

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HIZLI TREN GÜZERGAH ALANININ
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
(SİVAS-ERZİNCAN İLLERİ ARASI ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Mühendisi Sevda GÖREN

**HAZİRAN 2013
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HIZLI TREN GÜZERGAH ALANININ
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
(SİVAS-ERZİNCAN İLLERİ ARASI ÖRNEĞİ)

Jeofizik Mühendisi Sevda GÖREN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nce
“JEOFİZİK YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.07.2013
Tezin Savunma Tarihi : 14.06.2013

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ

Trabzon 2013

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında

Sevda GÖREN tarafından hazırlanan

**HIZLI TREN GÜZERGAH ALANLARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ (SİVAS-ERZİNCAN İLLERİ ARASI ÖRNEĞİ)**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 18 / 06 / 2013 gün ve 1510 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ.....

Üye : Prof. Dr. Hakan KARSLI.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erol İSKENDER.....

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

ÖNSÖZ

“Hızlı Tren Güzergah Alanının Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi (Sivas-Erzincan illeri arası örneği) ” adlı bu araştırma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır.

Engin bilgileri ile beni yönlendiren, yardımını esirgemeyen, Sayın danışman hocam Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ’ ye teşekkürlerimi sunarım .

Doç. Dr. Ünal DİKMEN (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü), Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP (İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü), Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇINAR ve Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY ’a teşekkürlerimi sunarım.

T.C Ulaştırma Bakanlığı, Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları (DLH) İnşaatı Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı’nda Sivas – Erzincan Hızlı Tren Projesi Kapsamında alınan jeofizik ve jeolojik verilerinin kullanılmasına izin verdiği için, Jeolojik ve Jeofizik Hizmetler Şube ve İdari İşler Müdürü olarak görev yapan Yük. Jeofizik Müh. Mehmet Altıntaş’a teşekkürü bir borç bilirim. Sivas – Erzincan Hızlı Tren Projesi Kapsamında verilerin alınması sırasında Altınok Müş. Müh. Taah. San. Ve Tic. Ltd.Şti. görev yapan Jeofizik Müh. M. Kemal ÖZTÜRK’e içtenlikle teşekkür ederim. Çalışma süresince yardımlarını, desteğini ve zamanını esirgemeyen, değerli arkadaşlarım Araş. Gör. Suna ALTUNDAŞ, Araş. Gör. Özgeç AKIN’a sevgilerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bir dediğimi iki etmeyen, maddi ve manevi her zaman yanımda olan ailem annem Fatma GÖREN, babam Emin Tamer GÖREN ve ikiz kardeşim Ferda GÖREN ’ e teşekkürü bir borç bilir bu tezi onlara ithaf ederim.

Sevda GÖREN

Trabzon 2013

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Hızlı Tren Güzergah Alanlarının Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi (Sivas-Erzincan İlleri Arası Örneği) ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ ’nin sorumluluğunda tamamladığımı, verilerin özel bir firmadan izinli olarak tezde kullanılmak üzere alındığını, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda 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. 18/05/2013

Sevda GÖREN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXIII
1. GENEL BİLGİLER.....	27
1.1. Giriş.....	27
1.2. Mühendislik Jeofiziği.....	31
1.2.1. Sismik Yöntemler.....	32
1.2.1.1. Sismik Kırılma Yöntemi.....	32
1.2.1.2. Sismik Yansıma Yöntemi.....	33
1.2.2. Elektrik Yöntemler.....	34
1.2.2.1. Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi.....	35
1.3. Mühendislik Sismolojisi.....	37
1.3.1. Türkiye ve Civarının Aktif Tektoniği.....	37
1.3.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu.....	39
1.3.3. Kuzey Anadolu Fayının Güzergahı.....	40
1.3.4. Etkin Yer İvmesinin Belirlenmesi.....	41
1.4. Mühendislik Jeolojisi.....	43
1.4.1. Kayaçların Fiziksel Özellikleri.....	43
1.4.1.1. Birim Hacim Ağırlığı (γ).....	44
1.4.1.2. Boşluk Oranı (e).....	44
1.4.1.3. Doygunluk Derecesi (S_r).....	45

1.4.1.4.	Su İçeriği (W_n)	45
1.4.1.5.	Kıvam Limitleri.....	45
1.4.1.6.	Zemin Sınıfı.....	47
1.4.2.	Kayaçların Mekaniksel Özellikleri.....	49
1.4.2.1.	Elek Analizi.....	49
1.4.2.2.	Üç Eksenli Basınç Dayanım Deneyi	49
1.4.2.3.	Sıkışma Deneyi	50
1.4.2.4.	Standart Penetrasyon Deneyi	51
1.5.	Jeoteknikte Jeolojik ve Jeofizik Yöntemlerin Uygulanması	52
1.5.1	Zemin Sıvılaşması	52
1.5.1.1.	Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler.....	54
1.5.1.1.1.	Zemin Yapısı.....	54
1.5.1.1.1.1.	Sıklık Derecesi	54
1.5.1.1.1.2	Dane Özellikleri	55
1.5.1.1.1.3.	Kil İçeriği	56
1.5.1.1.1.4.	Drenaj Şartları	56
1.5.1.1.1.5.	Yer Altı Su Seviyesi.....	56
1.5.1.1.2.	Dış Etkenlerle İlgili Özellikler	56
1.5.1.1.2.1.	Sıvılaşmaya Neden Olabilecek Yükleminin Sebebi.....	56
1.5.1.1.2.2.	Yükleminin Şiddeti ve Süresi	57
1.5.2.	Sıvılaşma Potansiyeli Analiz Yöntemleri	58
1.5.2.1.	Periyodik Gerilme Yaklaşımı.....	58
1.5.2.1.1.	Seed ve Idriss Sıvılaşma Analizi Yöntemi.....	59
1.5.2.1.2.	Tokimatsu ve Yoshimi Sıvılaşma Analizi Yöntemi.....	62
1.5.2.1.3.	Iwasaki vd. (1981) Sıvılaşma Analizi Yöntemi	64
1.5.2.1.4.	Sıvılaşma Başlangıcının Belirlenmesi.....	66
1.5.2.1.5.	Dizinin Sıvılaşabilirliğinin Belirlenmesi.....	67

1.5.2.2.	Kayma Dalga Hızı Yaklaşımı	68
1.5.2.2.1.	Kayma Dalga Hızından Sıvılaşma Analizi Yöntemi.....	68
1.5.2.2.2.	Eşik İvme Kriteri Sıvılaşma Analizi	70
1.5.3	Zemin Taşıma Kapasitesi	71
1.5.3.1.	Zeminin Taşıma Gücü	71
1.5.3.2.	Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü	72
1.5.3.3.	Taşıma Gücü Analiz Yöntemleri.....	73
1.5.3.3.1.	Zemin Taşıma Gücünün Laboratuvar Deneyleri ile Hesaplanması	73
1.5.3.3.1.1.	Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi	73
1.5.3.3.1.2.	Broms Yaklaşımı ile Taşıma Gücü	76
1.5.3.3.2.	Zemin Taşıma Gücünün Standart Penetrasyon Deneyi ile Hesaplanması	77
1.5.3.3.3.	Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemle Kuramsal Olarak Saptanması ...	80
1.5.3.3.3.1.	Zemin Emniyetli Taşıma Kapasitesinin Elde Edilmesi.....	81
1.5.4	Zemin Oturması.....	86
1.5.4.1.	Zeminin Sıvılaşma Sonrası Oturma Hesabı	87
1.5.4.1.1.	Tokimatsu ve Seed (1987) Oturma Analizi.....	87
1.5.4.1.2.	Ishihara ve Yoshimine (1992) Oturma Analizi	89
1.5.5	Zeminin Dinamik Elastik Parametreleri.....	93
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	99
2.1.	Yapılan Çalışmanın Amacı	99
2.2.	Sivas İlinin Genel Jeolojisi.....	100
2.2.1.	Gülandere Formasyonu	101
2.2.2.	Selimiye Formasyonu.....	101
2.2.3.	Kemah Formasyonu	102
2.2.4.	Hafif Formasyonu	102
2.2.5.	İncesu Formasyonu	102
2.3.	Sivas İlinin Metamorfizma ve Magmatizması	103

