıkmasından ileri gelmektedir. Bu durumda kolonlar

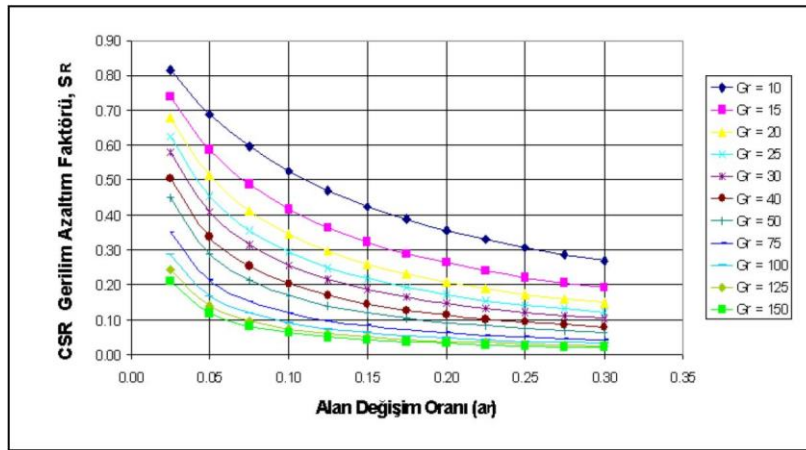
ve onları çevreleyen zemin arasındaki gerilme paylaşımı kolon çapı ve aralığının bir fonksiyonu haline gelecektir. Devirsel gerilme oranı (DGO) üzerine etkiyecek azaltım faktörü (S_R), birim alan içerisindeki kolonlar ve bunları çevreleyen zemin arasında şekil değiştirme uyumu olduğu kabulüyle aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$S_R = \frac{\tau_S}{\tau} = \frac{\tau_S}{\tau_{avg}} = \frac{1}{(1+(G_r-1)a_r)} = \frac{1}{G_r} \cdot \frac{1}{[a_r + \frac{1}{G_r}(1-a_r)]} \quad (41)$$

Bu eşitlikte verilen S_R değeri, Seed ve Idriss'in 1971 tarihli çalışmasından bulunan devirsel gerilme oranını (DGO) azaltmakta ve dolayısıyla Eşitlik 5'teki güvenlik faktörünün arttırımında kullanılacaktır.

$$DGO_{tasarım} = DGO \times S_R \quad (42)$$

Zeminin sıvılaşma kontrolü Eşitlik 5'e göre, fakat bu sefer $DGO_{tasarım}$ değerleri kullanılarak, uygun güvenlik faktörü elde edilene kadar tekrarlanır. Yukarıdaki eşitliklerin daha önceki tecrübeler ışığında uygun tasarım aralıklarında çözümü durumda, Şekil 40'da ifade edilen tasarım eğrileri ortaya çıkmaktadır (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).



Şekil 40. Birim alan ve kayma modülü oranlarına bağlı olarak (DGO; CSR) azaltım eğrileri (S_R) (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

1.8.5. Yapısal Kontroller

Kolonlar arasında kalan zeminin sıvılaşma riskinin azaltılması amacıyla yüksek kayma modüllü kolonların kendilerine gelecek kayma kuvvetini karşılayabilecek mukavemete sahip olması gerekmektedir. Kullanılan kolon kesitinin kayma kuvvetlerine (V_{JG}) karşı yeterli olup olmadığının kontrolü için, çimento karışımı kolonların donatısız düşük düktiliteli elemanlar olduğu kabulüyle aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir (International Navigation Association, 2001):

$$V_{\text{maks}} = 0,65 \tau_{\text{maks}} (1 - S_R) A \quad (43)$$

Burada,

τ_{maks} : Maksimum deprem kayma gerilmesi (MPa)

A : Seçilen kolon aralığı ölçülerindeki birim alan (m^2)

$$V_{JG} = 0,3 \sqrt{f_{JG}} A_{JG} \quad (44)$$

Burada kullanılan basınç mukavemetinin ilke tasarımı aşamasında daha önce yapılmış Tablo 12'de verilen benzer araştırma sonuçlarından yola çıkılarak bulunması durumunda minimum 2 güvenlik faktörü, basınç mukavemeti değerine (f_{JG}) uygulanmalıdır. Her durumda sonuçların uygulama sırasında elde edilen kolonlardan yerinde karot numuneler alınması suretiyle kontrolünün yapılması gereklidir (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

1.8.6. Önerilen Hesap Algoritması

Yukarıda anlatılan hesap yöntemi ışığında Şekil 41'de verilen uygulama algoritması kullanılabilir. Hesabın son adımı jet grout kolonuna ait çap ve aralıklarının sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörlerini karşılayabildiğinin kontrolünün yanında statik ve dinamik etkiler altında üstyapının oturma kriterlerini de karşılayıp karşılamadığının kontrolüdür (Özsoy ve Durgunoğlu, 2003).

Göçme anında temel zemininin birim alanının taşıyabileceği en yüksek gerilme (basınç) değerine sınır taşıma gücü (q_u) denir. Terzaghi'ye (1948) göre sınır taşıma gücü formülü Eşitlik (45)'te verilmiştir. Bu eşitlikte; birinci bileşen kohezyonu, ikinci bileşen temel taban seviyesi üzerindeki sürsarj yükünü, üçüncü bileşen de temel genişliği ve temel taban seviyesi altındaki zeminin ağırlığının etkisini temsil etmektedir.

$$q_{sınır} = k_1 c N_c + D_f \gamma_1 N_q + k_2 B \gamma_2 N_\gamma \quad (45)$$

Burada,

- $q_{sınır}$: Zeminin sınır taşıma gücü (kN/m^2)
 k_1, k_2 : Temel şekil katsayıları (Tablo 14)
 c : Temel zemininin kohezyonu (kN/m^2)
 N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları (Tablo 13)
 D_f : Temel gömme derinliği (m)
 B : Temel genişliği (m)
 γ_1 : Temel zemininin birim hacim ağırlığı (kN/m^3)'dır.
 γ_2 : Yapı temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m^3)'dır.

Tablo 13. Taşıma gücü katsayıları

Φ°	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1	0
5	6,5	1,6	0,5
10	8,3	2,5	1,2
15	11	3,9	2,6
20	14,8	6,4	5,4
25	20,7	10,7	10,8
30	30,1	18,4	22,4
32	35,5	23,2	30,2
34	42,2	29,4	41,1
36	50,6	37,7	56,3
38	61,4	48,9	78
40	75,3	64,2	109,4
42	93,7	85,4	155,6
44	118,4	115,3	224,6
46	152,1	158,5	330,4
48	199,3	222,3	496
50	266,9	319,1	762,9

Tablo 14. Temel şekil katsayıları (Terzaghi, 1948).

Temel Şekli	k_1	k_2
Şerit	1,00	0,50
Kare	1,20	0,40
Daire	1,30	0,30
Dikdörtgen	1,03	0,48

Temel zemininde göçme olması istenmediğinden buna karşı belli bir güvenlik (emniyet) olması gereklidir. Bu güvenliğin sağlanması amacıyla, zeminde kırılma meydana gelmeden ve yapıya zarar verebilecek oturmalar oluşmadan temel zemininin güvenli olarak taşıyabileceği gerilme (basınç) değeri olan emin taşıma gücü (q_{emin}) sınır taşıma gücüne güvenlik katsayısı uygulanarak elde edilir ve temel tabanının boyutlandırılmasında kullanılır.

$$q_{emin} = \frac{q_{sınır}}{GS} \quad (46)$$

Burada,

q_{emin} : Zeminin emin taşıma gücü (kN/m^2)

$q_{sınır}$: Zeminin sınır taşıma gücü (kN/m^2)

GS : Güvenlik katsayısıdır. Genellikle 2-5 arasında seçilir.

Temel zemini üzerine inşa edilecek yapının ağırlığı ve kullanım yüklerinin temel sisteminde oluşturacağı taban basıncı Eşitlik (46) ile hesaplanan zeminin emin taşıma gücünden küçük olması gerekmektedir.

1.8.7.2. Jet Grout Kolonlarının Taşıma Gücü

Bir jet grout kolonunun taşıyacağı servis yükü, kolonun kendi ağırlığı ve bu kolona üst yapıdan gelen yüklerin toplamına eşit olacaktır. Oluşan bu yükü, jet grout kolonları kazığın çalışma prensibine benzer şekilde davranarak, kazık uç ve çevre direncinin bileşkesi ile karşılamaktadırlar. Jet grout kolonunun taşıyacağı net yük Eşitlik (47)'de verilmiştir. Bu eşitlikte yer alan jet grout uç yükü, yan sürtünme yükü ve kolon ağırlığı hesabında kullanılan eşitlikler sırasıyla (48), (51) ve (53)'te verilmiştir. Eşitlik (54) bir adet jet grout kolonunun taşıma gücü hesabını gösteren formülasyondur.

$$Q_{jg} = Q_{uç} + Q_{yan} - W_{jg} \quad (47)$$

Burada,

- Q_{jg} : Jet grout net taşıma yükü (kN)
 $Q_{uç}$: Jet grout kolonu uç yükü (kN)
 Q_{yan} : Jet grout kolonu yan sürtünme yükü (kN)
 W_{jg} : Jet grout kolon ağırlığı (kN)

$$Q_{uç} = A q_d \quad (48)$$

Burada,

- $Q_{uç}$: Jet grout kolonu uç direnci (kN)
 A : Jet grout kolonu en kesit alanı (m²)
 q_d : Jet grout kolonu ucundaki zeminin taşıma gücü (kN/m²)'dir.

$$q_d = k_1 c N_c + P_0 N_q + k_2 B \gamma_2 N_\gamma \quad (49)$$

Burada,

- q_d : Jet grout kolonu ucundaki zeminin taşıma gücü (kN/m²)
 k_1, k_2 : Temel şekil katsayıları (Tablo 1.15)
 c : Temel zemininin kohezyonu (kN/m²)
 N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları (Tablo 1.14)
 D_f : Jet grout boyu (m)
 B : Jet grout çapı (m)
 γ_1 : Jet grout kolonu çevresindeki zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m³)'dir.
 γ_2 : Jet grout kolonu ucundaki zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m³)'dir.

$$P_0 = \gamma_1 D_f \quad (50)$$

Burada,

- γ_1 : Jet grout kolonu çevresindeki zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m³)
 D_f : Kazık boyu (m)
 P_0 : Temel taban düzeyindeki düşey efektif gerilme (kN/m²)

$$Q_{yan} = A_s f_s \quad (51)$$

Burada,

Q_{yan} : Jet grout kolonu yan direnci (kN)

A_s : Jet grout kolonunun zemin içerisinde kalan yüzey alanı (m^2)

f_s : Jet grout kolonunun birim alanına etkiyen ortalama sürtünme gerilmesi (kN/m^2)

Burada, jet grout kolonunun zemin içerisinde kalan yüzey alanı olan A_s jet grout çevresinin jet groutun zemin içerisinde kalan boyu ile çarpımına eşittir.

$$f_s = K \sigma'_v \tan(\delta) \quad (52)$$

Burada,

K : Zemin tabakasının efektif yanal toprak basıncı katsayısı

σ'_v : Zemin tabakasındaki efektif düşey gerilme (kN/m^2)

δ : Jet grout kolonu ile zemin arasındaki sürtünme (adezyon) açısıdır.

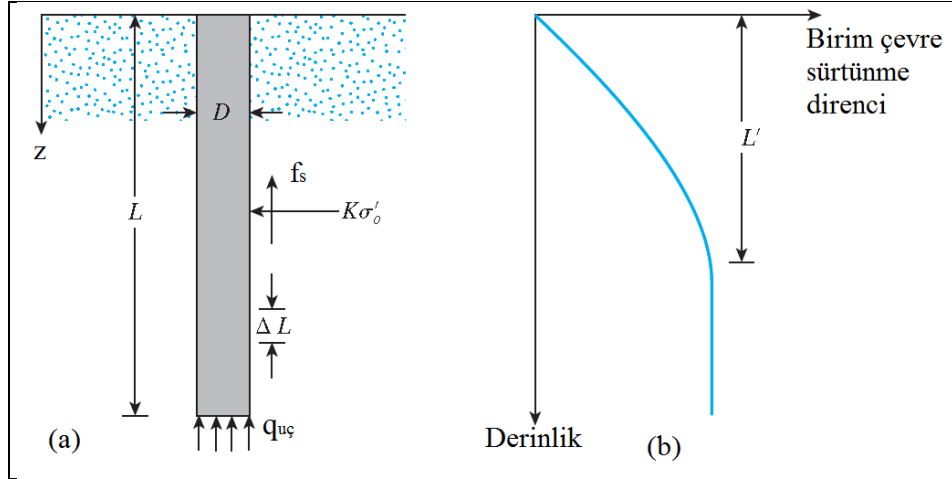
Adezyon açısı, içsel sürtünme açısının 0,5-0,8 katı olarak alınabilir (Das, 2016). Ayrıca K ve δ değerleri için Tablo 15 'teki değerler de kullanılabilir (Kumbasar ve Kip, 1987).

Tablo 15. Kazık malzemesi, δ açısı – K katsayısı arasındaki ilişki

Kazık Malzemesi	δ	K Değerleri	
		Küçük Relatif Sıkılık	Yüksek Relatif Sıkılık
Çelik	20°	0,5	1,0
Beton	3/4 ϕ	1,0	2,0
Ahşap	2/3 ϕ	1,5	3,0

Jet grout kolonları beton kazık sınıfına girdiğinden dolayı eşitliklerde, beton kazıklar için kullanılan K ve δ değerleri kullanılacaktır.

Şekil 43'te görülen jet grout kolonunun birim alanına etkiyen ortalama sürtünme gerilmesi olan f_s kritik bir derinliğe (L') kadar doğrusal olarak artmakta ve bu derinlikten sonra sabit kalmaktadır. Kritik derinlik, D jet grout kolon çapı olmak üzere; gevşek kumlarda 10D, orta-sıkı kumlarda 15D ve sıkı kumlarda 20D olarak alınmaktadır.



Şekil 43. Kumlu zeminlerde kolon birim çevre sürtünme direncinin derinlikle değişimi

$$W_{jg} = A D_f \gamma_{beton} \quad (53)$$

Burada,

W_{jg} : Jet grout kolon ağırlığı (kN)

A : Jet grout kolonunun en kesit alanı (m^2)

D_f : Jet groutun zemin içerisinde kalan boyu (m)

γ_{beton} : Betonun birim hacim ağırlığı (kN/m^3)

$$q_{jg} = Q_{jg} / GS \quad (54)$$

Burada,

q_{jg} : Jet grout kolonunun taşıma gücü (kN)

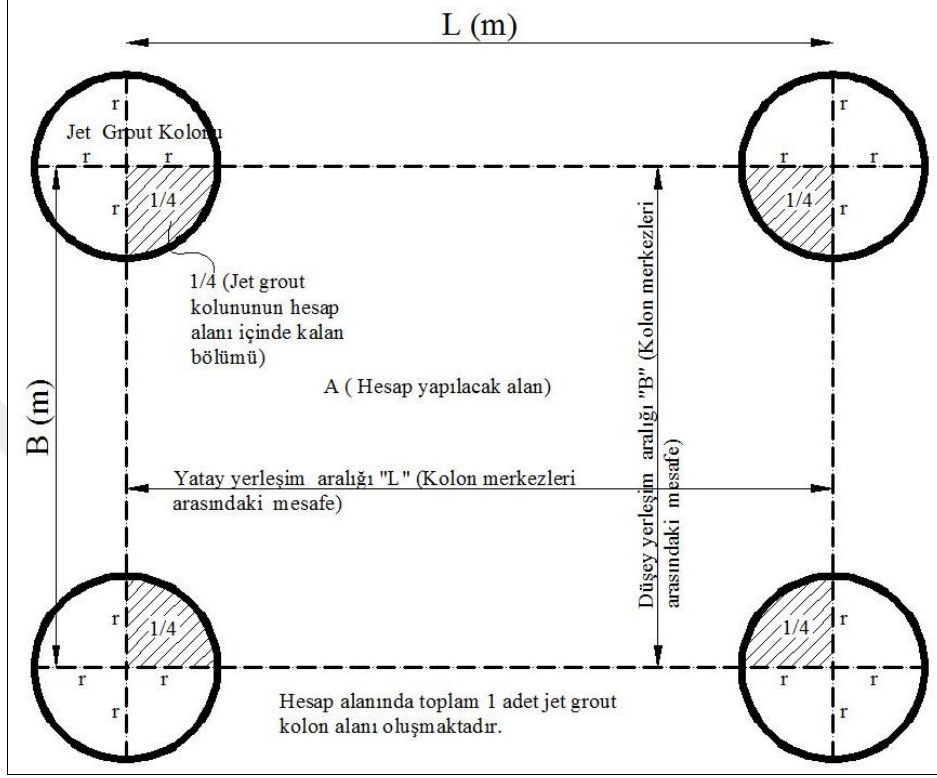
Q_{jg} : Jet grout net taşıma yükü (kN)

GS : Güvenlik sayısı'dır.

1.8.7.3. Jet Grout ile İyileştirilmiş Zeminin Taşıma Gücü

Jet grout ile iyileştirme yapılan sahada kolon yerleşim aralığı kadar bir alan dikkate alındığında toplam jet grout en kesit alanı bir tane jet grout kolonunun alanına eşit

olmaktadır. Geri kalan alanı ise zemin teşkil etmektedir. Bu durum Şekil 44'de görülmektedir.



Şekil 44. Jet grout kolon yerleşimi ve hesap alanları

Şekil 44'de görülen yerleşime göre sisteminin taşıma gücünü jet grout kolonu ve zemin birlikte sağlamaktadır. Zemin ile birlikte jet grout alanının oluşturacağı taşıma gücü, Eşitlik (55)'de verilmiştir (Melegary ve Garasino, 1997).

$$q_{is} = [(B.L - \pi r^2)q_{emin} + \pi r^2 q_{jg}] / (B.L) \quad (55)$$

Burada,

B, L : Kolon merkezleri arası mesafeler (m)

r : Jet grout kolon yarıçapı (m)

q_{is} : Jet grout iyileştirmesi sonrası taşıma gücü (kN/m^2)

q_{emin} : Zeminin emin taşıma gücü (kN/m^2)

q_{jg} : Jet grout kolonunun taşıma gücü (kN/m^2)'dir.

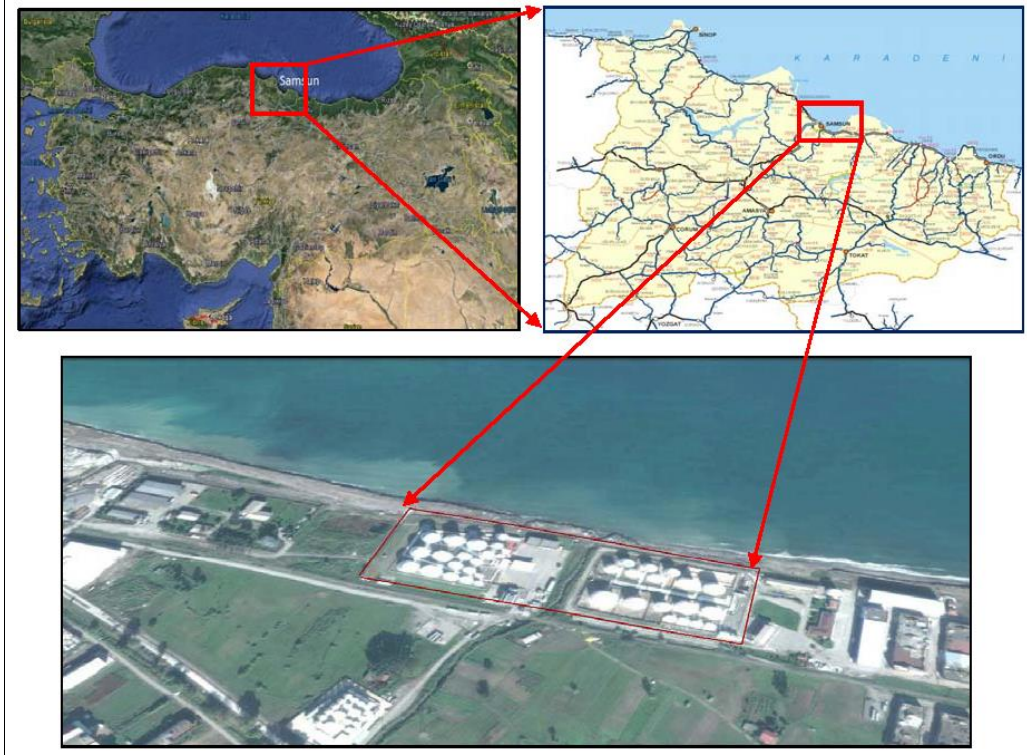
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

Bu çalışma, Samsun ili Tekkeköy ilçesi Örnek Sanayi Sitesi Petrol Sokak adresinde bulunan Total Oil Samsun Akaryakıt Terminali tesisleri içerisinde 4 adet 4200 m³ ve 4 adet 520 m³ hacimli olmak üzere toplam 8 adet yeni akaryakıt tankının inşa edileceği yaklaşık 6.000 m²'lik alanı kapsamaktadır.

2.1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Konumu Şekil 45'te görülen inceleme alanının bulunduğu arazi, Samsun ili Tekkeköy ilçesi sınırları içerisinde, Tekkeköy ile Samsun şehir merkezi arasındaki sahil yolunun kuzeyinde (deniz tarafında) yer almaktadır. Yeni tank sahasında gözle görülür bir eğim bulunmamaktadır.



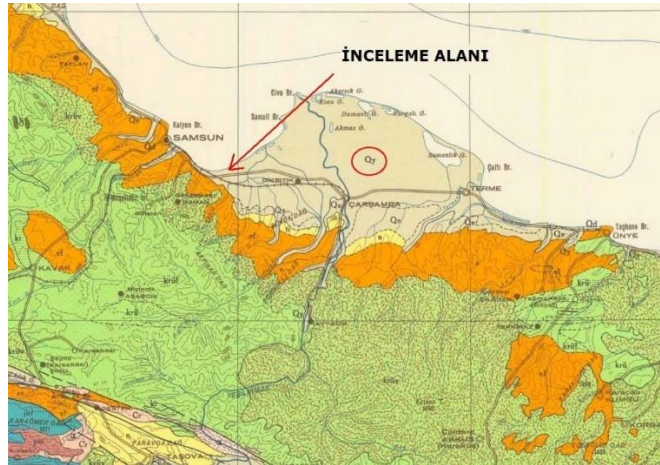
Şekil 45. İnceleme alanı

2.1.2. Samsun İli ve İnceleme Alanının Jeolojik Yapısı

Samsun ili ve inceleme alanının jeolojisi hakkındaki bilgiler derlenirken Samsun Valiliği İl Çevre Orman Müdürlüğü'nce hazırlanmış olan 2004 tarihli Samsun İl Çevre Durum Raporu'ndan yararlanılmıştır.

Samsun'da genç delta ovalarında alüvyonlar bulunmakla birlikte dik yamaçlarla ayrılmış taraçalarda eski alüvyonlar görülmektedir. Güneydeki dağlık kesime geçiş alanı neojen yaşlı, killi – kireçli tortullarla kaplıdır. Kıyı dağları kretase lavlarından oluşmuştur. Aynı dağların iç kesiminde killi-çakıllı tortullar bulunur. İç kesimlerde neojen tortullar ve yer yer alüvyonlarla kaplı ovaların güneyinde de 1. ve 2. zaman yaşlı ve kıvrımlı kayalar kretase ve eosen filizlerine rastlanır. Geniş alanlarda ise yeniden volkanik oluşumlar görülmektedir. Samsun'da eosen, kretase ve neojen dönemli oluşumlara sıkça rastlanmaktadır. İl topraklarının güney sınırında Göksu ile Yeşilirmak'ın birleştiği alanda üst kretase yaşlı oluşumlar geniş alanlara yayılır. Abdal Irmağı'nın doğusunda eosen oluşumlarına rastlanır. Yeşilirmak Havzası'nın doğusunda devam eden bu oluşumlar genelde gre, marn ve konglomeradan ibarettir. İlin kuzeyi tümüyle holosen yaşlı yeni alüvyonlarla kaplıdır. Bu alanlarda Yeşilirmak'ın taşıdığı kum-çakıl ve bloklar izlenmektedir.

İnceleme alanında, kıyı şeridi boyunca güneyden kuzeye doğru sel suları ile akış gösteren derelerin yığıntı malzemesi ve denizden menşeyli kum-çakıl karışımından ibaret, Holosen yaşlı birimlere rastlanmaktadır. Holosen yaşlı birimler Şekil 46'da bulunan haritada Q_y olarak gösterilmekte ve Yeni Alüvyon olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 46. Samsun ve çevresinin jeolojik haritası (MTA).

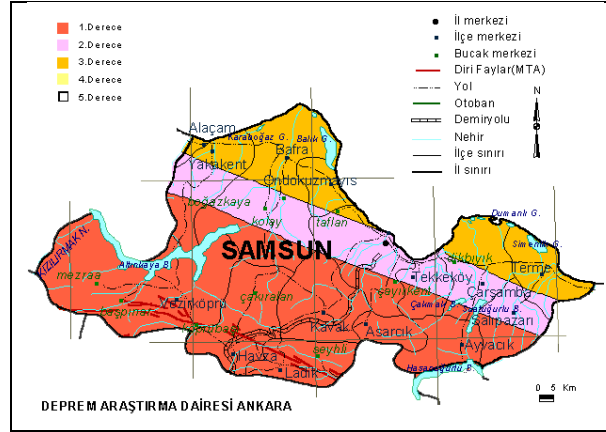
2.1.3. İnceleme Alanının Tektonik Özelliği ve Depremselliği

Türkiye'nin en aktif ve en uzun fay sistemi olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), ülkemizde doğuda Karlıova (Bingöl) yöresinden başlar ve doğu-batı genel uzanımında güneye bakan geniş bir yay geometrisi içerisinde boydan boya ülkeyi katederek batıda, Saroz Körfezi'nden Ege Denizi'ne ulaşır (Şekil 47). Bu fay zonunun orta kısmı 550 km uzunluğunda olup yaklaşık 100 km'lik bölümü ve apeks kısmı Samsun il sınırları içersindedir. Fay, Ladik ve Havza ilçelerinin yaklaşık 5 km kuzeyinden, Vezirköprü ilçesinin ise 10 km güneyinden geçmektedir. Geçmiş deprem kayıtları incelendiğinde fay zonu üzerinde meydana gelmiş olan önemli büyüklükteki depremler; 1916 $M_w=7.1$ Tokat, 1939 $M_w =7.9$ Erzincan, 1942 $M_w =7.0$ Niksar–Erbaa, 1943 $M_w =7.2$ Tosya-Ladik depremleri olarak sıralanabilir Bu seri içerisinde Samsun iline en yakın olan ve en çok hasar veren deprem 1943 depremidir (Özalp, 2012).



Şekil 47. Kuzey Anadolu Fay Zonu (Demir, 2011).

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (2007) göre ikinci derece deprem bölgesinde yer alan Samsun şehir merkezi, zemin hassaslığı bakımından muhtemel bir deprem durumunda büyük risk taşımaktadır. Vezirköprü, Havza, Ladik, Kavak, Asarcık, Ayvacık ilçeleri birinci derece; Tekkeköy, Çarşamba, Salıpazarı ilçeleri ikinci derece; Alaçam, Yakakent, 19 Mayıs, Bafra, Terme ilçeleri ise üçüncü derece deprem bölgeleridir. Alan olarak ise il toplam alanının yaklaşık olarak %65'i birinci derece, %15'i ikinci derece ve %20'si üçüncü derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 48).



Şekil 48. Samsun ili deprem bölge haritası

2.2. İnceleme Alanından Elde Edilen Veriler

Saha çalışmaları, bu tezden bağımsız olarak Geocon Zemin Uzmanları ve Mühendislik Ltd. Şti. tarafından 2007 yılında gerçekleştirilmiş olup elde edilen veriler yine aynı şirketten temin edilmiştir.

Yeni akaryakıt tanklarının kurulacağı sahanın zemin durumunu belirlemek amacıyla yapılan arazi çalışmaları 12 adet mekanik sondaj, 6 adet muayene kuyusu ve bunlara ilave olarak yapılan 7 adet Dinamik Sondalama Deneyi'nden oluşmaktadır. Bu çalışmalar için vaziyet planı Şekil 49'da sunulmuştur.

Sondaj kuyuları içinde her 1,50 m'de SPT (Standart Penetrasyon) deneyleri yapılmış, muayene kuyuları içinde ise yeraltı su seviyesi ölçülmüştür. Karşılaşılan zemin tabakalarının tanımlamaları yapılarak sondaj logları çizilmiş olup bunlar Ek 1'de sunulmuştur. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarının kapsadığı alan içerisinde yüzeyden itibaren 20 m derinliğe kadar karşılaşılan zemin tabakaları aşağıda tanımlanmaktadır.

i. Yapay dolgu: İnceleme alanının tamamında kalınlığı 0,65-1,20 m arasında değişen, kontrolsüz olarak doldurulmuş iri çakıl ve bloklardan oluşan bir yapay dolgu tabakası bulunmaktadır. Yapay dolgu tabakasının mevcut haliyle taşıyıcı özelliği haiz değildir.

ii. Orta sıkı-sıkı kum: Yapay dolgu tabakasının hemen altında, kahve-bej, yer yer yeşil-gri renkli, ince-orta taneli, yer yer kavkılı orta sıkı-sıkı kum tabakası bulunmaktadır. Muayene kuyularının tümünde karşılaşılan orta sıkı-sıkı kum tabakası, sondaj bitimi olan 20 m derinliğe kadar devam etmektedir. Bu tabaka içinde yapılan SPT deneylerinde

2.2.1. SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi

Bölüm 1.6.1.1.1’de belirtildiği üzere deney düzeneğindeki farklılıklar ve arazi şartları ölçülen darbe sayılarını etkilemektedir. Dolayısıyla deney sonuçlarının yorumlanması öncesinde $SPT-N_{arazi}$ değerlerinde Eşitlik (3) kullanılarak düzeltmeler yapılmıştır.

İnceleme alanındaki mevcut koşullar göz önüne alınarak yapılan düzeltmeler Tablo 16’da verilmiştir. Burada, tij boyu düzeltme faktörü derinliğe bağlı olarak Tablo 5’ten alınmıştır. Türkiye’de yapılan Standart Penetrasyon Deneyleri’nde teorik enerjinin %45’ini ileten bir tokmak kullanıldığından enerji düzeltme katsayısı (C_E), Tablo 4’ten 0.75 olarak alınarak düzeltme hesabına dahil edilmiştir. Derinlik düzeltme katsayılarının hesabında ise Eşitlik (7) kullanılmıştır. Youd vd.’ye (2001) göre C_N değerleri 1,7’den büyük olamayacağından bu değer aşılması durumunda katsayı yine 1,7 alınmıştır.

Suya doymuş kohezyonsuz zeminin mevcut olması, düzeltilmiş SPT darbe sayılarının 30’dan küçük olması (Seed vd., 2003), 0,1 g’den daha büyük bir pik yer ivmesi veya 5’den daha büyük bir depremin söz konusu olması (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006) gibi durumlar sıvılaşma riskinin göstergeleri olarak kabul edilmektedir. İnceleme sahasında yapılan Standart Penetrasyon Deneyleri neticesinde, düzeltilmiş darbe sayılarının genel olarak 30’dan küçük olması, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olması, bölgenin yaklaşık 57 km güneyinden Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun geçmesi, 1943 yılında bu fayda 7.2 büyüklüğünde bir depremin meydana gelmiş olması, inceleme alanınının 2.derece deprem bölgesinde yer alması ve sondaj loglarında orta sıkı-sıkı kum tabakasının bulunması sıvılaşma riskine işaret ettiği için detaylı risk analizlerinin yapılması gerekli görülmüştür.

Tablo 16. $SPT-N_{arazi}$ değerlerine yapılan düzeltmeler

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Efektif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	SPT-N Arazi	Derinlik Düzeltme Katsayısı (C_N)	Tij Boyu Düzeltme Katsayısı (C_R)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri (N_{160})
Sondaj Kuyusu 1	1,50	3,00	27	27	19	1,70	0,75	19
	3,00	3,00	54	54	20	1,36	0,80	17
	4,50	3,00	84	69	26	1,20	0,85	21
	6,00	3,00	114	84	34	1,09	0,90	26
	7,50	3,00	144	99	30	1,01	0,90	21
	9,00	3,00	174	114	26	0,94	0,90	17

Tablo 16'nin devamı

Sondaj Kuyusu 1	10,50	3,00	204	129	23	0,88	1,00	16
	12,00	3,00	234	144	32	0,83	1,00	21
	13,50	3,00	264	159	29	0,79	1,00	18
	15,00	3,00	294	174	27	0,76	1,00	16
	16,50	3,00	324	189	29	0,73	1,00	17
	18,00	3,00	354	204	35	0,68	1,00	19
	19,50	3,00	384	219	38	0,65	1,00	19
Sondaj Kuyusu 2	1,50	2,85	27	27	22	1,70	0,75	22
	3,00	2,85	54,3	52,8	31	1,38	0,80	27
	4,50	2,85	84,3	67,8	26	1,21	0,85	21
	6,00	2,85	114,3	82,8	25	1,10	0,90	19
	7,50	2,85	144,3	97,8	28	1,01	0,90	20
	9,00	2,85	174,3	112,8	32	0,94	0,90	21
	10,50	2,85	204,3	127,8	32	0,88	1,00	22
	12,00	2,85	234,3	142,8	44	0,84	1,00	29
	13,50	2,85	264,3	157,8	26	0,80	1,00	16
	15,00	2,85	294,3	172,8	34	0,76	1,00	20
	16,50	2,85	324,3	187,8	33	0,73	1,00	19
	18,00	2,85	354,3	202,8	38	0,68	1,00	20
19,50	2,85	384,3	217,8	41	0,65	1,00	21	
Sondaj Kuyusu 3	1,50	4,00	27	27	21	1,70	0,75	21
	3,00	4,00	54	54	23	1,36	0,80	20
	4,50	4,00	82	77	27	1,14	0,85	21
	6,00	4,00	112	92	39	1,04	0,90	29
	7,50	4,00	142	107	22	0,97	0,90	15
	9,00	4,00	172	122	15	0,91	0,90	10
	10,50	4,00	202	137	15	0,85	1,00	10
	12,00	4,00	232	152	20	0,81	1,00	13
	13,50	4,00	262	167	21	0,77	1,00	13
	15,00	4,00	292	182	21	0,74	1,00	12
	16,50	4,00	322	197	22	0,71	1,00	12
	18,00	4,00	352	212	25	0,66	1,00	13
19,50	4,00	382	227	31	0,63	1,00	15	
Sondaj Kuyusu 4	1,50	3,00	27	27	24	1,70	0,75	24
	3,00	3,00	54	54	25	1,36	0,80	21
	4,50	3,00	84	69	27	1,20	0,85	22
	6,00	3,00	114	84	23	1,09	0,90	18
	7,50	3,00	144	99	33	1,01	0,90	24
	9,00	3,00	174	114	15	0,94	0,90	9
	10,50	3,00	204	129	15	0,88	1,00	10
	12,00	3,00	234	144	24	0,83	1,00	16

Tablo 16'nin devamı

Sondaj Kuyusu 4	13,50	3,00	264	159	28	0,79	1,00	17
	15,00	3,00	294	174	22	0,76	1,00	13
	16,50	3,00	324	189	19	0,73	1,00	11
	18,00	3,00	354	204	27	0,68	1,00	14
	19,50	3,00	384	219	13	0,65	1,00	7
Sondaj Kuyusu 5	1,50	1,85	27	27	18	1,70	0,75	18
	3,00	1,85	56,3	44,8	20	1,49	0,80	19
	4,50	1,85	86,3	59,8	17	1,29	0,85	15
	6,00	1,85	116,3	74,8	19	1,16	0,90	15
	7,50	1,85	146,3	89,8	11	1,06	0,90	8
	9,00	1,85	176,3	104,8	20	0,98	0,90	14
	10,50	1,85	206,3	119,8	22	0,91	1,00	16
	12,00	1,85	236,3	134,8	27	0,86	1,00	18
	13,50	1,85	266,3	149,8	28	0,82	1,00	18
	15,00	1,85	296,3	164,8	28	0,78	1,00	17
	16,50	1,85	326,3	179,8	31	0,75	1,00	18
	18,00	1,85	356,3	194,8	34	0,72	1,00	19
19,50	1,85	386,3	209,8	33	0,67	1,00	17	
Sondaj Kuyusu 6	1,50	1,40	27,2	26,2	19	1,70	0,75	19
	3,00	1,40	57,2	41,2	27	1,56	0,80	27
	4,50	1,40	87,2	56,2	28	1,33	0,85	25
	6,00	1,40	117,2	71,2	32	1,19	0,90	27
	7,50	1,40	147,2	86,2	22	1,08	0,90	17
	9,00	1,40	177,2	101,2	24	0,99	0,90	17
	10,50	1,40	207,2	116,2	28	0,93	1,00	20
	12,00	1,40	237,2	131,2	27	0,87	1,00	19
	13,50	1,40	267,2	146,2	27	0,83	1,00	18
	15,00	1,40	297,2	161,2	26	0,79	1,00	16
	16,50	1,40	327,2	176,2	27	0,75	1,00	16
	18,00	1,40	357,2	191,2	26	0,72	1,00	15
19,50	1,40	387,2	206,2	39	0,67	1,00	21	
Sondaj Kuyusu 7	1,50	1,40	2	1	22	1,70	0,75	22
	3,00	1,40	32	16	25	1,7	0,80	27
	4,50	1,40	62	31	26	1,7	0,85	30
	6,00	1,40	92	46	23	1,47	0,90	24
	7,50	1,40	122	61	20	1,28	0,90	18
	9,00	1,40	152	76	18	1,15	0,90	15
	10,50	1,40	182	91	22	1,05	1,00	18
	12,00	1,40	212	106	26	0,97	1,00	20
	13,50	1,40	242	121	27	0,91	1,00	19
	15,00	1,40	272	136	14	0,86	1,00	9
	16,50	1,40	302	151	21	0,81	1,00	13
	18,00	1,40	332	166	27	0,78	1,00	17
19,50	1,40	362	181	31	0,74	1,00	18	

Tablo 16'nin devamı

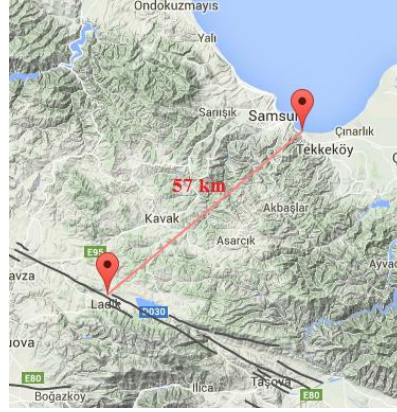
Sondaj Kuyusu 8	1,50	1,40	27,2	26,2	25	1,70	0,75	25
	3,00	1,40	57,2	41,2	31	1,56	0,80	30
	4,50	1,40	87,2	56,2	31	1,33	0,85	28
	6,00	1,40	117,2	71,2	27	1,19	0,90	23
	7,50	1,40	147,2	86,2	22	1,08	0,90	17
	9,00	1,40	177,2	101,2	18	0,99	0,90	13
	10,50	1,40	207,2	116,2	34	0,93	1,00	25
	12,00	1,40	237,2	131,2	41	0,87	1,00	28
	13,50	1,40	267,2	146,2	50	0,83	1,00	33
	15,00	1,40	297,2	161,2	24	0,79	1,00	15
	16,50	1,40	327,2	176,2	16	0,75	1,00	9
	18,00	1,40	357,2	191,2	31	0,72	1,00	18
19,50	1,40	387,2	206,2	32	0,67	1,00	17	
Sondaj Kuyusu 9	1,50	1,40	27,2	26,2	35	1,70	0,75	35
	3,00	1,40	57,2	41,2	36	1,56	0,80	35
	4,50	1,40	87,2	56,2	27	1,33	0,85	24
	6,00	1,40	117,2	71,2	31	1,19	0,90	26
	7,50	1,40	147,2	86,2	25	1,08	0,90	19
	9,00	1,40	177,2	101,2	17	0,99	0,90	12
	10,50	1,40	207,2	116,2	29	0,93	1,00	21
	12,00	1,40	237,2	131,2	48	0,87	1,00	33
	13,50	1,40	267,2	146,2	28	0,83	1,00	18
	15,00	1,40	297,2	161,2	18	0,79	1,00	11
	16,50	1,40	327,2	176,2	31	0,75	1,00	18
	18,00	1,40	357,2	191,2	30	0,72	1,00	17
19,50	1,40	387,2	206,2	41	0,67	1,00	22	
Sondaj Kuyusu 10	1,50	1,40	27,2	26,2	28	1,70	0,75	28
	3,00	1,40	57,2	41,2	30	1,56	0,80	29
	4,50	1,40	87,2	56,2	33	1,33	0,85	29
	6,00	1,40	117,2	71,2	26	1,19	0,90	22
	7,50	1,40	147,2	86,2	21	1,08	0,90	16
	9,00	1,40	177,2	101,2	27	0,99	0,90	19
	10,50	1,40	207,2	116,2	29	0,93	1,00	21
	12,00	1,40	237,2	131,2	31	0,87	1,00	21
	13,50	1,40	267,2	146,2	47	0,83	1,00	30
	15,00	1,40	297,2	161,2	24	0,79	1,00	15
	16,50	1,40	327,2	176,2	28	0,75	1,00	17
	18,00	1,40	357,2	191,2	31	0,72	1,00	18
19,50	1,40	387,2	206,2	36	0,67	1,00	19	
Sondaj Kuyusu 11	1,50	1,40	27,2	26,2	37	1,70	0,75	37
	3,00	1,40	57,2	41,2	38	1,56	0,80	37
	4,50	1,40	87,2	56,2	34	1,33	0,85	30
	6,00	1,40	117,2	71,2	44	1,19	0,90	37
	7,50	1,40	147,2	86,2	23	1,08	0,90	18

Tablo 16'nın devamı

Sondaj Kuyusu 11	9,00	1,40	177,2	101,2	26	0,99	0,90	18
	10,50	1,40	207,2	116,2	31	0,93	1,00	23
	12,00	1,40	237,2	131,2	84	0,87	1,00	58
	13,50	1,40	267,2	146,2	36	0,83	1,00	23
	15,00	1,40	297,2	161,2	15	0,79	1,00	9
	16,50	1,40	327,2	176,2	24	0,75	1,00	14
	18,00	1,40	357,2	191,2	34	0,72	1,00	19
	19,50	1,40	387,2	206,2	42	0,67	1,00	22
Sondaj Kuyusu 12	1,50	1,40	27,2	26,2	34	1,70	0,75	34
	3,00	1,40	57,2	41,2	38	1,56	0,80	37
	4,50	1,40	87,2	56,2	29	1,33	0,85	26
	6,00	1,40	117,2	71,2	41	1,19	0,90	34
	7,50	1,40	147,2	86,2	26	1,08	0,90	20
	9,00	1,40	177,2	101,2	24	0,99	0,90	17
	10,50	1,40	207,2	116,2	25	0,93	1,00	18
	12,00	1,40	237,2	131,2	32	0,87	1,00	22
	13,50	1,40	267,2	146,2	33	0,83	1,00	21
	15,00	1,40	297,2	161,2	23	0,79	1,00	14
	16,50	1,40	327,2	176,2	24	0,75	1,00	14
	18,00	1,40	357,2	191,2	32	0,72	1,00	18
	19,50	1,40	387,2	206,2	38	0,67	1,00	20

2.3. Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi'ne Göre Sıvılaşma Analizi

İnceleme alanının sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde SPT deney verileri kullanılarak, Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen, Seed vd. (1985) ve Youd vd. (2001) tarafından modifiye edilen 'Basitleştirilmiş Yöntem' kullanılmıştır. Bu yöntem doğrultusunda, sıvılaşma analizleri magnitüd değerleri sırasıyla 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.2 olan senaryo depremleri üretilerek yapılmıştır. Bu depremlere ait pik yer ivmesi (PGA) değerleri Beyaz (2004) tarafından Türkiye depremleri için geliştirilen Eşitlik (15)'de verilmiş olan deprem azalım ilişkisi kullanılarak belirlenmiş olup değerler Tablo 17'de sunulmuştur. Bu belirlemede 1942 yılında 7.2 büyüklüğünde bir deprem yaşanan Ladik ilçesi odak olarak seçilip, çalışma alanının odak uzaklığı 57 km olarak alınmıştır (Şekil 50).



Şekil 50. a_{maks} 'ın belirlenmesinde kullanılan odak uzaklığı

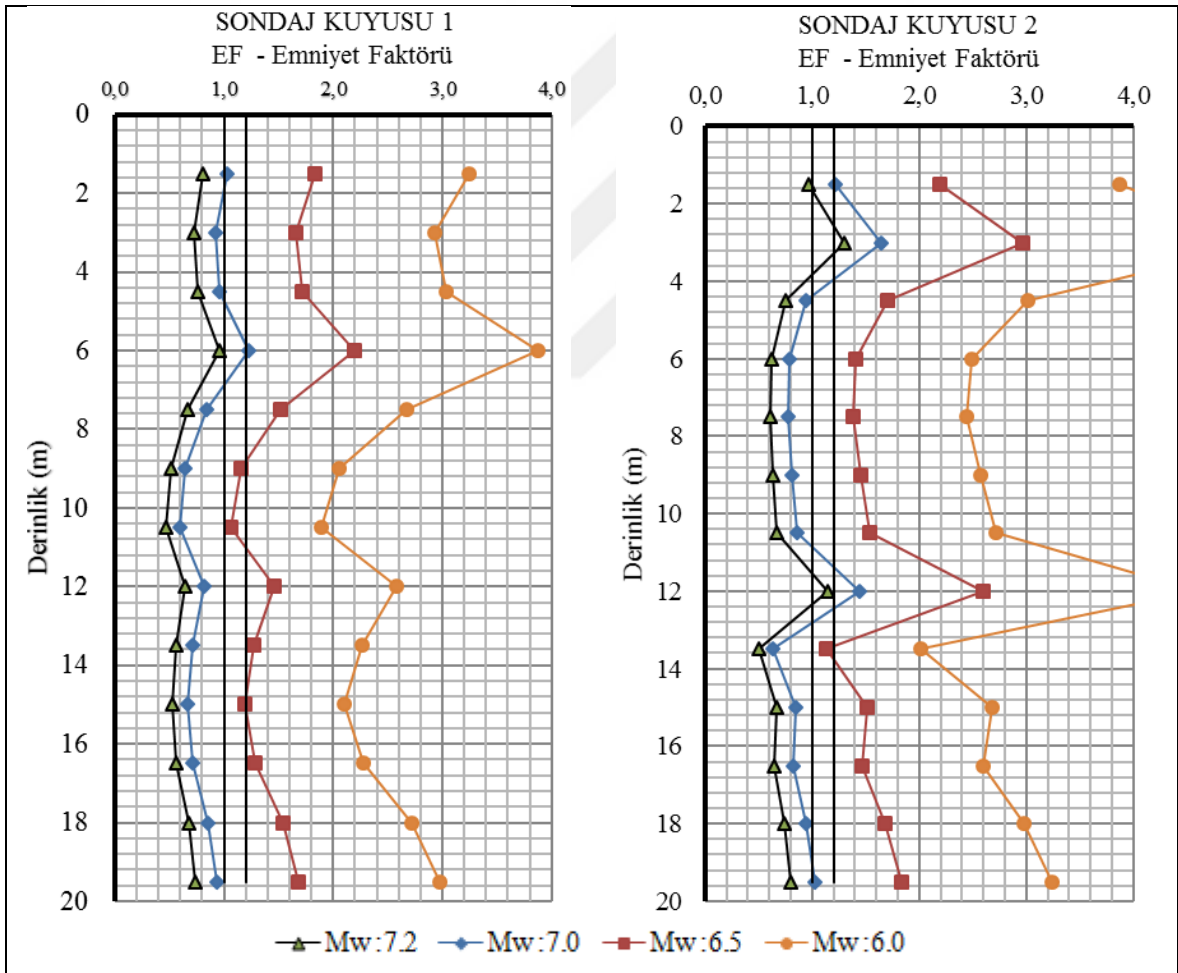
Pik ivme değerlerinin belirlenmesinin ardından Eşitlik (11)'de görüldüğü üzere devirsel gerilme oranı için belirlenmesi gereken bir diğer değişken gerilme azaltma katsayısı r_d , derinliğe bağlı olarak Eşitlik (12) kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam gerilme ve düşey efektif gerilme değerleri de belirlenerek DGO hesaplandıktan sonra $N_{1(60)}$ değeri kullanılarak devirsel direnç oranı (DDO), Eşitlik (23)'e göre hesaplanmıştır. Belirlenen devirsel direnç oranı, deprem sırasında zemin tabakasında oluşacak dinamik kayma gerilmesi olan devirsel gerilme oranına bölünerek sıvılaşmaya karşı emniyet faktörü (EF) elde edilmiştir. Deprem büyüklükleri 7.5'ten farklı olduğu için Eşitlik (24) kullanılarak Tablo 17'de verilen magnitüd düzeltme faktörü (MDF) ile emniyet faktörünün bu değere göre düzeltilmesi yapılmıştır. Emniyet faktörünün 1'den büyük olduğu durumlarda sıvılaşmanın olmadığı, 1'den küçük olduğu durumlarda ise sıvılaşmanın mevcut olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca güvenlik faktörünün 1,2 civarında olması durumu da potansiyel sıvılaşma olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan analizlerin sonuçları her bir sondaj kuyusu için emniyet faktörü-derinlik değişim eğrileri Şekil 51-56'da verilmiştir. Bu grafiklere ait tüm sayısal veriler Ek 2'de verilen ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 17. Senaryo depremleri için beklenen pik yer ivmeleri ve deprem büyüklüğü düzeltme faktörleri

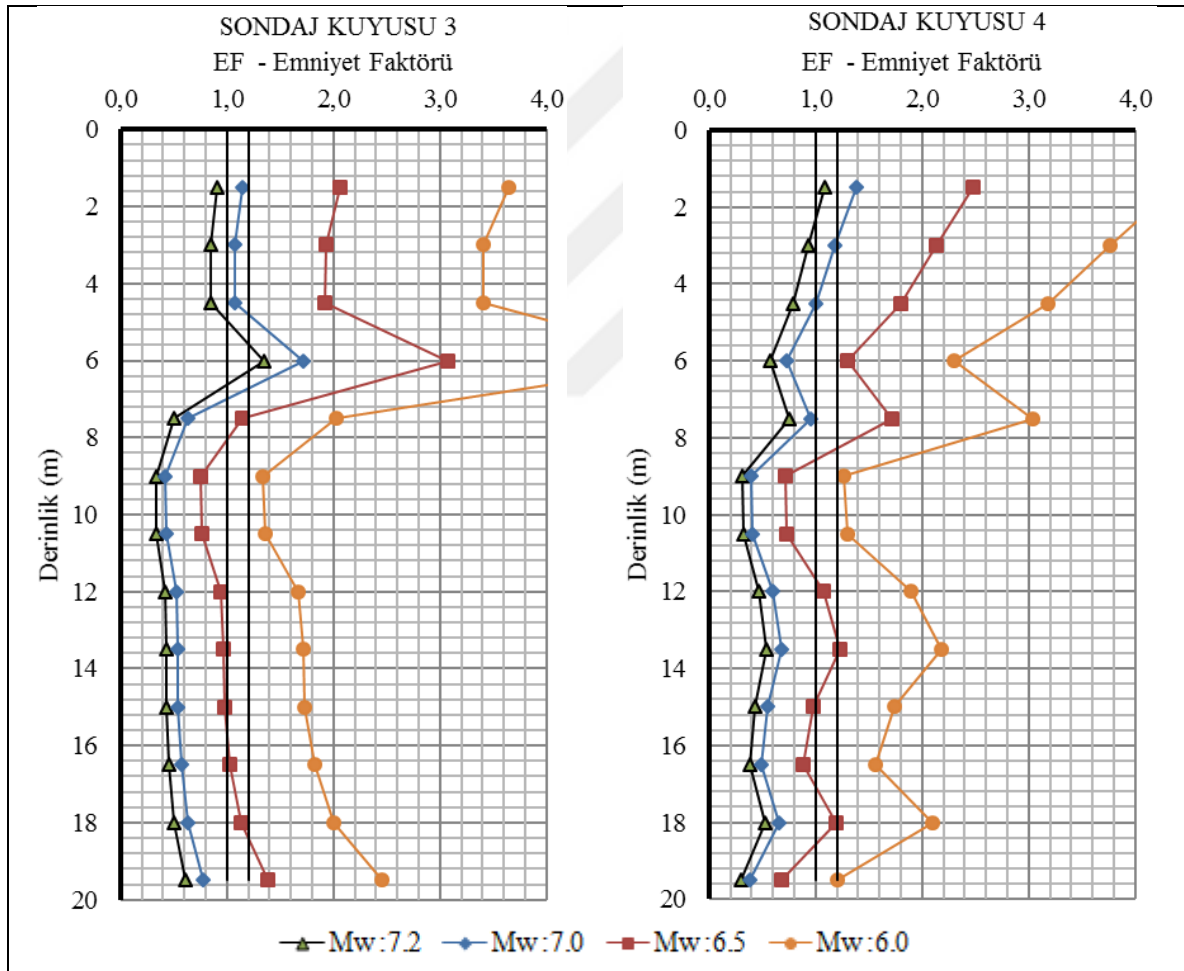
Deprem Büyüklüğü (M_w)	a_{maks} (R=57 km)	MDF
6.0	0,169 g	1,77
6.5	0,244 g	1,44
7.0	0,362 g	1,19
7.2	0,428 g	1,11

Şekil 51’de görüldüğü üzere sondaj kuyusu 1 ve 2 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks}=0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi’ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1’in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks}=0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 1’de lokal olarak 9,0 m-10,50 m ve 15 m’de, sondaj kuyusu 2’de 13,50 m’de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks}=0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 1 ve 2 için herhangi bir sıvılaşma riski bulunmamaktadır.



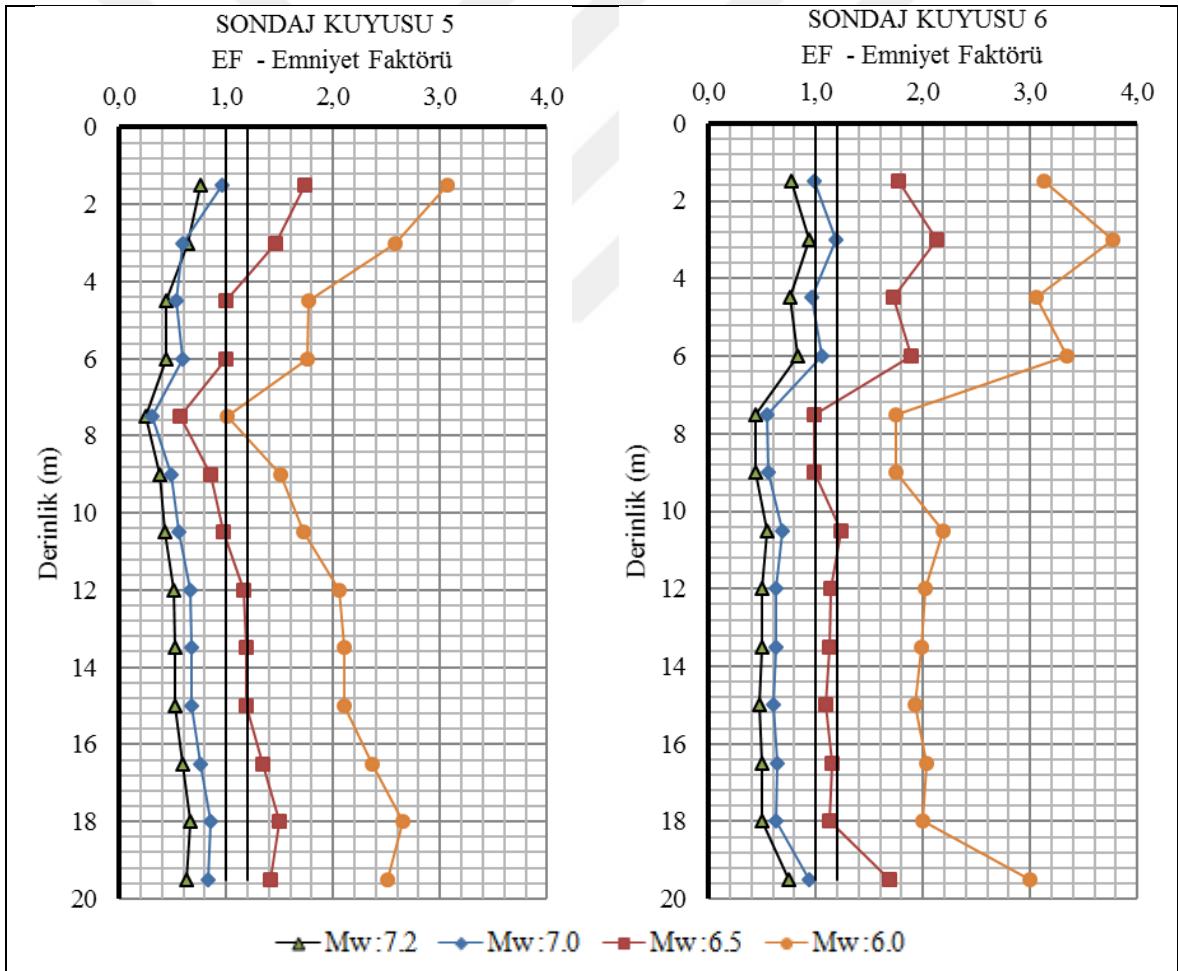
Şekil 51. Sondaj kuyusu 1 ve sondaj kuyusu 2 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Şekil 52’de görüldüğü üzere sondaj kuyusu 3 ve 4 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks} = 0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi’ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1’in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks} = 0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 3’te lokal olarak 7,5 m ve 16,5-18 m arasında, sondaj kuyusu 4’de 12 m ve 18 m’de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks} = 0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 3 ve 4 için herhangi bir sıvılaşma riski bulunmamaktadır.



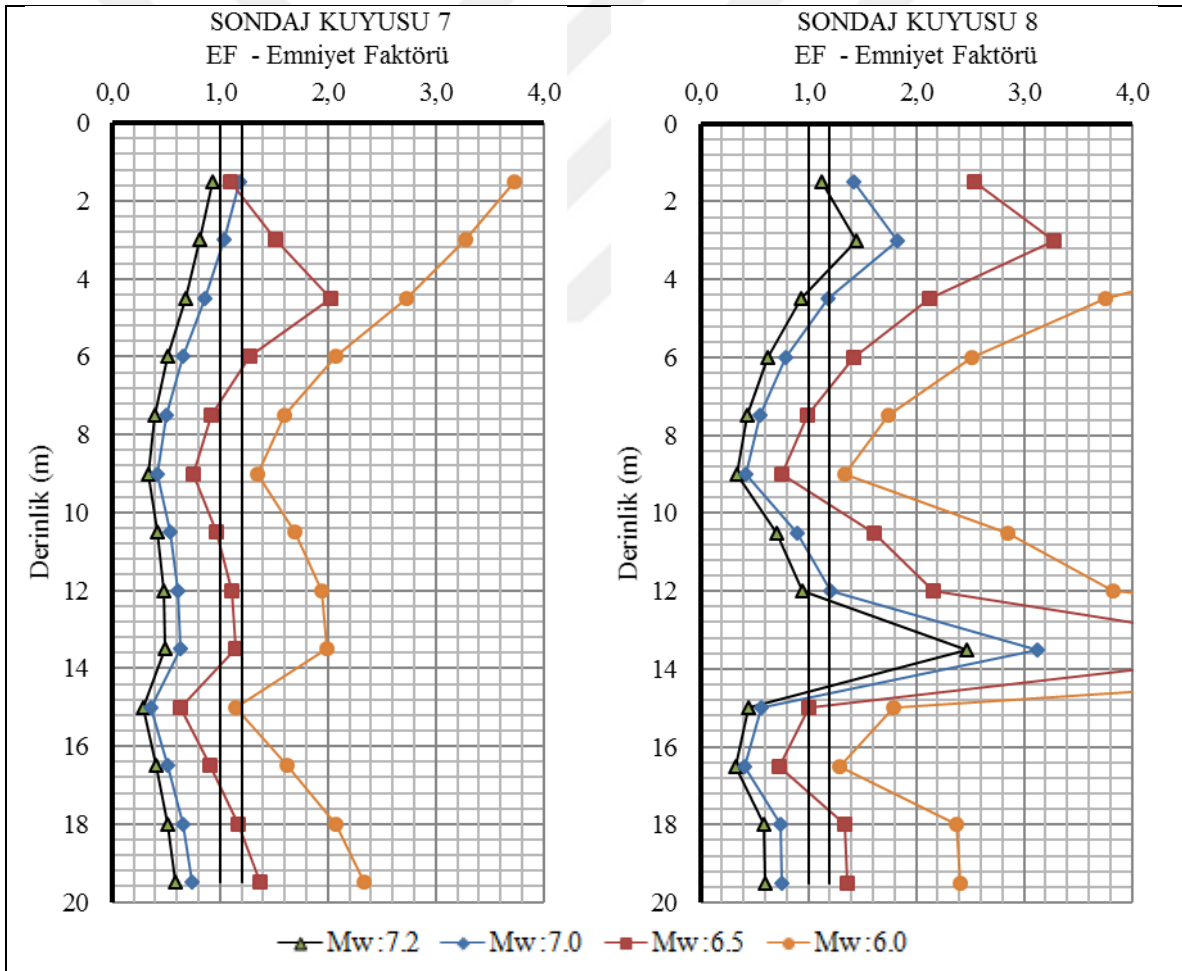
Şekil 52. Sondaj kuyusu 3 ve sondaj kuyusu 4 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Şekil 53'te görüldüğü üzere sondaj kuyusu 5 ve 6 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks} = 0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi'ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1'in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks} = 0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 5'de lokal olarak 12-15 m arasında, sondaj kuyusu 6'da 12-18 m'de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks} 0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 5'de 7,5 m'de potansiyel sıvılaşma olduğu ve sondaj kuyusu 6'da herhangi bir derinlikte sıvılaşma riski bulunmadığı belirlenmiştir.



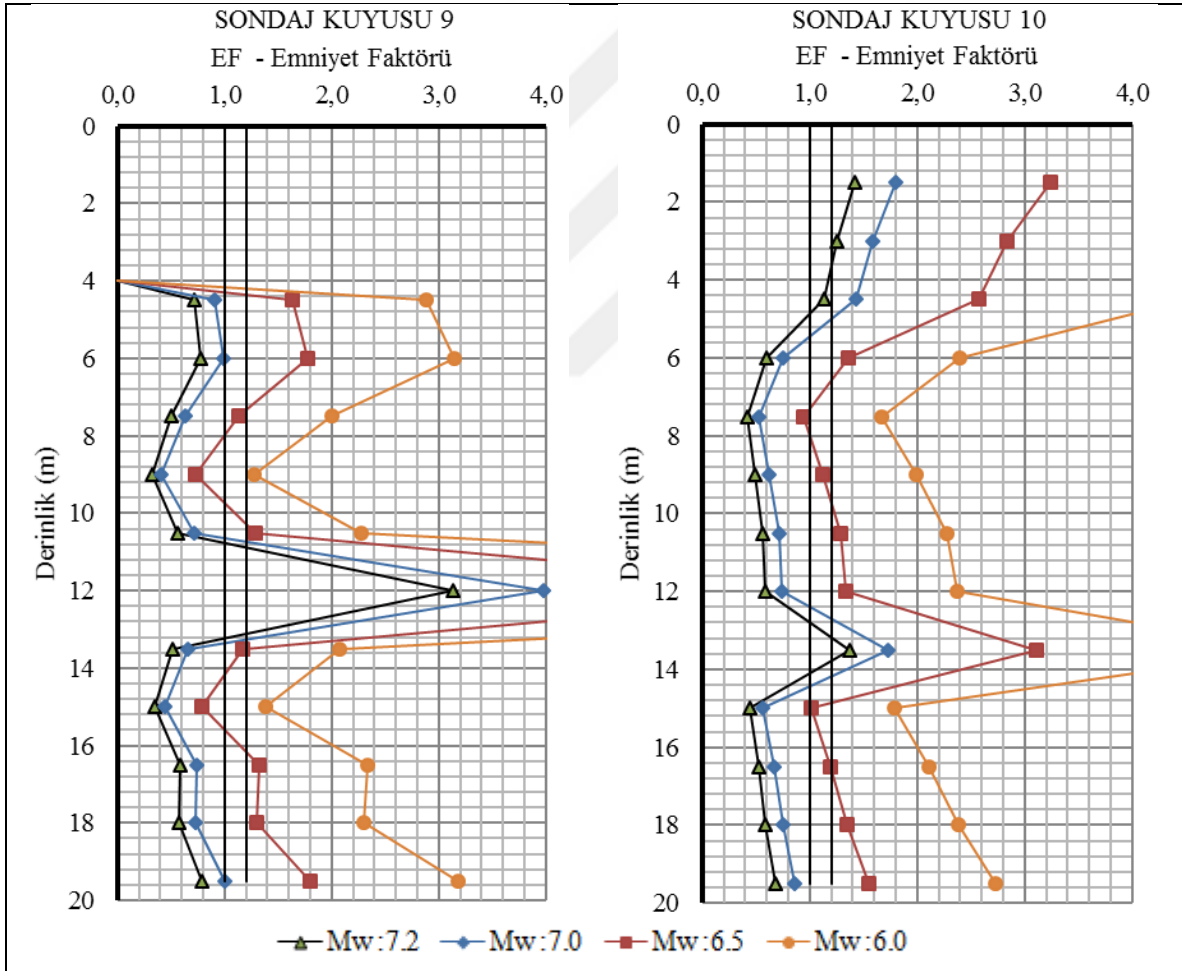
Şekil 53. Sondaj kuyusu 5 ve sondaj kuyusu 6 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Şekil 54’de görüldüğü üzere sondaj kuyusu 7 ve 8 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks} = 0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi’ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1’in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks} = 0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 7’de lokal olarak 1,5 m, 12-13,5 m ve 18 m’de, sondaj kuyusu 8’de 15 m’de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks} = 0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 7’de 15 m derinlikte potansiyel sıvılaşmanın mevcut olduğu ve sondaj kuyusu 8’de herhangi bir sıvılaşma riski bulunmadığı belirlenmiştir.



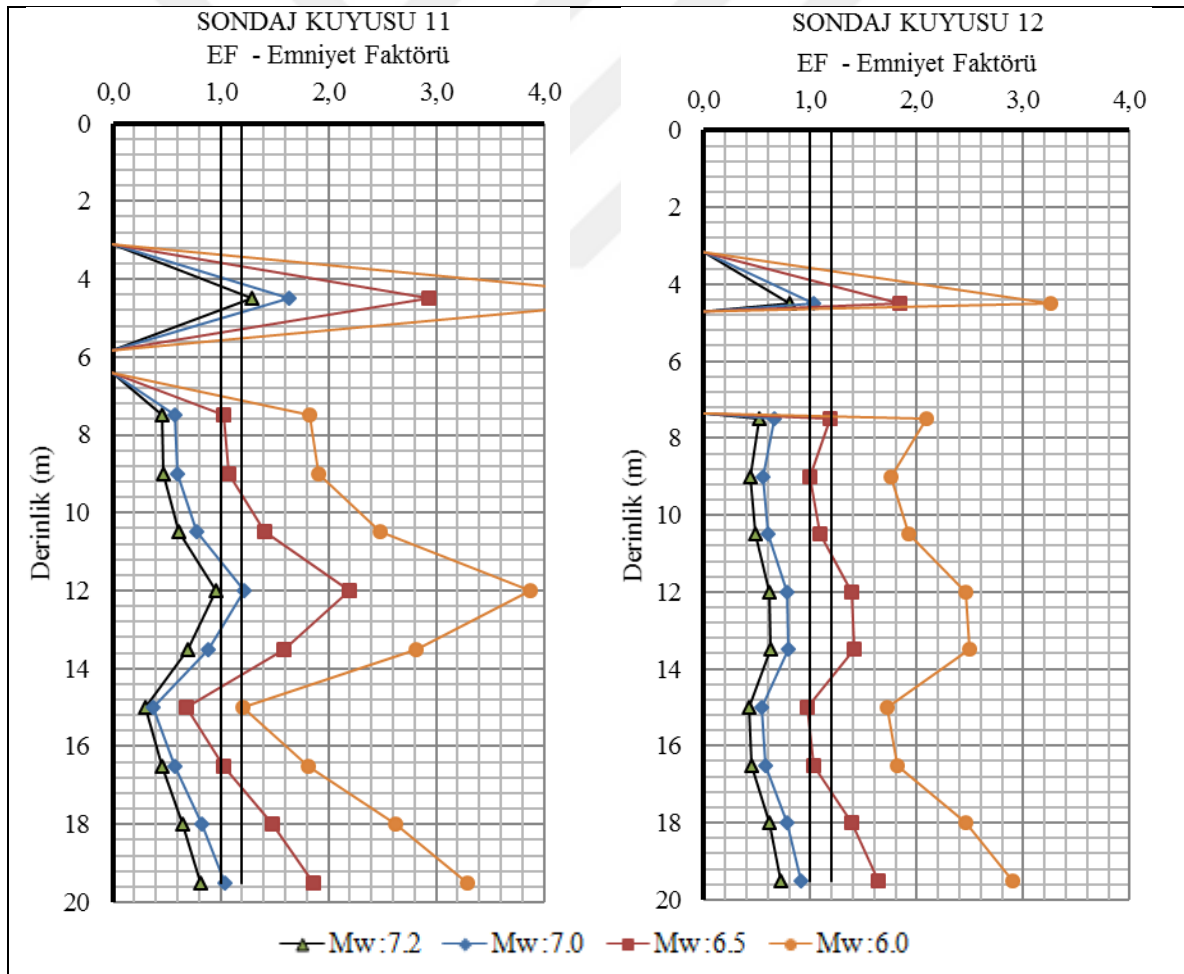
Şekil 54. Sondaj kuyusu 7 ve sondaj kuyusu 8 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Şekil 55'te görüldüğü üzere sondaj kuyusu 9 ve 10 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks} = 0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi'ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1'in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks} = 0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 9'da lokal olarak 7,5 m ve 13,5 m'de, sondaj kuyusu 10'da 9 m ve 15-16,5 m'de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks} = 0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 9 ve 10 için herhangi bir sıvılaşma riski bulunmamaktadır.



Şekil 55. Sondaj kuyusu 9 ve sondaj kuyusu 10 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Şekil 56'da görüldüğü üzere sondaj kuyusu 11 ve 12 için $M_w=7.2$; $a_{maks} = 0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks} = 0,362$ g senaryo depremlerinin parametrelerinin kullanıldığı Seed ve Idriss (1971) Basitleştirilmiş Yöntemi'ne göre yapılan sıvılaşma analizlerinde, emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1'in altına indiği ve bu lokasyonlarda sıvılaşma riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $M_w=6.5$; $a_{maks} = 0,244$ g senaryo depreminde sondaj kuyusu 11'de lokal olarak 7,5 -9 m ve 16,5 m'de, sondaj kuyusu 12'de 7,5 m, 10,5 m ve 16,5 m'de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde olası sıvılaşma riskine işaret etmektedir. $M_w=6.0$; $a_{maks} = 0,169$ g senaryo depreminde yapılan sıvılaşma analizlerinde sondaj kuyusu 11'de 15 m derinlikte potansiyel sıvılaşmanın mevcut olduğu ve sondaj kuyusu 12'de herhangi bir sıvılaşma riski bulunmadığı belirlenmiştir.



Şekil 56. Sondaj kuyusu 11 ve sondaj kuyusu 12 için emniyet faktörü derinlik ilişkisi

Seed vd. (2003), düzeltilmiş SPT darbe sayılarının 30'dan büyük olması durumunda Eşitlik (23)'ün sıvılaşma analizine uygun olmadığını ve bu darbe sayılarına ait derinliklerde sıvılaşmanın olmayacağını belirtmişlerdir. Sondaj kuyusu 9, 11 ve 12' de 1,5-3 m arasında ve sondaj kuyusu 12'de 6 m derinlikte düzeltilmiş darbe sayılarının 30'dan büyük olması eşitliğin sonuçlarının negatif değerler almasına sebep olmuştur. Dolayısıyla söz konusu derinliklerde sıvılaşma riski mevcut değildir.

2.4. Sıvılaşmadan Kaynaklanan Oturma Hesapları

Deprem dalgaları, kum tabakalardan geçerken danelerin yerleşim düzenini değiştirerek zeminin sıkışmasına sebep olur. Bu sıkışma kuru kumlarda yüzeyde kendini oturma olarak gösterirken suya doymun gevşek kumlarda ise aşırı boşluk suyu basınçlarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla suya doymun kumlardaki oturma genellikle bu basınçların deprem sonrasında sönmelenmesi ile tamamlanır.

İnceleme alanında meydana gelmesi muhtemel olan 7.2, 7.0 ve 6.5 büyüklüğündeki senaryo depremleri için yapılan analizlere göre sıvılaşma riski mevcut olduğundan deprem kaynaklı oturmalar söz konusu olacaktır. Bu doğrultuda her bir sondaj kuyusu için Tokimatsu ve Seed (1986) ve Ishihara Yoshimine (1992) yöntemleri kullanılarak sıvılaşma kaynaklı toplam oturmalar hesaplanmıştır. Ayrıca, 6.0 büyüklüğündeki senaryo depreminde sıvılaşma riski mevcut olmadığından oturma hesabı yapılmamıştır.

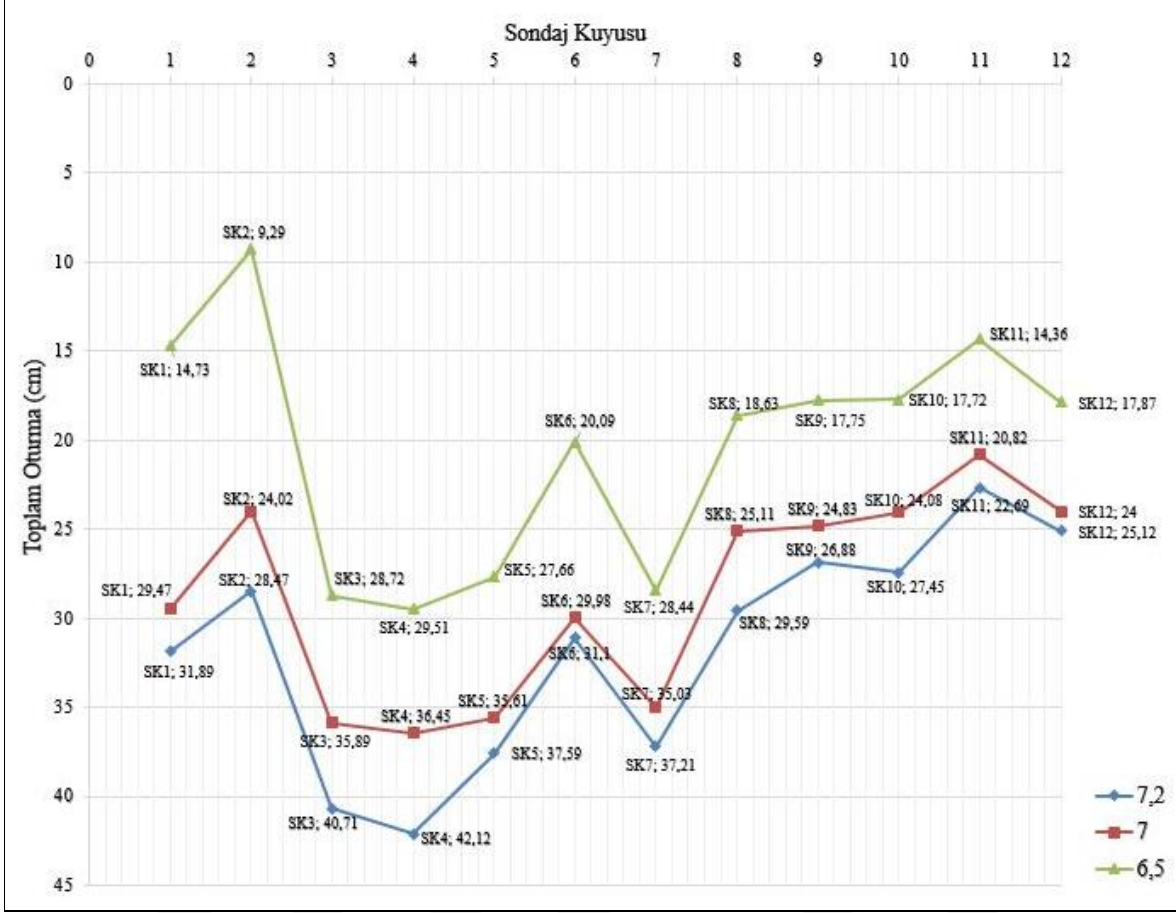
2.4.1. Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi

Bu yöntemle göre sıvılaşma kaynaklı oturmaların hesabında, ilgili derinliklerde deprem sırasında zemin tabakasında oluşacak dinamik kayma gerilmesi olan devirsel gerilme oranı (DGO) ile düzeltilmiş SPT darbe sayıları arasındaki ilişki kullanılmıştır. Şekil 25'te verilen eğriden bu iki parametre yardımıyla hacimsel birim şekil değiştirme değerleri elde edilmiş ve bu değerler içinde buldukları tabaka kalınlıklarıyla çarpılarak ilgili tabakada meydana gelen düşey yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. En alt tabakadan başlanarak her bir tabakada oluşan düşey yerdeğiştirmelerin toplanması ile yüzeyde meydana gelen toplam oturma belirlenmiştir. Tablo 18'de sondaj kuyularına ait farklı deprem büyüklüklerine göre yüzeyde oluşan toplam oturma miktarları ve Şekil 57'de bu

miktarlara ait toplam oturma grafiği sunulmuştur. Her bir tabaka kalınlığı için belirlenen oturma miktarı hesaplarına ait sayısal veriler Ek 2’de verilmiş olan Ek Tablo 5-Ek Tablo 16 arasında mevcuttur.

Tablo 18. Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi’ne göre sondaj kuyularında yüzeyde beklenen toplam oturmalar

Sondaj Kuyusu	Toplam Oturma (cm)		
	Deprem Büyüklüğü		
	7.2	7.0	6.5
SK-1	31,89	29,47	14,73
SK-2	28,47	24,02	9,29
SK-3	40,71	35,89	28,72
SK-4	42,12	36,45	29,51
SK-5	37,59	35,61	27,66
SK-6	31,1	29,98	20,09
SK-7	37,21	35,03	28,44
SK-8	29,59	25,11	18,63
SK-9	26,88	24,83	17,75
SK-10	27,45	24,08	17,72
SK-11	22,69	20,82	14,36
SK-12	25,12	24	17,87



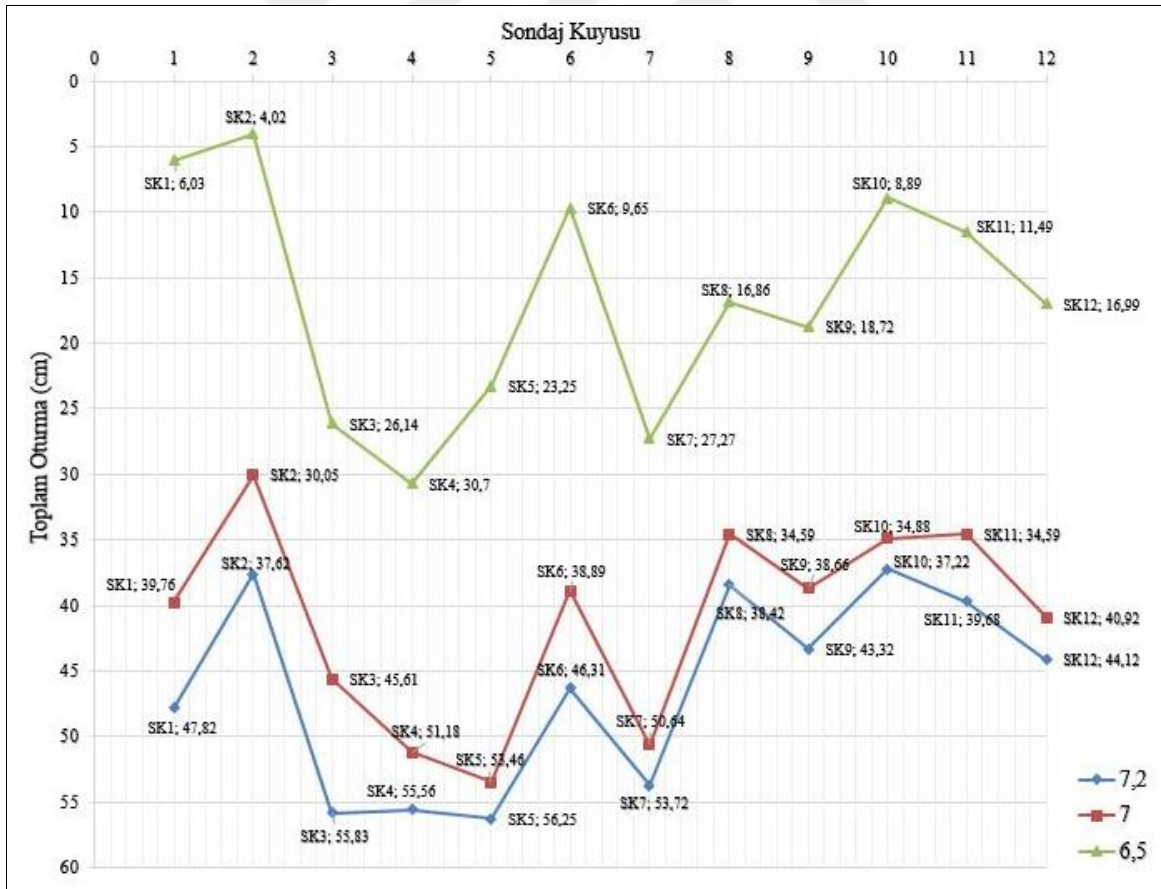
Şekil 57. Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi'ne göre sıvılaşma kaynaklı yüzeyde meydana gelen toplam oturmalar

2.4.2. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi

Bu yönteme göre yüzeyde meydana gelen oturmaların belirlenmesinde, sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü ile düzeltilmiş SPT darbe sayıları arasındaki ilişki kullanılmıştır. Şekil 26'da verilen eğriden sıvılaşma sonrası hacimsel şekil değiştirme değerleri elde edilmiş ve bu değerler içinde buldukları tabaka kalınlıklarıyla çarpılarak ilgili tabakada meydana gelen düşey yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. En alt tabakadan başlanarak her bir tabakada oluşan düşey yerdeğiştirmelerin toplanması ile yüzeyde meydana gelen oturma belirlenmiştir. Tablo 19'da sondaj kuyularına ait farklı deprem büyüklüklerine göre yüzeyde oluşan toplam oturma miktarları ve Şekil 58'de de bu miktarlara ait toplam oturma grafiği sunulmuştur. Her bir tabaka kalınlığı için belirlenen toplam oturma miktarı hesaplarına ait sayısal veriler Ek 2'de verilmiş olan Ek Tablo 17-Ek Tablo 28 arasında mevcuttur.