2.4	Sivas İlinin Deprem Durumu	104
2.5.	Güzergah Alanı Hakkında Genel Bilgi	107
2.6.	Çalışma Alanının Genel Özellikleri	112
2.7.	Çalışma Alanının Genel Jeolojisi.....	112
2.8.	Mühendislik Jeofiziği Çalışmaları	114
2.8.1.	Sismik Kırılma Çalışmaları.....	114
2.8.2.	Elektrik Özdirenç Çalışmaları.....	115
2.9.	Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları.....	115
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	117
3.1.	Mühendislik Jeofiziği Bulguları.....	117
3.2.	Mühendislik Sismolojisi Bulguları.....	125
3.3.	Mühendislik Jeolojisi Bulguları	126
3.3.1.	Zeminlerin Fiziksel Özellikleri Bulguları	126
3.4.	Mühendislik Parametre Bulguları	134
3.4.1.	İnceleme Alanı Sıvılaşma Analizi Sonuçları	134
3.4.1.1	İnceleme Alanının Kayma Dalga Hızı Kullanılarak Sıvılaşma Analizi Sonuçları.....	135
3.4.1.2	İnceleme Alanının Standart Penetrasyon Deneyi Kullanılarak Sıvılaşma Analizi Sonuçları.....	142
3.4.2.	İnceleme Alanının Oturma Analizi Sonuçları	161
3.4.3.	İnceleme Alanının Taşıma Gücü Analizi Sonuçları.....	181
3.4.4.	İnceleme Alanının Dinamik-Elastik Parametre Analizi.....	193
3.5.	İnceleme Alanının Jeoteknik Değerlendirmesi	226
4.	SONUÇLAR.....	230
5.	KAYNAKLAR.....	232
6.	EKLER.....	1 adet CD
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

HIZLI TREN GÜZERGAH ALANININ MÜHENDİSLİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ (SİVAS-ERZİNCAN İLLERİ ARASI ÖRNEĞİ)

Sevda GÖREN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Kenan GELİŞLİ
2013, 214, 1 adet CD (Ek Sayfalar)

Bu tez çalışmasında; güvenli, ekonomik, çevresel ve zamansal açıdan doğru hızlı tren yolu güzergahının tespitinde, sıvılaşma davranışının mekanizması, sıvılaşmaya etki eden faktörler, sıvılaşma sonrası meydana gelen oturma, taşıma gücü mekanizmasına özetle değinilerek arazide elde edilen Kayma dalga hızı (V_s) ve arazide elde edilen SPT ($(N_1)_{60}$), deney sonuçlarından yararlanılarak sıvılaşma tahkiki ve taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Çalışmada T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü, Etüt Proje Dairesi Başkanlığı Sivas - Erzincan Hızlı Tren Projesi kapsamında daha önceden toplanmış Sismik Kırılma, Düşey Elektrik Sondaj ve Mekanik Sondaj çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Sıvılaşma, oturma ve taşıma gücü hesaplamaları Matlab programlama dili kullanılarak yapılmıştır. Bu veriler ilişkilendirilerek jeoteknik kesitler tarafınca Autocad bilgisayar destekli tasarım programı ile oluşturulmuştur. Çalışmada; P dalga hızı (V_p), S dalga hızı (V_s), Yoğunluk (d), Kayma modülü (μ), Elastisite modülü (E_d), Bulk modülü (K_d), Poisson oranı (ν), zemin taşıma gücü (q_u) ve zemin emniyet gerilmesi (q_s), emniyet faktörü, oturma parametreleri tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerden artan ivme değeri ile potansiyel sıvılaşma risk alanları ve üzerine gelecek yük neticesinde zeminin taşıma gücü probleminin olmadığına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hızlı Tren Yolu Güzergahı, Zemin Taşıma Gücü, Sıvılaşma, Oturma

SUMMARY

Determination of Parameters of Engineering on Railway Track Routes

Sevda GÖREN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Supervisor: Prof.Dr.Kenan GELİŞLİ
2013,214, 1 CD Pages

In this thesis study liquefaction mechanism, the factors which reeffected the liquefaction, settlement, bearing capacity were summarized. The whole data were evaluated according to liquefaction and bearing capacity analyses which developed depend on Shear Wave Velocity (V_s), standart penetration test (SPT (N_1)₆₀) and mechanical tests. The data which are needed for liquefaction and bearing capacity analyses were collected from Sivas region. The datas were reassessment which obtained seismic cross-sections, vertical electric sondings and mechanic drilling studies have made in Sivas region. These geotechnical sections were composed by making relations. The use of seismic geophysical method has been investigated, in order to detection of accurate railways, it was built in 2007 within Sivas-Erzincan boundaries were examined by Republic of Turkey Ministry of Transport in the study. Parameters of liquefaction, settlement and bearing capacity is calculated by Matlab. It was determined P Wave Velocity (V_p), S Wave Velocity (V_s), Density (d) (gr/cm^3), Shear Modulus (μ) (kg/cm^2), Elasticity Modulus (E_d) (kg/cm^2), Bulk Modulus (K_d) (kg/cm^2), Poisson Ratio (ν), Soil Bearing Capacity (q_u) (kg/cm^2), and Ground Safety Stress (q_s) (kg/cm^2), safety factor parameters.