Tablo 19. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre sondaj kuyularında yüzeyde beklenen toplam oturmalar

Sondaj Kuyusu	Toplam Oturma (cm)		
	Deprem Büyüklüğü		
	7.2	7.0	6.5
SK-1	47,82	39,76	6,03
SK-2	37,62	30,05	4,02
SK-3	55,83	45,61	26,14
SK-4	55,56	51,18	30,7
SK-5	56,25	53,46	23,25
SK-6	46,31	38,89	9,65
SK-7	53,72	50,64	27,27
SK-8	38,42	34,59	16,86
SK-9	43,32	38,66	18,72
SK-10	37,22	34,88	8,89
SK-11	39,68	34,59	11,49
SK-12	44,12	40,92	16,99



Şekil 58. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre sınılaşma kaynaklı yüzeyde meydana gelen toplam oturmalar

2.5. Zemin İyileştirme Yönteminin Seçilmesi

Yapılan analizler sonucunda inceleme alanında sıvılaşma potansiyelinin mevcut olması sebebiyle olası bir depremde meydana gelebilecek sıvılaşma etkilerinin önlenmesi veya kısmen azaltılması amacıyla zemine iyileştirme yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple ülkemizde en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan jet grout yöntemi, yüksek taşıma gücü sağlaması, oturma problemlerine çözüm olması, imalat süresinin kısa olması, ekonomik olması ve hemen her tür zemin için uygulanabilmesi sebebiyle inceleme alanında 4 adet büyük tank ve 4 adet küçük tankın oturacağı zeminin iyileştirilmesi için uygun metot olarak seçilmiştir.

2.5.1. Sıvılaşma Riskine Karşı Uygulanacak olan Jet Grout Kolonunun Boyutlandırılması ve Yapısal Tahkikler

2.5.1.1. Jet Grout Kolonu Çap ve Aralığı İçin Kesme Tahkiki

Her bir sondaj kuyusundaki en düşük emniyet faktörü değerine sahip derinliklerde 7.2, 7.0 ve 6.5 büyüklüklerindeki senaryo depremlerinden dolayı oluşacak kayma gerilmelerinin jet grout çap ve aralıkları tarafından karşılanıp karşılanmayacağı değerlendirilmiştir.

Bu tahkik için kolon çapı her iki tank için de 0,65 m ve kolon aralığı büyük tanklarda 1,5 x 1,5 m, küçük tanklarda ise 1,80 x 1,5 m olduğu kabulü ile tüm sondaj kuyuları göz önüne alındığında en düşük emniyet faktörünün görüldüğü 4 nolu sondaj kuyusu için yapılan işlem adımları aşağıda verilmiştir.

Projelendirmede öngörülen jet grout basınç mukavemeti değeri, Tablo 20' den çalışma sahası sondaj loglarında görülen kumlu zemin türü için 6-9 MPa arasında seçilebilmektedir. Bundan dolayı minimum değer olan 6 MPa'nın, güvenlik sayısı 2'ye göre 3 MPa olarak tasarım aşamasında kullanılmasına karar verilmiştir. Poisson oranı 0,5 alınarak bu basınç mukavemeti değerine karşılık gelen elastisite ve kayma modülü değerleri Eşitlik (30) ve (31)'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 20. Zemin türüne göre tasarımda önerilen jet grout kolonu taşıma kapasiteleri (Melegary ve Garassino, 1997).

Zemin Türü	Zeminde Teşkil Edilen Jet Grout Kolon Taşıma Kapasiteleri (MPa)
Kil	1,8 - 3,0
Silt	3,0 - 4,5
Kum	6,0 - 9,0
Çakıl	10

$$E_{JG} = 4730 \sqrt{3} = 8192,60 \text{ MPa}$$

$$G_{JG} = 8192,60 / (2 (1+0,5)) = 2730,867 \text{ MPa}$$

Sondaj kuyusu 4 için en düşük SPT-N sayısına sahip olan 19,5 m derinlik ve bu derinliğe ait darbe sayısı olan 13 esas alınarak Eşitlik (29)'da tanımlanan zemin kayma hızı hesaplanmıştır. Bu eşitlikte bulunan F düzeltme faktörü orta daneli kumlar için 1,029 alınabilmektedir (Ohta ve Goto, 1978).

$$V_s = 62,14.13^{0,219}.19,5^{0,230}.1,029 = 222,05 \text{ m/sn}$$

Elde edilen kayma hızına ait zeminin kayma modülü ve kayma modülü oranı Eşitlik (34) ve (35) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G_s = 18 \cdot 222,05^2 / (9,81.1000) = 90,47 \text{ MPa}$$

$$G_r = 2730,867 / 90,47 = 30,19$$

Uygulamada gerçekleştirilen zemin değiştirilmesi miktarını tanımlamak üzere jet grout kolon alanının birim hücre alanına oranı olan alan yer değiştirme oranı a_r , Eşitlik (32) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$a_r = ((\pi.0,65^2)/4)/(1,5.1,5) = 0,1475$$

Devirsel gerilme oranı (DGO) üzerine etkiyecek azaltma faktörü S_R , Eşitlik (41) ile hesaplanmıştır.

$$S_R = 1 / (1 + (30,19 - 1) \cdot 0,1475) = 0,1885$$

Bu durumda 4 nolu sondaj kuyusu için deprem yüklerinden kaynaklanan zemin kayma gerilmelerinin %19'unun jet grout kolonları arasında kalan zemine, %81'inin ise jet grout kolonuna aktarılacağı sonucuna varılmıştır.

Birim alan içerisindeki kolon ve onu çevreleyen zemin arasındaki gerilme paylaşımı yapılarak elde edilen S_R değeri ile 7.2, 7.0 ve 6.5 deprem büyüklüklerinde daha önceden Seed ve Idriss'in (1971) çalışmasından elde edilen devirsel gerilme oranı (DGO) azaltılarak her bir deprem büyüklüğü için tasarım devirsel gerilme oranı ($DGO_{\text{tasarım}}$) Eşitlik (42) kullanılarak belirlenmiştir.

$$M_W=7.2 \text{ için} \quad DGO_{\text{tasarım}} = 0,31 \cdot 0,1885 = 0,0584$$

$$M_W=7.0 \text{ için} \quad DGO_{\text{tasarım}} = 0,27 \cdot 0,1885 = 0,0509$$

$$M_W=6.5 \text{ için} \quad DGO_{\text{tasarım}} = 0,18 \cdot 0,1885 = 0,0339$$

İyileştirilen zeminin sıvılaşma direncinin emniyet faktörü (EF*) cinsinden ifadesi, hesaplanan tasarım devirsel gerilme oranı ile Eşitlik (26) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_W=7.2 \text{ için} \quad EF^* = (0,0848/0,0584) \cdot 1,11 = 1,59$$

$$M_W=7.0 \text{ için} \quad EF^* = (0,0848/0,0509) \cdot 1,19 = 2,02$$

$$M_W=6.5 \text{ için} \quad EF^* = (0,0848/0,0339) \cdot 1,44 = 3,61$$

Böylece 4 nolu sondaj kuyusu için seçilen 0,65 m çapında ve 1,5 x 1,5 m aralıklı jet grout kolonları ile iyileştirilmiş zeminin sıvılaşmaya karşı emniyet faktörü 1,2'nin üzerine taşındığından üç deprem büyüklüğü için de sıvılaşma riski ortadan kaldırılmıştır.

Tablo 21'de diğer sondaj kuyularına ait en düşük emniyet faktörünün bulunduğu derinlik için tasarım devirsel gerilme oranına göre yapılan analiz sonuçları sunulmuştur. Ayrıca tüm sondaj kuyularında her bir derinlik için iyileştirme sonrasında yapılan sıvılaşma analizi hesaplarına ait sayısal veriler Ek 2'de verilmiş olan Ek Tablo 29-Ek Tablo 40 arasında mevcuttur.

Ayrıca kesme kuvveti tahkiki için Eşitlik (43) kullanılarak her bir deprem büyüklüğünde birim alana gelen maksimum kesme kuvveti:

$$M_W=7.2 \text{ için} \quad V_{\text{maks}} = 0,65 \cdot 95,09 \cdot (1-0,1885) \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 112,85 \text{ kN}$$

$$M_W=7.0 \text{ için} \quad V_{\text{maks}} = 0,65 \cdot 80,18 \cdot (1-0,1885) \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 95,16 \text{ kN}$$

$$M_W=6.5 \text{ için} \quad V_{\text{maks}} = 0,65 \cdot 54,02 \cdot (1-0,1885) \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 64,11 \text{ kN olarak}$$

hesaplanmıştır.

Yukarıda hesaplanan maksimum kesme kuvvetlerinin 0,65 m çapındaki kolon kesitinde güvenli olarak taşınmasının tahkiki için kolon kesitinin kayma kuvveti Eşitlik (44) ile hesaplanmıştır.

$$V_{JG} = 0,3 \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\pi \cdot \frac{650^2}{4} \right) = 172,34 \text{ kN}$$

Jet grout kolon kesitinin kayma kuvveti ile deprem yükleri altında oluşan maksimum kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında 4 nolu sondaj kuyusunda her üç deprem büyüklüğü için $V_{JG} > V_{\text{maks}}$ olduğundan seçilen çap ve aralıktaki jet grout kolonlarının kesme dayanımlarının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Diğer sondaj kuyularına ait kesme tahkiki yine sıvılaşmaya karşı en olumsuz derinliklerdeki verilere göre yapılmış ve sonuçlar Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 21. Devirsel gerilme azaltma faktörü ile azaltılmış tasarım devirsel gerilme oranı kullanılarak sondaj kuyularında en düşük emniyet faktörüne sahip derinliklerde yapılan sıvılaştırma analizi sonuçları

Sondaj Kuyusu	Derinlik (m)	SPT-N Arazi	S _R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF*		
				7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
SK-1	10,5	23	0,08	0,40	0,34	0,23	0,47	0,60	1,07	0,03	0,03	0,02	5,70	7,28	12,97
SK-2	13,5	26	0,21	0,39	0,33	0,22	0,50	0,63	1,14	0,08	0,07	0,05	2,37	2,99	5,41
SK-3	9	15	0,15	0,37	0,31	0,21	0,33	0,42	0,75	0,05	0,05	0,03	2,25	2,86	5,11
SK-4	19,5	13	0,19	0,31	0,27	0,18	0,30	0,38	0,68	0,06	0,05	0,03	1,59	2,02	3,61
SK-5	7,5	11	0,12	0,44	0,37	0,25	0,25	0,32	0,57	0,05	0,04	0,03	2,07	2,65	4,72
SK-6	7,5	22	0,16	0,46	0,39	0,26	0,43	0,55	0,99	0,07	0,06	0,04	2,73	3,49	6,28
SK-7	15	14	0,17	0,40	0,34	0,23	0,28	0,36	0,65	0,07	0,06	0,04	1,60	2,06	3,71
SK-8	16,5	16	0,19	0,37	0,32	0,21	0,32	0,41	0,73	0,07	0,06	0,04	1,68	2,15	3,83
SK-9	9	17	0,15	0,46	0,39	0,26	0,32	0,40	0,72	0,07	0,06	0,04	2,08	2,60	4,68
SK-10	6	26	0,18	0,45	0,38	0,26	0,59	0,75	1,35	0,08	0,07	0,05	3,30	4,19	7,54
SK-11	15	15	0,21	0,40	0,34	0,23	0,30	0,38	0,68	0,08	0,07	0,05	1,44	1,83	3,27
SK-12	16,5	24	0,25	0,37	0,32	0,21	0,45	0,57	1,03	0,09	0,08	0,05	1,77	2,25	4,06

Tablo 22. Jet grout kolon aralık ve kesit tahkiki

Sondaj Kuyusu	Derinlik (m)	SPT-N Arazi	S _R	τ_{maks} (kN/m ²)		V _{maks} (kN)		V _{JG} (kN)	Kolon Kesit/Aralık	
				7.2	7.0	6.5	7.2			7.0
SK-1	10,50	23,00	0,0824	72,33	60,99	41,09	97,07	81,85	172,34	Yeterli
SK-2	13,50	26,00	0,2108	84,64	71,37	48,09	97,69	82,38	172,34	Yeterli
SK-3	9,00	15,00	0,1466	64,09	54,04	36,41	79,98	67,45	172,34	Yeterli
SK-4	19,50	13,00	0,1885	95,09	80,18	54,02	112,85	95,16	172,34	Yeterli
SK-5	7,50	11,00	0,1207	54,57	46,01	31,00	70,17	59,17	172,34	Yeterli
SK-6	7,50	22,00	0,1577	54,57	46,01	31,00	67,22	56,68	172,34	Yeterli
SK-7	15,00	14,00	0,1750	88,24	74,41	50,13	106,46	89,78	172,34	Yeterli
SK-8	16,50	16,00	0,1908	90,67	76,46	51,52	107,31	90,49	172,34	Yeterli
SK-9	9,00	17,00	0,1538	64,09	54,04	36,41	79,31	66,88	172,34	Yeterli
SK-10	6,00	26,00	0,1790	44,58	37,59	25,33	64,24	54,17	172,34	Yeterli
SK-11	15,00	15,00	0,2080	88,24	74,41	50,13	122,65	103,43	172,34	Yeterli
SK-12	16,50	24,00	0,2538	90,67	76,46	51,52	118,74	100,13	172,34	Yeterli

2.5.1.2. Jet Grout Kolon Çapı ve Aralığı İçin Taşıma Gücü Tahkiki

Kesme dayanımı için yapılan kontroller sonucunda seçilen 0,65 m kolon çapı ve büyük tank için 1,5 x 1,5 m; küçük tank için 1,8 x 1,5 m kolon aralığı aynı zamanda taşıma gücü kriterlerini de sağlamalıdır. Bu doğrultuda öncelikle yapı yüklerini zemine güvenli bir şekilde aktaran uygun temel sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. İnşa edilecek yapının tank şeklinde olması ve alt kısmında işletimine ait çeşitli donanımların bulunması sebebiyle tasarım aşamasında şerit temel sistemi tercih edilmiştir. Seçilen jet grout aralıkları aynı zamanda temel genişliğinin minimum değeri olacaktır. Temelin boyu ise tankın tabanının dairesel olması sebebiyle bu kısmının çevresi olarak alınmıştır. Temel tabanında oluşan gerilme Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Seçilen temel tipine göre yapı tabanında oluşan gerilmeler

	Tank Ağırlığı (kN)	Tank Çapı (m)	Seçilen Şerit Temel Genişliği (m)	Şerit Temel Alanı (m ²)	Şerit Temel Tabanında Oluşan Gerilme (kN/m ²)
Büyük Tank	50000	19,04	3	179,36	278,76
Küçük Tank	10000	9,52	1,7	50,82	196,77

Sondaj kuyularından elde edilen numunelerle yapılan laboratuvar deneylerinden, çalışma sahasındaki zeminin orta sıkı-sıkı kum, içsel sürtünme açısının 30° , birim hacim ağırlığının 18 kN/m³ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca taşıma gücü hesabında kullanılan temel şekil katsayıları k_1 ve k_2 Tablo 14’den şerit temel için sırasıyla 1 ve 0,5 ve taşıma gücü katsayıları N_c , N_q , N_γ Tablo 13’ten sırasıyla 30.1, 18.4, 22.4 olarak belirlenmiştir. Her iki tank için de temelin gömme derinliği, D_f 0,90 m seçilmiştir. Bu parametrelere göre temel sisteminin altındaki zeminin sınır taşıma gücü, Eşitlik (45)’te verilen Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi’ne göre belirlenmiş olup sonuçlar Tablo 24’de sunulmuştur. Zeminin emniyetle taşıyacağı yükün hesabında kullanılan Eşitlik (46)’daki güvenlik sayısı 3 olarak alınmıştır.

Tablo 24. Büyük ve küçük tank tabanındaki zeminin taşıma gücü

	$q_{sınır}$ (kN/m ²)	Güvenlik Sayısı	q_{emin} (kN/m ²)
Büyük Tank	573,26	3	191,09
Küçük Tank	454,01	3	151,34

Jet grout kolonlarına ait taşıma kapasitesi daha önce 2.5.1.1 kısmında belirtildiği üzere tasarım için 3 MPa olarak seçilmişti.

Jet grout kolonunun taşıma kapasitesi ve birim alan içerisinde onu çevreleyen zeminin taşıma gücü değerlerinin toplamı iyileştirilmiş zeminin taşıma gücünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla jet grout-zemin sisteminin taşıma gücü Eşitlik (55)'e göre hesaplanmıştır (Melegary ve Garassino, 1997).

Büyük tank altındaki jet grout-zemin sisteminin taşıma gücü:

$$q_{is} = [(1,5 \cdot 1,5 - \pi (0,65)^2/4) \cdot 191,09 + (\pi (0,65)^2/4) \cdot 3000] / (1,5 \cdot 1,5)$$

$$q_{is} = (366,54 + 995,49) / (2,25) = 605,35 \text{ kN/m}^2$$

Küçük tank altındaki jet grout-zemin sisteminin taşıma gücü:

$$q_{is} = [(1,8 \cdot 1,5 - \pi (0,65)^2/4) \cdot 151,34 + (\pi (0,65)^2/4) \cdot 3000] / (1,8 \cdot 1,5)$$

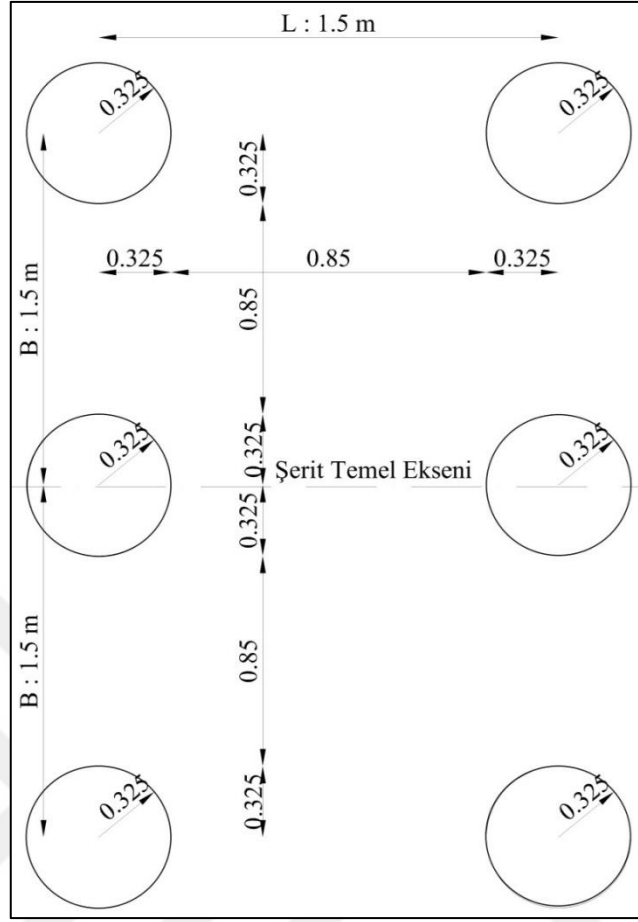
$$q_{is} = (358,4 + 995,5) / (2,7) = 501,4 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Yapılan tüm taşıma gücü hesaplamaları ve kapasite değerlendirmeleri Tablo 25'te sunulmuştur. Buna göre iyileştirilmiş zeminin taşıma gücü, temel tabanında oluşan gerilmelerden büyük olduğundan seçilen kolon çap ve aralığının taşıma gücü bakımından yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

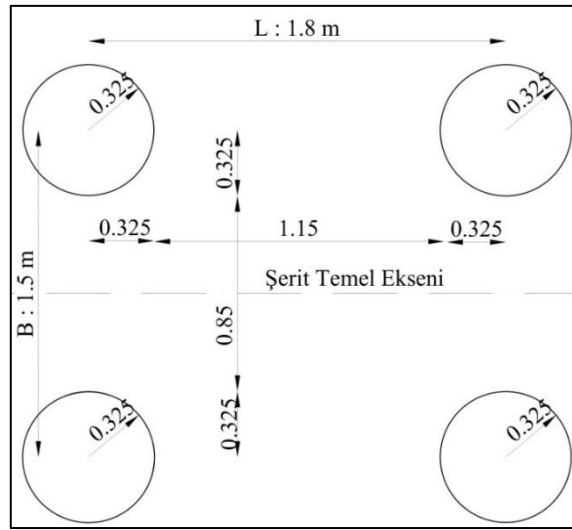
Tablo 25. Seçilen kolon çap ve aralığına göre taşıma gücü kontrolü ve değerlendirmesi

	İyileştirilmiş Zeminin Taşıma Gücü (kN/m ²)	Temel Tabanında Oluşan Gerilme (kN/m ²)	Taşıma Kapasitesi Değerlendirmesi
Büyük Tank	605,35	278,76	Yeterli
Küçük Tank	501,44	196,77	Yeterli

Böylece her iki tank tabanında imal edilecek olan jet grout kolonu yerleşimleri Şekil 59 ve Şekil 60' da görüldüğü gibidir.



Şekil 59. Seçilen jet grout kolon çap ve aralığına göre büyük tank tabanında imal edilecek olan kolonların yerleşim planı



Şekil 60. Seçilen jet grout kolon çap ve aralığına göre küçük tank tabanında imal edilecek olan kolonların yerleşim planı

2.5.1.3. Jet Grout Kolon Boyu İçin Taşıma Gücü Tahkiki

Kesme ve taşıma gücü kriterlerini her iki tank için sağlayan 0,65 m kolon çapı ve büyük tanklarda 1,5 x 1,5 m, küçük tanklarda ise 1,8 x 1,5 m olan kolon aralıkları Şekil 58 ve Şekil 59' da verilmişti. Seçilen bu değerler için her bir tank tabanında imal edilecek olan kolonların sayısı taban çevresinin şerit temel eksenine paralel mesafeye bölünmesiyle elde edilmiştir. Büyük tank için temel genişliği 3 m ve şerit temel eksenine dik mesafenin 1,5 m olması ile kolonların taban genişliğine iki aralıklı üç sıra halinde, küçük tank için ise temel genişliği 1,7 m ve yine dik mesafenin 1,5 m olması sebebiyle kolonların tek aralıklı iki sıra halinde yerleştirilmesi uygundur. Temel çevresi boyunca yerleşecek jet grout kolon sayısı ise temel çevresinin şerit temel eksenine paralel olan mesafe değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Dolayısıyla büyük tank için toplamda 120 adet küçük tank için ise 34 adet jet grout kolonu imal edilmelidir.

Bir jet grout kolonunun taşıyacağı servis yükü, kolonun kendi ağırlığı ve bu kolona üst yapıdan gelen yüklerin toplamına eşit olacaktır. Her bir jet grout kolonu başına üst yapıdan gelen yük, tank ağırlığının toplam kolon sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir. Her iki tank tabanında imal edilecek kolon sayısı farklı olduğundan her bir kolon başına gelen üst yapı servis yükü Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Her bir jet grout kolonu başına gelen üst yapı servis yükü

	Tank Toplam Ağırlığı (kN)	Toplam Jet Grout Kolon Sayısı (adet)	Jet Grout Kolonu Başına Gelen Yük (kN/adet)
Büyük Tank	50000	120	416,7
Küçük Tank	10000	34	294,1

Üst yapıdan gelen servis yüklerini jet grout kolonları kazığın çalışma prensibine benzer şekilde davranarak, kolon uç ve çevre direncinin bileşkesi ile karşılamaktadırlar. Bu bileşkenin hesaplanabilmesi için gerekli optimum kolon boyu çeşitli iterasyonlar yapılarak belirlenmektedir. Bu doğrultuda yapılan iterasyonlar sonucu, tankların tabanında imal edilecek olan kolonların boyları büyük tank için 12 m ve küçük tank için ise 8 m olarak belirlenmiştir. Bu boyların belirlenmesinde yapılan hesaplamalara ait veriler Tablo 27'de verilmiştir. Jet grout kolonu uç yükü Eşitlik (48) ve yan sürtünme yükü Eşitlik (51) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde mevcut olan temel şekil katsayıları k_1 ve k_2

Tablo 14'den dairesel temel için sırasıyla 1,3 ve 0,3 ve 30° içsel sürtünme açısına karşılık gelen taşıma gücü katsayıları N_c , N_q , N_γ Tablo 13'ten sırasıyla 30.1, 18.4, 22.4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca yan sürtünme yükü hesabında kullanılan jet grout kolonu ile zemin arasındaki sürtünme açısı (δ) ve zemin tabakasının efektif yanal toprak basıncı katsayısı (K) Tablo 15'ten beton malzemeye karşılık gelen aralıktan sırasıyla 22,5° ve 1,6 olarak seçilmiştir. Kolon ağırlığı Eşitlik (53) kullanılarak hesaplanmış olup bu eşitlikte mevcut olan jet grout kolonlarının birim hacim ağırlığı γ_{jg} , yapılan serbest basınç deneylerinden küçük tank tabanında imal edilecek kolon için 19 kN/m³; büyük tank tabanında imal edilecek kolonlar için ise 20 kN/m³ olarak belirlenmiştir. Eşitlik (47) ile jet grout kolonlarının taşıyacağı net yük belirlenmiş olup bu yüke 3 mertebesinde bir güvenlik sayısının uygulanması ile bir adet jet grout kolonunun emin taşıma gücü hesaplanmıştır.

Tablo 27. Bir adet jet grout kolonunun emin taşıma gücü hesap tablosu

	Jet grout kolon boyu (m)	Jet grout kolonu uç yükü (kN)	Jet grout kolonu yan yükü (kN)	Jet grout kolon ağırlığı (kN)	Jet grout kolonunun net taşıma yükü (kN)	Güvenlik sayısı	Jet grout kolonu emin taşıma yükü (kN)
Büyük Tank	12	611,94	769,98	79,64	1302,28	3	434,09
Küçük Tank	8	411,92	526,83	50,44	888,31	3	296,10

Tablo 27'de verilen jet grout kolonlarına ait emin taşıma güçleri her bir jet grout kolonu başına üst yapıdan gelen servis yükleri ile karşılaştırıldığında;

$$\text{Büyük tank tabanı için } q_{jg} = 434,09 \text{ kN} > q_{jgservis} = 416,7 \text{ kN}$$

$$\text{Küçük tank tabanı için } q_{jg} = 296,10 \text{ kN} > q_{jgservis} = 294,1 \text{ kN}$$

şartı sağlandığından dolayı 12 m ve 8 m'lik jet grout kolon boyları uygulanacakları tank tabanlarında taşıma gücü açısından yeterlidir.

2.6. Jet Grout İmalatı ve Uygulama Sonrası Yapılan Kontroller

Samsun ili Tekkeköy ilçesi sanayi tesislerinde bulunan bir saha içerisinde yapılacak olan 8 adet akaryakıt tankının oturacağı zeminin iyileştirilmesi amacıyla imalatı tamamlanmış jet grout kolonlarının kontrolü amacıyla yapılmış olan arazi ve laboratuvar

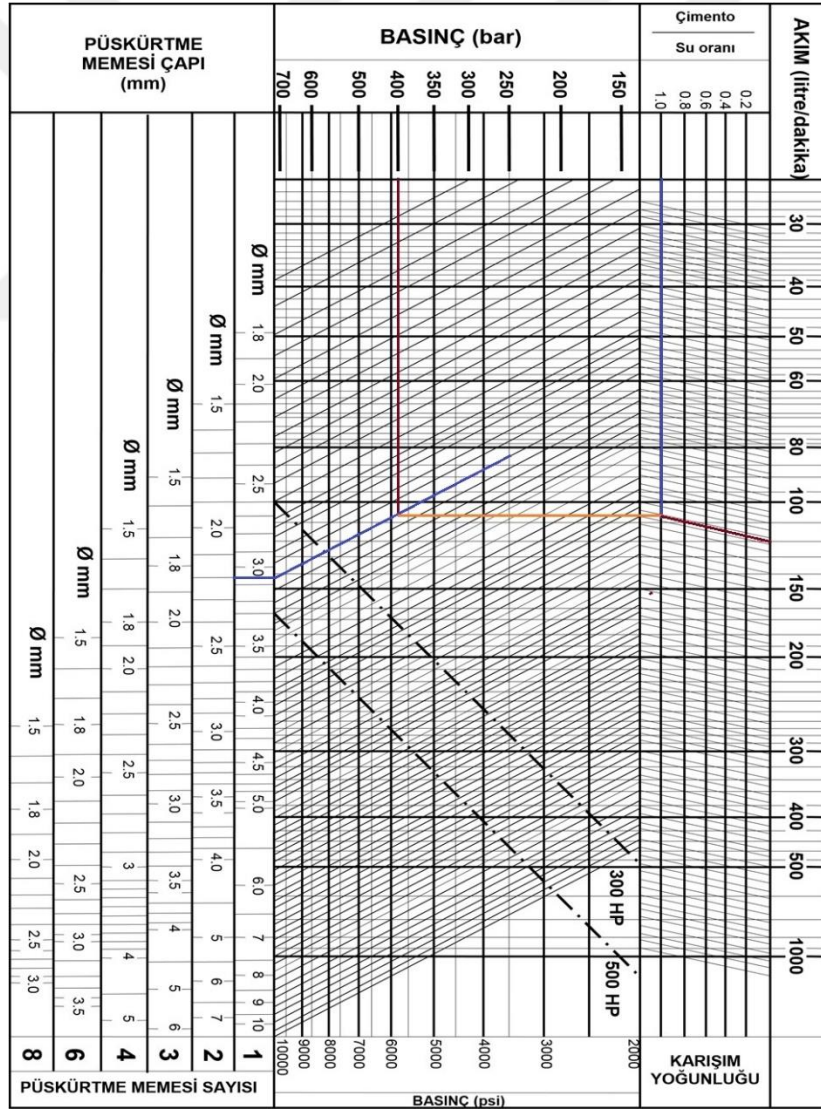
deney sonuçları ve bunlarla ilgili geoteknik değerlendirmeler Geocon Zemin Uzmanları Mühendislik Ltd. Şti. sonuç raporundan derlenerek sunulmuştur. Kontroller hakkında bilgi verilirken kullanılan BT; büyük tankı ve KT; küçük tankı temsil etmektedir.

Tüm saha için jet grout imalatına geçilmeden önce pilot çalışma yapılarak kullanılacak uygulama parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 61’de görüldüğü üzere uygulama alanında pilot çalışma için her biri 4 m boyunda 5 adet test jet grout kolonu imal edilmiştir. Her biri farklı basınç, nozul çapı, çekme hızı ve devirde (tij dönme devri) imal edilen test kolonlarının, imalattan 4 gün sonra etrafı kazılarak çap ölçümü yapılmıştır. Proje boyutlarına göre en uygun sonucu veren test kolonuna ait parametreler uygulama parametreleri olarak seçilmiştir. Buna göre jet grout kolonlarının imal edileceği zemin ortamı için en uygun yöntemin Jet-1 ve parametrelerin; su/çimento oranı 1/1, çimento dozajı 350 kg/m^3 , nozzle çapı 2,2 mm olan 2 adet nozula sahip jet grout delgi makinesinin 90 s/m geri çekme hızı ve 400 bar enjeksiyon basıncı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca inceleme alanının deniz kıyısında bulunması sebebiyle jet grout kolonların imalatında, sülfata dayanıklı portland çimento türü kullanılmıştır.



Şekil 61. Jet grout kolonu pilot çalışma

Jet grout kolon imalatı sırasında enjekte edilecek olan çimento şerbetinin miktarının tespiti maliyet analizi açısından gereklidir. Bunun için yukarıda seçilen parametreler ile Şekil 34'de verilen abak yardımıyla, tüketilecek yaklaşık çimento miktarının hesabında kullanılan enjeksiyon akım hızı belirlenmektedir. Buna göre jet grout imalatında seçilen 2,2 mm nozul çapı ve 2 olan nozul sayısı parametrelerinden yola çıkılarak 400 bar enjeksiyon basıncı değeri ile bu iki değer dikey olarak kesiştiği noktaya karşılık gelen eğik çizgi belirlenir. Çimento/su oranının 1 olduğu hat ile bu eğik çizgi kesiştirilir ve elde edilen kesişim noktasının eğik uzantısının ulaştığı değer belirlenerek bu parametrelerle dakikada kaç litre enjeksiyon akımı sağlanacağı tespit edilir. Bu doğrultuda Şekil 62'den elde edilen değer yaklaşık olarak 120 lt/dk'dır.



Şekil 62. Sıkıştırılmayan akışkanlar için basınç akım grafiği (Özkan, 2006).

Jet grout metodunu diğer enjeksiyon yöntemlerinden ayıran en önemli fark, zeminin cinsine ve istenilen taşıma kapasitesine göre yaklaşık olarak kullanılacak çimento miktarının önceden belirlenmesidir. Bu doğrultuda inceleme alanında imal edilecek olan jet grout kolonlarında kullanılacak olan çimentonun yaklaşık hesabı başlangıç parametreleri yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

- İstenilen kolon çapı : 0,65 m
- Çimento dozajı : 350 kg/m³
- İstenilen kolon boyu : 8 m ve 12 m
- S/Ç oranı : 1

olarak alındığında Eşitlik (56) kullanılarak 1 m iyileştirilmiş zemin hacmi bulunabilir.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (56)$$

$$V = \pi \cdot 0,325^2 \cdot 1 = 0,3318 \text{ m}^3 \text{ olur.}$$

1 m iyileştirilmiş zemindeki çimento miktarı; iyileştirilecek hacim ile kullanılacak çimento dozunun çarpımı ile belirlenmektedir.

$$350 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3318 = 116,14 \text{ kg}$$

Dolayısıyla, 1 m iyileştirilmiş zemindeki çimento miktarı 116,14 kg ise 8 m ve 12 m'lik kolonlar için;

$$116,14 \cdot 8 = 929,26 \text{ kg}$$

$$116,14 \cdot 12 = 1393,69 \text{ kg}$$

olarak hesaplanabilir.

2.6.1. Numune Alımı ve Basınç Dayanımı Tayini

Zemin-çimento karışımı kolonların mukavemetinin belirlenmesi amacıyla, imalattan 28 gün sonra, jet grout kolonlarından 10 adet numune alınarak, bu numuneler İstanbul Kültür Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarı'nda serbest basınç deneylerine tabi tutulmuştur. Deneyde yükseklik-çap oranı 2 olan numunelere sabit hızla yük uygulanmış ve kırılma yükleri tespit edilmiştir.

Jet grout kolonu serbest basınç dayanım değerleri 4,01 - 47,28 MPa (40 - 472 kg/cm²) arasında bulunmuş olup bu değerlerin teknik şartnamede belirtilmiş olan 25

kg/cm²'nin çok üzerinde olması sebebiyle, serbest basınç mukavemeti deneyleri sonuçlarına göre sahada imal edilmiş olan jet grout kolonlarının tasarım yükleri altında kesit mukavemeti açısından yeterli güvenliği sağladığı sonucuna varılmıştır. Serbest basınç deneyi sonuçları Tablo 28'de sunulmuştur.

Tablo 28. Temel altı jet grout kolon numuneleri serbest basınç deneyi sonuçları

Serbest Basınç Deneyleri										
Jet Grout No	D22	H23	B64	A25	F27	E3	G27	B100	A52	C94
q _u (kN/m ²)	19,29	9,93	47,28	7,24	4,01	4,61	10,45	7,13	18,78	16,78

2.6.2. Tam Boy Karot Alımı

Jet grout kolonlarının boy kontrolünün yapılması ve laboratuvarında yapılacak serbest basınç deneylerine numune temin edilmesi amacıyla inceleme alanında imal edilmiş jet grout kolonlarından toplam 10 adet tam boy karot alınmıştır.

Alınan karotlar sandıklara yerleştirilmiş, logları çıkartılmış ve fotoğraflanmıştır (Şekil 63). Karot numuneleri incelendiğinde yapılan jet grout kolonlarının projede gösterilen boyu sağladığı ve kolon derinliğince çimento ile çevresindeki kum zeminin düzgün oranda karışarak çimento kolonunu oluşturduğu anlaşılmıştır. Jet grout karotlarına ait örnek loglar Ek 3'te sunulmuştur.



Şekil 63. Jet grout kolonlarından tam boy karot alınması

2.6.3. Süreklilik Deneyi

Jet grout kolonlarındaki taşıma gücünü etkileyebilecek kırık-çatlak gibi ana süreksizliklerin ve kesit daralmalarının tespit edilmesi amacıyla, büyük ve küçük tankların temel zemini altında imal edilmiş olan jet grout kolonlarından 39 tanesi üzerinde Pulse Echo metodu kullanılarak (Sonic Integrity Test) süreklilik deneyleri tatbik edilmiştir (Şekil 64). Bu deney jet grout kolonu tepe noktasından gönderilen dalganın geri dönüş zamanının ölçülmesine dayanmaktadır. Bu doğrultuda deneyde, jet grout kolonunda dalga yayılma hızı $v=2,1$ m/s ile $v=2,8$ m/s arasında alınmıştır. Jet grout boyu ile dalga hızı arasında lineer bir ilişki olduğundan deneylerde elde edilen jet grout boylarının belirli bir yaklaşıklık içerdiği unutulmamalıdır. Total tarafından Geogrup İnşaat San. Ve Tic. A.Ş.'ye yaptırılan 39 adet süreklilik deneyi sonuçlarına göre, Geogrup tarafından hazırlanan raporlarda test yapılan jet grout kolonlarında herhangi bir olumsuzluğa rastlanılmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 64. Jet grout süreklilik deneyi

2.6.4. Dinamik Sondalama Deneyleri

İnceleme alanında yapılan jet grout kolonlarının imalatında uygulanan yüksek yatay basınçlar, kolon çevresindeki zeminin de belirli bir oranda sıkışmasına ve böylelikle mühendislik özelliklerinin iyileşmesini sağlayabilmektedir. Bu iyileşme neticesinde jet grout–zemin arası sürtünme katsayısı da artacağından jet grout düşey yük taşıma kapasitesi de artmaktadır. Proje hesaplarında öngörülemeyen bu artış, sahada yapılan yükleme deneylerinde ise sonuca olumlu etki yapabilmekte ve kırılma yükünü arttırabilmektedir.