Key Words: Railway Track Route, Bearing Capacity, Liquefaction, Settlement

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1.	Sismik kaynak ve jeofon dizilimi.....	33
Şekil 1. 2.	Arazide ölçü sistemi.....	35
Şekil 1. 3.	Schlumberger elektrod dizilimi için DES eğrisi.....	36
Şekil 1. 4.	Türkiye'nin levha tektoniği haritası (Yaltrak vd., 1998)	38
Şekil 1. 5.	Etkin yer ivmesi mekanizması	42
Şekil 1. 6.	Casagrande plastisite kartı.....	47
Şekil 1. 7.	Standart penetrasyon deney düzeneği	51
Şekil 1. 8.	Sıvılaşmanın fiziksel süreci.....	53
Şekil 1. 9.	Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı.	55
Şekil 1. 10.	M=7.5 için siltli kumlarda PDO ile SPT arasındaki ilişki.....	61
Şekil 1.11.	Temiz kum,siltli kum ve kumlu silt için M=7.5 depremlerinde kullanılan DDO ile düzeltilmiş kayma dalgası hızı ilişkisi	69
Şekil 1. 12.	Eşik ivme değerleri önerisi (Dobry,1992).....	70
Şekil 1. 13.	Terzaghi taşıma gücü teorisi.....	73
Şekil 1. 14.	Hızlı tren yol kaplaması için taşıma gücü yaklaşımı.....	77
Şekil 1. 15.	Temel genişliği ve emniyetli taşıma gücü arasındaki ilişki	78
Şekil 1. 16.	Sığ temellerde zemin gerilmesi	82
Şekil 1. 17.	P dalga hızına göre birim hacim ağırlığı dağılımı.....	85
Şekil 1. 18.	Suya doymun kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO- SPT direnci ile değişimi	87
Şekil 1. 19.	Sıvılaşma sonrası hacimsel değişim ve emniyet faktörü arasındaki ilişki .	90
Şekil 1. 20.	Deformasyon çeşitleri.....	94
Şekil 2. 1.	Sivas ili deprem bölgeleri haritası (URL-4).....	105
Şekil 2. 2.	TRACEA projesi güzergahı	108
Şekil 2. 3.	Trans-Asya orta koridoru güzergahı	110
Şekil 2. 4.	Trans-Asya güney koridoru güzergahı	110
Şekil 2. 5.	Sivas ili hızlı tren güzergahı.....	111
Şekil 2. 6.	Çalışma alanının genel jeoloji kesiti	113
Şekil 2. 7.	Sahada uygulanan serim düzeneği	114

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. 1.	Zemin etkin yer ivmesi bağıntıları	42
Tablo 1. 2.	Boşluk oranı değerleri	44
Tablo 1. 3.	İnce taneli zeminlerin likit limit aralığına göre sınıflandırılması.....	46
Tablo 1. 4.	Leonards (1962) sınıflaması.....	46
Tablo 1. 5.	Eurocode 8'e göre zemin sınıflaması	48
Tablo 1. 6.	Serbest basınç direnci, q_u değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı	50
Tablo 1. 7.	Relatif sıklığa göre zemin sınıflaması.....	54
Tablo 1. 8.	Yerel büyüklük ile maksimum yatay yer ivmesi, deprem süresi ve fay yırtılmasının yakınında meydana gelen hasarın Modifiye Mercalli Şiddet derecesi arasındaki yaklaşık ilişkiler.	57
Tablo 1. 9.	Modifiye Mercalli şiddet ölçeği (Day, 2002).....	57
Tablo 1. 10.	SPT darbe sayısı için ince tane oranı düzeltme katsayısı.....	64
Tablo 1. 11.	Farklı zemin sınıflarının birim hacim ağırlıkları ve ortalama dane çapı	66
Tablo 1. 12.	Sıvılaşma dizini ve sıvılaşma olasılığı	68
Tablo 1. 13.	İzin verilebilir taşıma gücü değerleri	72
Tablo 1. 14.	Temel şekil katsayıları	75
Tablo 1. 15.	Terzaghi taşıma gücü katsayıları.....	76
Tablo 1. 16.	Faktör değerleri	80
Tablo 1. 17.	Dinamik elastik parametrelerin sismik hız bağıntıları	97
Tablo 1. 18.	Eurocode 8.....	96
Tablo 1. 19.	Poisson oranı değerleri.....	97
Tablo 2. 1.	Türkiye deprem bölgeleri ivme değerleri.....	106
Tablo 2. 2.	Sivas ili ve çevresinde meydana gelmiş olan depremlerin büyüklükleri	107
Tablo 2. 3.	Sondaj numuneleri üzerinde yapılabilen ve yapılamayan deneyler	116
Tablo 3. 1.	İnceleme alanının sismik kırılma değerlendirilmesi.....	117
Tablo 3. 2.	İnceleme alanının elektrik özdirenç değerlendirilmesi.....	119
Tablo 3. 3.	Zemin etkin yer ivmesi değerleri	125

Tablo 3. 4.	Laboratuvar deney sonuçları ve sismik veriler kullanılarak elde edilen tane birim hacim ağırlıkları değerleri.....	127
Tablo 3. 5.	Laboratuvar deney sonuçları kullanılarak elde edilen su içeriği değerleri.....	103
Tablo 3. 6.	Laboratuvar deney sonuçları kullanılarak elde edilen doygunluk derecesi değerleri	130
Tablo 3.7.	Laboratuvar deney sonuçları kullanılarak elde edilen boşluk oranı değerleri	131
Tablo 3. 8.	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları	132
Tablo 3. 9.	İnceleme alanının Casangra plastisite kartı ve Eurocode 8'e göre zemin sınıflaması	132
Tablo 3. 10.	Üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.....	133
Tablo 3. 11.	ÜSK 0+420 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	135
Tablo 3. 12.	ÜSK 0+420 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	135
Tablo 3. 13.	KSK 1+068 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	136
Tablo 3. 14.	KSK 1+068 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	136
Tablo 3. 15.	ASK 1+915 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	136
Tablo 3. 16.	ASK 1+915 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	137
Tablo 3. 17.	ASK 2+580 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	137
Tablo 3. 18.	ASK 2+580 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	137
Tablo 3. 19.	SİSK-5 3+500 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme	138
Tablo 3. 20.	SİSK-8 3+640 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme	138
Tablo 3. 21.	SİSK-13 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme	138
Tablo 3. 22.	SİSK-13 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme	139
Tablo 3. 23.	ÜSK-4+635 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme...	139
Tablo 3. 24.	USK-5+250 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme...	139
Tablo 3. 25.	USK 6+350 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirme ...	140
Tablo 3. 26.	Eşik ivme kriteri kullanılarak sıvılaşma analizi değerlendirme	140

Tablo 3. 27.	ÜSK_0+420 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	143
Tablo 3. 28.	KSK_1+068 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	143
Tablo 3. 29.	ASK_1+915 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	144
Tablo 3. 30.	ASK_2+580 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	145
Tablo 3. 31.	SİSK_5 3+500 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	145
Tablo 3. 32.	SİSK_8 3+640 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	146
Tablo 3. 33.	SİSK_13 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi..	146
Tablo 3. 34.	SİSK_14 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi..	147
Tablo 3. 35.	ÜSK-4+635 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	147
Tablo 3. 36.	ÜSK-5+250 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	148
Tablo 3. 37.	ÜSK-6+350 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	148
Tablo 3. 38.	ÜSK-0+420 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	149
Tablo 3. 39.	KSK 1+068 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	149
Tablo 3. 40.	ASK 1+915 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	150
Tablo 3. 41.	ASK 2+580 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	151
Tablo 3. 42.	SİSK-5 3+500 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	151
Tablo 3. 43.	SİSK-13 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	152
Tablo 3. 44.	SİSK-14 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi	153

Tablo 3. 45.	USK-4+635 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	153
Tablo 3. 46.	USK-5+250 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	154
Tablo 3. 47.	USK-6+350 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	154
Tablo 3. 48.	USK-0+420 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	155
Tablo 3. 49.	KSK-1+068 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	155
Tablo 3. 50.	ASK-1+915 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	156
Tablo 3. 51.	ASK-2+580 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	157
Tablo 3. 52.	SİSK-5 3+500 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	157
Tablo 3. 53.	SİSK-8 3+640 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	158
Tablo 3. 54.	SİSK-13 3+640 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	158
Tablo 3. 55.	SİSK-14 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi..	159
Tablo 3. 56.	USK 4+635 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	159
Tablo 3. 57.	USK 5+250 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	160
Tablo 3. 58.	USK 6+350 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi.....	160
Tablo 3. 59.	ÜSK 0+420 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	161
Tablo 3. 60.	ÜSK 0+420 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	162
Tablo 3. 61.	ÜSK 0+420 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	162

Tablo 3. 62.	KSK 1+068 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	163
Tablo 3. 63.	KSK 1+068 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	163
Tablo 3. 64.	KSK 1+068 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	164
Tablo 3. 65.	KSK 1+915 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	165
Tablo 3. 66.	KSK 1+915 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	166
Tablo 3. 67.	KSK 1+915 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	167
Tablo 3. 68.	ASK 2+580 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	168
Tablo 3. 69.	ASK 2+580 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	168
Tablo 3. 70.	ASK 2+580 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	169
Tablo 3. 71.	SİSK-5 3+500 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	169
Tablo 3. 72.	SİSK-5 3+500 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	170
Tablo 3. 73.	SİSK-5 3+500 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	170
Tablo 3. 74.	SİSK-8 3+640 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	171
Tablo 3. 75.	SİSK-8 3+640 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	171
Tablo 3. 76.	SİSK-8 3+640 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	172
Tablo 3. 77.	SİSK-13 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	173
Tablo 3. 78.	SİSK-13 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	173

Tablo 3. 79.	SİSK-13 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	174
Tablo 3. 80.	SİSK-14 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	175
Tablo 3. 81.	SİSK-14 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	175
Tablo 3. 82.	SİSK-14 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	176
Tablo 3. 83.	ÜSK 4+635 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	176
Tablo 3. 84.	ÜSK 4+635 Tokimatsu Yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri.....	177
Tablo 3. 85.	ÜSK 4+635 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	177
Tablo 3. 86.	ÜSK 5+250 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	178
Tablo 3. 87.	ÜSK 5+250 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	178
Tablo 3. 88.	ÜSK 5+250 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	179
Tablo 3. 89.	ÜSK-6+350 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	179
Tablo 3. 90.	ÜSK-6+350 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	180
Tablo 3. 91.	ÜSK-6+350 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri	180
Tablo 3. 92.	Sismik hızlar kullanılarak hesaplanan taşıma gücü parametreleri	181
Tablo 3. 93.	Sismik yöntem ile hesaplanan taşıma gücü değerlendirmesi	183
Tablo 3. 94.	Terzaghi Yöntemi ile taşıma gücü değerlendirmesi.....	185
Tablo 3. 95.	Broms Yaklaşımı ile taşıma gücü hesabı değerleri	186
Tablo 3. 96.	İnceleme alanında bulunan 11 adet sondaj noktasına göre Terzaghi, Broms yaklaşımı ve Sismik yöntem kullanılarak taşıma gücü değerlendirmesi	187

Tablo 3. 97.	USK_0+420 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	188
Tablo 3. 98.	KSK_1+068 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	188
Tablo 3. 99.	ASK_1+915 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler.....	162
Tablo 3. 100.	ASK_2+580 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler.....	189
Tablo 3. 101.	SISK_5 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	189
Tablo 3. 102.	SISK_8 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	189
Tablo 3. 103.	SISK_13 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	190
Tablo 3. 104.	SISK_14 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	190
Tablo 3. 105.	USK_4+635 sondaj noktasına ait SPT taşıma Gücü analizi için gerekli parametreler	190
Tablo 3. 106.	USK_5+250 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	191
Tablo 3.107.	USK_6+305 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler	191
Tablo 3. 108.	İnceleme alanındaki sondaj noktalarına ait SPT kullanılarak taşıma gücü değerlendirmesi	192
Tablo 3. 109.	Su_1 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	193
Tablo 3. 110.	Su_2 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	194
Tablo 3. 111.	Su_3 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	194
Tablo 3. 112.	Su_4 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	195
Tablo 3. 113.	Su_5 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	195

Tablo 3. 114.	Su_6 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	196
Tablo 3. 115.	Su_8 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	196
Tablo 3. 116.	Su_9 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	197
Tablo 3. 117.	Su_10 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	197
Tablo 3. 118.	Su_11 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	198
Tablo 3. 119.	Su_12 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	198
Tablo 3. 120.	Su_13 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	199
Tablo 3. 121.	Su_14 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	199
Tablo 3. 122.	Su_15 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	200
Tablo 3. 123.	Su_16 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	200
Tablo 3. 124.	Su_17 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	201
Tablo 3. 125.	Su_18 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	201
Tablo 3. 126.	Su_19 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	202
Tablo 3. 127.	Su_20 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	202
Tablo 3. 128.	Su_21 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	203
Tablo 3. 129.	Su_22 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	203

Tablo 3. 130.	Su_29 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	204
Tablo 3. 131.	Su_30 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	204
Tablo 3. 132.	Su_31 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	205
Tablo 3. 133.	Su_32 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	205
Tablo 3. 134.	Su_33 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	206
Tablo 3. 135.	Su_34 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	206
Tablo 3. 136.	Su_35 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	207
Tablo 3. 137.	Su_36 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	207
Tablo 3. 138.	Su_37 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	208
Tablo 3. 139.	Su_38 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	208
Tablo 3. 140.	Su_39 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	209
Tablo 3. 141.	Su_40 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	209
Tablo 3. 142.	Su_41 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	210
Tablo 3. 143.	Su_42 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	210
Tablo 3. 144.	Su_43 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	211
Tablo 3. 145.	Su_44 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	211

Tablo 3. 146.	Su_45 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	212
Tablo 3. 147.	Su_46 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	212
Tablo 3. 148.	Su_47 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	213
Tablo 3. 149.	Su_48 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	213
Tablo 3. 150.	Su_49 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	214
Tablo 3. 151.	Su_50 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	214
Tablo 3. 152.	Su_51 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	215
Tablo 3. 153.	Su_52 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	215
Tablo 3. 154.	Su_53 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	216
Tablo 3. 155.	Su_54 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	216
Tablo 3. 156.	Su_55 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	217
Tablo 3. 157.	Su_56 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	217
Tablo 3. 158.	Su_57 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	218
Tablo 3. 159.	Su_58 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	218
Tablo 3. 160.	Su_59 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	219
Tablo 3. 161.	Su_60 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	219

Tablo 3. 162.	Su_61 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	220
Tablo 3. 163.	Su_62 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi.....	220
Tablo 3. 164.	Eurocode -8 ‘e göre zemin tanımlamaları	221