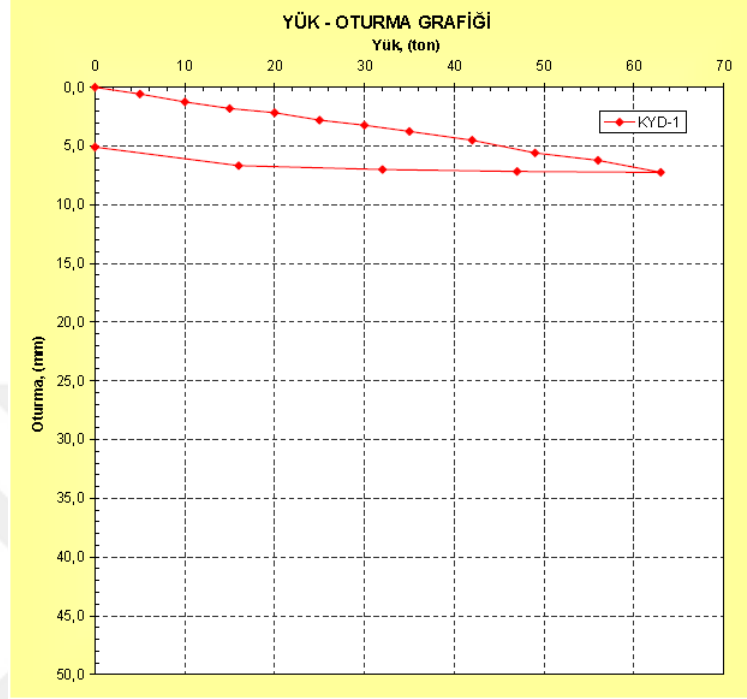
İnceleme alanında imal edilen jet grout kolonlarının arasında kalan bölgedeki kum zeminin, uygulanan jet grout basıncının etkisiyle ne kadar iyileştiğinin araştırılması amacıyla, yarısı jet grout uygulaması öncesinde, yarısı ise uygulama sonrasında olmak üzere toplam 14 adet Dinamik Sondalama Deneyi yapılmıştır. Deneyin yapılabilmesi için üstteki yaklaşık 90 cm kalınlığındaki iri çakıllı–bloklu dolgu tabakası kazılmış ve deneyler kum zemin üst seviyesinden itibaren uygulanmıştır. Deneyler sonunda KT-1, KT-3, BT-2 ve BT-3 tankları altında, -2 m'den aşağıda kalan kısımda her iki deneyinde kapsadığı çimento dozajında bölge içinde kum zemin sıklığında belirgin bir artış görülmüştür. KT-2 ve BT-4 deneylerinde jet grout öncesi ve sonrası arasında kum zemin sıklığında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. BT-1 tankında ise jet grout uygulaması sonrasında yapılan deneylerde jetgrout öncesine göre daha düşük darbe değerleri elde edilmiştir. Dinamik Sondalama deneylerinin sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde, jet grout uygulamasının kolon çevresindeki kum zeminde sahanın değişik bölgelerinde farklı etkiler yaptığı anlaşılmaktadır.

2.6.5. Kolon Yükleme Deneyi

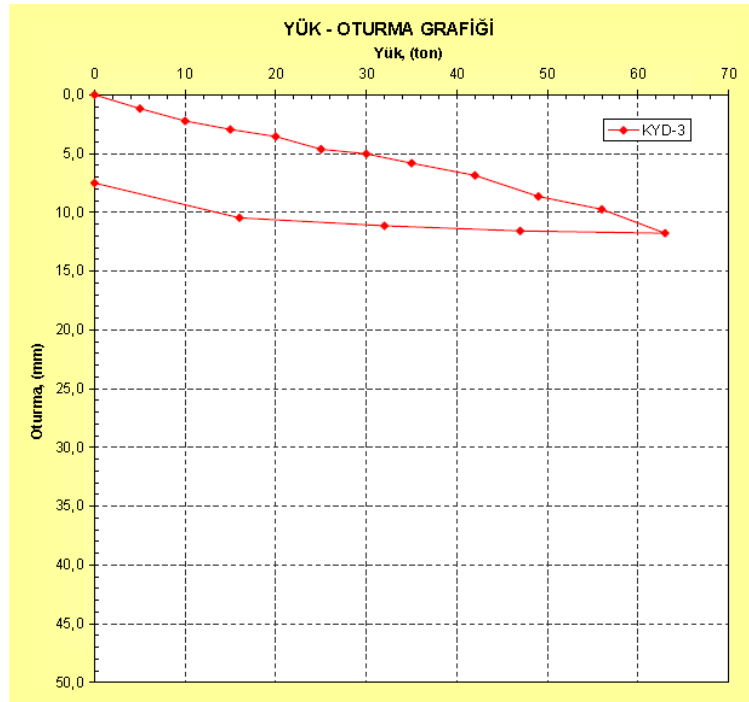
İnceleme alanında imal edilen jet grout kolonlarının emniyetle taşıyabileceği eksenel düşey yükü belirlemek amacıyla, toplam 3 adet yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden ikisi büyük tanklar için imal edilen jet grout kolonlarında diğeri ise küçük tanklar için imal edilen kolonunda yapılmıştır.

Kurulan deney düzeneğinde basınç uygulanan deney jet grout kolonunun çevresindeki 4 adet jet grouttan reaksiyon (çekme) kolonu olarak faydalanılmıştır. Deneylerde 1500 kN kapasiteli hidrolik kriko sistemi kullanılmıştır. Oturma ölçümleri yükleme kolonlarından bağımsız referans kirişleri üzerine kurulan 4 adet 0,01 mm hassasiyetindeki deplasman okuma saatinden alınmıştır (Şekil 65a). Aşağıdaki tablolarda verilen oturma değerleri bu dört saatte yapılan okumaların ortalamasıdır. Deney yükü tüm jet grout–geogridli dolgu sisteminin birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla jet grout kolonu üzerine yapılan, geogrid zemin donatısı ile bohçalanmış granüler dolgu tabakası üzerine oturtulan 100x100 cm boyutlarındaki çelik plaka vasıtasıyla uygulanmıştır (Şekil 65b). Servis yükü 42 ton olan büyük tankların temelleri altındaki kolonlarında maksimum 63 ton (proje yükünün 1,5 katı), servis yükü 30 ton olan küçük tankın temeli altındaki kolonda ise maksimum 45 ton yük uygulanmıştır. Jet grout kolonunun yüklenmesi

sahip olduğunu göstermektedir. Deney sonucu özet olarak Tablo 29’da verilmiş olup yükleme ile ilgili sayısal veriler Ek 3’te sunulmuştur.



Şekil 66. KYD-1 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği



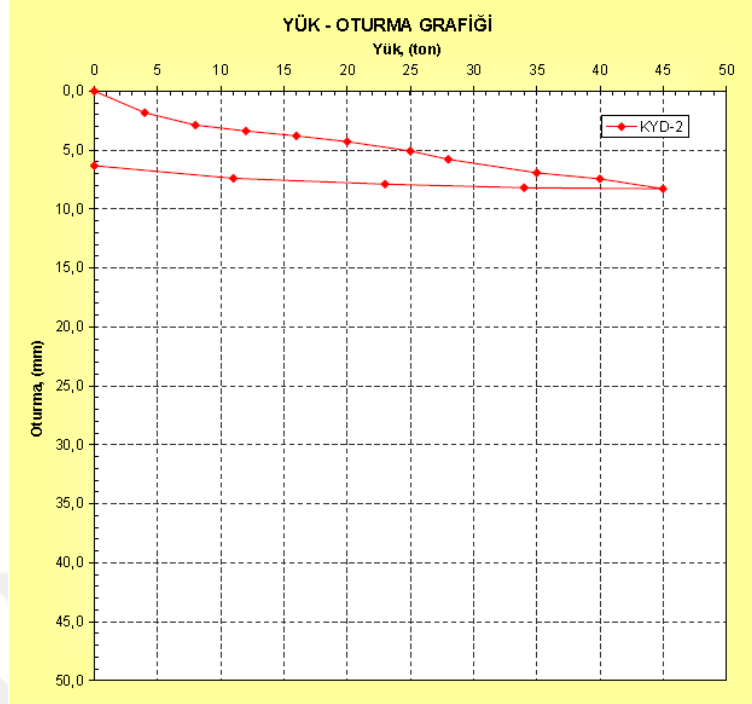
Şekil 67. KYD-2 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği

Tablo 29. KYD-1 ve KYD-3 numaralı yükleme deneylerine ait bilgiler

Deney No	KYD-1	KYD-3
Jet Grout Boyu	12 m	12 m
Jet Grout Çapı	0,65 m	0,65 m
Öngörülen Maksimum Yük	63 ton	63 ton
Uygulanan Maksimum Yük	63 ton	63 ton
Maksimum Oturma Miktarı	7,24 mm	11,78 mm
Kalıcı Oturma Miktarı	5,09 mm	7,5 mm

2.6.5.2. KYD-2 Numaralı Yükleme Deneyi

Proje yükü 30 ton olan ve KT-3 numaralı tank temelinde yer alan jet grout kolonlarından biri seçilerek yapılan KYD-2 numaralı yükleme deneyinde uygulanacak maksimum yük, proje yükü 1,5 kat arttırılarak 45 ton olarak belirlenmiştir. Kolonda deney sırasında maksimum yük uygulanırken herhangi bir problemle karşılaşılma ve göçme mekanizması gözlenmemiştir. Maksimum oturma değeri ortalama 8,29 mm olarak ölçülmüştür. Seçilen kolon, tatbik edilen yükleme deneyinde yeterli performansı göstermiştir. Deney sonucunda, Şekil 68’de verilen yük-oturma grafiğinin doğrusal bölge içinde kalmış olması, kolonun 30 tonluk proje yükü için yeterli bir emniyete sahip olduğunu göstermektedir. Deney sonucu özet olarak Tablo 30’de verilmiş olup yükleme ile ilgili sayısal veriler Ek 3’te sunulmuştur.



Şekil 68. KYD-3 numaralı yükleme deneyi yük-oturma grafiği

Tablo 30. KYD-2 numaralı yükleme deneyine ait bilgiler

Deney No	KYD-2
Jet Grout Boyu	8 m
Jet Grout Çapı	0,65 m
Öngörülen Maksimum Yük	45 ton
Uygulanan Maksimum Yük	45 ton
Maksimum Oturma Miktarı	8,29 mm
Kalıcı Oturma Miktarı	6,33 mm

3. SONUÇLAR

Bu tez, Samsun ili Tekkeköy ilçesinde bulunan sanayi sitesinde inşa edilecek olan 8 adet akaryakıt tankının oturacağı zeminde yapılan arazi ve laboratuvar deneylerine ait verilere dayanan sıvılaşma analizini, oturma hesaplamalarını ve zeminin sıvılaşmaya karşı direncini arttıran yüksek modüllü zemin-çimento karışımı jet grout kolonlarının boyutlandırılmasını ve sayılarının belirlenmesini kapsamaktadır. Çalışma alanında 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.2 büyüklüğündeki dört senaryo depremi için sıvılaşma olup olmayacağı Seed ve Idriss (1971) yöntemi ile analiz edilmiştir. Sıvılaşma kaynaklı oluşabilecek oturma hesapları Tokimatsu ve Seed (1986) ve Ishihara ve Yoshimine (1992) tarafından önerilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Sıvılaşmaya karşı zeminin iyileştirilmesi amacıyla tercih edilen jet grout yönteminde imal edilecek kolonlarla ilgili hesaplamalarda Özsoy ve Durgunoğlu (2003) Yöntemi esas alınmıştır. Bu kapsamda yapılan tüm analiz, hesap ve uygulama sonrası kalite kontrol işlemlerinden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

İnceleme alanının ülkemizin önemli ve aktif fay hatlarından Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun etki alanında olması, kıyı şeridi boyunca uzanması sebebiyle yüzeye yakın yeraltı suyu seviyesinin bulunması ve deniz kaynaklı derin orta sıkı kum alüvyon tabaklarına rastlanması gibi bulgular sıvılaşma riskinin ön işaretleri olarak kabul edilmiştir.

İnceleme alanının yaklaşık 57 km güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu içinde yer alan Tosya-Ladik Fay Hattı'nda 1943 yılında 7.2 büyüklüğünde bir depremin meydana gelmiş olması gelecekte sıvılaşmayı tetikleyecek büyüklükte depremlerin oluşma olasılığının mevcut olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.2 büyüklüğünde (M_w) senaryo depremleri üretilmiştir. Bu depremlere ait pik yer ivmesi (a_{maks}) değerleri; Beyaz (2004) tarafından Türkiye depremleri için geliştirilen deprem deprem azalım ilişkisi kullanılarak sırasıyla 0,169 g, 0,244 g, 0,362 g ve 0,428 g olarak hesaplanmıştır. İkinci derece deprem bölgesinde yer alan inceleme sahasında pik yer ivmesinin, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (DBYYHY–2007) göre, binanın üstyapı statik/dinamik hesaplarında 0,3 g olarak alınması gerekliliğine rağmen 7.0 ve 7.2 büyüklüğündeki senaryo depremlerinin bu değerden daha yüksek pik yer ivmesi üretebileceği tespit edilmiştir.

İnceleme alanında 20 m'ye kadar ulaşan 12 adet mekanik sondajdan ve 2,1 m derinliğindeki 6 adet muayene kuyusundan elde edilen verilere göre yeraltı su seviyesinin 1,4-4 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sondaj loglarında; üstten 0,9-1,2 m arasında yapay dolgu, dolgudan sonra 6-8 m'ye kadar orta-sıkı orta daneli kum ve bunu takiben en altta 20 m'ye kadar orta sıkı-sıkı ince-orta daneli kum tabakalarına rastlanmıştır. Her sondaja ait SPT grafikleri incelendiğinde, kum zeminin ortalama SPT değerinin $N_{30,ORT} = 22-36$ aralığında olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca zeminin doğal birim hacim ağırlığı (γ_n) ortalama 18 kN/m^3 ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 30° olarak belirlenmiştir.

Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen Basitleştirilmiş Yöntem'e göre yapılan sınırlama analizleri sonucunda;

- $M_w=6$; $a_{maks}=0,169$ g olan senaryo depreminde, sondaj kuyusu 5'de 7,5 m'de, sondaj kuyusu 7'de 15 m'de ve sondaj kuyusu 11'de 15 m'de güvenlik sayılarının sınırının 1,0-1,2 arasında bulunması sebebiyle potansiyel sınırlama riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir.
- $M_w=6.5$; $a_{maks}=0,244$ g olan senaryo depreminde, sondaj kuyusu 1'de lokal olarak 9-10,50 m ve 15 m'de, sondaj kuyusu 2'de 13,50 m'de, sondaj kuyusu 3'te lokal olarak 7,5 m ve 16,5-18 m arasında, sondaj kuyusu 4'de 12 m ve 18 m'de, sondaj kuyusu 5'de lokal olarak 12-15 m arasında, sondaj kuyusu 6'da 12-18 m'de, sondaj kuyusu 7'de lokal olarak 1,5 m, 12-13,5 m ve 18 m'de, sondaj kuyusu 8'de 15 m'de, sondaj kuyusu 9'da lokal olarak 7,5 m ve 13,5 m'de, sondaj kuyusu 10'da 9 m ve 15-16,5 m'de, sondaj kuyusu 11'de lokal olarak 7,5-9 m ve 16,5 m'de, sondaj kuyusu 12'de 7,5 m, 10,5 m ve 16,5 m'de emniyet faktörünün 1,0-1,2 aralığında olması bu derinliklerde potansiyel sınırlama riskine işaret etmektedir.
- $M_w=7.2$; $a_{maks}=0,428$ g ve $M_w=7.0$; $a_{maks}=0,362$ g senaryo depremleri için tüm sondaj kuyularında yapılan sınırlama analizlerinde emniyet faktörünün hemen hemen her derinlikte 1'in altına indiği ve bu lokasyonlarda sınırlama riskinin mevcut olduğu belirlenmiştir.
- Bunların yanı sıra Seed vd. (2003), düzeltilmiş SPT darbe sayılarının 30'dan büyük olması durumunda Eşitlik (23)'ün sınırlama analizine uygun olmadığını ve bu darbe sayılarına ait derinliklerde sınırlamanın olmayacağını belirtmişlerdir. Bu sebeple sondaj kuyusu 9, 11 ve 12' de 1,5-3 m arasında ve sondaj kuyusu 12'de 6 m derinlikte düzeltilmiş darbe sayılarının 30'dan büyük

olması bahsi geçen eşitliğin sonuçlarının negatif değerler almasına sebep olmuştur. Dolayısıyla söz konusu derinliklerde sıvılaşma riski mevcut değildir.

Tokimatsu ve Seed (1986) ve Ishihara ve Yoshimine (1992) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılan sıvılaşma kaynaklı meydana gelecek oturma hesaplamaları sonucunda;

- Tokimatsu ve Seed (1986) Yöntemi'nde $M_w=6$ olan senaryo depreminde sıvılaşma riski mevcut olmadığından oturma hesapları yapılmamıştır. Yüzeydeki toplam oturma miktarlarının; $M_w=6.5$ olan senaryo depreminde 9,29-29,51 cm arasında, $M_w=7.0$ olan senaryo depreminde 20,82-36,45 cm arasında, $M_w=7.2$ olan senaryo depreminde 22,69-42,12 cm arasında olduğu hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 18).
- Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'nde $M_w=6$ olan senaryo depreminde sıvılaşma riski mevcut olmadığından oturma hesapları yapılmamıştır. Yüzeydeki toplam oturma miktarlarının; $M_w=6.5$ olan senaryo depreminde 4,02-27,27 cm arasında, $M_w=7.0$ olan senaryo depreminde 30,05-53,46 cm arasında, $M_w=7.2$ olan senaryo depreminde 37,22-55,83 cm arasında olduğu hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 19).
- Yapılan hesaplamalar doğrultusunda deprem büyüklüğü arttıkça Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'nin daha büyük oturma değerleri verdiği görülmektedir.

$M_w=6.5, 7.0$ ve 7.2 senaryo depremlerinde zeminde sıvılaşma riskinin bulunduğu ve yapıya hasar verebilecek düzeyde oturmaların oluşabileceği belirlenen inceleme sahasında sıvılaşma etkilerinin giderilmesi amacıyla, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan, yüksek taşıma gücü sağlaması, oturma problemlerine çözüm olması, hemen her tür zemin için uygulanabilmesi ve imalat sürecinin kısa olması sebebiyle jet grout yöntemi uygun iyileştirme metodu olarak seçilmiştir. Jet grout yönteminde imal edilecek zemin-çimento karışımı kolonların çapı, sayısı, aralığı ve boyu hesaplamaları Özsoy ve Durgunoğlu (2003) önerdiği algoritmaya göre yapılmış olup şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- İnceleme alanında inşa edilecek 4 adet ve her biri toplam 50000 kN ağırlığındaki büyük tankların temel sistemi için 3 m genişliğinde 19,04 m çapında dairesel şerit temel sistemi tercih edilmiştir. Buna göre temel tabanında $278,76 \text{ kN/m}^2$ 'lik bir gerilme oluşmaktadır. Bu gerilmeyi 3 güvenlik katsayısı ile taşıması ve sıvılaşma riskini ortadan kaldırarak oturma probleminin önüne geçmesi amacıyla

basınç dayanımının 3 MPa olduğu ön kabulü yapılarak tasarım yapılmıştır. Buna göre, 0,65 m çapında, yatayda ve düşeyde 1,5 m aralığında ve üç sıra halinde toplamda 120 adet olmak üzere 12 m boyundaki jet grout kolonları ile en ekonomik ve güvenli çözüme ulaşılmıştır.

- İnceleme alanında inşa edilecek 4 adet ve her biri toplam 10000 kN ağırlığındaki küçük tankların temel sistemi için 1,7 m genişliğinde 9,52 m çapında dairesel şerit temel sistemi tercih edilmiştir. Buna göre temel tabanında $196,77 \text{ kN/m}^2$ 'lik bir gerilme oluşmaktadır. Bu gerilmeyi 3 güvenlik katsayısı ile taşıması ve sıvılaşma riskini ortadan kaldırarak oturma probleminin önüne geçmesi amacıyla basınç dayanımının 3 MPa olduğu ön kabulü yapılarak tasarım yapılmıştır. 0,65 m çapında, yatayda 1,8 m, düşeyde 1,5 m aralıklarında ve iki sıra halinde toplamda 34 adet olmak üzere 8 m boyundaki jet grout kolonları ile en ekonomik ve güvenli çözüme ulaşılmıştır.

Yukarıda bahsedilen özelliklere sahip 8 m ve 12 m boyundaki jet grout kolonları, senaryo depremlerin her biri için zeminin sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünü 1,2 sınır değerinin çok üstüne taşıdığından sıvılaşma riski tüm sondaj kuyularında ortadan kaldırılmıştır (Bkz. Ek 2'de verilmiş olan Ek Tablo 29-Ek Tablo 40).

- Ayrıca 8 m ve 12 m boyundaki jet grout kolonları ile temel zemininin taşıma gücünde sırasıyla 3,3 ve 3,1 kat gibi yüksek oranlarda iyileşme sağlamıştır.

Jet grout yönteminin uygulama aşamaları, prosedürü ve imalat parametreleri ortaya konularak zemin iyileştirmesi amacıyla oluşturulan jet grout kolonlarının imalat sonrası kalite kontrolleri; aksenal yükleme deneyleri, serbest basınç deneyleri ve süreklilik deneyleriyle yapılmıştır. Buna göre;

- Boyu 12 m olan jet grout kolonlarından iki tanesi, proje servis yükü olan 42 tonun 1,5 katı olana kadar % 12 yük kademe artışlarıyla aksenal yüklemeye tabi tutulmuş olup sırasıyla 7,24 mm ve 11,78 mm toplam oturma; 5,09 mm ve 7,5 mm kalıcı oturma yaptığı raporlanmıştır.
- Boyu 8 m olan jet grout kolonlarından iki tanesi, proje servis yükü olan 30 tonun 1,5 katı olana kadar % 12 yük kademe artışlarıyla aksenal yüklemeye tabi tutulmuş olup sırasıyla 8,29 mm toplam oturma; 6,33 mm kalıcı oturma yaptığı raporlanmıştır.
- Boyu 8 m ve 12 m olan jet grout kolonlarının tasarımında basınç dayanımı 3 MPa olarak kabul edilmişti. Bu değer imalat sonrası sağlanıp sağlanmadığının

kontrolü amacıyla yapılan basınç dayanımı testlerinde, 4,01-47,28 MPa değerlerine ulaşılması sahada imal edilen jet grout kolonlarının tasarım yükleri altında kabul edilen basınç dayanımının yeterli olduğunu göstermektedir.

- 8 m ve 12 m'lik jet grout kolonlarının boy kontrolleri tam boy karot alımıyla, taşıma gücünü etkileyebilecek kırık-çatlak gibi ana süreksizliklerinin ve kesit daralmalarının kontrolü ise süreklilik deneyleri ile gerçekleştirilmiş olup nihai sonuç raporuna göre herhangi bir olumsuzluğa rastlanmadığı tespit edilmiştir.

Bu tez kapsamında yapılan analiz ve hesaplamaların, 2008 yılında inceleme alanında inşa edilen 8 adet akaryakıt tankının oturacağı temel zemininde sıvılaşma riskinin ortadan kaldırılması amacıyla imalatı tamamlanmış olan jet grout projesiyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki benzer uygulamaların projelendirilmesi, imalatı ve sonrasında yapılacak kalite kontrolleri için kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir.

4. ÖNERİLER

Sıvılaşmanın verebileceği hasarlara karşı mühendislik projelerinin güvenliğini sağlamak ve toplum hayatını olumsuz yönde etkileyebilecek sonuçların meydana gelmesini önlemek amacıyla sıvılaşma riski mevcut olan zeminler depremlerden meydana gelmeden önce tespit edilmeli ve gerekli yapısal tedbirler alınmalıdır.

Gelecekte bu yönde yapılacak çalışmalar için şu öneriler sunulmaktadır:

- Bu çalışmada zemin iyileştirilmesi öncesi ve sonrasında SPT darbe sayılarını esas alan “Basitleştirilmiş Yöntem” ile belirlenmiş olan emniyet faktörlerinin diğer arazi deneylerini kullanan sıvılaşma riski analiz yöntemleriyle hesaplanarak karşılaştırılması yapılabilir.
- Çalışma alanının sıvılaşmaya karşı direncinin artırılması amacıyla fore kazık ve taş kolon gibi diğer derin zemin iyileştirme yöntemleri ile hesaplamalar yapılmasının ardından maliyet karşılaştırması yapılarak bu alan için kullanılabilir alternatif yöntemler sonraki uygulamalara örnek teşkil etmesi amacıyla ortaya çıkarılabilir.
- Aktif deprem kuşağı içerisinde yer alan ülkemizde sıvılaşmaya karşı zemin iyileştirme yöntemleri konusunda çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen yeterli sayıda standart ve şartname bulunmamaktadır. Bu sebeple sıvılaşma direncini arttıran her bir yöntem için teknik şartnameler hazırlanmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Akdağ, S. E., 2002. Mali Yapı ve Denetim Boyutlarıyla Afet Yönetimi, Sayıştay Araştırma İnceleme Çeviri Dizisi, 20, Ankara, 101.
- Aksu, O. ve Toz, G., 2002. Zemin Sıvılaşmasına Yönelik Fotogrametrik Uygulamalar, İ.T.Ü. Dergisi, 1, 2, 7-13.
- Alkaya D. ve Yeşil B., 2012. Sıvılaşma Analizlerinin VBA kullanılarak Yapılması, Ondördüncü Akademik Bilişim Konferansı, Şubat, Uşak.
- Altun, S., Göktepe, A. B., Erdoğan, D. ve Tan, Ö., 2005. Kumların Sıvılaşma Sırasındaki Akma Davranışı, Geoteknik Sempozyumu, Ekim, Adana, Bildiriler Kitabı: 109-122.
- Ambraseys, N. N., 1988. Engineering Seismology, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 17, 1-105.
- Andrews, D. C. ve Martin, G. R., 2000. Criteria for Liquefaction of Silty Soils, 12th World Conference on Earthquake Engineering, Proceedings, Auckland, New Zealand, 1-8.
- Andrus, R. D., Piratheepan, P., Ellis, B. S., Zhang, J., and Juang, C. H., 2004. Comparing Liquefaction Evaluation Methods Using Penetration-Vs Relationships, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 9, 713-721.
- Atabey, E., 2000. Deprem, MTA Yayınları, No:34, Ankara, 71.
- Ayad, F., Bekkouche, A. and Houmadi, Y., 2014. Sensitivity Analysis of Soil Liquefaction Potential, Earth Science Research, 3, 1, 14-24.
- Bayrakçı, E., Pekkan E., Avdan U. ve Güney, Y., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Derinliğinin Sıvılaşma Analizine Etkisinin Belirlenmesi (Eskişehir Örneği), Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5, 2, 50-60.
- Baş, K., 2006. Temel Takviye Yöntemleri ve Uygulamadan Örnekler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beyaz, T., 2004. Zemin Etkisinden Arındırılmış Deprem Kayıtlarına Göre Türkiye İçin Yeni Bir Deprem Enerjisi Azalım Bağıntısının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bildik, S., 2010. Temel Mühendisliğinde Çekme Dayanımının İrdelenmesi ve Farklı Tiplerdeki Temellerin Çekme Dayanımının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Boulanger, R. and Hayden, R., 1995. Aspects of Compaction Grouting of Liquefiable Soil, J. Geotech. Engrg., ASCE, 121, 12, 844-855.
- Canbey, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. ve Wasti, S. T., 2008. Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 434.
- Casagrande, A., 1936. Characteristics of Cohesionless Soils Affecting the Stability of Earth Fills, Journal of Boston Society of Civil Engineers, Reprinted in Contributions the Soil Mechanics, Journal of Boston Society of Civil Engineers, 1925-1960.
- Casagrande, A., 1938. Notes on Soil Mechanics-First Semester, Harvard University (unpublished), 129.
- Castellaro, S., Panzeri, R., Mesiti, F. and Bertello, L., 2015. A Surface Siesmic Approach to Liquefaction, Soil Dynamics and Eartquake Engineering, 77, 35-46.
- Chen, G., Xu, L., Kong, M. and Li, X., 2015. Calibration of a CRR Model Based On an Expanded SPT-based Database for Assessing Soil Liquefaction Potential, Engineering Geology, 196, 305-312.
- Clayton, C. R. I., Matthews, M. C. ve Simons, N. E., 1995. Jeoteknik Saha İncelemesi, Çev. Çetin, H., Kayabalı, K. ve Arman, H., Gazi Kitabevi, Ankara, 254.
- Çetin, K. Ö. ve Unutmaz, B., 2004. Zemin Sıvılaşması ve Sismik Zemin Davranışı, Türkiye Mühendislik Haberleri, 430, 32-37.
- Das, B. M., 1983. Fundamentals of Soil Dynamics, Elsevier Science Publishing Co. Inc. New York, USA, 656.
- Day, R. W., 2002. Geoteknik Deprem Mühendisliği El Kitabı , Çev. Mollamahmutoğlu, M. ve Kayabalı, K., McGraw-Hill Book Co., New York, 600.
- Decourt, L., 1989. The Standard Penetration Test: State of the Art Report, Norwegian Geotechnical Institute Publication, 179.
- Demir, G., 2011. Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Doğan, H. M., 2015. Sismik Sıvılaşma Mekanizması ve Buna Bağlı Oluşan Deformasyonların İncelenmesi: Adapazarı Bölgesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Doğu, O., 2005. Jet Grouting Tekniği ile Zemin Islahı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.

- Duman S.E., İkizler S.B., Angın Z. and Demir G., 2014. Assessment of Liquefaction Potential of the Erzincan, Eastern Turkey, Geomechanics and Engineering, 7, 589-612.
- Duman S.E. and İkizler S.B., 2014. Assessment of Liquefaction Potential of Erzincan Province and Its Vicinity, Turkey, Natural Hazards, 73, 1863-1887.
- Duman S.E., İkizler S.B., Angın Z., 2015. Evaluation of Soil Liquefaction Potential Index Based on SPT Data in the Erzincan, Eastern Turkey, Arabian Journal of Geosciences, 8, 5269-5283.
- Durgunoğlu, H. T., 2004. Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı, Türkiye Mühendislik Haberleri, 431, 39-52.
- Durgunoğlu, H. T., Kulac, H. F., Oruc, K., Yıldız, R., Sickling, J., Boys, I.E., Altungu, T. and Emrem, C., 2004. A Case History of Ground Treatment with Jet Grouting Against Liquefaction, for A Cigarette Factory in Turkey, Grouting and Ground Treatment, ASCE, 452-463.
- Dülger, M., 2015. UBCSAND Model ile Sıvılaşma Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eskişar, T., 2002. Sıvılaşma; Teori, Tahkik Yöntemleri ve Önlemler Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ergünay, O., 2007. Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, Aralık, Ankara, Bildiriler Kitabı: 1-14.
- Erken, A. and Ansal, A.M., 1994. Liquefaction Characteristics of Undisturbed Sands, Performance of Ground and Soil Structure During Earthquakes, 13th Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Eng., January, New Delhi, India, 165-170.
- Erken, A., Özay, R., Kaya, Z., Ülker, M.C. ve Elibol, B., 2004. Depremler Sırasında Zeminlerin Sıvılaşması ve Taşıma Gücü Kayıpları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 431.
- Erol, A.O. ve Çekinmez, Z., 2014. Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri, Yüksel Proje Yayınları, Ankara, 278.
- Ertek, M. K., 2015. Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi ve Oturmalara Etkisinin İncelenmesi: Atakum Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- FHWA-IF-02-034 2002a. Geotechnical Engineering Circular No.5: Evaluation of Soil and Rock Properties, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

- Fırat, A.T., 2001. Jet Grouting Yöntemi ile Temel Takviyesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Finn, W. D. L., Bransby, P. L., and Pickering, D. J., 1970. Effect of Strain History on Liquefaction of Sands, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96, SM6,1917-1934.
- Fook-Hou Lee, F., Lee, Y., Chew, S. and Yong, K., 2005. Strength and Modulus of Marine Clay-Cement Mixes, Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, February, 178-186.
- Genç, D., 2011. Zemin Mekaniği ve Temeller, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 100, Ankara, 848.
- Gilstrap, S. D. and Youd, T. L., 1998. CPT Based Liquefaction Resistance Analyses Using Case Histories, Technical Report CEG-90-01, Department of Civil and Environmental Engineering, Birmingham Young University, Provo, Utah.
- Huang, C., Sui, Z., Wang L., and Liu K., 2015. Mitigation of Soil Liquefaction Using Stone Columns: An Experimental Investigation, Marine Georesources & Geotechnology, 34, 3, 244-251.
- International Navigation Association, 2001. Seismic Guidelines for Port Structures, Working Group No.34 of the Maritime Navigation Commission, A.A. Balkema Publishers, Netherlands, 500.
- Ishihara, K., and Yoshimine, M., 1992. Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes, Soils and Foundations, 32, 1, 173–188.
- Ishihara, K., 1985. Stability of Natural Deposits During Earthquakes, Proceedings of the 11th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1, San Francisco, 321-376.
- Iwasaki, T., Tokida, K. and Tatsuoka, F., 1981. Soil Liquefaction Potential Evaluation With Use of the Simplified Procedure Proceedings, International Conference of Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1, 209-214.
- Karanlık, S., 2006. Hatay Altıncöy Çevresinin Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kayen, R. E., Mitchell, J. K., Seed, R. B., Lodge, A., Nishio, S. and Coutinho, R., 1992. Evaluation of SPT-, CPT-, and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data, In Technical Report, US National Center for Earthquake Engineering Research, 1, 92-0019, 177-204.

- Keskin, M. S., 2009. Güçlendirilmiş Kumlu Şevlere Oturan Yüzeysel Temellerin Deneysel ve Teorik Analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kokusho, T., 1999. Water Film in Liquefied Sand and Its Effect on Lateral Spread. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 125, 10, 817-826.
- Kovacs, W. D., and Leo, E., 1981. Cyclic Simple Shear of Large Scale Sand Samples: Effects of Diameter to Height Ratio, In First International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, April 26-May 3, St. Louis, Missouri, Missouri S&T, Formerly the University of Missouri-Rolla.
- Kramer, S.L., 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, ABD, 653.
- Kuribayashi, E. and Tatsuoka, F., 1975. Brief Review of Liquefaction During Earthquakes in Japan, Soils and Foundations, Tokyo, Japan, 15,4, 81-92.
- Kumbasar, V. ve Kip, F., 1985. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, 520.
- Küsin, C.C., 2009. Jet Grout Yöntemi ile İyileştirilen Zeminlerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sayısal analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Liao, S. S., and Whitman, R. V., 1986. Overburden Correction Factors for SPT in Sand, Journal of Geotechnical Engineering, 112, 3, 373-377.
- Lunardi P., 1977. Ground Improvement by Means of Jet-Grouting, Ground Improvement, ISSMFE Thomas Telford, 1, 2, 65-86.
- Mogami, T. and Kubo, K., 1953. The Behaviour of Soil During Vibration Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16th-27th August, Switzerland, 152-153.
- Mollamahmutoğlu, M., ve Babuçcu, F., 2006. Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 267.
- Monkul, M. M., Gültekin, C., Gülver, M., Akın, Ö. ve Eseller-Bayat, E., 2015. Estimation of Liquefaction Potential from Dry and Saturated Sandy Soils Under Drained Constant Volume Cyclic Simple Shear Loading, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 75, 27-36.
- Moss, R. E., Seed, R. B., Kayen, R. E., Stewart, J. P., Der Kiureghian, A., and Cetin, K. O., 2006. CPT-based Probabilistic and Deterministic Assessment of in Situ Seismic Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 132, 8, 1032-1051.

- Mitchell, J. K. ve Hon, P. E., 2008. Mitigation of Liquefaction Potential of Silty Sands, Research to Practice in Geotechnical Engineering Congress, March, New Orleans, Louisiana, United States.
- National Research Council (NRC), 1985. Liquefaction of Soils During Earthquakes, Report No:CETS-EE-001, Committee on Earthquake Engineering, National Academy Press, Washington, D.C.
- Ohta, Y. and Goto, N., 1978. Emprical Shear Wave Velocity Equations in terms of Characteristic Soil Indices, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 6, 167-187.
- Olgun, C. G. and Martin, J. R., 2008. Effectiveness of Jet-Grout Columns for Mitigation of Liquefaction During Earthquakes, Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation, Science Press Beijing and Springer, 768-773.
- Orhan M. ve Ateş A., 2011. Depremler Sırasında Zeminlerin Sıvılaşması ve Taşıma Gücü Kayıpları: Manisa (Saruhanlı) Örneği, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 1, 52-70.
- Özalp, S., 2012. Samsun İlinin Depremselliği Açısından Kuzey Anadolu Fayı, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu, Mayıs, Samsun, Bildiriler Kitabı: 53-63.
- Özaydın, K., 2007. Zeminlerde Sıvılaşma, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 231-255.
- Özcan, E. ve Özdemir, A., 2008. Forekazık ve Jet Grout Kolonlarında Sismik Yansıma Teorisi İle Bütünlük Deneyi Uygulaması, Yüzeğe Yakın Yapıların Belirlenmesinde Jeofizik ve Uzaktan Algılama Sempozyumu (GARS 2008), Nisan-Mayıs, İzmir, Bildiri Özetleri Kitabı: 30-33.
- Özkan, G., 2003. Türkiye’de Afet Yönetiminin Problemleri 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi 27 Ocak 2003 Pülümür Depremi ve 01 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Deneyimleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özkan, H., 2006. Enjeksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları, DSİ Yayınları, Ankara, 234.
- Melegari, C. and Garassino A. L., 1997. Seminar on Jet Grouting, CI-Premier Pte. Ltd., Singapore.
- Özocak, A. and Tapan, M., 2014. Siltlerin Boşluk Boyutu Dağılımı ve Radyal Konsolidasyon Özelliğinin Sıvılaşma Potansiyeline Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 29, 1, 35-47.

- Özsoy, B. ve Durgunoğlu, H. T., 2003. Sıvılaşma Etkilerinin Yüksek Kayma Modüllü Zemin-Çimento Karışımı Kolonlarla Azaltılması, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mayıs, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 1-9.
- Sağlamer, A. and Düzceer, R., 2004. Kazık Yükleme Deneyleri ile Kazık Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem, 10th Turkish Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering, September, İstanbul Technical University, İstanbul, Turkey.
- Schultz, J.M. and Jafroudi S., 2014. Mitigation of Seismic Hazards Vulnerability by Jet Grouting to Encase Existing Piles, Geo-Congress 2014 Technical Papers, GSP 234, ASCE, 3754-3767.
- Seed, H. B. and Idriss, I. M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Div., ASCE, 97, 9, 1249-1273.
- Seed, H. B., Arango, I., and Chan, C. K., 1975. Evaluation of Soil Liquefaction Potential During Earthquakes. Report No. EERC 75-28, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, CA
- Seed, H.B., 1976. Evaluation of Soil Liquefaction Effects On Level Ground During Earthquakes, ASCE National Convention on Liquefaction Problems in Engineering, P.A., 27-52.
- Seed, H.B. and Idriss, I.M., 1982. Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute, University of California, Berkeley.
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F. and Chung, R., 1985. Influence of Spt Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111, 12, 1425-1445.
- Seed, H. B., Cetin, K. O., Moss, R. E. S., Kammerer, A. M., Wu, J., Pestana, J.M., Riemer, M. F., Sancio, R. B., Bray, J. D., Kayen, R. E. and Faris, A., 2003. Recent Advances in Soil Liquefaction Engineering: A Unified and Consistent Framework, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, April 30, Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, California.
- Sims, J. D., and Garvin, C. D., 1995. Recurrent Liquefaction Induced by the 1989 Loma Prietaearthquake and 1990 and 1991 Aftershocks: Implications for Paleoseismicity Studies, Bulletin of the Seismological Society of America, 85, 51–65.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E., 2009. Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 280.

- Siyahi, B.G. ve Anagün, A.S., 1998. Sismik Sıvılaşma Potansiyelinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, Ekim, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 552-561.
- Skempton, A. W., 1986. Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation, Geotechnique, 36, 3, 425-447.
- Şeflek, N. ve Çetin H., 2012. Ceyhunkent Konutları (Ceyhan/Adana) İnşa Sahasının Jet Grout Yöntemi ile Islahı, Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27, 2, 27-37.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip Faulting Andrelated Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation, Edited by K.T. Biddle and N. Christie-Blick, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 37, 27-264.
- Şişman, E., 2006. Fethiye Yerleşim Alanındaki Zeminlerin SPT ve Kayma Dalga Hızı Verileri ile Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B., 1968. Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Ed. John Wiley, New York, 592.
- Toğrol, E., 1998. Jet-Grout Kolonların Yapımında Kalite Denetimi, ZMTM 7. Ulusal Kongresi, Ekim, Yıldız Üniversitesi, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 393-402.
- Tokimatsu, K. and Yoshimine, Y., 1983. Empirical Correlation for Soil Liquefaction Based on SPT-N Values and Fines Content, Soils and Foundations, 23, 4, 56-74.
- Tokimatsu, K., 1988. Penetration Tests for Dynamic Problems: Proc 1st International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, March, Orlando, 1, Bildiriler Kitabı: 117-136.
- Tonaroğlu, M., 2006. Sıvılaşmanın Nümerik Yöntemlerle Modellenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tonaroğlu, M. ve Dikmen, S.Ü., 2011. Silt Ara Tabakalı Kum Zeminlerin Sismik Davranışı, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma, 29, 3, 261-271.
- Toprak, S. ve Jinguuji, M., 2007. Sıvılaşma Tahmini İçin Yeni Bir Test: Vibrasyon Penetrasyon Testi (VPT), Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 483-494.
- Tosun, H., Seyrek E., Orhan A., Savaş, H. and Türköz, M., 2011. Soil Liquefaction Potential in Eskişehir, NW Turkey, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 1071-1082.

- Ural, N. ve Gündüz, Z., 2007. Zeminlerde Sıvılaşma ve Taşıma Gücü Kayıpları, International Earthquake Symposium, Ekim, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Bildiriler Kitabı: 506-509.
- Vaid, Y. P. and Chern, J. C., 1985. Cyclic and Monotonic Undrained Response of Saturated Sands, Advances in the Art of Testing Soils Under Cyclic Conditions, ASCE Annual Convention, Detroit, Mich., 120-147.
- Wang, J. G. Z. Q. and Law, K. T., 1994. Siting in Earthquake Zones, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 70-89.
- Wang, Z. F., Shen, S. L., Ho, C. E. and Kim, Y. H, 2013. Jet Grouting Practice: an Overview, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 44, 4, 88-96.
- Watt, F., 1993. Depremler ve Yanardağlar, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Çev.Yurtsever, A., Ankara, 32.
- Whitman, R.V., 1971. Resistance of Soil to Liquefaction and Settlement, Soils and Foundations, 11, 4, 59-68.
- Xanthakos, P.P., Abramson L.W. and Bruce D.A., 1994. Ground Control and Improvement, John Wiley, New York, 936.
- Yeats, R. S., Sieh, K., and Allen, C. R., 1997. The Geology of Earthquakes, Oxford Üniversitesi, New York, 576.
- Yılmaz, D., Babuçcu, F., Batmaz, S. ve Kavruk, F., 2008. Liquefaction Analysis and Soil Improvement in Beydag Dam, Geotechnical and Geological Engineering, 26, 211-224.
- Yoshimine, Y., 1967. An Experimental Study of Liquefaction of Saturated Sands, Soils and Foundations, 7, 2, 20-32.
- Youd, T. L., 1984. Geological Effects- Liquefaction and Associated Ground Failure, Geological and Hydrogeological Hazards Training Program, United States Geological Survey Open-File Report, 87, 76, 210-232.
- Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Liam Finn, W. D., Harder, L. F., Jr., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Laio, S. S. C., Marcuson, W. F., III, Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B. and Stokoe, K. H., 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 Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 127, 10, 817-833.

Zarif, H., Özçep, F. ve Özyalın, Ş., 2005. Zeminlerin Sıvılaşması Bazlı Mikrobölgeleme: Yalova Örneği, Deprem Sempozyumu, Mart, Kocaeli, Bildiriler Kitabı, 1130-1139.

URL-1, http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/FJ_18_Depremler.pdf 22 Ocak 2016

URL-2, <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841> 25 Haziran 2015

URL-3, <http://web.itu.edu.tr/~eedmi/Van2011Eq/> 01 Temmuz 2015

URL-4, <https://walrus.wr.usgs.gov/geotech/soil/fig23.html> 14 Ağustos 2015

URL-5, <http://www.atacanute.com/2015/11/jet-grout-kalite-kontrol.html> 25 Mart 2016



6. EKLER

Ek 1. İnceleme Alanına ait sondaj logları

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <small>Dr. K. Dudaşbileç & Associates, Geotechnical Consultants</small>		SONDAJ LOGU										1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası		Sondaj No: S-1								Başl. Tarihi: 18.01.2007		
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun		Sondajı Yapan: Cahit TEKİN								Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan		
Zemin Kotu: 0.00 m		Sondajı Yapan: Cahit TEKİN								Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan		
NUMUNE VE DENEYLER										KUYU KESİTİ		
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0									0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90
1												
2	SPT1	8	9	10								
			N30 =	19								
3	SPT2	9	10	10				3.00			Orta sıkı,kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavkılı KUM	
			N30 =	20								
4												
5	SPT3	10	12	14								
			N30 =	26								
6	SPT4	12	16	18								
			N30 =	34								
7									7.00			-7.00
8	SPT5	12	16	18								
			N30 =	34								
9	SPT6	13	11	15								
			N30 =	26								
10												
11	SPT7	8	10	13							Orta sıkı haki gri renkli, ince taneli az kavkılı KUM	
			N30 =	23								
12	SPT8	6	14	18								
			N30 =	32								
13												
14	SPT9	10	13	16								
			N30 =	29								
15	SPT10	15	12	15								
			N30 =	27								
16												
17	SPT11	12	13	16								
			N30 =	29								
18	SPT12	12	16	19								
			N30 =	35								
19												
20	SPT13	11	17	21					20.00		SONDAJ SONU	-20.00
			N30 =	38								

UD: Örselememiş numune
D: Temsili numune
K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 3.00m ölçülmüştür

Ek Şekil 1. Sondaj Logu 1

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadarbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>		SONDAJ LOGU						1/1				
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası		Sondaj No: S-2				Başl. Tarihi: 18.01.2007						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun		Bitiş Tarihi: 18.01.2007				Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
Zemin Kotu: 0.00 m		Sondajı Yapan: Cahit TEKİN										
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0									0.90	DOLGU ZEMİN	-0,90	
1												
2	SPT1	10	9	13								
			N30 =	22								
3	SPT2	9	13	18				2.85				
			N30 =	31								
4	SPT3	11	14	12								
			N30 =	26								
5	SPT4	8	11	14								
			N30 =	25								
6	SPT5	9	13	15								
			N30 =	28								
7	SPT6	7	12	20								
			N30 =	32								
8	SPT7	12	15	17					8.00		-8,00	
			N30 =	32								
9	SPT8	18	17	27								
			N30 =	44								
10	SPT9	13	12	14								
			N30 =	26								
11	SPT10	15	13	21								
			N30 =	34								
12	SPT11	14	18	15								
			N30 =	33								
13	SPT12	15	17	21								
			N30 =	38								
14	SPT13	17	19	22								
			N30 =	41								
15												
16												
17												
18												
19												
20									20.00	SONDAJ SONU	-20,00	

UD: Örselenmemiş numune
D: Temsili numune
K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 2.85m ölçülmüştür

Ek Şekil 2. Sondaj Logu 2

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-3						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 17.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 17.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0,90	
1												
2	SPT1	7	9	12								
			N30 =	21								
3	SPT2	9	11	12								
			N30 =	23								
4	SPT3	10	12	15			4.00					
			N30 =	27						Orta sıkı-sıkı, kahve-bej renkli, ince-orta taneli, kavkılı KUM		
5	SPT4	14	17	22								
			N30 =	39								
6	SPT5	7	10	12								
			N30 =	22				8.00			-8,00	
7	SPT6	8	7	8								
			N30 =	15								
8	SPT7	5	6	9								
			N30 =	15								
9	SPT8	7	9	11								
			N30 =	20								
10	SPT9	6	8	13								
			N30 =	21								
11	SPT10	7	9	12								
			N30 =	21								
12	SPT11	8	10	12								
			N30 =	22								
13	SPT12	10	13	12								
			N30 =	25								
14	SPT13	11	13	18								
			N30 =	31				20.00				
15												
16												
17												
18												
19												
20										SONDAJ SONU	-20,00	

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 4.00m ölçülmüştür

Ek Şekil 3. Sondaj Logu 3

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-4						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 17.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 17.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90	
1												
2	SPT1	8	11 N30 =	13 24								
3	SPT2	9	12 N30 =	13 25			3.00					
4										Orta sıkı,kahve-bej renkli,ince-orta taneli,kavkılı KUM		
5	SPT3	12	13 N30 =	14 27								
6	SPT4	10	11 N30 =	12 23								
7								7.00			-7.00	
8	SPT5	10	14 N30 =	19 33								
9	SPT6	6	7 N30 =	8 15								
10												
11	SPT7	6	7 N30 =	8 15								
12	SPT8	9	10 N30 =	14 24								
13												
14	SPT9	10	11 N30 =	17 28						Orta sıkı-sıkı,haki gri renkli,ince taneli, az kavkılı KUM		
15	SPT10	8	10 N30 =	12 22								
16												
17	SPT11	7	8 N30 =	11 19								
18	SPT12	11	13 N30 =	14 27								
19												
20	SPT13	5	6 N30 =	7 13				20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune
D: Temsili numune
K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 3.00m ölçülmüştür

Ek Şekil 4. Sondaj Logu 4

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-5						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 14.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 14.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.80		DOLGU ZEMİN	-0.80	
1												
2	SPT1	7	8	10				1.85				
			N30 =	18								
3	SPT2	6	9	11								
			N30 =	20								
4	SPT3	5	8	9						Orta sıkı,kahve-bej renkli,ince-orta taneli,kavkılı KUM		
			N30 =	17								
5	SPT4	6	9	10				6.00				
			N30 =	19							-6.00	
6	SPT5	4	5	6								
			N30 =	11								
7	SPT6	8	9	11								
			N30 =	20						Orta sıkı,haki gri renkli,ince taneli,az kavkılı KUM		
8	SPT7	11	11	11								
			N30 =	22								
9	SPT8	12	14	13								
			N30 =	27								
10	SPT9	12	13	15								
			N30 =	28								
11	SPT10	12	10	18								
			N30 =	28								
12	SPT11	15	13	18								
			N30 =	31								
13	SPT12	16	17	17								
			N30 =	34						sıkı,haki gri renkli,ince taneli,az kavkılı KUM		
14	SPT13	14	13	20								
			N30 =	33								
15								17.00				
16												
17												
18												
19												
20								20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune
D: Temsili numune
K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 1.85m ölçülmüştür

Ek Şekil 5. Sondaj Logu 5

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-6						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 14.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 14.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0									0.90		DOLGU ZEMİN	-0,90
1												
2	SPT1	9	8	11				1.40				
			N30 =	19								
3	SPT2	8	11	16							Orta sıkı, kahve-bej renkli, ince-orta taneli, kavkılı KUM	
			N30 =	27								
4	SPT3	9	11	17								
			N30 =	28								
5	SPT4	10	13	19								
			N30 =	32								
6	SPT5	7	10	12								
			N30 =	22								
7	SPT6	9	11	13								
			N30 =	24								
8	SPT7	10	13	15								
			N30 =	28								
9	SPT8	11	13	14								
			N30 =	27								
10	SPT9	13	14	13								
			N30 =	27								
11	SPT10	12	13	13								
			N30 =	26								
12	SPT11	11	12	15								
			N30 =	27								
13	SPT12	11	12	14								
			N30 =	26								
14	SPT13	17	18	21								
			N30 =	39								
15												
16												
17												
18												
19												
20									19.00			-19,00
									20.00		Sıkı, haki gri renkli, ince taneli, az kavkılı KUM	-20,00
											SONDAJ SONU	

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR: Yeraltısuyu 1.40m ölçülmüştür

Ek Şekil 6. Sondaj Logu 6

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-7						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 15.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 15.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90	
1												
2	SPT1	7	10	12								
			N30 =	22								
3	SPT2	8	12	13								
			N30 =	25						Orta sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavrılı KUM		
4	SPT3	8	11	15								
			N30 =	26								
5	SPT4	7	11	12								
			N30 =	23								
6	SPT5	7	9	11								
			N30 =	20								
7	SPT6	6	8	10								
			N30 =	18								
8	SPT7	9	10	12								
			N30 =	22								
9	SPT8	11	12	14								
			N30 =	26								
10	SPT9	12	13	14								
			N30 =	27						Orta sıkı,haki gri renkli,ince taneli, kavrılı KUM		
11	SPT10	7	5	9								
			N30 =	14								
12	SPT11	9	10	11								
			N30 =	21								
13	SPT12	10	12	15								
			N30 =	27								
14	SPT13	12	13	18								
			N30 =	31								
15												
16												
17												
18												
19												
20								20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 7. Sondaj Logu 7

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dardaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-8						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 15.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 15.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90	
1												
2	SPT1	9	11 N30 =	14 25								
3	SPT2	9	13 N30 =	18 31								
4	SPT3	9	13 N30 =	18 31						Orta sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavkılı KUM		
5												
6	SPT4	10	12 N30 =	15 27								
7												
8	SPT5	8	9 N30 =	13 22								
9												
10	SPT6	6	7 N30 =	11 18								
11	SPT7	5	13 N30 =	21 34				11.00			-11.00	
12	SPT8	15	18 N30 =	23 41						Sıkı,haki gri renkli,ince taneli kavkılı KUM		
13												
14	SPT9	13	25 N30 =	50/5 REFU				14.00			-14.00	
15	SPT10	10	11 N30 =	13 24								
16												
17	SPT11	6	7 N30 =	9 16						Orta sıkı,haki gri renkli,ince taneli az kavkılı KUM		
18	SPT12	12	14 N30 =	17 31								
19												
20	SPT13	10	13 N30 =	19 32				20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 8. Sondaj Logu 8

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-9						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 13.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 13.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0												
1								1.20		DOLGU ZEMİN		-1,20
2	SPT1	11	14 N30 =	21 35								
3	SPT2	11	15 N30 =	21 36						Orta sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavkılı KUM		
4	SPT3	9	12 N30 =	15 27								
5	SPT4	10	14 N30 =	17 31				6.50				-6,50
6	SPT5	12	16 N30 =	18 34								
7	SPT6	4	7 N30 =	10 17								
8	SPT7	8	12 N30 =	17 29								
9	SPT8	15	22 N30 =	26 48								
10	SPT9	10	12 N30 =	16 28								
11	SPT10	7	8 N30 =	10 18						Orta sıkı-sıkıhaki gri renkli,ince-orta taneli az kavkılı KUM		
12	SPT11	11	13 N30 =	18 31								
13	SPT12	9	11 N30 =	19 30								
14	SPT13	11	16 N30 =	25 41				20.00				
15												
16												
17												
18												
19												
20										SONDAJ SONU		-20,00

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 9. Sondaj Logu 9

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU			1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-10							
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 12.01.2007							
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 12.01.2007							
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan							
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ						
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)	
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)						
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90		
1													
2	SPT1	7	11 N30 =	17 28									
3	SPT2	9	12 N30 =	18 30						Orta sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavrılı KUM			
4													
5	SPT3	7	14 N30 =	19 33									
6	SPT4	6	11 N30 =	15 26									
7								7.00			-7.00		
8	SPT5	7	9 N30 =	12 21									
9	SPT6	8	11 N30 =	16 27									
10													
11	SPT7	7	11 N30 =	18 29									
12	SPT8	11	14 N30 =	17 31									
13													
14	SPT9	12	20 N30 =	27 47									
15	SPT10	10	11 N30 =	13 24									
16										Orta sıkı-sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavrılı KUM			
17	SPT11	11	12 N30 =	16 28									
18	SPT11	12	14 N30 =	17 31									
19													
20	SPT12	10	15 N30 =	21 36				20.00		SONDAJ SONU	-20.00		

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 10. Sondaj Logu 10

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-11						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 12.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 12.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0								0.90		DOLGU ZEMİN	-0.90	
1												
2	SPT1	12	15 N30 =	22 37								
3												
4	SPT2	10	17 N30 =	21 38						Sıki, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavrılı KUM		
5												
6	SPT3	12	15 N30 =	19 34								
7								7.00			-7.00	
8	SPT4	12	20 N30 =	24 44								
9												
10	SPT5	7	9 N30 =	14 23								
11												
12	SPT6	6	7 N30 =	19 26								
13												
14	SPT7	10	13 N30 =	18 31								
15												
16	SPT8	17	34 N30 =	50 84						Orta sıkı-sıkı, haki gri renkli,ince taneli az kavrılı KUM		
17												
18	SPT9	14	17 N30 =	19 36								
19												
20	SPT10	10	7 N30 =	8 15								
	SPT11	9	11 N30 =	13 24								
	SPT12	12	14 N30 =	20 34								
	SPT13	13	18 N30 =	24 42				20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune

D: Temsili numune

K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 11. Sondaj Logu 11

Ek 1'in devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <i>Dr. K. Dadaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</i>										SONDAJ LOGU		1/1
İşin adı: TOTAL OIL Samsun Akaryakıt Terminali Yeni Tank Sahası						Sondaj No: S-12						
İşin Yeri: Tekkeköy-Samsun						Başl. Tarihi: 16.01.2007						
Zemin Kotu: 0.00 m						Bitiş Tarihi: 16.01.2007						
Sondajı Yapan: Cahit TEKİN						Sondajı kontrol eden ve tutanak hazırlayan: G. Borahan						
NUMUNE VE DENEYLER							KUYU KESİTİ					
DERİNLİK (m)	NUMUNE	SPT Darbe/15			KAROTLU SONDAJ			YASS (m)	Derinlik (m)	LEJAND	ZEMİN TANIMI	KOT (m)
		0-15	15-30	30-45	TCR(%)	RQD(%)	SCR(%)					
0										DOLGU ZEMİN		
1								1.00			-1.00	
2	SPT1	9	13 N30 =	21 34								
3	SPT2	11	15 N30 =	23 38								
4	SPT3	10	13 N30 =	16 29						Sıkı, kahve-bej renkli,ince-orta taneli kavrılı KUM		
5	SPT4	12	18 N30 =	23 41								
6	SPT5	9	11 N30 =	15 26								
7	SPT6	9	8 N30 =	16 24				7.00			-7.00	
8	SPT7	10	11 N30 =	14 25								
9	SPT8	9	13 N30 =	19 32								
10	SPT9	11	15 N30 =	18 33								
11	SPT10	8	10 N30 =	13 23								
12	SPT11	9	10 N30 =	14 24								
13	SPT12	11	14 N30 =	18 32								
14	SPT13	14	17 N30 =	21 38								
15												
16												
17												
18												
19												
20								20.00		SONDAJ SONU	-20.00	

UD: Örselenmemiş numune
D: Temsili numune
K: Karot

NOTLAR:

Ek Şekil 12. Sondaj Logu 12

Ek 2. Analizlere Ait Hesap Tabloları

Ek Tablo 1. $M_w=7,2$ ve $a_{maks}=0.428$ g için emniyet faktörünün belirlenmesi

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 1	1,50	3,00	27	27	19,08	0,28	0,20	0,81
	3,00	3,00	54	54	17,15	0,28	0,18	0,73
	4,50	3,00	84	69	20,95	0,33	0,23	0,75
	6,00	3,00	114	84	26,29	0,37	0,32	0,96
	7,50	3,00	144	99	21,37	0,39	0,23	0,67
	9,00	3,00	174	114	17,26	0,40	0,18	0,51
	10,50	3,00	204	129	15,95	0,40	0,17	0,47
	12,00	3,00	234	144	21,00	0,39	0,23	0,64
	13,50	3,00	264	159	18,11	0,38	0,19	0,56
	15,00	3,00	294	174	16,12	0,36	0,17	0,52
	16,50	3,00	324	189	16,61	0,35	0,18	0,57
18,00	3,00	354	204	18,72	0,33	0,20	0,68	
19,50	3,00	384	219	19,42	0,31	0,21	0,74	
Sondaj Kuyusu 2	1,50	2,85	27	27	22,09	0,28	0,24	0,96
	3,00	2,85	54,3	52,8	26,88	0,29	0,33	1,30
	4,50	2,85	84,3	67,8	21,14	0,34	0,23	0,75
	6,00	2,85	114,3	82,8	19,47	0,38	0,21	0,62
	7,50	2,85	144,3	97,8	20,07	0,39	0,22	0,61
	9,00	2,85	174,3	112,8	21,35	0,40	0,23	0,64
	10,50	2,85	204,3	127,8	22,29	0,41	0,25	0,67
	12,00	2,85	234,3	142,8	29,00	0,40	0,41	1,14
	13,50	2,85	264,3	157,8	16,30	0,39	0,17	0,50
	15,00	2,85	294,3	172,8	20,37	0,37	0,22	0,66
	16,50	2,85	324,3	187,8	18,96	0,35	0,20	0,65
18,00	2,85	354,3	202,8	20,39	0,33	0,22	0,74	
19,50	2,85	384,3	217,8	21,03	0,31	0,23	0,81	
Sondaj Kuyusu 3	1,50	4,00	27	27	21,09	0,28	0,23	0,91
	3,00	4,00	54	54	19,72	0,28	0,21	0,85
	4,50	4,00	82	77	20,60	0,29	0,22	0,85
	6,00	4,00	112	92	28,82	0,33	0,40	1,35
	7,50	4,00	142	107	15,07	0,36	0,16	0,50
	9,00	4,00	172	122	9,63	0,37	0,11	0,33
	10,50	4,00	202	137	10,09	0,37	0,11	0,34
	12,00	4,00	232	152	12,77	0,37	0,14	0,41
	13,50	4,00	262	167	12,80	0,36	0,14	0,43
	15,00	4,00	292	182	12,26	0,35	0,13	0,43
	16,50	4,00	322	197	12,34	0,33	0,13	0,45
18,00	4,00	352	212	13,05	0,31	0,14	0,50	
19,50	4,00	382	227	15,48	0,30	0,16	0,61	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 1'in devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düsey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düsey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 4	1,50	3,00	27	27	24,10	0,28	0,28	1,09
	3,00	3,00	54	54	21,43	0,28	0,23	0,93
	4,50	3,00	84	69	21,76	0,33	0,24	0,79
	6,00	3,00	114	84	17,79	0,37	0,19	0,57
	7,50	3,00	144	99	23,51	0,39	0,27	0,76
	9,00	3,00	174	114	9,96	0,40	0,11	0,31
	10,50	3,00	204	129	10,40	0,40	0,12	0,32
	12,00	3,00	234	144	15,75	0,39	0,17	0,47
	13,50	3,00	264	159	17,49	0,38	0,19	0,54
	15,00	3,00	294	174	13,13	0,36	0,14	0,43
	16,50	3,00	324	189	10,88	0,35	0,12	0,39
	18,00	3,00	354	204	14,44	0,33	0,15	0,52
19,50	3,00	384	219	6,64	0,31	0,08	0,30	
Sondaj Kuyusu 5	1,50	1,85	27	27	18,07	0,28	0,19	0,76
	3,00	1,85	56,3	44,8	18,82	0,35	0,20	0,64
	4,50	1,85	86,3	59,8	14,72	0,40	0,16	0,44
	6,00	1,85	116,3	74,8	15,57	0,42	0,17	0,44
	7,50	1,85	146,3	89,8	8,23	0,44	0,10	0,25
	9,00	1,85	176,3	104,8	13,85	0,44	0,15	0,37
	10,50	1,85	206,3	119,8	15,83	0,44	0,17	0,43
	12,00	1,85	236,3	134,8	18,31	0,43	0,20	0,51
	13,50	1,85	266,3	149,8	18,02	0,41	0,19	0,52
	15,00	1,85	296,3	164,8	17,18	0,39	0,18	0,52
	16,50	1,85	326,3	179,8	18,21	0,37	0,19	0,59
	18,00	1,85	356,3	194,8	19,18	0,35	0,21	0,66
19,50	1,85	386,3	209,8	17,34	0,33	0,18	0,62	
Sondaj Kuyusu 6	1,50	1,40	27,2	26,2	19,08	0,29	0,20	0,78
	3,00	1,40	57,2	41,2	26,50	0,39	0,33	0,94
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,00	0,43	0,29	0,76
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,88	0,45	0,34	0,83
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,46	0,18	0,43
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,46	0,18	0,44
	10,50	1,40	207,2	116,2	20,46	0,45	0,22	0,54
	12,00	1,40	237,2	131,2	18,56	0,44	0,20	0,50
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,42	0,19	0,49
	15,00	1,40	297,2	161,2	16,13	0,40	0,17	0,48
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,02	0,37	0,17	0,50
	18,00	1,40	357,2	191,2	14,81	0,35	0,16	0,50
	19,50	1,40	387,2	206,2	20,71	0,34	0,22	0,74

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 1'in devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 7	1,50	1,40	27,2	26,2	22,09	0,29	0,24	0,93
	3,00	1,40	57,2	41,2	24,54	0,39	0,28	0,81
	4,50	1,40	87,2	56,2	23,22	0,43	0,26	0,68
	6,00	1,40	117,2	71,2	19,32	0,45	0,21	0,51
	7,50	1,40	147,2	86,2	15,27	0,46	0,16	0,40
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,46	0,14	0,33
	10,50	1,40	207,2	116,2	16,07	0,45	0,17	0,42
	12,00	1,40	237,2	131,2	17,88	0,44	0,19	0,48
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,42	0,19	0,49
	15,00	1,40	297,2	161,2	8,68	0,40	0,10	0,28
	16,50	1,40	327,2	176,2	12,46	0,37	0,14	0,40
	18,00	1,40	357,2	191,2	15,38	0,35	0,16	0,51
19,50	1,40	387,2	206,2	16,46	0,34	0,18	0,58	
Sondaj Kuyusu 8	1,50	1,40	27,2	26,2	25,10	0,29	0,29	1,12
	3,00	1,40	57,2	41,2	30,43	0,39	0,50	1,44
	4,50	1,40	87,2	56,2	27,68	0,43	0,36	0,93
	6,00	1,40	117,2	71,2	22,68	0,45	0,25	0,63
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,46	0,18	0,43
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,46	0,14	0,33
	10,50	1,40	207,2	116,2	24,84	0,45	0,29	0,71
	12,00	1,40	237,2	131,2	28,19	0,44	0,38	0,95
	13,50	1,40	267,2	146,2	32,56	0,42	0,93	2,46
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,40	0,16	0,44
	16,50	1,40	327,2	176,2	9,49	0,37	0,11	0,32
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,35	0,19	0,59
19,50	1,40	387,2	206,2	17,00	0,34	0,18	0,60	
Sondaj Kuyusu 9	1,50	1,40	27,2	26,2	35,14	0,29	-0,62	-2,36
	3,00	1,40	57,2	41,2	35,33	0,39	-0,49	-1,42
	4,50	1,40	87,2	56,2	24,11	0,43	0,28	0,72
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,04	0,45	0,31	0,78
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,08	0,46	0,20	0,50
	9,00	1,40	177,2	101,2	11,98	0,46	0,13	0,32
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,45	0,23	0,57
	12,00	1,40	237,2	131,2	33,00	0,44	1,24	3,13
	13,50	1,40	267,2	146,2	18,24	0,42	0,19	0,51
	15,00	1,40	297,2	161,2	11,16	0,40	0,12	0,34
	16,50	1,40	327,2	176,2	18,39	0,37	0,20	0,58
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,09	0,35	0,18	0,57
19,50	1,40	387,2	206,2	21,78	0,34	0,24	0,79	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 1'in devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 10	1,50	1,40	27,2	26,2	28,11	0,29	0,37	1,42
	3,00	1,40	57,2	41,2	29,45	0,39	0,43	1,25
	4,50	1,40	87,2	56,2	29,47	0,43	0,43	1,13
	6,00	1,40	117,2	71,2	21,84	0,45	0,24	0,59
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,03	0,46	0,17	0,41
	9,00	1,40	177,2	101,2	19,02	0,46	0,20	0,49
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,45	0,23	0,57
	12,00	1,40	237,2	131,2	21,31	0,44	0,23	0,59
	13,50	1,40	267,2	146,2	30,61	0,42	0,52	1,37
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,40	0,16	0,44
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,61	0,37	0,18	0,52
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,35	0,19	0,59
19,50	1,40	387,2	206,2	19,12	0,34	0,20	0,68	
Sondaj Kuyusu 11	1,50	1,40	27,2	26,2	37,15	0,29	-0,05	-0,18
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,39	-0,03	-0,09
	4,50	1,40	87,2	56,2	30,36	0,43	0,49	1,29
	6,00	1,40	117,2	71,2	36,96	0,45	-0,07	-0,17
	7,50	1,40	147,2	86,2	17,56	0,46	0,19	0,45
	9,00	1,40	177,2	101,2	18,32	0,46	0,20	0,47
	10,50	1,40	207,2	116,2	22,65	0,45	0,25	0,62
	12,00	1,40	237,2	131,2	57,75	0,44	0,38	0,96
	13,50	1,40	267,2	146,2	23,45	0,42	0,26	0,70
	15,00	1,40	297,2	161,2	9,30	0,40	0,11	0,30
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,37	0,15	0,45
	18,00	1,40	357,2	191,2	19,36	0,35	0,21	0,65
19,50	1,40	387,2	206,2	22,31	0,34	0,25	0,82	
Sondaj Kuyusu 12	1,50	1,40	27,2	26,2	34,14	0,29	-6,99	-26,60
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,39	-0,03	-0,09
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,89	0,43	0,31	0,81
	6,00	1,40	117,2	71,2	34,44	0,45	-2,03	-5,05
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,85	0,46	0,21	0,52
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,46	0,18	0,44
	10,50	1,40	207,2	116,2	18,26	0,45	0,19	0,48
	12,00	1,40	237,2	131,2	22,00	0,44	0,24	0,61
	13,50	1,40	267,2	146,2	21,49	0,42	0,23	0,62
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,27	0,40	0,15	0,43
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,37	0,15	0,45
	18,00	1,40	357,2	191,2	18,22	0,35	0,19	0,61
19,50	1,40	387,2	206,2	20,18	0,34	0,22	0,72	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 2. $M_w=7,0$ ve $a_{maks}=0.363$ g için güvenlik faktörünün belirlenmesi

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 1	1,50	3,00	27	27	19,08	0,24	0,20	1,02
	3,00	3,00	54	54	17,15	0,24	0,18	0,92
	4,50	3,00	84	69	20,95	0,28	0,23	0,96
	6,00	3,00	114	84	26,29	0,31	0,32	1,22
	7,50	3,00	144	99	21,37	0,33	0,23	0,84
	9,00	3,00	174	114	17,26	0,34	0,18	0,65
	10,50	3,00	204	129	15,95	0,34	0,17	0,60
	12,00	3,00	234	144	21,00	0,33	0,23	0,81
	13,50	3,00	264	159	18,11	0,32	0,19	0,71
	15,00	3,00	294	174	16,12	0,31	0,17	0,66
	16,50	3,00	324	189	16,61	0,29	0,18	0,72
	18,00	3,00	354	204	18,72	0,28	0,20	0,86
19,50	3,00	384	219	19,42	0,27	0,21	0,94	
Sondaj Kuyusu 2	1,50	2,85	27	27	22,09	0,24	0,24	1,22
	3,00	2,85	54,3	52,8	26,88	0,24	0,33	1,65
	4,50	2,85	84,3	67,8	21,14	0,29	0,23	0,95
	6,00	2,85	114,3	82,8	19,47	0,32	0,21	0,78
	7,50	2,85	144,3	97,8	20,07	0,33	0,22	0,77
	9,00	2,85	174,3	112,8	21,35	0,34	0,23	0,81
	10,50	2,85	204,3	127,8	22,29	0,34	0,25	0,85
	12,00	2,85	234,3	142,8	29,00	0,34	0,41	1,45
	13,50	2,85	264,3	157,8	16,30	0,33	0,17	0,63
	15,00	2,85	294,3	172,8	20,37	0,31	0,22	0,84
	16,50	2,85	324,3	187,8	18,96	0,30	0,20	0,82
	18,00	2,85	354,3	202,8	20,39	0,28	0,22	0,94
19,50	2,85	384,3	217,8	21,03	0,27	0,23	1,02	
Sondaj Kuyusu 3	1,50	4,00	27	27	21,09	0,24	0,23	1,15
	3,00	4,00	54	54	19,72	0,24	0,21	1,07
	4,50	4,00	82	77	20,60	0,25	0,22	1,07
	6,00	4,00	112	92	28,82	0,28	0,40	1,71
	7,50	4,00	142	107	15,07	0,30	0,16	0,64
	9,00	4,00	172	122	9,63	0,31	0,11	0,42
	10,50	4,00	202	137	10,09	0,32	0,11	0,43
	12,00	4,00	232	152	12,77	0,31	0,14	0,53
	13,50	4,00	262	167	12,80	0,31	0,14	0,54
	15,00	4,00	292	182	12,26	0,29	0,13	0,54
	16,50	4,00	322	197	12,34	0,28	0,13	0,57
	18,00	4,00	352	212	13,05	0,27	0,14	0,63
19,50	4,00	382	227	15,48	0,25	0,16	0,77	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 2'nin devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 4	1,50	3,00	27	27	24,10	0,24	0,28	1,38
	3,00	3,00	54	54	21,43	0,24	0,23	1,19
	4,50	3,00	84	69	21,76	0,28	0,24	1,00
	6,00	3,00	114	84	17,79	0,31	0,19	0,72
	7,50	3,00	144	99	23,51	0,33	0,27	0,96
	9,00	3,00	174	114	9,96	0,34	0,11	0,40
	10,50	3,00	204	129	10,40	0,34	0,12	0,41
	12,00	3,00	234	144	15,75	0,33	0,17	0,60
	13,50	3,00	264	159	17,49	0,32	0,19	0,69
	15,00	3,00	294	174	13,13	0,31	0,14	0,55
	16,50	3,00	324	189	10,88	0,29	0,12	0,49
	18,00	3,00	354	204	14,44	0,28	0,15	0,66
19,50	3,00	384	219	6,64	0,27	0,08	0,38	
Sondaj Kuyusu 5	1,50	1,85	27	27	18,07	0,24	0,19	0,97
	3,00	1,85	23	11,5	21,42	0,47	0,23	0,59
	4,50	1,85	53	26,5	19,34	0,47	0,21	0,53
	6,00	1,85	83	41,5	20,90	0,46	0,23	0,59
	7,50	1,85	113	56,5	10,37	0,45	0,12	0,31
	9,00	1,85	143	71,5	16,76	0,44	0,18	0,48
	10,50	1,85	173	86,5	18,63	0,43	0,20	0,55
	12,00	1,85	203	101,5	21,10	0,41	0,23	0,67
	13,50	1,85	233	116,5	20,43	0,39	0,22	0,68
	15,00	1,85	263	131,5	19,23	0,37	0,21	0,67
	16,50	1,85	293	146,5	20,17	0,34	0,22	0,76
	18,00	1,85	323	161,5	21,07	0,32	0,23	0,85
19,50	1,85	353	176,5	19,56	0,30	0,21	0,83	
Sondaj Kuyusu 6	1,50	1,40	27,2	26,2	19,08	0,25	0,20	0,99
	3,00	1,40	57,2	41,2	26,50	0,33	0,33	1,19
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,00	0,36	0,29	0,96
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,88	0,38	0,34	1,06
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,39	0,18	0,55
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,39	0,18	0,55
	10,50	1,40	207,2	116,2	20,46	0,38	0,22	0,69
	12,00	1,40	237,2	131,2	18,56	0,37	0,20	0,64
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,36	0,19	0,63
	15,00	1,40	297,2	161,2	16,13	0,34	0,17	0,61
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,02	0,32	0,17	0,64
	18,00	1,40	357,2	191,2	14,81	0,30	0,16	0,63
19,50	1,40	387,2	206,2	20,71	0,28	0,22	0,94	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 2'nin devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 7	1,50	1,40	27,2	26,2	22,09	0,25	0,24	1,17
	3,00	1,40	57,2	41,2	24,54	0,33	0,28	1,03
	4,50	1,40	87,2	56,2	23,22	0,36	0,26	0,86
	6,00	1,40	117,2	71,2	19,32	0,38	0,21	0,65
	7,50	1,40	147,2	86,2	15,27	0,39	0,16	0,50
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,39	0,14	0,42
	10,50	1,40	207,2	116,2	16,07	0,38	0,17	0,53
	12,00	1,40	237,2	131,2	17,88	0,37	0,19	0,61
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,36	0,19	0,63
	15,00	1,40	297,2	161,2	8,68	0,34	0,10	0,36
	16,50	1,40	327,2	176,2	12,46	0,32	0,14	0,51
	18,00	1,40	357,2	191,2	15,38	0,30	0,16	0,65
19,50	1,40	387,2	206,2	16,46	0,28	0,18	0,74	
Sondaj Kuyusu 8	1,50	1,40	27,2	26,2	25,10	0,25	0,29	1,42
	3,00	1,40	57,2	41,2	30,43	0,33	0,50	1,83
	4,50	1,40	87,2	56,2	27,68	0,36	0,36	1,18
	6,00	1,40	117,2	71,2	22,68	0,38	0,25	0,79
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,39	0,18	0,55
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,39	0,14	0,42
	10,50	1,40	207,2	116,2	24,84	0,38	0,29	0,90
	12,00	1,40	237,2	131,2	28,19	0,37	0,38	1,21
	13,50	1,40	267,2	146,2	32,56	0,36	0,93	3,13
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,34	0,16	0,56
	16,50	1,40	327,2	176,2	9,49	0,32	0,11	0,41
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,30	0,19	0,75
19,50	1,40	387,2	206,2	17,00	0,28	0,18	0,76	
Sondaj Kuyusu 9	1,50	1,40	27,2	26,2	35,14	0,25	-0,62	-2,99
	3,00	1,40	57,2	41,2	35,33	0,33	-0,49	-1,80
	4,50	1,40	87,2	56,2	24,11	0,36	0,28	0,91
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,04	0,38	0,31	0,99
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,08	0,39	0,20	0,63
	9,00	1,40	177,2	101,2	11,98	0,39	0,13	0,40
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,38	0,23	0,72
	12,00	1,40	237,2	131,2	33,00	0,37	1,24	3,98
	13,50	1,40	267,2	146,2	18,24	0,36	0,19	0,65
	15,00	1,40	297,2	161,2	11,16	0,34	0,12	0,44
	16,50	1,40	327,2	176,2	18,39	0,32	0,20	0,74
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,09	0,30	0,18	0,72
19,50	1,40	387,2	206,2	21,78	0,28	0,24	1,00	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 2'nin devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 10	1,50	1,40	27,2	26,2	28,11	0,25	0,37	1,80
	3,00	1,40	57,2	41,2	29,45	0,33	0,43	1,58
	4,50	1,40	87,2	56,2	29,47	0,36	0,43	1,43
	6,00	1,40	117,2	71,2	21,84	0,38	0,24	0,75
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,03	0,39	0,17	0,53
	9,00	1,40	177,2	101,2	19,02	0,39	0,20	0,63
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,38	0,23	0,72
	12,00	1,40	237,2	131,2	21,31	0,37	0,23	0,75
	13,50	1,40	267,2	146,2	30,61	0,36	0,52	1,73
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,34	0,16	0,56
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,61	0,32	0,18	0,66
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,30	0,19	0,75
19,50	1,40	387,2	206,2	19,12	0,28	0,20	0,86	
Sondaj Kuyusu 11	1,50	1,40	27,2	26,2	37,15	0,25	-0,05	-0,23
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,33	-0,03	-0,12
	4,50	1,40	87,2	56,2	30,36	0,36	0,49	1,63
	6,00	1,40	117,2	71,2	36,96	0,38	-0,07	-0,22
	7,50	1,40	147,2	86,2	17,56	0,39	0,19	0,58
	9,00	1,40	177,2	101,2	18,32	0,39	0,20	0,60
	10,50	1,40	207,2	116,2	22,65	0,38	0,25	0,78
	12,00	1,40	237,2	131,2	57,75	0,37	0,38	1,22
	13,50	1,40	267,2	146,2	23,45	0,36	0,26	0,88
	15,00	1,40	297,2	161,2	9,30	0,34	0,11	0,38
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,32	0,15	0,57
	18,00	1,40	357,2	191,2	19,36	0,30	0,21	0,83
19,50	1,40	387,2	206,2	22,31	0,28	0,25	1,04	
Sondaj Kuyusu 12	1,50	1,40	27,2	26,2	34,14	0,25	-6,99	-33,76
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,33	-0,03	-0,12
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,89	0,36	0,31	1,03
	6,00	1,40	117,2	71,2	34,44	0,38	-2,03	-6,40
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,85	0,39	0,21	0,66
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,39	0,18	0,55
	10,50	1,40	207,2	116,2	18,26	0,38	0,19	0,61
	12,00	1,40	237,2	131,2	22,00	0,37	0,24	0,78
	13,50	1,40	267,2	146,2	21,49	0,36	0,23	0,79
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,27	0,34	0,15	0,54
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,32	0,15	0,57
	18,00	1,40	357,2	191,2	18,22	0,30	0,19	0,77
19,50	1,40	387,2	206,2	20,18	0,28	0,22	0,91	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 3. $M_w = 6,5$ ve $a_{maks} = 0,244$ g için güvenlik faktörünün belirlenmesi