SEMBOLLER DİZİNİ

- a : Yer ivmesi
Af : En kesit alanı
a_{mak} : Maksimum yatay yer ivmesi
a_t : Sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç ivmesi
A_o : İlk kesit alanı
B : Temel genişliği
c : Kohezyon
C : Deformasyon büyüklüğü
C_A : Çakma başlığı düzeltmesi
C_B : Sondaj çapı düzeltmesi
C_{BF} : Tokmak vuruş sıklığı düzeltmesi
C_C : Tokmak yastığı düzeltmesi
C_E : Enerji düzeltmesi
C_N : Jeolojik yük düzeltmesi
C_R : Tij uzunluğu düzeltmesi
C_S : Numune alıcı kılıf düzeltmesi
C_v : Örtü yükü düzeltme katsayısı
C_w : Yeraltı suyu düzeltme faktörü
D : Episantr ile yöre arasındaki uzaklık
Df : Temel derinliği
DDO : Devirsel direnç oranı
DGO : Devirsel gerilme oranı
Dr : Relatif sıklık
E : Elastisite modülü
EF : Emniyet faktörü
e_{min} : Zeminin en sıkı durumundaki boşluk oranı
e_{mak} : Zeminin en gevşek durumundaki boşluk oranı
e_o : Zeminin tabii boşluk oranı
F : Yapıya etki eden yatay sismik kuvvet

F_a	: Eşik ivme kriteri emniyet faktörü
F_L	: Emniyet faktörü
e	: Boşluk oranı
h	: Episantr uzaklığı
H_o	: İlk boy kısalması
N_{arazi}	: SPT arazi darbe sayısı
N_{160}	: Düzeltilmiş SPT darbe sayısı
N_{180}	: Düzeltilmiş SPT darbe sayısı
N_c	: Terzaghi taşıma gücü faktörü
N_q	: Terzaghi taşıma gücü faktörü
N_f	: Terzaghi taşıma gücü faktörü
I_L	: Sıvılaşma potansiyeli dizini
m	: Yapının kütlesi
M	: Deprem büyüklüğü
MDF	: Magnitüd düzeltme faktörü
n	: Porozite
$q_{sımr}$: Sınır taşıma gücü
q_o	: Toplam yük
P_{max}	: Kırılma anındaki yük
P_O	: Şüryaj yükü
R	: Hiposantr uzaklığı
r_n	: Magnitüd düzeltme faktörü
T	: Zaman
S_r	: Doygunluk Derecesi
S_v	: Azaltma Katsayısı
u_d	: Dinamik durumda boşluk suyu basıncı faktörü
u_s	: Statik durumda boşluk suyu basıncı faktörü
V_s	: Katı hacmi
V_s	: Arazide ölçülen S dalga hızı
V_{s1}	: Düzeltilmiş S dalga hızı
V_v	: Boşluk hacmi
V_w	: Su hacmi
W_n	: Doğal birim hacim ağırlığı

- W_s : Katı ağırlık
 W_w : Su ağırlığı
 Z : Derinlik
 σ'_{vo} : Efektif gerilme
 σ'_c : Çevre basıncı
 σ_{vo} : Toplam gerilme
 γ : Yoğunluk
 ν : Poisson oranı
 τ : Deformasyonu yaratan basınç doğrultusu gerilimi
 τ_f : Kayma mukavemeti
 ΔH : Toplam boy kısalması
 σ_{max} : Maksimum düşey gerilme
 ϕ : İçsel sürtünme açısı
 g : Yerçekimi ivmesi
 ΔN_f : İnce dane düzeltmesi
 ε_L : Boyuna deformasyon
 ε_{sh} : Kayma deformasyonu
 ε_w : Enine deformasyon

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesiyle ilgili bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır. Mühendislik açısından ilk kez 1964 yılında Japonya’da meydana gelen Niigata depreminden sonra önem kazanmıştır. Zeminlerde değişik türde duyarlılıkların gelişmesine neden olan sıvılaşma direnç değerlendirmeleri için H.B Seed ve I.M Idriss, özellikle gevşek ve kumlu çökellerin bulunduğu ve yer altı suyu tablasının sığ olduğu ortamlarda kullanılan basit bir yöntem geliştirmiş ve bu yöntem dünyanın birçok bölgesinde kullanılır hale gelmiştir.

Sıvılaşma çalışmaları ile ilgili literatürde birçok araştırma bulunmaktadır. İlk olarak Seed ve Lee, (1966)’da gevşek doymuş zemin tabakalarının sıvılaşma durumlarını tanımlamak için laboratuvar deneylerinden üç eksenli basınç deneyini geliştirmişlerdir. Bu yöntemle tekrarlı yüklemeye maruz kalan zemin numunesinin hangi periyotta sıvılaşma durumunun meydana geleceği belirlenmektedir. Yoshimi ve Oh-Oka, (1970)’ de gevşek doymuş kum zemin numunesinin sıvılaşma durumunu araştırmak için laboratuvar deneylerinden kesme deney yöntemini ortaya koymuşlardır. Bu yöntemde efektif düşey basınç yükünün sıfıra eşit olması ile oluşan sıvılaşma durumuna denk olan periyodik kayma gerilmesinin periyodu tespit edilmektedir. Seed ve Idriss, (1971)’de zemin tabakalarında deprem etkisi ile oluşan kayma gerilmesinin belirlenmesinin gerekli olduğuna ve zemin tabakalarının sıvılaşma potansiyelini değerlendirmede kullanılan kayma gerilmesinin 0.65 oranında azaltılarak kullanılmasını önermektedirler. Bu yöntemde en büyük yatay yer ivmesinin tanımlandığı bir durum için basite indirgenmiş bir yaklaşımla analiz ve laboratuvarda periyodik gerilmelerin uygulandığı üç eksenli ve kesme deneyleri ile saptanan gözlemleri, sismik aktivitenin yüksek olduğu gevşek doymuş kumlu zeminlerin potansiyel sıvılaşma analizlerinde kullanmışlardır. Seed ve Idriss, (1979)’da depremde oluşan sismik yükler sonucunda periyodik gerilme oranlarına maruz kalan yüksek penetrasyon direncine sahip kum tabakalarının sıvılaşma potansiyelini değerlendirmede, söz konusu zemin tabakaları üzerinde yapılan basit kesme deney sonuçları kullanılarak, sıvılaşmaya neden olan periyodik gerilme oranlarına karşılık gelen SPT-N değerleri arasında elde edilen korelasyona dayanan bir yöntem kullanmışlardır.

Bu korelasyonun alt sınırları birer eğri olup 6, 7.5, 8.25 magnitüdünde depremler için belirlenmiştir. Bu eğrilerin altında kalan bölüme düşen noktaların sıvılaşmadığı ancak üstünde kalan noktaların sıvılaştığını ifade edilmektedir. Dobry ve diğ., (1981)'de sıvılaşmanın oluşabilmesi için kayma dalga hızlarını kullanarak sıvılaşma potansiyelini belirleyen gerekli başlangıç ivmesi yani eşik ivme kriterini belirlemiştir. Bu yöntem kayma dalga hızına, eşik ivmeye ve çeşitli zemin derinlikleri için grafiklemiştir. Bu grafikte verilen eğrilerin eşik kayma sekil değiştirme değeri 0.0001 alınmış olup kayma modül oranı 0.8 kabulü yapılmıştır. Ambraseys (1988)'de farklı deprem magnitüdüleri için standart penetrasyon testi (SPT) ve ortalama tekrarlı gerilme oranı (CSR)'ni ilişkilendirmiştir. Ancak bu ilişkinin geçerli olabilmesi için sıvılaşan zemin çatlaklarında magnitüdüleri sırasıyla $M_w > 7.5$ ve $6 < M_w < 7.5$ depremleri boyunca, yatay temiz kum tabakalarının incelik içeriği ($FC \geq 0,005$) ve yalnız sığ çalışmaların arazi gözlemlerinden çıkartılmış efektif düşey gerilmenin ($\sigma'_{vo} \leq 1.2 kg / cm^2$) deneysel kriter şartının sağlanması gerektiğini vurgulamıştır. Tokimatsu ve Uchida, (1990)'da düzeltilmiş kayma dalga hızı ile tekrarlı gerilme oranı arasında sıvılaşma sınırı belirleyen bir ilişki belirlemiştir. Bu ilişki laboratuvarında periyodik yük 15, silt ve kil içeriği %10'dan az kumlarda periyodik üç eksenli test sonuçlarından bulunmuştur. Robertson ve diğ., (1992)'de efektif düşey gerilmeye bağlı olarak düzeltilen dalga hızı ve tekrarlı gerilme oranı arasında sıvılaşma sınırını belirleyen bir ilişki ortaya koymuşlardır. Bu ilişki birçok bölgeden elde edilen farklı magnitüdü depremler ve arazi verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Farklı magnitüdü depremleri düzeltmek için Seed, (1979) tarafından önerilen magnitüd skala faktörü kullanılmıştır. Kayen ve diğ., (1992)'de kayma dalga hızlarını sismik penetrasyon testi ile ölçmüş ve efektif düşey gerilmeye göre düzeltmişlerdir. Geliştirilen ilişkinin verisi magnitüdü 7 olan Loma Prieta depremi esnasında farklı bölgelerdeki çalışmalardan elde edilen zeminin incelik içeriği %15-%57 arasında oluşturulmuştur. Lodge, (1994)'de Kayen ve diğ., (1992)'nin çalıştığı bölgelerin yanı sıra 1989 Loma Prieta depremi ile sarsılan diğer bölgeleri çalışmışlardır. Lodge çalıştığı bölgelerin tekrarlı gerilme oranlarını hesaplamış ve arazi deneylerinden SPT N değerini ölçmüştür. SPT N değerini efektif düşey gerilme ve enerji seviyesine göre düzeltmiştir. Ayrıca karşıt kuyu (Cross Hole) yöntemi ile kayma dalga hız ölçümleri yapmış ve efektif düşey gerilmeye göre kayma dalga hızını düzeltip tekrarlı gerilme oranı ile ilişkilendirerek sıvılaşma sınırını analitik olarak belirlemiştir.

Türker, (1996)'da Burdur bölgesi civarında yaptığı sismik kırılma çalışmaları ile Imai ve Yoshimura, (1975)'deki kayma dalga hızı ile SPT N arasındaki ilişkiyi ve Seed ve Idriss, (1971) sınıvlaşma analizinin genel formatı kullanılarak kayma dalga hızına ve en büyük yatay yer ivmesine göre sınıvlaşma sınırı belirlemiştir. Bu ilişkiyi belirlerken kayma dalga hızına bir düzeltme uygulamamıştır. Andrus ve Stokoe, (1997)'de farklı depremlerin sarstığı birçok bölgede yerinde kayma dalga hız ölçümleri ve incelik içerikli Holosen yaşlı zeminler için sınıvlaşma sınırı oluşturmuşlardır. Kayma dalga hızlarını efektif düşey gerilmeye göre düzeltmişlerdir. Bu araştırmacılar sınıvlaşan zeminde en büyük SPT $(N_1)_{60}$ değerini 30 kabul ederek en büyük kayma dalga hızını incelik içeriğine göre 204-220 m/s arasında belirlemiştir. Sınıvlaşma eğrisini belirlerken farklı magnitüdü deprem verileri ortaya koymak için Youd ve diğ., (1997) tarafından geliştirilen magnitüd skala faktörünü kullanmışlardır. Andrus ve Stokoe, (2000)'de 1997 verilerine yeni veriler ekleyerek magnitüdü 5.9 - 8.3 arasındaki depremleri $M_w=7.5$ göre düzeltip verinin incelik içeriklerine göre sınıvlaşma sınır eğrisini kayma dalga hızı ve tekrarlı gerilme oranına bağlı olarak elde etmişlerdir. Youd ve diğ., (2001)'de 21 araştırmacı ile birlikte sınıvlaşma analizi için SPT N değerine bağlı tekrarlı direnç oranını hesaplamada ortak bir karara vararak bağıntı geliştirmişlerdir. Bu bağıntının farklı magnitüdü depremlerde kullanılması için Idriss, (1995)'in magnitüd skala faktörünü revize ederek yeni bağıntı geliştirmişler ve sınıvlaşma eğrisini oluştururken bu bağıntıların kullanılmasını önermişlerdir. Uyanık, (2002)'de ise kayma dalga hız ölçümleri ve deprem dalgasının hakim periyodu kullanılarak sınıvlaşmayı oluşturan tekrarlı gerilme oranını tespit etmiş, bu oran ile H.B. Seed ve I.M. Idriss tarafından geliştirilen oran arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir. Ayrıca R. Dobry tarafından önerilen tekrarlı kayma deformasyonu için, tekrarlı direnç oran değeri ile kayma dalga hızı arasında deneysel bir ilişkinin uygulanması sonucunda sınıvlaşma direnç eğrileri elde etmiştir.

Zemin taşıma gücü; günümüzde taşıma gücü değerlendirmelerinin başlangıcı daha sonra araştırmacılar tarafından düzenlenmiş ve geliştirilmiş Prandtl'in plastik denge teorisidir. Teori sert bir cismin daha yumuşak materyal içine gömülmesini tariflemektedir. Zemin mekaniğinde bu teori bir katı temelin yumuşak zemin içine gömülmesi şeklinde kabul görmektedir. Zeminin izotrop ve homojen olmaması Prandtl kabulleri ile benzerlik göstermez. Terzaghi, (1943)'de Prandtl'in teorisindeki temel altında ya da yanlarındaki bölgelerin şekilleri ile kayma yüzeyi şeklini değişmeden kabul etmiştir.

Şerit temel için bazı kabullere dayandırmıştır. Skempton, (1951)'de N_c taşıma gücü faktörünün temel boyutları ile gömme derinliğine bağlı olarak taşıma gücünü ifade etmiştir.

Meyerhof, (1963)'de taşıma gücü için Terzaghi eşitliğine benzer bir eşitlik önermiş ancak bağıntıya şekil (s), derinlik (d) ve eğim (i) faktörlerini eklemiştir. J.Brinch Hansen, (1961) (1970)'de Meyerhof' un önerdiği taşıma gücü eşitliğini temel taban eğimi faktörleri ve zemin yüzü eğim faktörlerini ekleyerek geliştirmiştir. Kumda tipik yük-oturma ilişkisini inceleyerek, temel genişliği arttıkça taşıma gücünün azaldığı anlaşılmaktadır. Buna karşılık verilen bir oturmaya (25.4 mm) karşı gelen orta genişlikteki temelin taşıma gücü dar genişlikteki ya da daha geniş olan temelin taşıma gücünden daha fazladır. Terzaghi ve Peck (1948)'de üç farklı temel genişliğine karşı gelen taşıma gücü grafikleri geliştirmişlerdir. Meyerhof, (1956)'da Terzaghi - Peck tarafından önerilen abakların yaygın olarak kullanılmasına karşın son derece muhafazakar sonuç verdiğini düşünerek, kum, silt-kum-ince çakıl karışımından oluşan zeminlere oturan temelerde 25.4 mm oturmaya karşılık gelen zemin emniyet gerilmesi grafikleri geliştirmişlerdir. Bowles, (1996)'da Meyerhof' un önerdiği taşıma gücü eşitliğinde güvenli tarafta kaldığını ve yaklaşık %50 arttırılması gerektiğini savunarak SPT-N değerlerine göre formül geliştirmiştir.