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 1	1,50	3,00	27	27	19,08	0,16	0,20	1,84
	3,00	3,00	54	54	17,15	0,16	0,18	1,66
	4,50	3,00	84	69	20,95	0,19	0,23	1,72
	6,00	3,00	114	84	26,29	0,21	0,32	2,19
	7,50	3,00	144	99	21,37	0,22	0,23	1,51
	9,00	3,00	174	114	17,26	0,23	0,18	1,16
	10,50	3,00	204	129	15,95	0,23	0,17	1,07
	12,00	3,00	234	144	21,00	0,23	0,23	1,46
	13,50	3,00	264	159	18,11	0,22	0,19	1,28
	15,00	3,00	294	174	16,12	0,21	0,17	1,19
	16,50	3,00	324	189	16,61	0,20	0,18	1,29
	18,00	3,00	354	204	18,72	0,19	0,20	1,54
19,50	3,00	384	219	19,42	0,18	0,21	1,68	
Sondaj Kuyusu 2	1,50	2,85	27	27	22,09	0,16	0,24	2,19
	3,00	2,85	54,3	52,8	26,88	0,16	0,33	2,96
	4,50	2,85	84,3	67,8	21,14	0,20	0,23	1,70
	6,00	2,85	114,3	82,8	19,47	0,21	0,21	1,41
	7,50	2,85	144,3	97,8	20,07	0,23	0,22	1,38
	9,00	2,85	174,3	112,8	21,35	0,23	0,23	1,46
	10,50	2,85	204,3	127,8	22,29	0,23	0,25	1,53
	12,00	2,85	234,3	142,8	29,00	0,23	0,41	2,60
	13,50	2,85	264,3	157,8	16,30	0,22	0,17	1,14
	15,00	2,85	294,3	172,8	20,37	0,21	0,22	1,51
	16,50	2,85	324,3	187,8	18,96	0,20	0,20	1,47
	18,00	2,85	354,3	202,8	20,39	0,19	0,22	1,68
19,50	2,85	384,3	217,8	21,03	0,18	0,23	1,83	
Sondaj Kuyusu 3	1,50	4,00	27	27	21,09	0,16	0,23	2,06
	3,00	4,00	54	54	19,72	0,16	0,21	1,93
	4,50	4,00	82	77	20,60	0,17	0,22	1,92
	6,00	4,00	112	92	28,82	0,19	0,40	3,07
	7,50	4,00	142	107	15,07	0,20	0,16	1,14
	9,00	4,00	172	122	9,63	0,21	0,11	0,75
	10,50	4,00	202	137	10,09	0,21	0,11	0,77
	12,00	4,00	232	152	12,77	0,21	0,14	0,94
	13,50	4,00	262	167	12,80	0,21	0,14	0,97
	15,00	4,00	292	182	12,26	0,20	0,13	0,97
	16,50	4,00	322	197	12,34	0,19	0,13	1,03
	18,00	4,00	352	212	13,05	0,18	0,14	1,13
	19,50	4,00	382	227	15,48	0,17	0,16	1,39

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 3'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 4	1,50	3,00	27	27	24,10	0,16	0,28	2,47
	3,00	3,00	54	54	21,43	0,16	0,23	2,13
	4,50	3,00	84	69	21,76	0,19	0,24	1,80
	6,00	3,00	114	84	17,79	0,21	0,19	1,30
	7,50	3,00	144	99	23,51	0,22	0,27	1,72
	9,00	3,00	174	114	9,96	0,23	0,11	0,71
	10,50	3,00	204	129	10,40	0,23	0,12	0,73
	12,00	3,00	234	144	15,75	0,23	0,17	1,07
	13,50	3,00	264	159	17,49	0,22	0,19	1,23
	15,00	3,00	294	174	13,13	0,21	0,14	0,98
	16,50	3,00	324	189	10,88	0,20	0,12	0,88
	18,00	3,00	354	204	14,44	0,19	0,15	1,19
19,50	3,00	384	219	6,64	0,18	0,08	0,68	
Sondaj Kuyusu 5	1,50	1,85	27	27	18,07	0,16	0,19	1,73
	3,00	1,85	56,3	44,8	18,82	0,20	0,20	1,46
	4,50	1,85	86,3	59,8	14,72	0,23	0,16	1,00
	6,00	1,85	116,3	74,8	15,57	0,24	0,17	0,99
	7,50	1,85	146,3	89,8	8,23	0,25	0,10	0,57
	9,00	1,85	176,3	104,8	13,85	0,25	0,15	0,85
	10,50	1,85	206,3	119,8	15,83	0,25	0,17	0,97
	12,00	1,85	236,3	134,8	18,31	0,24	0,20	1,16
	13,50	1,85	266,3	149,8	18,02	0,23	0,19	1,19
	15,00	1,85	296,3	164,8	17,18	0,22	0,18	1,19
	16,50	1,85	326,3	179,8	18,21	0,21	0,19	1,34
	18,00	1,85	356,3	194,8	19,18	0,20	0,21	1,50
19,50	1,85	386,3	209,8	17,34	0,19	0,18	1,42	
Sondaj Kuyusu 6	1,50	1,40	27,2	26,2	19,08	0,17	0,20	1,77
	3,00	1,40	57,2	41,2	26,50	0,22	0,33	2,13
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,00	0,24	0,29	1,73
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,88	0,26	0,34	1,89
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,26	0,18	0,99
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,26	0,18	0,99
	10,50	1,40	207,2	116,2	20,46	0,26	0,22	1,24
	12,00	1,40	237,2	131,2	18,56	0,25	0,20	1,14
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,24	0,19	1,13
	15,00	1,40	297,2	161,2	16,13	0,23	0,17	1,09
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,02	0,21	0,17	1,15
	18,00	1,40	357,2	191,2	14,81	0,20	0,16	1,13
19,50	1,40	387,2	206,2	20,71	0,19	0,22	1,69	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 3'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 7	1,50	1,40	2	1	22,09	0,32	0,24	1,09
	3,00	1,40	32	16	26,78	0,32	0,33	1,51
	4,50	1,40	62	31	29,59	0,31	0,44	2,03
	6,00	1,40	92	46	24,03	0,31	0,27	1,27
	7,50	1,40	122	61	18,15	0,31	0,19	0,91
	9,00	1,40	152	76	14,63	0,30	0,16	0,75
	10,50	1,40	182	91	18,16	0,29	0,19	0,96
	12,00	1,40	212	106	19,89	0,28	0,21	1,11
	13,50	1,40	242	121	19,33	0,26	0,21	1,14
	15,00	1,40	272	136	9,45	0,25	0,11	0,63
	16,50	1,40	302	151	13,46	0,23	0,14	0,91
	18,00	1,40	332	166	16,50	0,22	0,18	1,17
19,50	1,40	362	181	18,15	0,20	0,19	1,37	
Sondaj Kuyusu 8	1,50	1,40	27,2	26,2	25,10	0,17	0,29	2,55
	3,00	1,40	57,2	41,2	30,43	0,22	0,50	3,28
	4,50	1,40	87,2	56,2	27,68	0,24	0,36	2,13
	6,00	1,40	117,2	71,2	22,68	0,26	0,25	1,42
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,26	0,18	0,99
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,26	0,14	0,76
	10,50	1,40	207,2	116,2	24,84	0,26	0,29	1,61
	12,00	1,40	237,2	131,2	28,19	0,25	0,38	2,16
	13,50	1,40	267,2	146,2	32,56	0,24	0,93	5,61
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,23	0,16	1,01
	16,50	1,40	327,2	176,2	9,49	0,21	0,11	0,73
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,20	0,19	1,34
19,50	1,40	387,2	206,2	17,00	0,19	0,18	1,36	
Sondaj Kuyusu 9	1,50	1,40	27,2	26,2	35,14	0,17	-0,62	-5,37
	3,00	1,40	57,2	41,2	35,33	0,22	-0,49	-3,23
	4,50	1,40	87,2	56,2	24,11	0,24	0,28	1,63
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,04	0,26	0,31	1,77
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,08	0,26	0,20	1,13
	9,00	1,40	177,2	101,2	11,98	0,26	0,13	0,72
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,26	0,23	1,29
	12,00	1,40	237,2	131,2	33,00	0,25	1,24	7,14
	13,50	1,40	267,2	146,2	18,24	0,24	0,19	1,17
	15,00	1,40	297,2	161,2	11,16	0,23	0,12	0,78
	16,50	1,40	327,2	176,2	18,39	0,21	0,20	1,32
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,09	0,20	0,18	1,30
19,50	1,40	387,2	206,2	21,78	0,19	0,24	1,80	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 3'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 10	1,50	1,40	27,2	26,2	28,11	0,17	0,37	3,24
	3,00	1,40	57,2	41,2	29,45	0,22	0,43	2,84
	4,50	1,40	87,2	56,2	29,47	0,24	0,43	2,57
	6,00	1,40	117,2	71,2	21,84	0,26	0,24	1,35
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,03	0,26	0,17	0,94
	9,00	1,40	177,2	101,2	19,02	0,26	0,20	1,12
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,26	0,23	1,29
	12,00	1,40	237,2	131,2	21,31	0,25	0,23	1,34
	13,50	1,40	267,2	146,2	30,61	0,24	0,52	3,11
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,23	0,16	1,01
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,61	0,21	0,18	1,19
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,20	0,19	1,34
19,50	1,40	387,2	206,2	19,12	0,19	0,20	1,54	
Sondaj Kuyusu 11	1,50	1,40	27,2	26,2	37,15	0,17	-0,05	-0,41
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,22	-0,03	-0,21
	4,50	1,40	87,2	56,2	30,36	0,24	0,49	2,93
	6,00	1,40	117,2	71,2	36,96	0,26	-0,07	-0,39
	7,50	1,40	147,2	86,2	17,56	0,26	0,19	1,03
	9,00	1,40	177,2	101,2	18,32	0,26	0,20	1,08
	10,50	1,40	207,2	116,2	22,65	0,26	0,25	1,40
	12,00	1,40	237,2	131,2	57,75	0,25	0,38	2,19
	13,50	1,40	267,2	146,2	23,45	0,24	0,26	1,59
	15,00	1,40	297,2	161,2	9,30	0,23	0,11	0,68
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,21	0,15	1,03
	18,00	1,40	357,2	191,2	19,36	0,20	0,21	1,48
19,50	1,40	387,2	206,2	22,31	0,19	0,25	1,86	
Sondaj Kuyusu 12	1,50	1,40	27,2	26,2	34,14	0,17	-6,99	-60,57
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,22	-0,03	-0,21
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,89	0,24	0,31	1,84
	6,00	1,40	117,2	71,2	34,44	0,26	-2,03	-11,49
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,85	0,26	0,21	1,18
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,26	0,18	0,99
	10,50	1,40	207,2	116,2	18,26	0,26	0,19	1,09
	12,00	1,40	237,2	131,2	22,00	0,25	0,24	1,39
	13,50	1,40	267,2	146,2	21,49	0,24	0,23	1,41
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,27	0,23	0,15	0,97
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,21	0,15	1,03
	18,00	1,40	357,2	191,2	18,22	0,20	0,19	1,39
19,50	1,40	387,2	206,2	20,18	0,19	0,22	1,64	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 4. $M_w=6,0$ ve $a_{maks}=0.169$ g için güvenlik faktörünün belirlenmesi

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 1	1,50	3,00	27	27	19,08	0,11	0,20	3,25
	3,00	3,00	54	54	17,15	0,11	0,18	2,93
	4,50	3,00	84	69	20,95	0,13	0,23	3,04
	6,00	3,00	114	84	26,29	0,15	0,32	3,88
	7,50	3,00	144	99	21,37	0,15	0,23	2,68
	9,00	3,00	174	114	17,26	0,16	0,18	2,05
	10,50	3,00	204	129	15,95	0,16	0,17	1,89
	12,00	3,00	234	144	21,00	0,16	0,23	2,58
	13,50	3,00	264	159	18,11	0,15	0,19	2,26
	15,00	3,00	294	174	16,12	0,14	0,17	2,10
	16,50	3,00	324	189	16,61	0,14	0,18	2,28
18,00	3,00	354	204	18,72	0,13	0,20	2,72	
19,50	3,00	384	219	19,42	0,12	0,21	2,98	
Sondaj Kuyusu 2	1,50	2,85	27	27	22,09	0,11	0,24	3,87
	3,00	2,85	54,3	52,8	26,88	0,11	0,33	5,24
	4,50	2,85	84,3	67,8	21,14	0,14	0,23	3,01
	6,00	2,85	114,3	82,8	19,47	0,15	0,21	2,49
	7,50	2,85	144,3	97,8	20,07	0,16	0,22	2,45
	9,00	2,85	174,3	112,8	21,35	0,16	0,23	2,57
	10,50	2,85	204,3	127,8	22,29	0,16	0,25	2,71
	12,00	2,85	234,3	142,8	29,00	0,16	0,41	4,60
	13,50	2,85	264,3	157,8	16,30	0,15	0,17	2,01
	15,00	2,85	294,3	172,8	20,37	0,15	0,22	2,68
	16,50	2,85	324,3	187,8	18,96	0,14	0,20	2,60
18,00	2,85	354,3	202,8	20,39	0,13	0,22	2,98	
19,50	2,85	384,3	217,8	21,03	0,12	0,23	3,25	
Sondaj Kuyusu 3	1,50	4,00	27	27	21,09	0,11	0,23	3,65
	3,00	4,00	54	54	19,72	0,11	0,21	3,41
	4,50	4,00	82	77	20,60	0,12	0,22	3,40
	6,00	4,00	112	92	28,82	0,13	0,40	5,43
	7,50	4,00	142	107	15,07	0,14	0,16	2,02
	9,00	4,00	172	122	9,63	0,15	0,11	1,33
	10,50	4,00	202	137	10,09	0,15	0,11	1,36
	12,00	4,00	232	152	12,77	0,15	0,14	1,67
	13,50	4,00	262	167	12,80	0,14	0,14	1,72
	15,00	4,00	292	182	12,26	0,14	0,13	1,72
	16,50	4,00	322	197	12,34	0,13	0,13	1,82
	18,00	4,00	352	212	13,05	0,12	0,14	2,01
	19,50	4,00	382	227	15,48	0,12	0,16	2,45

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 4'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnç Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 4	1,50	3,00	27	27	24,10	0,11	0,28	4,38
	3,00	3,00	54	54	21,43	0,11	0,23	3,77
	4,50	3,00	84	69	21,76	0,13	0,24	3,19
	6,00	3,00	114	84	17,79	0,15	0,19	2,30
	7,50	3,00	144	99	23,51	0,15	0,27	3,04
	9,00	3,00	174	114	9,96	0,16	0,11	1,26
	10,50	3,00	204	129	10,40	0,16	0,12	1,30
	12,00	3,00	234	144	15,75	0,16	0,17	1,90
	13,50	3,00	264	159	17,49	0,15	0,19	2,18
	15,00	3,00	294	174	13,13	0,14	0,14	1,74
	16,50	3,00	324	189	10,88	0,14	0,12	1,56
	18,00	3,00	354	204	14,44	0,13	0,15	2,10
19,50	3,00	384	219	6,64	0,12	0,08	1,21	
Sondaj Kuyusu 5	1,50	1,85	27	27	18,07	0,11	0,19	3,06
	3,00	1,85	56,3	44,8	18,82	0,14	0,20	2,58
	4,50	1,85	86,3	59,8	14,72	0,16	0,16	1,77
	6,00	1,85	116,3	74,8	15,57	0,17	0,17	1,75
	7,50	1,85	146,3	89,8	8,23	0,17	0,10	1,00
	9,00	1,85	176,3	104,8	13,85	0,17	0,15	1,51
	10,50	1,85	206,3	119,8	15,83	0,17	0,17	1,72
	12,00	1,85	236,3	134,8	18,31	0,17	0,20	2,05
	13,50	1,85	266,3	149,8	18,02	0,16	0,19	2,10
	15,00	1,85	296,3	164,8	17,18	0,15	0,18	2,11
	16,50	1,85	326,3	179,8	18,21	0,15	0,19	2,37
	18,00	1,85	356,3	194,8	19,18	0,14	0,21	2,65
19,50	1,85	386,3	209,8	17,34	0,13	0,18	2,51	
Sondaj Kuyusu 6	1,50	1,40	27,2	26,2	19,08	0,12	0,20	3,13
	3,00	1,40	57,2	41,2	26,50	0,15	0,33	3,77
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,00	0,17	0,29	3,06
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,88	0,18	0,34	3,35
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,18	0,18	1,75
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,18	0,18	1,75
	10,50	1,40	207,2	116,2	20,46	0,18	0,22	2,19
	12,00	1,40	237,2	131,2	18,56	0,17	0,20	2,02
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,17	0,19	1,99
	15,00	1,40	297,2	161,2	16,13	0,16	0,17	1,93
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,02	0,15	0,17	2,03
	18,00	1,40	357,2	191,2	14,81	0,14	0,16	2,00
19,50	1,40	387,2	206,2	20,71	0,13	0,22	2,99	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 4'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	Devirsel Direnc Oranı (DDO)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 7	1,50	1,40	27,2	26,2	22,09	0,12	0,24	3,73
	3,00	1,40	57,2	41,2	24,54	0,15	0,28	3,28
	4,50	1,40	87,2	56,2	23,22	0,17	0,26	2,73
	6,00	1,40	117,2	71,2	19,32	0,18	0,21	2,07
	7,50	1,40	147,2	86,2	15,27	0,18	0,16	1,59
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,18	0,14	1,34
	10,50	1,40	207,2	116,2	16,07	0,18	0,17	1,69
	12,00	1,40	237,2	131,2	17,88	0,17	0,19	1,94
	13,50	1,40	267,2	146,2	17,58	0,17	0,19	1,99
	15,00	1,40	297,2	161,2	8,68	0,16	0,10	1,14
	16,50	1,40	327,2	176,2	12,46	0,15	0,14	1,62
	18,00	1,40	357,2	191,2	15,38	0,14	0,16	2,07
19,50	1,40	387,2	206,2	16,46	0,13	0,18	2,34	
Sondaj Kuyusu 8	1,50	1,40	27,2	26,2	25,10	0,12	0,29	4,50
	3,00	1,40	57,2	41,2	30,43	0,15	0,50	5,80
	4,50	1,40	87,2	56,2	27,68	0,17	0,36	3,76
	6,00	1,40	117,2	71,2	22,68	0,18	0,25	2,52
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,79	0,18	0,18	1,75
	9,00	1,40	177,2	101,2	12,68	0,18	0,14	1,34
	10,50	1,40	207,2	116,2	24,84	0,18	0,29	2,85
	12,00	1,40	237,2	131,2	28,19	0,17	0,38	3,83
	13,50	1,40	267,2	146,2	32,56	0,17	0,93	9,93
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,16	0,16	1,79
	16,50	1,40	327,2	176,2	9,49	0,15	0,11	1,30
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,14	0,19	2,38
19,50	1,40	387,2	206,2	17,00	0,13	0,18	2,41	
Sondaj Kuyusu 9	1,50	1,40	27,2	26,2	35,14	0,12	-0,62	-9,50
	3,00	1,40	57,2	41,2	35,33	0,15	-0,49	-5,71
	4,50	1,40	87,2	56,2	24,11	0,17	0,28	2,88
	6,00	1,40	117,2	71,2	26,04	0,18	0,31	3,14
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,08	0,18	0,20	2,00
	9,00	1,40	177,2	101,2	11,98	0,18	0,13	1,28
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,18	0,23	2,28
	12,00	1,40	237,2	131,2	33,00	0,17	1,24	12,62
	13,50	1,40	267,2	146,2	18,24	0,17	0,19	2,07
	15,00	1,40	297,2	161,2	11,16	0,16	0,12	1,39
	16,50	1,40	327,2	176,2	18,39	0,15	0,20	2,34
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,09	0,14	0,18	2,30
19,50	1,40	387,2	206,2	21,78	0,13	0,24	3,19	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 4'ün devamı