Geoteknik problemlerin çözümünde jeofizik çalışmaların büyük katkısı vardır. Schulze (1943) zemin emniyet gerilmesini belirlemede, doğal zemin koşullarını mutlak olarak ve hiçbir şekilde örselemeyen, sismik dalga hızları tekniği ile elde edilen sonuçlar, esas itibarı ile “örselenmemiş” diye adlandırılan zemin numunelerine ait sondaj verilerini ve laboratuvar deneylerini kullanan geoteknik metotların sonuçlarından daha gerçekçi olduğunu belirtmektedir (Tezcan ve diğ., 2008). Coates (1970) boyuna dalga hızı ile zeminin serbest basınç mukavemetini belirlemiştir. Hardin ve Black (1968) ve Hardin ve Drnevich (1972) deneysel çalışmaları sonucunda kesme dalga hızı ile zemin boşluk oranı ve zemin kesme direnci arasında önemli bağıntılar geliştirmişlerdir. Ohkuba ve Terasaki (1976) su muhtevası, serbest basınç mukavemeti ve elastisite modülü arasında ilişkiler belirlemişlerdir. Geoteknik mühendisliğinde jeofizik yöntemlerin kullanımı birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır.

Imai ve Yoshimura (1976), Tahtam (1982); Wilkens ve diğ. (1984), Phillips ve diğ. (1989), Keçeli (1990), Uyanık (1991), Jongmans (1992) ; Sully ve Campanella (1995), Pyrak-Nolte ve diğ. (1996), Uyanık (1999), Türker (2004), Kurtuluş (2000), Tezcan ve diğ. (2006), Ulugergerli ve Uyanık (2007), Uyanık ve Türker (2007), Uyanık ve Ulugergerli (2008) ve Tezcan vd. (2008); boyuna dalga hızı (V_p) ve enine dalga hızı (V_s), temel boyu ve temel derinliğine bağlı olarak zemin emniyetli taşıma gücü formülleri geliştirmişlerdir.

1.2. Mühendislik Jeofiziği

Mühendislik Jeofiziği tanımı 1970 li yıllardan bu yana jeoteknik mühendisliği konularına jeofizik yöntemlerin uygulanması olarak kullanılmaktadır. 1960'lı yıllardan sonra sanayileşmenin artması ile doğal kaynaklara olan ihtiyaçların artması, ekonomik gelişme ile mühendislik yapılarının çeşitliliğinin ve hacimlerinin büyümesi beraberinde doğal afet zararlarının artması yer içinin daha yakından ayrıntılı olarak incelenmesini ve araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca, mevcut bazı klasik teknolojilerin yetersizliği, bazılarının uygulamalarının sağlanacak ekonomik yarardan daha pahalıya mal olmaları, büyük alanların incelenmesinde büyük zaman kayıplarına sebep olmalarından doğan ihtiyaç, jeoteknik mühendisliğinde Jeofizik mühendisliğinin uygulamalarının artmasında ve gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, jeoteknik mühendisliğindeki jeofizik mühendisliği uygulamalarına “mühendislik jeofiziği” denmektedir. Jeofizik Mühendisliği'nin Jeoteknik Mühendisliği'nde yeraltı jeolojik yapılarının özellikleri, zeminlerin sismik hızlarının ve dinamik elastik parametrelerinin, yeraltı suyu ve doygunluğunun, çevre kirliliğinin saptanması, potansiyel heyelan, potansiyel sıvılaşma mevkilerinin belirlenmesi, mekanik sondaja yön vermek, sondajlar arası korelasyonu sağlamak, müsaade edilebilir taşıma gücü ve yatak katsayısı hesaplanması, zemin iyileştirmesi kontrol etütleri, kaya ve maden ocağı patlatmalarının mühendislik yapılarına etkilerinin saptanması, inşaat malzemesi yataklarının aranması, baraj sahası, tünel, otoyol, köprü ayakları, petrol, doğalgaz ve su boru hatlarının güzergah etütleri amacıyla uygulanmaktadır. Bu amaçlar dâhilinde sismik, elektrik, elektromanyetik ve kuyu yöntemleri kullanılmaktadır.

1.2.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler yeryüzünden yer küresinin merkezine kadar inceleme ve araştırma yapabilen jeofizik mühendisliğinin en kapsamlı ve en yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir.

Yerde tüm doğal oluşan veya doğal oluşturulan titreşim dalgalarına sismik dalgalar denir. Sismik dalgaları kullanan yöntemlere de sismik yöntemler denmektedir. Sismik yöntemlerin prensibi, herhangi bir noktada doğal oluşan veya yapay oluşturulan dalganın yayılma başlangıç zamanını ve diğer birçok noktalara titreşim dalgasının varış zamanları arasındaki yol-zaman ilişkisinden dalga yayılım hızının saptanarak geçtiği ortamın özelliklerinin açığa çıkarılması esasına dayanır.

Sismik yöntemler; yeraltı jeolojik yapısal özelliklerinin aydınlatılması ve ekonomik kaynakların saptanması yanında jeoteknik mühendisliğinde dinamik elastik parametreleri gibi zemin özelliklerinin keza mühendislik yapılarının deprem direnci tasarımı için yerel sismik ivme katsayılarının saptanması son derece önemlidir. Sismik yöntemler ikiye ayrılmaktadır.

1.2.1.1. Sismik Kırılma Yöntemi

Yeraltı suyu araştırmalarında, mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, özellikle deprem tehlikesinin beklendiği yörede sismik tehlike araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Sismik Yöntemler yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, arz içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır. Sistem bilgisayar aracılığı ile örnekleme seçebilen, bir triggerli balyoz, 12, 24 veya 48 adet kanallı yatay ve düşey jeofon dizilimi ve özel bir bağlantı ünitelerinden oluşmaktadır.



Şekil 1.1.Sismik kaynak ve jeofon dizilimi (URL-1,2013)

Sismik kırılma değerlendirmede ilk adım her jeofon da enerjinin ilk varışı için sismik kaynaktan zaman aralığını tayin etmektir. İlk varış belirgin ise gürültü yok veya az demektir. Bazı durumlarda gürültü ilk varış zamanını belirlemede güçlük yaratabilir. Hatayı minimumlaştırmak için tutarlı bir yaklaşım kullanılabilir.