	Derinlik (m)	YASS (m)	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} (kN/m ²)	Düşey Etketif Gerilme σ'_{v0} (kN/m ²)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{I(60)}$	Düşey Toplam Gerilme σ_{v0} kN/m ²	Devirsel Direnc Oranı (CRR)	Emniyet Faktörü (EF)
Sondaj Kuyusu 10	1,50	1,40	27,2	26,2	28,11	0,12	0,37	5,73
	3,00	1,40	57,2	41,2	29,45	0,15	0,43	5,02
	4,50	1,40	87,2	56,2	29,47	0,17	0,43	4,55
	6,00	1,40	117,2	71,2	21,84	0,18	0,24	2,40
	7,50	1,40	147,2	86,2	16,03	0,18	0,17	1,67
	9,00	1,40	177,2	101,2	19,02	0,18	0,20	1,98
	10,50	1,40	207,2	116,2	21,19	0,18	0,23	2,28
	12,00	1,40	237,2	131,2	21,31	0,17	0,23	2,37
	13,50	1,40	267,2	146,2	30,61	0,17	0,52	5,50
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,89	0,16	0,16	1,79
	16,50	1,40	327,2	176,2	16,61	0,15	0,18	2,11
	18,00	1,40	357,2	191,2	17,66	0,14	0,19	2,38
19,50	1,40	387,2	206,2	19,12	0,13	0,20	2,73	
Sondaj Kuyusu 11	1,50	1,40	27,2	26,2	37,15	0,12	-0,05	-0,72
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,15	-0,03	-0,37
	4,50	1,40	87,2	56,2	30,36	0,17	0,49	5,19
	6,00	1,40	117,2	71,2	36,96	0,18	-0,07	-0,69
	7,50	1,40	147,2	86,2	17,56	0,18	0,19	1,83
	9,00	1,40	177,2	101,2	18,32	0,18	0,20	1,91
	10,50	1,40	207,2	116,2	22,65	0,18	0,25	2,49
	12,00	1,40	237,2	131,2	57,75	0,17	0,38	3,88
	13,50	1,40	267,2	146,2	23,45	0,17	0,26	2,81
	15,00	1,40	297,2	161,2	9,30	0,16	0,11	1,20
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,15	0,15	1,82
	18,00	1,40	357,2	191,2	19,36	0,14	0,21	2,63
19,50	1,40	387,2	206,2	22,31	0,13	0,25	3,29	
Sondaj Kuyusu 12	1,50	1,40	27,2	26,2	34,14	0,12	-6,99	-107,14
	3,00	1,40	57,2	41,2	37,30	0,15	-0,03	-0,37
	4,50	1,40	87,2	56,2	25,89	0,17	0,31	3,26
	6,00	1,40	117,2	71,2	34,44	0,18	-2,03	-20,32
	7,50	1,40	147,2	86,2	19,85	0,18	0,21	2,09
	9,00	1,40	177,2	101,2	16,91	0,18	0,18	1,75
	10,50	1,40	207,2	116,2	18,26	0,18	0,19	1,92
	12,00	1,40	237,2	131,2	22,00	0,17	0,24	2,46
	13,50	1,40	267,2	146,2	21,49	0,17	0,23	2,50
	15,00	1,40	297,2	161,2	14,27	0,16	0,15	1,72
	16,50	1,40	327,2	176,2	14,24	0,15	0,15	1,82
	18,00	1,40	357,2	191,2	18,22	0,14	0,19	2,46
19,50	1,40	387,2	206,2	20,18	0,13	0,22	2,90	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 5. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-1'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	19,08	0,28	1,64	2,45	31,89
	3,00	17,15	0,28	1,77	2,66	
	4,50	20,95	0,33	1,50	2,25	
	6,00	26,29	0,37	1,12	1,68	
	7,50	21,37	0,39	1,47	2,21	
	9,00	17,26	0,40	1,76	2,65	
	10,50	15,95	0,40	1,86	2,79	
	12,00	21,00	0,39	1,50	2,25	
	13,50	18,11	0,38	1,70	2,56	
	15,00	16,12	0,36	1,85	2,77	
	16,50	16,61	0,35	1,81	2,72	
	18,00	18,72	0,33	1,66	2,49	
	19,50	19,42	0,31	1,61	2,42	
7.0	1,50	19,08	0,24	1,37	2,05	29,47
	3,00	17,15	0,24	1,61	2,42	
	4,50	20,95	0,28	1,34	2,01	
	6,00	26,29	0,31	0,80	1,20	
	7,50	21,37	0,33	1,41	2,12	
	9,00	17,26	0,34	1,75	2,63	
	10,50	15,95	0,34	1,79	2,69	
	12,00	21,00	0,33	1,44	2,16	
	13,50	18,11	0,32	1,51	2,27	
	15,00	16,12	0,31	1,83	2,75	
	16,50	16,61	0,29	1,78	2,67	
	18,00	18,72	0,28	1,56	2,34	
	19,50	19,42	0,27	1,46	2,19	
6.5	1,50	19,08	0,16	0,00	0,00	14,93
	3,00	17,15	0,16	0,15	0,23	
	4,50	20,95	0,19	0,12	0,18	
	6,00	26,29	0,21	0,00	0,00	
	7,50	21,37	0,22	0,44	0,66	
	9,00	17,26	0,23	1,55	2,33	
	10,50	15,95	0,23	1,73	2,60	
	12,00	21,00	0,23	1,03	1,55	
	13,50	18,11	0,22	1,35	2,03	
	15,00	16,12	0,21	1,61	2,42	
	16,50	16,61	0,20	1,42	2,13	
	18,00	18,72	0,19	0,41	0,62	
	19,50	19,42	0,18	0,14	0,21	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 6. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-2'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	22,09	0,28	1,42	2,13	28,47
	3,00	26,88	0,29	1,08	1,62	
	4,50	21,14	0,34	1,49	2,23	
	6,00	19,47	0,38	1,61	2,41	
	7,50	20,07	0,39	1,57	2,35	
	9,00	21,35	0,40	1,47	2,21	
	10,50	22,29	0,41	1,41	2,11	
	12,00	29,00	0,40	0,88	1,31	
	13,50	16,30	0,39	1,83	2,75	
	15,00	20,37	0,37	1,54	2,32	
	16,50	18,96	0,35	1,64	2,47	
	18,00	20,39	0,33	1,54	2,31	
	19,50	21,03	0,31	1,50	2,25	
7.0	1,50	22,09	0,24	0,73	1,10	24,02
	3,00	26,88	0,24	0,00	0,00	
	4,50	21,14	0,29	1,34	2,01	
	6,00	19,47	0,32	1,55	2,33	
	7,50	20,07	0,33	1,52	2,28	
	9,00	21,35	0,34	1,42	2,13	
	10,50	22,29	0,34	1,35	2,03	
	12,00	29,00	0,34	0,56	0,84	
	13,50	16,30	0,33	1,83	2,75	
	15,00	20,37	0,31	1,46	2,19	
	16,50	18,96	0,30	1,57	2,36	
	18,00	20,39	0,28	1,39	2,09	
	19,50	21,03	0,27	1,29	1,94	
6.5	1,50	22,09	0,16	0,00	0,00	9,29
	3,00	26,88	0,16	0,00	0,00	
	4,50	21,14	0,20	0,15	0,23	
	6,00	19,47	0,21	1,00	1,50	
	7,50	20,07	0,23	1,16	1,74	
	9,00	21,35	0,23	0,65	0,98	
	10,50	22,29	0,23	0,43	0,65	
	12,00	29,00	0,23	0,00	0,00	
	13,50	16,30	0,22	1,64	2,46	
	15,00	20,37	0,21	0,46	0,69	
	16,50	18,96	0,20	0,56	0,84	
	18,00	20,39	0,19	0,14	0,21	
	19,50	21,03	0,18	0,00	0,00	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 7. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-3'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	21,09	0,28	1,49	2,24	40,71
	3,00	19,72	0,28	1,59	2,38	
	4,50	20,60	0,29	1,53	2,29	
	6,00	28,82	0,33	0,90	1,35	
	7,50	15,07	0,36	1,92	2,88	
	9,00	9,63	0,37	3,15	4,72	
	10,50	10,09	0,37	2,98	4,47	
	12,00	12,77	0,37	2,31	3,46	
	13,50	12,80	0,36	2,30	3,45	
	15,00	12,26	0,35	2,44	3,65	
	16,50	12,34	0,33	2,41	3,62	
	18,00	13,05	0,31	2,24	3,36	
	19,50	15,48	0,30	1,89	2,84	
7.0	1,50	21,09	0,24	1,11	1,67	35,89
	3,00	19,72	0,24	1,28	1,92	
	4,50	20,60	0,25	1,24	1,86	
	6,00	28,82	0,28	0,00	0,00	
	7,50	15,07	0,30	1,93	2,90	
	9,00	9,63	0,31	2,69	4,04	
	10,50	10,09	0,32	2,62	3,93	
	12,00	12,77	0,31	2,22	3,33	
	13,50	12,80	0,31	2,22	3,33	
	15,00	12,26	0,29	2,30	3,45	
	16,50	12,34	0,28	2,29	3,44	
	18,00	13,05	0,27	2,18	3,27	
	19,50	15,48	0,25	1,85	2,78	
6.5	1,50	21,09	0,16	0,00	0,00	28,72
	3,00	19,72	0,16	0,00	0,00	
	4,50	20,60	0,17	0,00	0,00	
	6,00	28,82	0,19	0,00	0,00	
	7,50	15,07	0,20	1,74	2,61	
	9,00	9,63	0,21	2,68	4,02	
	10,50	10,09	0,21	2,61	3,92	
	12,00	12,77	0,21	2,18	3,27	
	13,50	12,80	0,21	2,18	3,26	
	15,00	12,26	0,20	2,25	3,38	
	16,50	12,34	0,19	2,22	3,33	
	18,00	13,05	0,18	2,08	3,12	
	19,50	15,48	0,17	1,21	1,82	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 8. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-4'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	24,10	0,28	1,28	1,92	42,12
	3,00	21,43	0,28	1,47	2,20	
	4,50	21,76	0,33	1,45	2,17	
	6,00	17,79	0,37	1,73	2,59	
	7,50	23,51	0,39	1,32	1,98	
	9,00	9,96	0,40	3,02	4,53	
	10,50	10,40	0,40	2,90	4,35	
	12,00	15,75	0,39	1,87	2,81	
	13,50	17,49	0,38	1,75	2,62	
	15,00	13,13	0,36	2,22	3,32	
	16,50	10,88	0,35	2,78	4,17	
	18,00	14,44	0,33	1,96	2,95	
	19,50	6,64	0,31	4,34	6,51	
7.0	1,50	24,10	0,24	0,19	0,29	36,45
	3,00	21,43	0,24	1,06	1,59	
	4,50	21,76	0,28	1,26	1,89	
	6,00	17,79	0,31	1,69	2,54	
	7,50	23,51	0,33	1,23	1,85	
	9,00	9,96	0,34	2,64	3,96	
	10,50	10,40	0,34	2,58	3,87	
	12,00	15,75	0,33	1,87	2,81	
	13,50	17,49	0,32	1,71	2,57	
	15,00	13,13	0,31	2,17	3,26	
	16,50	10,88	0,29	2,51	3,77	
	18,00	14,44	0,28	1,98	2,97	
	19,50	6,64	0,27	3,41	5,12	
6.5	1,50	24,10	0,16	0,00	0,00	29,51
	3,00	21,43	0,16	0,00	0,00	
	4,50	21,76	0,19	0,00	0,00	
	6,00	17,79	0,21	1,31	1,97	
	7,50	23,51	0,22	0,13	0,20	
	9,00	9,96	0,23	2,63	3,95	
	10,50	10,40	0,23	2,57	3,86	
	12,00	15,75	0,23	1,77	2,66	
	13,50	17,49	0,22	1,45	2,18	
	15,00	13,13	0,21	2,12	3,18	
	16,50	10,88	0,20	2,47	3,71	
	18,00	14,44	0,19	1,82	2,73	
	19,50	6,64	0,18	3,40	5,10	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 9. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-5'te farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	18,07	0,28	1,71	2,56	37,59
	3,00	18,82	0,35	1,65	2,48	
	4,50	14,72	0,40	1,95	2,92	
	6,00	15,57	0,42	1,88	2,83	
	7,50	8,23	0,44	3,71	5,56	
	9,00	13,85	0,44	2,04	3,06	
	10,50	15,83	0,44	1,87	2,80	
	12,00	18,31	0,43	1,69	2,53	
	13,50	18,02	0,41	1,71	2,57	
	15,00	17,18	0,39	1,77	2,66	
	16,50	18,21	0,37	1,70	2,55	
	18,00	19,18	0,35	1,63	2,44	
	19,50	17,34	0,33	1,76	2,64	
7.0	1,50	18,07	0,24	1,49	2,24	35,61
	3,00	18,82	0,30	1,58	2,37	
	4,50	14,72	0,34	1,96	2,94	
	6,00	15,57	0,36	1,89	2,84	
	7,50	8,23	0,37	2,89	4,34	
	9,00	13,85	0,37	2,05	3,08	
	10,50	15,83	0,37	1,87	2,81	
	12,00	18,31	0,36	1,68	2,52	
	13,50	18,02	0,35	1,70	2,55	
	15,00	17,18	0,33	1,76	2,64	
	16,50	18,21	0,31	1,65	2,48	
	18,00	19,18	0,29	1,53	2,30	
	19,50	17,34	0,28	1,69	2,54	
6.5	1,50	18,07	0,16	0,10	0,15	27,66
	3,00	18,82	0,20	0,58	0,87	
	4,50	14,72	0,23	1,91	2,87	
	6,00	15,57	0,24	1,82	2,73	
	7,50	8,23	0,25	2,91	4,37	
	9,00	13,85	0,25	2,05	3,08	
	10,50	15,83	0,25	1,81	2,72	
	12,00	18,31	0,24	1,46	2,19	
	13,50	18,02	0,23	1,45	2,18	
	15,00	17,18	0,22	1,50	2,25	
	16,50	18,21	0,21	1,23	1,85	
	18,00	19,18	0,20	0,51	0,77	
	19,50	17,34	0,19	1,11	1,67	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 10. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-6'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	19,08	0,29	1,64	2,45	31,10
	3,00	26,50	0,39	1,11	1,66	
	4,50	25,00	0,43	1,21	1,82	
	6,00	26,88	0,45	1,08	1,62	
	7,50	16,79	0,46	1,80	2,70	
	9,00	16,91	0,46	1,79	2,68	
	10,50	20,46	0,45	1,54	2,31	
	12,00	18,56	0,44	1,67	2,51	
	13,50	17,58	0,42	1,74	2,61	
	15,00	16,13	0,40	1,85	2,77	
	16,50	16,02	0,37	1,85	2,78	
	18,00	14,81	0,35	1,94	2,91	
	19,50	20,71	0,34	1,52	2,28	
7.0	1,50	19,08	0,25	1,42	2,13	29,985
	3,00	26,50	0,33	0,95	1,425	
	4,50	25,00	0,36	1,16	1,74	
	6,00	26,88	0,38	1,04	1,56	
	7,50	16,79	0,39	1,8	2,7	
	9,00	16,91	0,39	1,78	2,67	
	10,50	20,46	0,38	1,52	2,28	
	12,00	18,56	0,37	1,66	2,49	
	13,50	17,58	0,36	1,66	2,49	
	15,00	16,13	0,34	1,84	2,76	
	16,50	16,02	0,32	1,85	2,775	
	18,00	14,81	0,30	1,95	2,925	
	19,50	20,71	0,28	1,36	2,04	
6.5	1,50	19,08	0,17	0,1	0,15	20,085
	3,00	26,50	0,22	0	0	
	4,50	25,00	0,24	0,14	0,21	
	6,00	26,88	0,26	0,13	0,195	
	7,50	16,79	0,26	1,72	2,58	
	9,00	16,91	0,26	1,7	2,55	
	10,50	20,46	0,26	1,31	1,965	
	12,00	18,56	0,25	1,48	2,22	
	13,50	17,58	0,24	1,56	2,34	
	15,00	16,13	0,23	1,71	2,565	
	16,50	16,02	0,21	1,62	2,43	
	18,00	14,81	0,20	1,79	2,685	
	19,50	20,71	0,19	0,13	0,195	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 11. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-7'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	22,09	0,29	1,42	2,13	37,21
	3,00	24,54	0,39	1,25	1,87	
	4,50	23,22	0,43	1,34	2,01	
	6,00	19,32	0,45	1,62	2,43	
	7,50	15,27	0,46	1,91	2,86	
	9,00	12,68	0,46	2,33	3,49	
	10,50	16,07	0,45	1,85	2,77	
	12,00	17,88	0,44	1,72	2,58	
	13,50	17,58	0,42	1,74	2,61	
	15,00	8,68	0,40	3,53	5,29	
	16,50	12,46	0,37	2,39	3,58	
	18,00	15,38	0,35	1,90	2,85	
	19,50	16,46	0,34	1,82	2,73	
7.0	1,50	22,09	0,25	1,06	1,59	35,03
	3,00	24,54	0,33	1,15	1,73	
	4,50	23,22	0,36	1,29	1,94	
	6,00	19,32	0,38	1,61	2,42	
	7,50	15,27	0,39	1,92	2,88	
	9,00	12,68	0,39	2,22	3,33	
	10,50	16,07	0,38	1,86	2,79	
	12,00	17,88	0,37	1,72	2,58	
	13,50	17,58	0,36	1,74	2,61	
	15,00	8,68	0,34	2,84	4,26	
	16,50	12,46	0,32	2,27	3,41	
	18,00	15,38	0,30	1,89	2,84	
	19,50	16,46	0,28	1,78	2,67	
6.5	1,50	22,09	0,17	0	0	28,44
	3,00	24,54	0,22	0	0	
	4,50	23,22	0,24	0,42	0,63	
	6,00	19,32	0,26	1,44	2,16	
	7,50	15,27	0,26	1,88	2,82	
	9,00	12,68	0,26	2,24	3,36	
	10,50	16,07	0,26	1,79	2,685	
	12,00	17,88	0,25	1,56	2,34	
	13,50	17,58	0,24	1,56	2,34	
	15,00	8,68	0,23	2,84	4,26	
	16,50	12,46	0,21	2,23	3,345	
	18,00	15,38	0,20	1,68	2,52	
	19,50	16,46	0,19	1,32	1,98	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 12. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-8'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	25,10	0,29	1,21	1,81	29,59
	3,00	30,43	0,39	0,70	1,05	
	4,50	27,68	0,43	1,02	1,54	
	6,00	22,68	0,45	1,38	2,07	
	7,50	16,79	0,46	1,80	2,70	
	9,00	12,68	0,46	2,33	3,49	
	10,50	24,84	0,45	1,23	1,84	
	12,00	28,19	0,44	0,98	1,46	
	13,50	32,56	0,42	0,43	0,64	
	15,00	14,89	0,40	1,93	2,90	
	16,50	9,49	0,37	3,20	4,80	
	18,00	17,66	0,35	1,74	2,60	
	19,50	17,00	0,34	1,78	2,67	
7.0	1,50	25,10	0,25	0,18	0,27	25,11
	3,00	30,43	0,33	0,19	0,29	
	4,50	27,68	0,36	0,88	1,32	
	6,00	22,68	0,38	1,36	2,04	
	7,50	16,79	0,39	1,80	2,70	
	9,00	12,68	0,39	2,22	3,33	
	10,50	24,84	0,38	1,19	1,79	
	12,00	28,19	0,37	0,83	1,25	
	13,50	32,56	0,36	0,00	0,00	
	15,00	14,89	0,34	1,95	2,93	
	16,50	9,49	0,32	2,72	4,08	
	18,00	17,66	0,30	1,69	2,54	
	19,50	17,00	0,28	1,73	2,60	
6.5	1,50	25,10	0,17	0,00	0,00	18,63
	3,00	30,43	0,22	0,00	0,00	
	4,50	27,68	0,24	0,00	0,00	
	6,00	22,68	0,26	1,06	1,59	
	7,50	16,79	0,26	1,72	2,58	
	9,00	12,68	0,26	2,24	3,36	
	10,50	24,84	0,26	0,42	0,63	
	12,00	28,19	0,25	0,00	0,00	
	13,50	32,56	0,24	0,00	0,00	
	15,00	14,89	0,23	1,89	2,84	
	16,50	9,49	0,21	2,70	4,05	
	18,00	17,66	0,20	1,20	1,80	
	19,50	17,00	0,19	1,19	1,79	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 13. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-9'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	35,14	0,29	0,11	0,16	26,88
	3,00	35,33	0,39	0,08	0,12	
	4,50	24,11	0,43	1,28	1,92	
	6,00	26,04	0,45	1,14	1,71	
	7,50	19,08	0,46	1,64	2,45	
	9,00	11,98	0,46	2,51	3,76	
	10,50	21,19	0,45	1,49	2,23	
	12,00	33,00	0,44	0,37	0,56	
	13,50	18,24	0,42	1,70	2,54	
	15,00	11,16	0,40	2,71	4,06	
	16,50	18,39	0,37	1,68	2,53	
	18,00	17,09	0,35	1,78	2,67	
	19,50	21,78	0,34	1,44	2,17	
7.0	1,50	35,14	0,25	0,00	0,00	24,83
	3,00	35,33	0,33	0,00	0,00	
	4,50	24,11	0,36	1,23	1,85	
	6,00	26,04	0,38	1,10	1,65	
	7,50	19,08	0,39	1,63	2,45	
	9,00	11,98	0,39	2,33	3,50	
	10,50	21,19	0,38	1,47	2,21	
	12,00	33,00	0,37	0,00	0,00	
	13,50	18,24	0,36	1,69	2,54	
	15,00	11,16	0,34	2,46	3,69	
	16,50	18,39	0,32	1,65	2,48	
	18,00	17,09	0,30	1,74	2,61	
	19,50	21,78	0,28	1,25	1,88	
6.5	1,50	35,14	0,17	0,00	0,00	17,75
	3,00	35,33	0,22	0,00	0,00	
	4,50	24,11	0,24	0,19	0,29	
	6,00	26,04	0,26	0,17	0,26	
	7,50	19,08	0,26	1,46	2,19	
	9,00	11,98	0,26	2,34	3,51	
	10,50	21,19	0,26	1,23	1,85	
	12,00	33,00	0,25	0,00	0,00	
	13,50	18,24	0,24	1,47	2,21	
	15,00	11,16	0,23	2,45	3,68	
	16,50	18,39	0,21	1,20	1,80	
	18,00	17,09	0,20	1,32	1,98	
	19,50	21,78	0,19	0,00	0,00	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 14. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-10'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	28,11	0,29	0,99	1,48	27,45
	3,00	29,45	0,39	0,82	1,23	
	4,50	29,47	0,43	0,82	1,23	
	6,00	21,84	0,45	1,44	2,16	
	7,50	16,03	0,46	1,85	2,78	
	9,00	19,02	0,46	1,64	2,46	
	10,50	21,19	0,45	1,49	2,23	
	12,00	21,31	0,44	1,48	2,22	
	13,50	30,61	0,42	0,67	1,01	
	15,00	14,89	0,40	1,93	2,90	
	16,50	16,61	0,37	1,81	2,72	
	18,00	17,66	0,35	1,74	2,60	
	19,50	19,12	0,34	1,63	2,45	
7.0	1,50	28,11	0,25	0,00	0,00	24,08
	3,00	29,45	0,33	0,36	0,54	
	4,50	29,47	0,36	0,53	0,80	
	6,00	21,84	0,38	1,42	2,13	
	7,50	16,03	0,39	1,86	2,79	
	9,00	19,02	0,39	1,64	2,46	
	10,50	21,19	0,38	1,47	2,21	
	12,00	21,31	0,37	1,45	2,18	
	13,50	30,61	0,36	0,37	0,56	
	15,00	14,89	0,34	1,95	2,93	
	16,50	16,61	0,32	1,79	2,69	
	18,00	17,66	0,30	1,69	2,54	
	19,50	19,12	0,28	1,52	2,28	
6.5	1,50	28,11	0,17	0,00	0,00	17,72
	3,00	29,45	0,22	0,00	0,00	
	4,50	29,47	0,24	0,00	0,00	
	6,00	21,84	0,26	1,16	1,74	
	7,50	16,03	0,26	1,80	2,70	
	9,00	19,02	0,26	1,53	2,30	
	10,50	21,19	0,26	1,23	1,85	
	12,00	21,31	0,25	1,16	1,74	
	13,50	30,61	0,24	0,00	0,00	
	15,00	14,89	0,23	1,89	2,84	
	16,50	16,61	0,21	1,52	2,28	
	18,00	17,66	0,20	1,20	1,80	
	19,50	19,12	0,19	0,32	0,48	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 15. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-11'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	37,15	0,29	0,00	0,00	22,69
	3,00	37,30	0,39	0,00	0,00	
	4,50	30,36	0,43	0,71	1,06	
	6,00	36,96	0,45	0,00	0,00	
	7,50	17,56	0,46	1,74	2,62	
	9,00	18,32	0,46	1,69	2,53	
	10,50	22,65	0,45	1,38	2,07	
	12,00	57,75	0,44	0,00	0,00	
	13,50	23,45	0,42	1,33	1,99	
	15,00	9,30	0,40	3,28	4,92	
	16,50	14,24	0,37	1,98	2,97	
	18,00	19,36	0,35	1,62	2,42	
	19,50	22,31	0,34	1,41	2,11	
7.0	1,50	37,15	0,25	0,00	0,00	20,82
	3,00	37,30	0,33	0,00	0,00	
	4,50	30,36	0,36	0,33	0,50	
	6,00	36,96	0,38	0,00	0,00	
	7,50	17,56	0,39	1,75	2,63	
	9,00	18,32	0,39	1,69	2,54	
	10,50	22,65	0,38	1,36	2,04	
	12,00	57,75	0,37	0,00	0,00	
	13,50	23,45	0,36	1,28	1,92	
	15,00	9,30	0,34	2,74	4,11	
	16,50	14,24	0,32	2,00	3,00	
	18,00	19,36	0,30	1,53	2,30	
	19,50	22,31	0,28	1,20	1,80	
6.5	1,50	37,15	0,17	0,00	0,00	14,36
	3,00	37,30	0,22	0,00	0,00	
	4,50	30,36	0,24	0,00	0,00	
	6,00	36,96	0,26	0,00	0,00	
	7,50	17,56	0,26	1,63	2,45	
	9,00	18,32	0,26	1,55	2,33	
	10,50	22,65	0,26	1,07	1,61	
	12,00	57,75	0,25	0,00	0,00	
	13,50	23,45	0,24	0,27	0,41	
	15,00	9,30	0,23	2,74	4,11	
	16,50	14,24	0,21	1,94	2,91	
	18,00	19,36	0,20	0,37	0,56	
	19,50	22,31	0,19	0,00	0,00	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 16. Tokumatsu ve Seed (1987) Yöntemi'ne göre SK-12'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	Devirsel Gerilme Oranı (DGO)	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	34,14	0,29	0,23	0,35	25,12
	3,00	37,30	0,39	0,00	0,00	
	4,50	25,89	0,43	1,15	1,73	
	6,00	34,44	0,45	0,20	0,29	
	7,50	19,85	0,46	1,58	2,37	
	9,00	16,91	0,46	1,79	2,68	
	10,50	18,26	0,45	1,69	2,54	
	12,00	22,00	0,44	1,43	2,14	
	13,50	21,49	0,42	1,46	2,20	
	15,00	14,27	0,40	1,98	2,97	
	16,50	14,24	0,37	1,98	2,97	
	18,00	18,22	0,35	1,70	2,54	
	19,50	20,18	0,34	1,56	2,34	
7.0	1,50	34,14	0,25	0,00	0,00	24
	3,00	37,30	0,33	0,00	0,00	
	4,50	25,89	0,36	1,09	1,64	
	6,00	34,44	0,38	0,00	0,00	
	7,50	19,85	0,39	1,57	2,36	
	9,00	16,91	0,39	1,79	2,69	
	10,50	18,26	0,38	1,69	2,54	
	12,00	22,00	0,37	1,40	2,10	
	13,50	21,49	0,36	1,43	2,15	
	15,00	14,27	0,34	1,99	2,99	
	16,50	14,24	0,32	1,99	2,99	
	18,00	18,22	0,30	1,64	2,46	
	19,50	20,18	0,28	1,41	2,12	
6.5	1,50	34,14	0,17	0,00	0,00	17,87
	3,00	37,30	0,22	0,00	0,00	
	4,50	25,89	0,24	0,00	0,00	
	6,00	34,44	0,26	0,00	0,00	
	7,50	19,85	0,26	1,38	2,07	
	9,00	16,91	0,26	1,70	2,55	
	10,50	18,26	0,26	1,55	2,33	
	12,00	22,00	0,25	1,07	1,61	
	13,50	21,49	0,24	1,06	1,59	
	15,00	14,27	0,23	1,97	2,96	
	16,50	14,24	0,21	1,94	2,91	
	18,00	18,22	0,20	1,09	1,64	
	19,50	20,18	0,19	0,15	0,23	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 17. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-1'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	19,08	15,89	0,81	2,36	3,54	47,82
	3,00	17,15	14,28	0,73	2,7	4,05	
	4,50	20,95	17,45	0,75	2,27	3,405	
	6,00	26,29	21,90	0,96	0,91	1,365	
	7,50	21,37	17,80	0,67	2,36	3,54	
	9,00	17,26	14,38	0,51	2,7	4,05	
	10,50	15,95	13,28	0,47	2,89	4,335	
	12,00	21,00	17,49	0,64	2,38	3,57	
	13,50	18,11	15,09	0,56	2,63	3,945	
	15,00	16,12	13,43	0,52	2,86	4,29	
	16,50	16,61	13,84	0,57	2,78	4,17	
	18,00	18,72	15,59	0,68	2,58	3,87	
	19,50	19,42	16,18	0,74	2,46	3,69	
7.0	1,50	19,08	15,89	1,02	1,02	1,53	39,765
	3,00	17,15	14,28	0,92	1,8	2,7	
	4,50	20,95	17,45	0,96	1,51	2,265	
	6,00	26,29	21,90	1,22	0,39	0,585	
	7,50	21,37	17,80	0,84	1,86	2,79	
	9,00	17,26	14,38	0,65	2,7	4,05	
	10,50	15,95	13,28	0,60	2,89	4,335	
	12,00	21,00	17,49	0,81	2,09	3,135	
	13,50	18,11	15,09	0,71	2,62	3,93	
	15,00	16,12	13,43	0,66	2,86	4,29	
	16,50	16,61	13,84	0,72	2,78	4,17	
	18,00	18,72	15,59	0,86	2,51	3,765	
	19,50	19,42	16,18	0,94	1,48	2,22	
6.5	1,50	19,08	15,89	1,84	0,06	0,09	6,03
	3,00	17,15	14,28	1,66	0,17	0,255	
	4,50	20,95	17,45	1,72	0,13	0,195	
	6,00	26,29	21,90	2,19	0	0	
	7,50	21,37	17,80	1,51	0,25	0,375	
	9,00	17,26	14,38	1,16	0,56	0,84	
	10,50	15,95	13,28	1,07	0,87	1,305	
	12,00	21,00	17,49	1,46	0,27	0,405	
	13,50	18,11	15,09	1,28	0,41	0,615	
	15,00	16,12	13,43	1,19	0,49	0,735	
	16,50	16,61	13,84	1,29	0,41	0,615	
	18,00	18,72	15,59	1,54	0,24	0,36	
	19,50	19,42	16,18	1,68	0,16	0,24	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 18. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-2'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	22,09	18,40	0,96	1,16	1,74	37,62
	3,00	26,88	22,39	1,30	0,33	0,495	
	4,50	21,14	17,61	0,75	1,26	1,89	
	6,00	19,47	16,22	0,62	2,52	3,78	
	7,50	20,07	16,72	0,61	2,47	3,705	
	9,00	21,35	17,79	0,64	2,36	3,54	
	10,50	22,29	18,57	0,67	2,28	3,42	
	12,00	29,00	24,15	1,14	0,42	0,63	
	13,50	16,30	13,58	0,50	2,83	4,245	
	15,00	20,37	16,97	0,66	2,44	3,66	
	16,50	18,96	15,80	0,65	2,56	3,84	
	18,00	20,39	16,99	0,74	2,36	3,54	
	19,50	21,03	17,52	0,81	2,09	3,135	
7.0	1,50	22,09	18,40	1,22	0,42	0,63	30,045
	3,00	26,88	22,39	1,65	0,15	0,225	
	4,50	21,14	17,61	0,95	1,28	1,92	
	6,00	19,47	16,22	0,78	2,39	3,585	
	7,50	20,07	16,72	0,77	2,34	3,51	
	9,00	21,35	17,79	0,81	2,04	3,06	
	10,50	22,29	18,57	0,85	1,7	2,55	
	12,00	29,00	24,15	1,45	0,23	0,345	
	13,50	16,30	13,58	0,63	2,83	4,245	
	15,00	20,37	16,97	0,84	2	3	
	16,50	18,96	15,80	0,82	2,32	3,48	
	18,00	20,39	16,99	0,94	1,39	2,085	
	19,50	21,03	17,52	1,02	0,94	1,41	
6.5	1,50	22,09	18,40	2,19	0	0	4,02
	3,00	26,88	22,39	2,96	0	0	
	4,50	21,14	17,61	1,70	0,14	0,21	
	6,00	19,47	16,22	1,41	0,32	0,48	
	7,50	20,07	16,72	1,38	0,33	0,495	
	9,00	21,35	17,79	1,46	0,28	0,42	
	10,50	22,29	18,57	1,53	0,24	0,36	
	12,00	29,00	24,15	2,60	0	0	
	13,50	16,30	13,58	1,14	0,61	0,915	
	15,00	20,37	16,97	1,51	0,25	0,375	
	16,50	18,96	15,80	1,47	0,29	0,435	
	18,00	20,39	16,99	1,68	0,16	0,24	
	19,50	21,03	17,52	1,83	0,06	0,09	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 19. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-3'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	21,09	17,56	0,91	1,49	2,235	55,83
	3,00	19,72	16,43	0,85	2,02	3,03	
	4,50	20,60	17,16	0,85	1,91	2,865	
	6,00	28,82	24,01	1,35	0,28	0,42	
	7,50	15,07	12,56	0,50	3,04	4,56	
	9,00	9,63	8,02	0,33	4,04	6,06	
	10,50	10,09	8,41	0,34	3,94	5,91	
	12,00	12,77	10,64	0,41	3,44	5,16	
	13,50	12,80	10,66	0,43	3,44	5,16	
	15,00	12,26	10,21	0,43	3,36	5,04	
	16,50	12,34	10,28	0,45	3,51	5,265	
	18,00	13,05	10,87	0,50	3,39	5,085	
	19,50	15,48	12,89	0,61	3,36	5,04	
7.0	1,50	21,09	17,56	1,15	0,53	0,795	45,615
	3,00	19,72	16,43	1,07	0,78	1,17	
	4,50	20,60	17,16	1,07	0,76	1,14	
	6,00	28,82	24,01	1,71	0,11	0,165	
	7,50	15,07	12,56	0,64	0,19	0,285	
	9,00	9,63	8,02	0,42	4,04	6,06	
	10,50	10,09	8,41	0,43	3,95	5,925	
	12,00	12,77	10,64	0,53	3,44	5,16	
	13,50	12,80	10,66	0,54	3,44	5,16	
	15,00	12,26	10,21	0,54	3,45	5,175	
	16,50	12,34	10,28	0,57	3,36	5,04	
	18,00	13,05	10,87	0,63	3,39	5,085	
	19,50	15,48	12,89	0,77	2,97	4,455	
6.5	1,50	21,09	17,56	2,06	0	0	26,145
	3,00	19,72	16,43	1,93	0,01	0,015	
	4,50	20,60	17,16	1,92	0,01	0,015	
	6,00	28,82	24,01	3,07	0	0	
	7,50	15,07	12,56	1,14	0,63	0,945	
	9,00	9,63	8,02	0,75	4,04	6,06	
	10,50	10,09	8,41	0,77	3,94	5,91	
	12,00	12,77	10,64	0,94	2,59	3,885	
	13,50	12,80	10,66	0,97	1,97	2,955	
	15,00	12,26	10,21	0,97	2,04	3,06	
	16,50	12,34	10,28	1,03	1,17	1,755	
	18,00	13,05	10,87	1,13	0,68	1,02	
	19,50	15,48	12,89	1,39	0,35	0,525	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 20. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-4'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	24,10	20,07	1,09	0,59	0,885	55,56
	3,00	21,43	17,85	0,93	1,36	2,04	
	4,50	21,76	18,12	0,79	2,03	3,045	
	6,00	17,79	14,82	0,57	2,66	3,99	
	7,50	23,51	19,58	0,76	1,95	2,925	
	9,00	9,96	8,29	0,31	3,97	5,955	
	10,50	10,40	8,66	0,32	3,89	5,835	
	12,00	15,75	13,12	0,47	2,93	4,395	
	13,50	17,49	14,57	0,54	2,68	4,02	
	15,00	13,13	10,94	0,43	3,38	5,07	
	16,50	10,88	9,07	0,39	3,79	5,685	
	18,00	14,44	12,03	0,52	3,15	4,725	
	19,50	6,64	5,53	0,30	4,66	6,99	
7.0	1,50	24,10	20,07	1,38	0,3	0,45	51,18
	3,00	21,43	17,85	1,19	0,46	0,69	
	4,50	21,76	18,12	1,00	0,99	1,485	
	6,00	17,79	14,82	0,72	2,65	3,975	
	7,50	23,51	19,58	0,96	1,06	1,59	
	9,00	9,96	8,29	0,40	3,97	5,955	
	10,50	10,40	8,66	0,41	3,89	5,835	
	12,00	15,75	13,12	0,60	2,93	4,395	
	13,50	17,49	14,57	0,69	2,68	4,02	
	15,00	13,13	10,94	0,55	3,38	5,07	
	16,50	10,88	9,07	0,49	3,79	5,685	
	18,00	14,44	12,03	0,66	3,36	5,04	
	19,50	6,64	5,53	0,38	4,66	6,99	
6.5	1,50	24,10	20,07	2,47	0	0	30,705
	3,00	21,43	17,85	2,13	0	0	
	4,50	21,76	18,12	1,80	0,07	0,105	
	6,00	17,79	14,82	1,30	0,4	0,6	
	7,50	23,51	19,58	1,72	0,13	0,195	
	9,00	9,96	8,29	0,71	3,97	5,955	
	10,50	10,40	8,66	0,73	3,89	5,835	
	12,00	15,75	13,12	1,07	0,87	1,305	
	13,50	17,49	14,57	1,23	0,44	0,66	
	15,00	13,13	10,94	0,98	1,73	2,595	
	16,50	10,88	9,07	0,88	3,78	5,67	
	18,00	14,44	12,03	1,19	0,53	0,795	
	19,50	6,64	5,53	0,68	4,66	6,99	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 21. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-5'te farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	18,07	15,05	0,76	2,59	3,885	56,25
	3,00	18,82	15,68	0,64	2,57	3,855	
	4,50	14,72	12,26	0,44	3,1	4,65	
	6,00	15,57	12,97	0,44	2,96	4,44	
	7,50	8,23	6,85	0,25	4,31	6,465	
	9,00	13,85	11,53	0,37	3,25	4,875	
	10,50	15,83	13,19	0,43	2,91	4,365	
	12,00	18,31	15,26	0,51	2,61	3,915	
	13,50	18,02	15,01	0,52	2,64	3,96	
	15,00	17,18	14,31	0,52	2,71	4,065	
	16,50	18,21	15,17	0,59	2,62	3,93	
	18,00	19,18	15,98	0,66	2,54	3,81	
	19,50	17,34	14,44	0,62	2,69	4,035	
7.0	1,50	18,07	15,05	0,97	1,38	2,07	53,46
	3,00	18,82	15,68	0,81	2,39	3,585	
	4,50	14,72	12,26	0,56	3,1	4,65	
	6,00	15,57	12,97	0,55	2,96	4,44	
	7,50	8,23	6,85	0,32	4,31	6,465	
	9,00	13,85	11,53	0,48	3,25	4,875	
	10,50	15,83	13,19	0,54	2,91	4,365	
	12,00	18,31	15,26	0,65	2,61	3,915	
	13,50	18,02	15,01	0,66	2,64	3,96	
	15,00	17,18	14,31	0,66	2,71	4,065	
	16,50	18,21	15,17	0,75	2,58	3,87	
	18,00	19,18	15,98	0,84	2,15	3,225	
	19,50	17,34	14,44	0,79	2,65	3,975	
6.5	1,50	18,07	15,05	1,73	0,12	0,18	23,25
	3,00	18,82	15,68	1,46	0,29	0,435	
	4,50	14,72	12,26	1,00	1,33	1,995	
	6,00	15,57	12,97	0,99	1,29	1,935	
	7,50	8,23	6,85	0,57	4,31	6,465	
	9,00	13,85	11,53	0,85	3,12	4,68	
	10,50	15,83	13,19	0,97	1,58	2,37	
	12,00	18,31	15,26	1,16	1,54	2,31	
	13,50	18,02	15,01	1,19	0,49	0,735	
	15,00	17,18	14,31	1,19	0,49	0,735	
	16,50	18,21	15,17	1,34	0,36	0,54	
	18,00	19,18	15,98	1,50	0,26	0,39	
	19,50	17,34	14,44	1,42	0,32	0,48	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 22. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-6'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	19,08	15,89	0,78	2,45	3,675	46,305
	3,00	26,50	22,07	0,94	1,03	1,545	
	4,50	25,00	20,83	0,76	1,78	2,67	
	6,00	26,88	22,39	0,83	1,28	1,92	
	7,50	16,79	13,99	0,43	2,74	4,11	
	9,00	16,91	14,09	0,44	2,73	4,095	
	10,50	20,46	17,04	0,54	2,43	3,645	
	12,00	18,56	15,46	0,50	2,59	3,885	
	13,50	17,58	14,65	0,49	2,68	4,02	
	15,00	16,13	13,43	0,48	2,86	4,29	
	16,50	16,02	13,34	0,50	2,88	4,32	
	18,00	14,81	12,33	0,50	3,09	4,635	
	19,50	20,71	17,25	0,74	2,33	3,495	
7.0	1,50	19,08	15,89	0,99	1,106	1,659	38,886
	3,00	26,50	22,07	1,19	0,413	0,6195	
	4,50	25,00	20,83	0,96	0,975	1,4625	
	6,00	26,88	22,39	1,06	0,51	0,765	
	7,50	16,79	13,99	0,55	2,74	4,11	
	9,00	16,91	14,09	0,55	2,71	4,065	
	10,50	20,46	17,04	0,69	2,43	3,645	
	12,00	18,56	15,46	0,64	2,59	3,885	
	13,50	17,58	14,65	0,63	2,56	3,84	
	15,00	16,13	13,43	0,61	2,86	4,29	
	16,50	16,02	13,34	0,64	2,9	4,35	
	18,00	14,81	12,33	0,63	3,09	4,635	
	19,50	20,71	17,25	0,94	1,04	1,56	
6.5	1,50	19,08	15,89	1,77	0,1	0,15	9,645
	3,00	26,50	22,07	2,13	0	0	
	4,50	25,00	20,83	1,73	0,09	0,135	
	6,00	26,88	22,39	1,89	0,01	0,015	
	7,50	16,79	13,99	0,99	1,23	1,845	
	9,00	16,91	14,09	0,99	1,22	1,83	
	10,50	20,46	17,04	1,24	0,42	0,63	
	12,00	18,56	15,46	1,14	0,58	0,87	
	13,50	17,58	14,65	1,13	0,62	0,93	
	15,00	16,13	13,43	1,09	0,78	1,17	
	16,50	16,02	13,34	1,15	0,57	0,855	
	18,00	14,81	12,33	1,13	0,66	0,99	
	19,50	20,71	17,25	1,69	0,15	0,225	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 23. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-7'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	22,09	18,40	0,93	1,3	1,95	53,715
	3,00	24,54	20,44	0,81	1,63	2,445	
	4,50	23,22	19,34	0,68	2,19	3,285	
	6,00	19,32	16,09	0,51	2,53	3,795	
	7,50	15,27	12,72	0,40	3,01	4,515	
	9,00	12,68	10,56	0,33	3,46	5,19	
	10,50	16,07	13,39	0,42	2,86	4,29	
	12,00	17,88	14,89	0,48	2,65	3,975	
	13,50	17,58	14,65	0,49	2,68	4,02	
	15,00	8,68	7,23	0,28	4,22	6,33	
	16,50	12,46	10,38	0,40	3,49	5,235	
	18,00	15,38	12,81	0,51	2,99	4,485	
	19,50	16,46	13,72	0,58	2,8	4,2	
7.0	1,50	22,09	18,40	1,17	0,48	0,72	50,64
	3,00	24,54	20,44	1,03	0,77	1,155	
	4,50	23,22	19,34	0,86	1,53	2,295	
	6,00	19,32	16,09	0,65	2,53	3,795	
	7,50	15,27	12,72	0,50	3	4,5	
	9,00	12,68	10,56	0,42	3,46	5,19	
	10,50	16,07	13,39	0,53	3,03	4,545	
	12,00	17,88	14,89	0,61	2,65	3,975	
	13,50	17,58	14,65	0,63	2,68	4,02	
	15,00	8,68	7,23	0,36	4,35	6,525	
	16,50	12,46	10,38	0,51	3,49	5,235	
	18,00	15,38	12,81	0,65	2,99	4,485	
	19,50	16,46	13,72	0,74	2,8	4,2	
6.5	1,50	22,09	18,40	2,11	0	0	27,27
	3,00	24,54	20,44	1,85	0,05	0,075	
	4,50	23,22	19,34	1,54	0,22	0,33	
	6,00	19,32	16,09	1,17	0,52	0,78	
	7,50	15,27	12,72	0,90	2,48	3,72	
	9,00	12,68	10,56	0,76	3,46	5,19	
	10,50	16,07	13,39	0,96	1,65	2,475	
	12,00	17,88	14,89	1,10	0,72	1,08	
	13,50	17,58	14,65	1,13	0,62	0,93	
	15,00	8,68	7,23	0,65	4,22	6,33	
	16,50	12,46	10,38	0,91	3,29	4,935	
	18,00	15,38	12,81	1,17	0,56	0,84	
	19,50	16,46	13,72	1,32	0,39	0,585	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 24. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-8'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	25,10	20,91	1,12	0,54	0,81	38,415
	3,00	30,43	25,35	1,44	0,22	0,33	
	4,50	27,68	23,06	0,93	0,93	1,395	
	6,00	22,68	18,89	0,63	2,25	3,375	
	7,50	16,79	13,99	0,43	2,74	4,11	
	9,00	12,68	10,56	0,33	3,57	5,355	
	10,50	24,84	20,69	0,71	1,98	2,97	
	12,00	28,19	23,48	0,95	0,85	1,275	
	13,50	32,56	27,13	2,46	0	0	
	15,00	14,89	12,40	0,44	3,07	4,605	
	16,50	9,49	7,91	0,32	4,06	6,09	
	18,00	17,66	14,71	0,59	2,67	4,005	
	19,50	17,00	14,16	0,60	2,73	4,095	
7.0	1,50	25,10	20,91	1,42	0,28	0,42	34,59
	3,00	30,43	25,35	1,83	0,05	0,075	
	4,50	27,68	23,06	1,18	0,41	0,615	
	6,00	22,68	18,89	0,79	1,94	2,91	
	7,50	16,79	13,99	0,55	2,74	4,11	
	9,00	12,68	10,56	0,42	3,57	5,355	
	10,50	24,84	20,69	0,90	1,19	1,785	
	12,00	28,19	23,48	1,21	0,38	0,57	
	13,50	32,56	27,13	3,13	0	0	
	15,00	14,89	12,40	0,56	3,07	4,605	
	16,50	9,49	7,91	0,41	4,06	6,09	
	18,00	17,66	14,71	0,75	2,65	3,975	
	19,50	17,00	14,16	0,76	2,72	4,08	
6.5	1,50	25,10	20,91	2,55	0	0	16,86
	3,00	30,43	25,35	3,28	0	0	
	4,50	27,68	23,06	2,13	0	0	
	6,00	22,68	18,89	1,42	0,29	0,435	
	7,50	16,79	13,99	0,99	1,23	1,845	
	9,00	12,68	10,56	0,76	3,56	5,34	
	10,50	24,84	20,69	1,61	0,15	0,225	
	12,00	28,19	23,48	2,16	0	0	
	13,50	32,56	27,13	5,61	0	0	
	15,00	14,89	12,40	1,01	1,24	1,86	
	16,50	9,49	7,91	0,73	4,06	6,09	
	18,00	17,66	14,71	1,34	0,36	0,54	
	19,50	17,00	14,16	1,36	0,35	0,525	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 25. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-9'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	35,14	29,27	-2,36	1,36	2,04	43,32
	3,00	35,33	29,43	-1,42	1,32	1,98	
	4,50	24,11	20,08	0,72	2,05	3,075	
	6,00	26,04	21,69	0,78	1,59	2,385	
	7,50	19,08	15,90	0,50	2,55	3,825	
	9,00	11,98	9,98	0,32	3,58	5,37	
	10,50	21,19	17,65	0,57	2,68	4,02	
	12,00	33,00	27,49	3,13	0	0	
	13,50	18,24	15,19	0,51	2,62	3,93	
	15,00	11,16	9,30	0,34	3,74	5,61	
	16,50	18,39	15,32	0,58	2,61	3,915	
	18,00	17,09	14,23	0,57	2,72	4,08	
	19,50	21,78	18,14	0,79	2,06	3,09	
7.0	1,50	35,14	29,27	-2,99	1,36	2,04	38,655
	3,00	35,33	29,43	-1,80	1,32	1,98	
	4,50	24,11	20,08	0,91	1,21	1,815	
	6,00	26,04	21,69	0,99	0,8	1,2	
	7,50	19,08	15,90	0,63	2,55	3,825	
	9,00	11,98	9,98	0,40	3,57	5,355	
	10,50	21,19	17,65	0,72	2,32	3,48	
	12,00	33,00	27,49	3,98	0	0	
	13,50	18,24	15,19	0,65	2,62	3,93	
	15,00	11,16	9,30	0,44	3,74	5,61	
	16,50	18,39	15,32	0,74	2,57	3,855	
	18,00	17,09	14,23	0,72	2,72	4,08	
	19,50	21,78	18,14	1,00	0,99	1,485	
6.5	1,50	35,14	29,27	-5,37	1,36	2,04	18,72
	3,00	35,33	29,43	-3,23	1,32	1,98	
	4,50	24,11	20,08	1,63	0,14	0,21	
	6,00	26,04	21,69	1,77	0,07	0,105	
	7,50	19,08	15,90	1,13	0,53	0,795	
	9,00	11,98	9,98	0,72	3,58	5,37	
	10,50	21,19	17,65	1,29	0,38	0,57	
	12,00	33,00	27,49	7,14	0	0	
	13,50	18,24	15,19	1,17	0,52	0,78	
	15,00	11,16	9,30	0,78	3,74	5,61	
	16,50	18,39	15,32	1,32	0,37	0,555	
	18,00	17,09	14,23	1,30	0,4	0,6	
	19,50	21,78	18,14	1,80	0,07	0,105	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 26. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-10'da farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	28,11	23,42	1,42	0,25	0,375	37,215
	3,00	29,45	24,53	1,25	0,34	0,51	
	4,50	29,47	24,54	1,13	0,42	0,63	
	6,00	21,84	18,19	0,59	2,31	3,465	
	7,50	16,03	13,35	0,41	2,88	4,32	
	9,00	19,02	15,85	0,49	2,56	3,84	
	10,50	21,19	17,65	0,57	2,37	3,555	
	12,00	21,31	17,75	0,59	2,36	3,54	
	13,50	30,61	25,50	1,37	0,25	0,375	
	15,00	14,89	12,40	0,44	3,07	4,605	
	16,50	16,61	13,84	0,52	2,78	4,17	
	18,00	17,66	14,71	0,59	2,67	4,005	
	19,50	19,12	15,93	0,68	2,55	3,825	
7.0	1,50	28,11	23,42	1,80	0,05	0,075	34,875
	3,00	29,45	24,53	1,58	0,16	0,24	
	4,50	29,47	24,54	1,43	0,24	0,36	
	6,00	21,84	18,19	0,75	2,18	3,27	
	7,50	16,03	13,35	0,53	2,88	4,32	
	9,00	19,02	15,85	0,63	2,56	3,84	
	10,50	21,19	17,65	0,72	2,32	3,48	
	12,00	21,31	17,75	0,75	2,24	3,36	
	13,50	30,61	25,50	1,73	0,09	0,135	
	15,00	14,89	12,40	0,56	3,07	4,605	
	16,50	16,61	13,84	0,66	2,78	4,17	
	18,00	17,66	14,71	0,75	2,65	3,975	
	19,50	19,12	15,93	0,86	2,03	3,045	
6.5	1,50	28,11	23,42	3,24	0	0	8,895
	3,00	29,45	24,53	2,84	0	0	
	4,50	29,47	24,54	2,57	0	0	
	6,00	21,84	18,19	1,35	0,34	0,51	
	7,50	16,03	13,35	0,94	1,86	2,79	
	9,00	19,02	15,85	1,12	0,63	0,945	
	10,50	21,19	17,65	1,29	0,38	0,57	
	12,00	21,31	17,75	1,34	0,35	0,525	
	13,50	30,61	25,50	3,11	0	0	
	15,00	14,89	12,40	1,01	1,24	1,86	
	16,50	16,61	13,84	1,19	0,52	0,78	
	18,00	17,66	14,71	1,34	0,37	0,555	
	19,50	19,12	15,93	1,54	0,24	0,36	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 27. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-11'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	37,15	30,95	-0,18	1,27	1,905	39,675
	3,00	37,30	31,07	-0,09	1,19	1,785	
	4,50	30,36	25,29	1,29	0,3	0,45	
	6,00	36,96	30,79	-0,17	1,28	1,92	
	7,50	17,56	14,63	0,45	2,68	4,02	
	9,00	18,32	15,26	0,47	2,61	3,915	
	10,50	22,65	18,86	0,62	2,22	3,33	
	12,00	57,75	48,11	0,96	0,48	0,72	
	13,50	23,45	19,53	0,70	2,74	4,11	
	15,00	9,30	7,75	0,30	4,09	6,135	
	16,50	14,24	11,86	0,45	3,19	4,785	
	18,00	19,36	16,13	0,65	2,53	3,795	
	19,50	22,31	18,58	0,82	1,87	2,805	
7.0	1,50	37,15	30,95	-0,23	1,27	1,905	34,59
	3,00	37,30	31,07	-0,12	1,19	1,785	
	4,50	30,36	25,29	1,63	0,14	0,21	
	6,00	36,96	30,79	-0,22	1,28	1,92	
	7,50	17,56	14,63	0,58	2,68	4,02	
	9,00	18,32	15,26	0,60	2,61	3,915	
	10,50	22,65	18,86	0,78	1,98	2,97	
	12,00	57,75	48,11	1,22	0,26	0,39	
	13,50	23,45	19,53	0,88	1,36	2,04	
	15,00	9,30	7,75	0,38	4,09	6,135	
	16,50	14,24	11,86	0,57	3,19	4,785	
	18,00	19,36	16,13	0,83	2,19	3,285	
	19,50	22,31	18,58	1,04	0,82	1,23	
6.5	1,50	37,15	30,95	-0,41	1,27	1,905	11,49
	3,00	37,30	31,07	-0,21	1,19	1,785	
	4,50	30,36	25,29	2,93	0	0	
	6,00	36,96	30,79	-0,39	1,28	1,92	
	7,50	17,56	14,63	1,03	1,07	1,605	
	9,00	18,32	15,26	1,08	0,78	1,17	
	10,50	22,65	18,86	1,40	0,31	0,465	
	12,00	57,75	48,11	2,19	0	0	
	13,50	23,45	19,53	1,59	0,16	0,24	
	15,00	9,30	7,75	0,68	0,17	0,255	
	16,50	14,24	11,86	1,03	1,12	1,68	
	18,00	19,36	16,13	1,48	0,27	0,405	
	19,50	22,31	18,58	1,86	0,04	0,06	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 28. Ishihara ve Yoshimine (1992) Yöntemi'ne göre SK-12'de farklı deprem büyüklüklerine göre her bir derinlikte meydana gelen oturmalar

Deprem Büyüklüğü	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT-N Değeri $N_{1(60)}$	N_1	EF	ε_v	Oturma (cm)	Toplam Oturma (cm)
7.2	1,50	34,14	28,44	-26,60	1,41	2,115	44,115
	3,00	37,30	31,07	-0,09	1,23	1,845	
	4,50	25,89	21,57	0,81	1,49	2,235	
	6,00	34,44	28,69	-5,05	1,38	2,07	
	7,50	19,85	16,53	0,52	2,49	3,735	
	9,00	16,91	14,09	0,44	2,73	4,095	
	10,50	18,26	15,21	0,48	2,62	3,93	
	12,00	22,00	18,33	0,61	2,3	3,45	
	13,50	21,49	17,90	0,62	2,35	3,525	
	15,00	14,27	11,88	0,43	3,18	4,77	
	16,50	14,24	11,86	0,45	3,19	4,785	
	18,00	18,22	15,18	0,61	2,62	3,93	
	19,50	20,18	16,81	0,72	2,42	3,63	
7.0	1,50	34,14	28,44	-33,76	1,41	2,115	40,92
	3,00	37,30	31,07	-0,12	1,23	1,845	
	4,50	25,89	21,57	1,03	0,69	1,035	
	6,00	34,44	28,69	-6,40	1,38	2,07	
	7,50	19,85	16,53	0,66	2,49	3,735	
	9,00	16,91	14,09	0,55	2,73	4,095	
	10,50	18,26	15,21	0,61	2,62	3,93	
	12,00	22,00	18,33	0,78	2,07	3,105	
	13,50	21,49	17,90	0,79	2,09	3,135	
	15,00	14,27	11,88	0,54	3,18	4,77	
	16,50	14,24	11,86	0,57	3,19	4,785	
	18,00	18,22	15,18	0,77	2,61	3,915	
	19,50	20,18	16,81	0,91	1,59	2,385	
6.5	1,50	34,14	28,44	-60,57	1,41	2,115	16,995
	3,00	37,30	31,07	-0,21	1,23	1,845	
	4,50	25,89	21,57	1,84	0,05	0,075	
	6,00	34,44	28,69	-11,49	1,38	2,07	
	7,50	19,85	16,53	1,18	0,49	0,735	
	9,00	16,91	14,09	0,99	1,29	1,935	
	10,50	18,26	15,21	1,09	0,71	1,065	
	12,00	22,00	18,33	1,39	0,31	0,465	
	13,50	21,49	17,90	1,41	0,3	0,45	
	15,00	14,27	11,88	0,97	2,57	3,855	
	16,50	14,24	11,86	1,03	1,09	1,635	
	18,00	18,22	15,18	1,39	0,33	0,495	
	19,50	20,18	16,81	1,64	0,17	0,255	

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 29. SK-1 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0762	0,281	0,238	0,160	0,807	1,024	1,837	0,021	0,018	0,012	10,584	13,431	24,097
3	135,27	33,58	81,33	0,0778	0,278	0,235	0,159	0,729	0,925	1,659	0,022	0,018	0,012	9,361	11,879	21,312
4,5	143,27	37,66	72,50	0,0866	0,335	0,283	0,191	0,755	0,958	1,718	0,029	0,025	0,017	8,715	11,059	19,841
6	151,94	42,36	64,47	0,0965	0,369	0,312	0,210	0,963	1,222	2,193	0,036	0,030	0,020	9,980	12,665	22,721
7,5	147,83	40,10	68,10	0,0918	0,389	0,330	0,222	0,665	0,844	1,514	0,036	0,030	0,020	7,246	9,196	16,498
9	143,27	37,66	72,50	0,0866	0,400	0,338	0,228	0,510	0,647	1,161	0,035	0,029	0,020	5,888	7,472	13,406
10,5	139,48	35,70	76,50	0,0824	0,401	0,340	0,229	0,469	0,596	1,069	0,033	0,028	0,019	5,697	7,229	12,970
12	149,94	41,25	66,20	0,0942	0,395	0,334	0,225	0,642	0,814	1,461	0,037	0,031	0,021	6,811	8,643	15,506
13,5	146,74	39,51	69,12	0,0905	0,382	0,323	0,218	0,561	0,712	1,278	0,035	0,029	0,020	6,199	7,866	14,113
15	144,46	38,29	71,32	0,0879	0,365	0,309	0,208	0,522	0,662	1,188	0,032	0,027	0,018	5,935	7,532	13,512
16,5	146,74	39,51	69,12	0,0905	0,346	0,293	0,197	0,567	0,719	1,290	0,031	0,027	0,018	6,259	7,943	14,251
18	152,91	42,90	63,65	0,0977	0,328	0,278	0,187	0,676	0,858	1,539	0,032	0,027	0,018	6,922	8,783	15,758
19,5	155,69	44,48	61,40	0,1009	0,313	0,265	0,179	0,739	0,938	1,682	0,032	0,027	0,018	7,320	9,289	16,666

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{IG} :8192,6 MPa G_{IG} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 30. SK-2 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_k	DGO			EF			DGO _{Tasarrm}			EF*		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	138,13	35,01	78,01	0,0809	0,281	0,238	0,160	0,961	1,220	2,188	0,023	0,019	0,013	11,876	15,070	27,037
3	174,64	55,96	48,80	0,1242	0,286	0,242	0,163	1,301	1,651	2,962	0,031	0,026	0,018	10,474	13,291	23,845
4,5	184,46	62,43	43,74	0,1369	0,342	0,289	0,195	0,747	0,948	1,701	0,041	0,035	0,024	5,456	6,923	12,421
6	195,39	70,05	38,98	0,1515	0,375	0,318	0,214	0,618	0,785	1,408	0,050	0,043	0,029	4,082	5,180	9,294
7,5	210,85	81,58	33,48	0,1727	0,395	0,334	0,225	0,608	0,771	1,384	0,060	0,051	0,035	3,520	4,466	8,013
9	226,41	94,06	29,03	0,1948	0,405	0,343	0,231	0,639	0,811	1,455	0,070	0,059	0,040	3,282	4,165	7,472
10,5	234,58	100,97	27,05	0,2066	0,406	0,343	0,231	0,674	0,855	1,534	0,075	0,063	0,043	3,262	4,139	7,426
12	259,37	123,43	22,12	0,2430	0,399	0,338	0,228	1,142	1,449	2,599	0,087	0,073	0,050	4,698	5,962	10,696
13,5	237,49	103,49	26,39	0,2108	0,385	0,326	0,220	0,500	0,634	1,137	0,072	0,061	0,041	2,370	3,008	5,396
15	258,04	122,17	22,35	0,2410	0,368	0,311	0,210	0,664	0,843	1,513	0,079	0,067	0,045	2,757	3,498	6,276
16,5	262,04	125,99	21,68	0,2470	0,349	0,295	0,199	0,646	0,820	1,471	0,077	0,065	0,044	2,616	3,319	5,955
18	275,72	139,49	19,58	0,2674	0,331	0,280	0,189	0,740	0,939	1,684	0,079	0,067	0,045	2,767	3,511	6,299
19,5	285,56	149,62	18,25	0,2821	0,315	0,267	0,180	0,806	1,022	1,834	0,080	0,068	0,046	2,856	3,624	6,502

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{JG} :8192,6 MPa G_{JG} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 31. SK-3 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0794	0,281	0,238	0,160	0,906	1,150	2,063	0,022	0,019	0,013	11,412	14,481	25,980
3	135,27	33,58	81,33	0,1104	0,278	0,235	0,159	0,847	1,074	1,927	0,031	0,026	0,018	7,665	9,727	17,452
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1389	0,293	0,248	0,167	0,845	1,073	1,924	0,041	0,034	0,023	6,084	7,721	13,851
6	151,94	42,36	64,47	0,1791	0,331	0,280	0,189	1,349	1,711	3,070	0,059	0,050	0,034	7,531	9,557	17,146
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1577	0,355	0,301	0,203	0,503	0,638	1,144	0,056	0,047	0,032	3,186	4,043	7,254
9	143,27	37,66	72,50	0,1466	0,369	0,313	0,211	0,330	0,419	0,752	0,054	0,046	0,031	2,252	2,858	5,127
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1560	0,374	0,317	0,213	0,338	0,429	0,770	0,058	0,049	0,033	2,167	2,750	4,934
12	149,94	41,25	66,20	0,1831	0,371	0,314	0,212	0,414	0,526	0,943	0,068	0,058	0,039	2,262	2,871	5,150
13,5	146,74	39,51	69,12	0,1951	0,361	0,306	0,206	0,426	0,541	0,971	0,070	0,060	0,040	2,186	2,774	4,977
15	144,46	38,29	71,32	0,2031	0,346	0,293	0,198	0,428	0,543	0,975	0,070	0,060	0,040	2,108	2,675	4,800
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2141	0,330	0,279	0,188	0,452	0,574	1,029	0,071	0,060	0,040	2,111	2,679	4,806
18	152,91	42,90	63,65	0,2314	0,314	0,266	0,179	0,498	0,632	1,134	0,073	0,062	0,041	2,152	2,731	4,899
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2567	0,300	0,254	0,171	0,609	0,773	1,387	0,077	0,065	0,044	2,373	3,012	5,403

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{rg} :8192,6 MPa G_{rg} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 32. SK-4 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0838	0,281	0,238	0,160	1,087	1,379	2,474	0,024	0,020	0,013	12,961	16,447	29,508
3	135,27	33,58	81,33	0,1141	0,278	0,235	0,159	0,935	1,186	2,129	0,032	0,027	0,018	8,191	10,395	18,649
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1389	0,335	0,283	0,191	0,791	1,004	1,801	0,046	0,039	0,027	5,695	7,227	12,965
6	151,94	42,36	64,47	0,1467	0,369	0,312	0,210	0,570	0,724	1,298	0,054	0,046	0,031	3,886	4,932	8,848
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1836	0,389	0,330	0,222	0,756	0,959	1,721	0,071	0,061	0,041	4,117	5,225	9,373
9	143,27	37,66	72,50	0,1466	0,400	0,338	0,228	0,313	0,397	0,713	0,059	0,050	0,033	2,135	2,710	4,862
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1560	0,401	0,340	0,229	0,323	0,410	0,735	0,063	0,053	0,036	2,069	2,626	4,710
12	149,94	41,25	66,20	0,1958	0,395	0,334	0,225	0,471	0,598	1,073	0,077	0,065	0,044	2,407	3,055	5,481
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2165	0,382	0,323	0,218	0,541	0,687	1,232	0,083	0,070	0,047	2,499	3,172	5,690
15	144,46	38,29	71,32	0,2065	0,365	0,309	0,208	0,432	0,548	0,983	0,075	0,064	0,043	2,090	2,652	4,758
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2031	0,346	0,293	0,197	0,388	0,492	0,883	0,070	0,060	0,040	1,911	2,425	4,350
18	152,91	42,90	63,65	0,2378	0,328	0,278	0,187	0,522	0,662	1,189	0,078	0,066	0,045	2,196	2,786	4,999
19,5	155,69	44,48	61,40	0,1885	0,313	0,265	0,179	0,301	0,382	0,685	0,059	0,050	0,034	1,595	2,024	3,632

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{IG} :8192,6 MPa G_{IG} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 33. SK-5 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0745	0,281	0,238	0,160	0,761	0,966	1,733	0,021	0,018	0,012	10,208	12,954	23,240
3	135,27	33,58	81,33	0,1045	0,349	0,296	0,199	0,640	0,812	1,456	0,036	0,031	0,021	6,124	7,771	13,942
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1160	0,397	0,336	0,226	0,440	0,558	1,001	0,046	0,039	0,026	3,792	4,812	8,634
6	151,94	42,36	64,47	0,1363	0,422	0,358	0,241	0,436	0,553	0,992	0,058	0,049	0,033	3,197	4,056	7,277
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1207	0,436	0,369	0,249	0,249	0,316	0,567	0,053	0,045	0,030	2,064	2,619	4,699
9	143,27	37,66	72,50	0,1636	0,440	0,373	0,251	0,375	0,475	0,853	0,072	0,061	0,041	2,290	2,906	5,214
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1801	0,437	0,370	0,249	0,428	0,543	0,974	0,079	0,067	0,045	2,377	3,016	5,411
12	149,94	41,25	66,20	0,2043	0,426	0,361	0,243	0,509	0,646	1,159	0,087	0,074	0,050	2,491	3,161	5,672
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2165	0,409	0,346	0,233	0,521	0,661	1,187	0,088	0,075	0,050	2,408	3,056	5,482
15	144,46	38,29	71,32	0,2251	0,388	0,329	0,221	0,523	0,663	1,190	0,087	0,074	0,050	2,322	2,946	5,286
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2417	0,366	0,310	0,209	0,588	0,746	1,339	0,089	0,075	0,051	2,434	3,089	5,541
18	152,91	42,90	63,65	0,2575	0,346	0,293	0,198	0,659	0,836	1,500	0,089	0,075	0,051	2,559	3,248	5,827
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2623	0,329	0,278	0,188	0,623	0,791	1,418	0,086	0,073	0,049	2,375	3,014	5,408

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{rg} :8192,6 MPa G_{rg} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 34. SK-6 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0762	0,292	0,247	0,166	0,777	0,986	1,769	0,022	0,019	0,013	10,195	12,938	23,211
3	135,27	33,58	81,33	0,1177	0,386	0,327	0,220	0,936	1,187	2,130	0,045	0,038	0,026	7,951	10,089	18,101
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1409	0,427	0,361	0,243	0,760	0,964	1,729	0,060	0,051	0,034	5,391	6,840	12,272
6	151,94	42,36	64,47	0,1663	0,447	0,379	0,255	0,831	1,055	1,893	0,074	0,063	0,042	4,999	6,344	11,381
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1577	0,457	0,387	0,261	0,434	0,551	0,988	0,072	0,061	0,041	2,751	3,491	6,262
9	143,27	37,66	72,50	0,1751	0,458	0,388	0,262	0,435	0,553	0,991	0,080	0,068	0,046	2,486	3,155	5,660
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1968	0,452	0,383	0,258	0,543	0,688	1,235	0,089	0,075	0,051	2,757	3,499	6,277
12	149,94	41,25	66,20	0,2043	0,439	0,372	0,251	0,501	0,636	1,140	0,090	0,076	0,051	2,451	3,110	5,580
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2137	0,420	0,356	0,240	0,494	0,627	1,125	0,090	0,076	0,051	2,314	2,936	5,267
15	144,46	38,29	71,32	0,2193	0,398	0,337	0,227	0,479	0,607	1,090	0,087	0,074	0,050	2,183	2,770	4,969
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2303	0,375	0,317	0,214	0,505	0,640	1,149	0,086	0,073	0,049	2,192	2,781	4,990
18	152,91	42,90	63,65	0,2346	0,353	0,299	0,202	0,496	0,630	1,130	0,083	0,070	0,047	2,116	2,685	4,817
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2775	0,335	0,284	0,191	0,743	0,943	1,693	0,093	0,079	0,053	2,679	3,400	6,100

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{IG} :8192,6 MPa G_{IG} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 35. SK-7 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0809	0,292	0,247	0,166	0,926	1,175	2,108	0,024	0,020	0,013	11,439	14,516	26,043
3	135,27	33,58	81,33	0,1141	0,386	0,327	0,220	0,814	1,033	1,854	0,039	0,033	0,022	7,134	9,053	16,242
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1369	0,427	0,361	0,243	0,677	0,860	1,542	0,052	0,044	0,029	4,947	6,278	11,264
6	151,94	42,36	64,47	0,1467	0,447	0,379	0,255	0,514	0,652	1,170	0,058	0,049	0,033	3,503	4,445	7,975
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1521	0,457	0,387	0,261	0,395	0,502	0,900	0,061	0,052	0,035	2,599	3,298	5,917
9	143,27	37,66	72,50	0,1572	0,458	0,388	0,262	0,333	0,423	0,758	0,064	0,054	0,036	2,118	2,688	4,823
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1801	0,452	0,383	0,258	0,420	0,532	0,955	0,072	0,061	0,041	2,330	2,956	5,304
12	149,94	41,25	66,20	0,2016	0,439	0,372	0,251	0,481	0,611	1,095	0,079	0,067	0,045	2,387	3,029	5,434
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2137	0,420	0,356	0,240	0,494	0,627	1,125	0,080	0,068	0,046	2,314	2,936	5,267
15	144,46	38,29	71,32	0,1750	0,398	0,337	0,227	0,284	0,360	0,646	0,062	0,052	0,035	1,621	2,057	3,691
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2106	0,375	0,317	0,214	0,401	0,509	0,913	0,070	0,060	0,040	1,905	2,417	4,336
18	152,91	42,90	63,65	0,2378	0,353	0,299	0,202	0,514	0,653	1,171	0,075	0,064	0,043	2,164	2,746	4,926
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2567	0,335	0,284	0,191	0,580	0,736	1,320	0,077	0,065	0,044	2,259	2,867	5,143

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{rg} :8192,6 MPa G_{rg} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 36. SK-8 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0852	0,292	0,247	0,166	1,118	1,419	2,546	0,025	0,021	0,014	13,118	16,646	29,865
3	135,27	33,58	81,33	0,1242	0,386	0,327	0,220	1,440	1,828	3,279	0,048	0,041	0,027	11,595	14,713	26,397
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1465	0,427	0,361	0,243	0,933	1,185	2,125	0,062	0,053	0,036	6,371	8,085	14,504
6	151,94	42,36	64,47	0,1560	0,447	0,379	0,255	0,625	0,794	1,424	0,070	0,059	0,040	4,010	5,088	9,128
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1577	0,457	0,387	0,261	0,434	0,551	0,988	0,072	0,061	0,041	2,751	3,491	6,262
9	143,27	37,66	72,50	0,1572	0,458	0,388	0,262	0,333	0,423	0,758	0,072	0,061	0,041	2,118	2,688	4,823
10,5	139,48	35,70	76,50	0,2111	0,452	0,383	0,258	0,708	0,899	1,613	0,096	0,081	0,055	3,355	4,258	7,638
12	149,94	41,25	66,20	0,2371	0,439	0,372	0,251	0,951	1,207	2,165	0,104	0,088	0,059	4,010	5,089	9,130
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2649	0,420	0,356	0,240	2,464	3,127	5,611	0,111	0,094	0,064	9,303	11,806	21,181
15	144,46	38,29	71,32	0,2131	0,398	0,337	0,227	0,443	0,563	1,009	0,085	0,072	0,048	2,080	2,640	4,736
16,5	146,74	39,51	69,12	0,1908	0,375	0,317	0,214	0,322	0,408	0,733	0,072	0,061	0,041	1,687	2,140	3,840
18	152,91	42,90	63,65	0,2494	0,353	0,299	0,202	0,590	0,749	1,344	0,088	0,075	0,050	2,366	3,002	5,387
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2595	0,335	0,284	0,191	0,599	0,760	1,363	0,087	0,074	0,050	2,307	2,927	5,252

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{rg} :8192,6 MPa G_{rg} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 37. SK-9 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{jg}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{Tasarru}			EF*		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,0977	0,292	0,247	0,166	-2,359	-2,993	-5,370	0,028	0,024	0,016	-24,153	-30,64	-54,988
3	135,27	33,58	81,33	0,1317	0,386	0,327	0,220	-1,417	-1,798	-3,226	0,051	0,043	0,029	-10,760	-13,65	-24,496
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1389	0,427	0,361	0,243	0,716	0,909	1,631	0,059	0,050	0,034	5,156	6,542	11,738
6	151,94	42,36	64,47	0,1643	0,447	0,379	0,255	0,779	0,989	1,774	0,073	0,062	0,042	4,742	6,018	10,796
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1655	0,457	0,387	0,261	0,496	0,630	1,130	0,076	0,064	0,043	2,998	3,804	6,825
9	143,27	37,66	72,50	0,1538	0,458	0,388	0,262	0,317	0,402	0,722	0,071	0,060	0,040	2,061	2,616	4,693
10,5	139,48	35,70	76,50	0,1993	0,452	0,383	0,258	0,566	0,718	1,289	0,090	0,076	0,051	2,840	3,604	6,465
12	149,94	41,25	66,20	0,2504	0,439	0,372	0,251	3,134	3,978	7,136	0,110	0,093	0,063	12,517	15,884	28,498
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2165	0,420	0,356	0,240	0,514	0,652	1,169	0,091	0,077	0,052	2,373	3,011	5,402
15	144,46	38,29	71,32	0,1920	0,398	0,337	0,227	0,345	0,437	0,784	0,076	0,065	0,044	1,795	2,277	4,086
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2417	0,375	0,317	0,214	0,581	0,737	1,323	0,091	0,077	0,052	2,404	3,051	5,474
18	152,91	42,90	63,65	0,2466	0,353	0,299	0,202	0,571	0,724	1,299	0,087	0,074	0,050	2,314	2,936	5,267
19,5	155,69	44,48	61,40	0,2821	0,335	0,284	0,191	0,791	1,004	1,801	0,095	0,080	0,054	2,803	3,557	6,382

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{jg} :8192,6 MPa G_{jg} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 38. SK-10 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V_s (m/sn)	G_s (MPa)	G_r (G_{ig}/G_s)	S_R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,1052	0,292	0,247	0,166	1,422	1,804	3,236	0,031	0,026	0,018	13,510	17,143	30,757
3	135,27	33,58	81,33	0,1436	0,386	0,327	0,220	1,246	1,581	2,837	0,055	0,047	0,032	8,674	11,007	19,748
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1748	0,427	0,361	0,243	1,130	1,434	2,572	0,075	0,063	0,043	6,463	8,201	14,713
6	151,94	42,36	64,47	0,1790	0,447	0,379	0,255	0,595	0,755	1,354	0,080	0,068	0,046	3,324	4,218	7,567
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1804	0,457	0,387	0,261	0,414	0,526	0,943	0,082	0,070	0,047	2,297	2,915	5,230
9	143,27	37,66	72,50	0,2118	0,458	0,388	0,262	0,493	0,625	1,122	0,097	0,082	0,055	2,327	2,953	5,297
10,5	139,48	35,70	76,50	0,2300	0,452	0,383	0,258	0,566	0,718	1,289	0,104	0,088	0,059	2,461	3,123	5,602
12	149,94	41,25	66,20	0,2471	0,439	0,372	0,251	0,587	0,745	1,337	0,109	0,092	0,062	2,377	3,016	5,411
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2959	0,420	0,356	0,240	1,366	1,733	3,109	0,124	0,105	0,071	4,615	5,857	10,508
15	144,46	38,29	71,32	0,2453	0,398	0,337	0,227	0,443	0,563	1,009	0,098	0,083	0,056	1,807	2,293	4,115
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2674	0,375	0,317	0,214	0,523	0,664	1,191	0,100	0,085	0,057	1,956	2,483	4,454
18	152,91	42,90	63,65	0,2851	0,353	0,299	0,202	0,590	0,749	1,344	0,101	0,085	0,058	2,070	2,627	4,713
19,5	155,69	44,48	61,40	0,3075	0,335	0,284	0,191	0,678	0,860	1,544	0,103	0,087	0,059	2,205	2,798	5,020

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{IG} :8192,6 MPa G_{IG} :2730,87 MPa a_r :0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 39. SK-11 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V _s (m/sn)	G _s (MPa)	G _r (G _{ig} /G _s)	S _R	DGO			EF			DGO _{Tasarım}			EF*		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,1175	0,292	0,247	0,166	-0,179	-0,227	-0,407	0,034	0,029	0,020	-1,521	-1,930	-3,462
3	135,27	33,58	81,33	0,1572	0,386	0,327	0,220	-0,091	-0,116	-0,208	0,061	0,051	0,035	-0,581	-0,737	-1,323
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1768	0,427	0,361	0,243	1,288	1,634	2,932	0,075	0,064	0,043	7,285	9,244	16,585
6	151,94	42,36	64,47	0,2166	0,447	0,379	0,255	-0,171	-0,217	-0,390	0,097	0,082	0,055	-0,791	-1,004	-1,801
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1865	0,457	0,387	0,261	0,454	0,576	1,034	0,085	0,072	0,049	2,434	3,089	5,542
9	143,27	37,66	72,50	0,2090	0,458	0,388	0,262	0,473	0,600	1,077	0,096	0,081	0,055	2,264	2,873	5,154
10,5	139,48	35,70	76,50	0,2354	0,452	0,383	0,258	0,617	0,783	1,405	0,106	0,090	0,061	2,621	3,326	5,967
12	149,94	41,25	66,20	0,3418	0,439	0,372	0,251	0,962	1,221	2,190	0,150	0,127	0,086	2,815	3,572	6,408
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2710	0,420	0,356	0,240	0,697	0,885	1,588	0,114	0,096	0,065	2,573	3,265	5,857
15	144,46	38,29	71,32	0,2080	0,398	0,337	0,227	0,299	0,379	0,680	0,083	0,070	0,047	1,436	1,822	3,268
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2538	0,375	0,317	0,214	0,452	0,573	1,028	0,095	0,081	0,054	1,779	2,257	4,050
18	152,91	42,90	63,65	0,2938	0,353	0,299	0,202	0,652	0,827	1,484	0,104	0,088	0,059	2,218	2,815	5,051
19,5	155,69	44,48	61,40	0,3229	0,335	0,284	0,191	0,816	1,036	1,858	0,108	0,092	0,062	2,528	3,207	5,754

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{JG}:8192,6 MPa G_{JG}:2730,87 MPa a_r:0,17

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 40. SK-12 için farklı deprem büyüklüklerine göre düzeltilmiş EF tablosu

Derinlik (m)	V _s (m/sn)	G _s (MPa)	G _r (G _{ig} /G _s)	S _R	DGO			EF			DGO _{tasarım}			EF**		
					7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5	7.2	7.0	6.5
1,5	133,76	32,83	83,18	0,1136	0,292	0,247	0,166	-26,603	-33,759	-60,566	0,033	0,028	0,019	-297,07	-398,35	-714,68
3	135,27	33,58	81,33	0,1572	0,386	0,327	0,220	-0,091	-0,116	-0,208	0,061	0,051	0,035	-0,769	-0,976	-1,751
4,5	143,27	37,66	72,50	0,1666	0,427	0,361	0,243	0,808	1,026	1,841	0,071	0,060	0,041	6,408	8,131	14,588
6	151,94	42,36	64,47	0,2112	0,447	0,379	0,255	-5,046	-6,403	-11,487	0,094	0,080	0,054	-31,13	-39,51	-70,89
7,5	147,83	40,10	68,10	0,1950	0,457	0,387	0,261	0,519	0,658	1,181	0,089	0,075	0,051	3,483	4,419	7,928
9	143,27	37,66	72,50	0,2031	0,458	0,388	0,262	0,435	0,553	0,991	0,093	0,079	0,053	2,802	3,555	6,378
10,5	139,48	35,70	76,50	0,2183	0,452	0,383	0,258	0,478	0,606	1,088	0,099	0,084	0,056	2,847	3,613	6,482
12	149,94	41,25	66,20	0,2498	0,439	0,372	0,251	0,611	0,776	1,392	0,110	0,093	0,063	3,154	4,002	7,181
13,5	146,74	39,51	69,12	0,2633	0,420	0,356	0,240	0,620	0,787	1,412	0,111	0,094	0,063	3,024	3,837	6,884
15	144,46	38,29	71,32	0,2417	0,398	0,337	0,227	0,426	0,541	0,970	0,096	0,081	0,055	2,277	2,890	5,184
16,5	146,74	39,51	69,12	0,2538	0,375	0,317	0,214	0,452	0,573	1,028	0,095	0,081	0,054	2,289	2,905	5,212
18	152,91	42,90	63,65	0,2881	0,353	0,299	0,202	0,610	0,774	1,389	0,102	0,086	0,058	2,698	3,424	6,142
19,5	155,69	44,48	61,40	0,3129	0,335	0,284	0,191	0,721	0,915	1,641	0,105	0,089	0,060	2,913	3,697	6,632

F:1,029 Orta daneli kumlar için (Ohta ve Goto, 1978) E_{JG}:8192,6 MPa G_{JG}:2730,87 MPa a_r:0,17

Ek 3. Kontrol deneylerine ait sonuçlar

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <small>Dr. K. Dündarlıbaş & Associates, Geotechnical Consultants</small>		KAROT LOGU		1/1
Proje Adı:	TOTAL SAMSUN AKARYAKIT TERMINALI YENİ TANK SAHASI	Jetgrout No:	A-52	
İşin Yeri:	Kutlukent - SAMSUN	Başl. Tarihi:	21.08.2008	
Zemin Kotu:	0,00	Bitiş Tarihi:	21.08.2008	
Delgiyi yapan:	C. Tekin	Kontrol Eden:	S. Arslan	
Manevra Boyu (m)	Manevra İçindeki Toplam Karot Boyu (m)	Çatlak Aralığı (cm)	Düşünceler	
0	0	0		
0,5	0,5	0,5		
1,0	1,0	1,0		
1,5	1,5	1,5		
2,0	2,0	2,0		
2,5	2,5	2,5		
3,0	3,0	3,0		
3,5	3,5	3,5		
4,0	4,0	4,0		
4,5	4,5	4,5		
5,0	5,0	5,0		
5,5	5,5	5,5		
6,0	6,0	6,0		
6,5	6,5	6,5		
7,0	7,0	7,0		
7,5	7,5	7,5		
8,0	8,0	8,0		
8,5	8,5	8,5		
9,0	9,0	9,0		
9,5	9,5	9,5		
10,0	10,0	10,0		
10,5	10,5	10,5		
11,0	11,0	11,0		
11,5	11,5	11,5		
12,0	12,0	12,0		
12,5	12,5	12,5		
13,0	13,0	13,0		
13,5	13,5	13,5		
14,0	14,0	14,0		
14,5	14,5	14,5		
15,0	15,0	15,0		

Ek Şekil 13. Jet grout kolonu karot logu

Ek 3'ün devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <small>Dr. K. Dudaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</small>		KAROT LOGU		1/1
Proje Adı:	TOTAL SAMSUN AKARYAKIT TERMINALİ YENİ TANK SAHASI	Jetgrout No:	B-64	
İşin Yeri:	Kutlukent - SAMSUN	Başl. Tarihi:	21.08.2008	
Zemin Kotu:	0,00	Bitiş Tarihi:	21.08.2008	
Delgiyi yapan:	C. Tekin	Kontrol Eden:	S. Arslan	
Manevra Boyu (m)	Manevra İçindeki Toplam Karot Boyu (m)	Çatlak Aralığı (cm)	Düşünceler	
0	0	0		
0,5	0,5	0,5		
1,0	1,0	1,0		
1,5	1,5	1,5		
2,0	2,0	2,0		
2,5	2,5	2,5		
3,0	3,0	3,0		
3,5	3,5	3,5		
4,0	4,0	4,0		
4,5	4,5	4,5		
5,0	5,0	5,0		
5,5	5,5	5,5		
6,0	6,0	6,0		
6,5	6,5	6,5		
7,0	7,0	7,0		
7,5	7,5	7,5		
8,0	8,0	8,0		
8,5	8,5	8,5		
9,0	9,0	9,0		
9,5	9,5	9,5		
10,0	10,0	10,0		
10,5	10,5	10,5		
11,0	11,0	11,0		
11,5	11,5	11,5		
12,0	12,0	12,0		
12,5	12,5	12,5		
13,0	13,0	13,0		
13,5	13,5	13,5		
14,0	14,0	14,0		
14,5	14,5	14,5		
15,0	15,0	15,0		

Ek Şekil 14. Jet grout kolonu karot loğu

Ek 3'ün devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ. <small>Dr. K. Dudaşbilge & Associates, Geotechnical Consultants</small>		KAROT LOGU		1/1
Proje Adı:	TOTAL SAMSUN AKARYAKIT TERMINALI YENİ TANK SAHASI	Jetgrout No:	C-94	
İşin Yeri:	Kutlukent - SAMSUN	Başl. Tarihi:	22.08.2008	
Zemin Kotu:	0,00	Bitiş Tarihi:	22.08.2008	
Delgiyi yapan:	C. Tekin	Kontrol Eden:	S. Arslan	
Manevra Boyu (m)	Manevra İçindeki Toplam Karot Boyu (m)	Çatlak Aralığı (cm)	Düşünceler	
0	0	0		
0,5	0,5	0,5		
1,0	1,0	1,0		
1,5	1,5	1,5		
2,0	2,0	2,0		
2,5	2,5	2,5		
3,0	3,0	3,0		
3,5	3,5	3,5		
4,0	4,0	4,0		
4,5	4,5	4,5		
5,0	5,0	5,0		
5,5	5,5	5,5		
6,0	6,0	6,0		
6,5	6,5	6,5		
7,0	7,0	7,0		
7,5	7,5	7,5		
8,0	8,0	8,0		
8,5	8,5	8,5		
9,0	9,0	9,0		
9,5	9,5	9,5		
10,0	10,0	10,0		
10,5	10,5	10,5		
11,0	11,0	11,0		
11,5	11,5	11,5		
12,0	12,0	12,0		
12,5	12,5	12,5		
13,0	13,0	13,0		
13,5	13,5	13,5		
14,0	14,0	14,0		
14,5	14,5	14,5		
15,0	15,0	15,0		

Ek Şekil 15. Jet grout kolonu karot loğu

Ek 3'ün devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE
MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ.
Dr. K. Dudaşbıllıe & Associates, Geotechnical Consultants

KOLON YÜKLEME DENEYİ

UYGULANAN YÜK			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN/TIME		
POMPA BASINCI	KRİKO YÜKÜ		S1	S2	S3	S4	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ	TOPLAM SÜRE	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	dak.	dak.	-
0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,0	13:00
23	12%	5,0	0,49	0,60	0,66	0,40	0,54	0	0,0	13:10
23	12%	5,0	0,49	0,61	0,67	0,41	0,55	2,5	2,5	13:12
23	12%	5,0	0,50	0,62	0,68	0,41	0,55	2,5	5,0	13:15
23	12%	5,0	0,52	0,63	0,69	0,42	0,57	5	10,0	13:20
44	24%	10,0	1,00	1,18	1,53	1,00	1,18	2,5	12,5	13:22
44	24%	10,0	1,06	1,20	1,57	1,05	1,22	2,5	15,0	13:25
44	24%	10,0	1,08	1,22	1,59	1,07	1,24	5	20,0	13:30
65	36%	15,0	1,53	1,72	2,25	1,60	1,78	2,5	22,5	13:32
65	36%	15,0	1,54	1,74	2,27	1,62	1,79	2,5	25,0	13:35
65	36%	15,0	1,55	1,75	2,28	1,63	1,80	5	30,0	13:40
86	48%	20,0	1,81	2,03	2,60	1,96	2,10	2,5	32,5	13:42
86	48%	20,0	1,84	2,08	2,64	2,00	2,14	2,5	35,0	13:45
86	48%	20,0	1,86	2,10	2,66	2,02	2,16	5	40,0	13:50
107	60%	25,0	2,35	2,64	3,31	2,67	2,74	2,5	42,5	13:52
107	60%	25,0	2,40	2,66	3,38	2,70	2,79	2,5	45,0	13:55
107	60%	25,0	2,41	2,67	3,39	2,72	2,80	5	50,0	14:00
128	71%	30,0	2,75	3,05	3,79	3,14	3,18	2,5	52,5	14:02
128	71%	30,0	2,78	3,09	3,82	3,19	3,22	2,5	55,0	14:05
128	71%	30,0	2,79	3,10	3,84	3,21	3,24	5	60,0	14:10
149	83%	35,0	3,22	3,60	4,72	3,73	3,82	2,5	62,5	14:12
149	83%	35,0	3,23	3,62	4,35	3,76	3,74	2,5	65,0	14:15
149	83%	35,0	3,26	3,63	4,39	3,77	3,76	5	70,0	14:20
178	100%	42,0	3,80	4,32	5,00	4,48	4,40	2,5	72,5	14:22
178	100%	42,0	3,85	4,40	5,07	4,58	4,48	2,5	75,0	14:25
178	100%	42,0	3,88	4,44	5,10	4,63	4,51	5	80,0	14:30
208	117%	49,0	4,73	5,45	6,08	5,66	5,48	2,5	82,5	14:32
208	117%	49,0	4,79	5,55	6,14	5,77	5,56	2,5	85,0	14:35
208	117%	49,0	4,82	5,57	6,18	5,81	5,60	5	90,0	14:40
237	133%	56,0	5,24	6,10	6,61	6,32	6,07	2,5	92,5	14:42
237	133%	56,0	5,31	6,26	6,69	6,47	6,18	2,5	95,0	14:45
237	133%	56,0	5,34	6,30	6,72	6,51	6,22	5	100,0	14:50
267	150%	63,0	5,92	6,99	7,39	7,16	6,87	2,5	102,5	14:52
267	150%	63,0	5,96	7,29	7,43	7,40	7,02	2,5	105,0	14:55
267	150%	63,0	5,99	7,29	7,47	7,46	7,05	5	110,0	15:00
267	150%	63,0	6,12	7,53	7,60	7,69	7,24	5	115,0	15:05
267	150%	63,0	6,12	7,53	7,60	7,69	7,24	15,0	130,0	15:20
267	150%	63,0	6,12	7,53	7,60	7,69	7,24	30	160,0	15:50
199	112%	47,0	6,03	7,45	7,54	7,64	7,17	5	165,0	15:55
136	76%	32,0	5,87	7,28	7,39	7,48	7,01	5	170,0	16:00
69	38%	16,0	5,56	6,91	7,04	7,18	6,67	5	175,0	16:05
2	0%	0,0	3,98	5,24	5,05	6,10	5,09	5	180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10

Ek Şekil 16. Kolon Yükleme Deneyi 1

Ek 3'ün devamı

GEOCON ZEMİN UZMANLARI VE
MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ.
Dr. K. Dudaşbılgı & Associates, Geotechnical Consultants

KOLON YÜKLEME DENEYİ

PROJE ADI:			TOTAL SAMSUN AKARYAKIT TERMINALI YENİ TANK SAHAŞI					YER:		Kutlukent - SAMSUN	
İŞVEREN:			TOTAL OIL TÜRKİYE A.Ş.					KAZIK CİNSİ:		JETGROUT	
DENEY NO:			KYD-2					KAZIK NO:		JG - G32	
PROJE YÜKÜ:			30,0 ton					KAZIK ÇAPI / BOYU:		ø 65cm / 8,0m	
MAKSİMUM YÜK:			45,0 ton					TARİH:		05.08.2008	
								YAPAN / KONTROL EDEN:		H. DEMİRTAŞ / S. ARSLAN	
UYGULANAN YÜK			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN/TIME			
POMPA BASINCI	KRİKO YÜKÜ		S1	S2	S3	S4	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ	TOPLAM SÜRE	SAAT	
	Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	dak.	dak.	-
0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,0	19:30	
19	13%	4,0	1,39	1,42	2,13	1,86	1,70	0	0,0	19:40	
19	13%	4,0	1,48	1,51	2,22	1,96	1,79	2,5	2,5	19:42	
19	13%	4,0	1,53	1,55	2,25	2,00	1,83	2,5	5,0	19:45	
19	13%	4,0	1,53	1,56	2,26	2,01	1,84	5	10,0	19:50	
35	27%	8,0	2,16	2,18	3,08	2,76	2,55	2,5	12,5	19:52	
35	27%	8,0	2,22	2,27	3,15	2,82	2,62	2,5	15,0	19:55	
35	27%	8,0	2,24	2,30	3,18	3,84	2,89	5	20,0	20:00	
52	40%	12,0	2,76	2,86	3,93	3,90	3,36	2,5	22,5	20:02	
52	40%	12,0	2,77	2,87	3,94	3,94	3,38	2,5	25,0	20:05	
52	40%	12,0	2,77	2,87	3,95	3,95	3,39	5	30,0	20:10	
69	53%	16,0	3,21	3,29	4,53	4,09	3,78	2,5	32,5	20:12	
69	53%	16,0	3,22	3,31	4,53	4,09	3,79	2,5	35,0	20:15	
69	53%	16,0	3,23	3,32	4,54	4,11	3,80	5	40,0	20:20	
86	67%	20,0	3,63	3,72	5,06	4,51	4,23	2,5	42,5	20:22	
86	67%	20,0	3,65	3,73	5,08	4,59	4,26	2,5	45,0	20:25	
86	67%	20,0	3,66	3,75	5,11	4,61	4,28	5	50,0	20:30	
107	83%	25,0	4,34	4,40	5,97	5,46	5,04	2,5	52,5	20:32	
107	83%	25,0	4,36	4,42	6,00	5,48	5,07	2,5	55,0	20:35	
107	83%	25,0	4,37	4,43	6,03	5,51	5,09	5	60,0	20:40	
128	100%	30,0	4,94	5,01	6,75	6,23	5,73	2,5	62,5	20:42	
128	100%	30,0	4,96	5,04	6,79	6,27	5,77	2,5	65,0	20:45	
128	100%	30,0	4,98	5,06	6,81	6,30	5,79	5	70,0	20:50	
149	117%	35,0	5,97	6,03	8,01	7,46	6,87	2,5	72,5	20:52	
149	117%	35,0	5,99	6,05	8,05	7,50	6,90	2,5	75,0	20:55	
149	117%	35,0	6,03	6,08	8,09	7,54	6,94	5	80,0	21:00	
170	133%	40,0	6,45	6,47	8,53	8,00	7,36	2,5	82,5	21:02	
170	133%	40,0	6,48	6,50	8,60	8,09	7,42	2,5	85,0	21:05	
170	133%	40,0	6,51	6,53	8,63	8,10	7,44	5	90,0	21:10	
191	150%	45,0	7,14	7,16	9,34	8,83	8,12	2,5	92,5	21:12	
191	150%	45,0	7,18	7,19	9,37	8,86	8,15	2,5	95,0	21:15	
191	150%	45,0	7,22	7,24	9,43	8,92	8,20	5	100,0	21:20	
191	150%	45,0	7,24	7,26	9,45	8,94	8,22	5	105,0	21:25	
191	150%	45,0	7,30	7,32	9,51	9,00	8,28	15,0	120,0	21:40	
191	150%	45,0	7,31	7,33	9,52	9,01	8,29	30	150,0	22:10	
145	113%	34,0	7,17	7,22	9,44	8,94	8,19	5	155,0	22:15	
98	77%	23,0	6,85	6,90	9,19	8,65	7,90	5	160,0	22:20	
48	37%	11,0	6,39	6,45	8,62	8,16	7,41	5	165,0	22:25	
2	0%	0,0	5,36	5,34	7,46	7,16	6,33	5	170,0	22:30	
2	0%						#DIV/0!		170,0	22:30	
2	0%						#DIV/0!		170,0	22:30	
2	0%						#DIV/0!		170,0	22:30	
2	0%						#DIV/0!		170,0	22:30	
2	0%						#DIV/0!		170,0	22:30	
2	0%	0,0					#DIV/0!		170,0	22:30	

Ek Şekil 17. Kolon Yükleme Deneyi 2

Ek 3'ün devamı

KOLON YÜKLEME DENEYİ

UYGULANAN YÜK			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN/TIME		
POMPA BASINCI	KRİKO YÜKÜ		S1	S2	S3	S4	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ	TOPLAM SÜRE	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	dak.	dak.	-
0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,0	13:00
23	12%	5,0	1,10	1,16	1,16	0,74	1,04	0	0,0	13:10
23	12%	5,0	1,21	1,29	1,28	0,83	1,15	2,5	2,5	13:12
23	12%	5,0	1,22	1,29	1,29	0,83	1,16	2,5	5,0	13:15
23	12%	5,0	1,23	1,31	1,31	0,84	1,17	5	10,0	13:20
44	24%	10,0	2,27	2,63	2,38	1,57	2,21	2,5	12,5	13:22
44	24%	10,0	2,29	2,63	2,38	1,57	2,22	2,5	15,0	13:25
44	24%	10,0	2,30	2,65	2,38	1,58	2,23	5	20,0	13:30
65	36%	15,0	3,02	3,59	3,03	2,03	2,92	2,5	22,5	13:32
65	36%	15,0	3,04	3,60	3,04	2,03	2,93	2,5	25,0	13:35
65	36%	15,0	3,08	3,63	3,05	2,05	2,95	5	30,0	13:40
86	48%	20,0	3,68	4,29	3,53	2,43	3,48	2,5	32,5	13:42
86	48%	20,0	3,71	4,32	3,55	2,46	3,51	2,5	35,0	13:45
86	48%	20,0	3,76	4,36	3,59	2,49	3,55	5	40,0	13:50
107	60%	25,0	4,95	5,64	4,49	3,24	4,58	2,5	42,5	13:52
107	60%	25,0	4,98	5,67	4,52	3,27	4,61	2,5	45,0	13:55
107	60%	25,0	5,01	5,69	4,55	3,31	4,64	5	50,0	14:00
128	71%	30,0	5,36	6,07	4,86	3,58	4,97	2,5	52,5	14:02
128	71%	30,0	5,38	6,11	4,88	3,60	4,99	2,5	55,0	14:05
128	71%	30,0	5,42	6,15	4,90	3,62	5,02	5	60,0	14:10
149	83%	35,0	6,31	7,04	5,54	4,20	5,77	2,5	62,5	14:12
149	83%	35,0	6,35	7,07	5,57	4,23	5,81	2,5	65,0	14:15
149	83%	35,0	6,37	7,10	5,59	4,25	5,83	5	70,0	14:20
178	100%	42,0	7,44	8,24	6,44	5,01	6,78	2,5	72,5	14:22
178	100%	42,0	7,51	8,30	6,48	5,06	6,84	2,5	75,0	14:25
178	100%	42,0	7,53	8,32	6,51	5,09	6,86	5	80,0	14:30
208	117%	49,0	8,95	9,82	7,69	6,18	8,16	2,5	82,5	14:32
208	117%	49,0	9,01	9,89	7,86	6,34	8,28	2,5	85,0	14:35
208	117%	49,0	10,07	9,96	8,06	6,53	8,66	5	90,0	14:40
237	133%	56,0	10,39	11,38	9,21	7,60	9,65	2,5	92,5	14:42
237	133%	56,0	10,44	11,44	9,27	7,65	9,70	2,5	95,0	14:45
237	133%	56,0	10,48	11,50	9,33	7,70	9,75	5	100,0	14:50
267	150%	63,0	12,14	13,28	10,88	9,16	11,37	2,5	102,5	14:52
267	150%	63,0	12,21	13,36	10,97	9,25	11,45	2,5	105,0	14:55
267	150%	63,0	12,26	13,41	11,04	9,30	11,50	5	110,0	15:00
267	150%	63,0	12,34	13,49	11,12	9,37	11,58	5	115,0	15:05
267	150%	63,0	12,49	13,64	11,32	9,57	11,76	15,0	130,0	15:20
267	150%	63,0	12,40	13,47	11,50	9,75	11,78	30	160,0	15:50
199	112%	47,0	12,21	13,31	11,26	9,54	11,58	5	165,0	15:55
136	76%	32,0	11,94	13,02	10,67	8,96	11,15	5	170,0	16:00
69	38%	16,0	11,36	12,27	9,93	8,29	10,46	5	175,0	16:05
2	0%	0,0	8,55	8,87	6,75	5,84	7,50	5	180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10
2	0%	0,0					#DIV/0!		180,0	16:10

Ek Şekil 18. Kolon Yükleme Deneyi 3

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Malatya ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden İnşaat Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Aynı yıl yine Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2015 yılında KTÜ Of Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne araştırma görevlisi olarak atandı. Hala bu görevine devam etmekte olan Seda ÖZTÜRK İngilizce bilmektedir.