1.2.1.2. Sismik Yansıma Yöntemi

Sismik yansıma yöntemi 1930'lu yıllardan beri petrol aramak için yeraltı özelliklerini saptamada başarı ile kullanılmıştır. Mühendislik jeofiziği uygulamalarında sığ derinlikli sismik yansıma yerin 50 metre derinliği içindeki sığ jeolojik yapıları veya anomalileri tanımlamak için kırılma yönteminde cevap alınamadığı yerlerde başarıyla kullanılmaktadır (Schmöller,1982). Ancak 30 metreye kadar derinlikler yoğun heterojen özelliğe sahip olması ve mühendislik problemlerinin olduğu şehir içinde çeşitli kültürel bozucu etkiler nedeni ile daha çok veri işlem tekniklerini gerektirmesi, ayrıca kırılma ve rüzgâr sinyallerinin birleştirilmiş ortak yansıma noktası kesitlerinde yansıma gibi yanlış yorumlanması nedenleriyle sismik yansıma yönteminin kullanılması zorlaşmaktadır. Sismik yansıma pratikte arazi çalışması nispeten basit olmakla beraber çeşitli gürültülü sismik sinyali ayırt etme, veri işlem ve yorumda sismik kırılma yöntemine göre daha fazla akademik bilgi birikimi ve deneyimi gerektirir. Bu açıklanan sebeplerden dolayı sığ sismik yansıma yöntemi mühendislik jeofiziği uygulamalarında sismik kırılma yöntemi kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır.

1.2.2. Elektrik Yöntemler

Sığ araştırmalarda kullanılan elektrik yöntemler, hızlı uygulanabilirliği, yapılan kuramsal ve modelleme çalışmaları ile yorumunun kolaylaşması nedenleriyle, bu çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerden olmuştur.

Elektrik yöntemlerden doğru akım öz direnç (DAÖ) yöntemi mühendislik çalışmalarında, hem ülkemizde hem dünyada sıkça kullanılmaktadır. Kaynaklarda, yer altının öz direnç değişimini inceleyen bu yöntemle yapılan, yer altı suyu aramaları, tabakaların kalınlıklarının ve konumlarının belirlenmesi, mühendislik yapıları için yer seçimi, mühendislik yapılarının iyileştirilmesi, tatlı-tuzlu su girişiminin belirlenmesi, yüzeye yakın ve zayıf ayırşma bölgesinin belirlenmesi vb. çalışmalara sıkça rastlanmaktadır.

Daha çok maden aramalarında kullanılan ve oldukça başarılı sonuçlar veren yapay uçlaşma (IP) yöntemi ise yer altı suyu aramalarında, yapı yerlerinin killi bölgelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yer içindeki metalik veya kil minerallerinin varlığı durumunda IP etkisini ölçen bu yöntemin kullanıldığı mühendislik çalışmalarının sayısı az olmakla beraber, bu yöntem için çalışmalar daha çok modelleme, dolayısıyla kullanılabilirliğin araştırılması evresindedir.

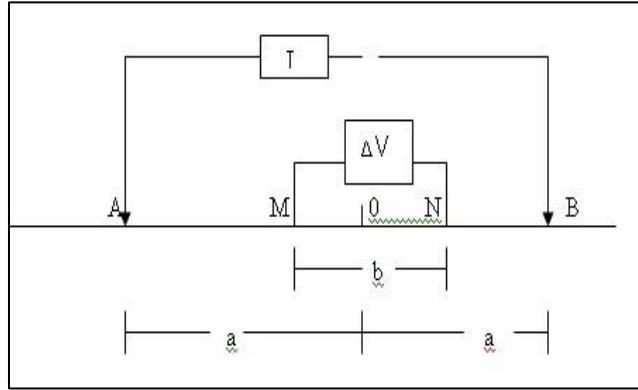
Yapay akım kullanılmadan, yerin kendi doğal potansiyelinin ölçüldüğü doğal potansiyel yöntemi de (SP), sülfürlü maden aramalarında daha çok kullanılmaktadır. Bu yöntemle yapılan mühendislik jeofiziği çalışmaları ise, yer altı su seviyesinin belirlenmesi, baraj yapılarındaki sızıntı noktalarının belirlenmesi, drenaj yapılarının bulunması, heyelan gibi durağan olmayan toprak kütlelerindeki su hareketi, su kirliliğinin önlenmesi vb. araştırmalarda kullanılmıştır. SP yönteminin de, IP yönteminde olduğu gibi, bu tür çalışmalarda kullanılabilirliği araştırılmakta ve artmaktadır.

1.2.2.1 Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi

Özdirenç (Resistivity) yöntemi olarak bilinen doğru akım özdirenç (DAÖ) yöntemi, arama jeofiziği' nde kullanılan başlıca jeofizik yöntemlerdendir. Bu yöntemde amaç, yer içinin jeolojik yapısını, elektrik özelliğine (özdirenç) göre haritalamaktır. Yöntem, maden, mineral, jeotermal enerji kaynağı ve petrol aramaları ile hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi problemlerinin çözümünde kullanılır.

DAÖ ölçü düzeneği Şekil 1.2' deki gibi gösterilebilir. Bu düzenekte, bir güç kaynağı (akü), bir akım ölçer (current meter) ve bir gerilim farkı ölçer (voltage meter) gereklidir.

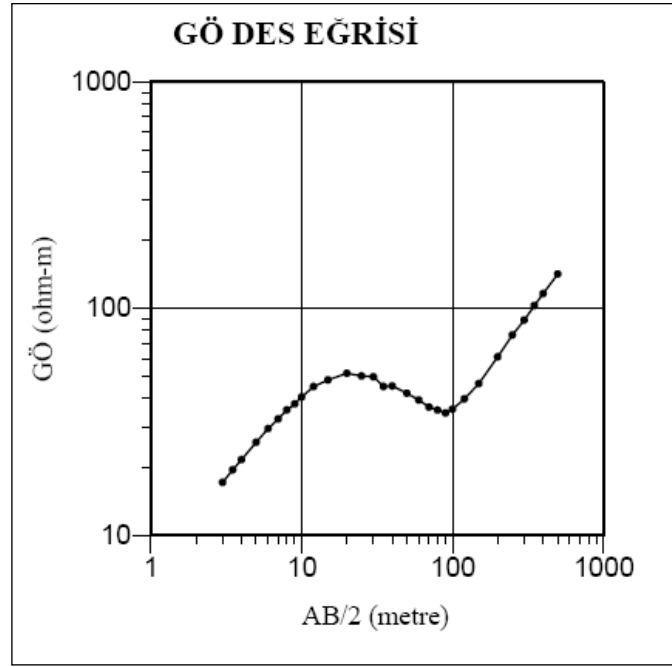
Burada, iki noktada yere çakılmış elektrodlar yardımı ile akım uygulanır (A ve B akım elektrodları) ve diğer iki noktada çakılmış elektrodlar arasında oluşan gerilim farkı ölçülür (M ve N gerilim elektrodları). Kullanılan elektrodlar genelde paslanmaz çelik' ten yapılmıştır. Eskiden, gerilim elektrodları için bakır-sülfat çözeltili fincanlar (pot' lar) kullanılırdı. Fakat günümüzde imal edilen ölçü aletleri, doğal kutuplaşma (self potensiyel) etkisini giderecek şekilde imal edildiğinden gerilim elektrodu için de çelik' ten yapılmış elektrodlar kullanılır.



Şekil 1. 2. Arazide ölçü sistemi, A ve B akım elektrodları, M ve N gerilim elektrodları (URL-2,2011).

Burada A' dan (Source) yere verilen akım, yer içinden geçer ve B' ye (Sink) ulaşır. Bu akımdan dolayı, M ve N elektrodlarının arasında oluşan gerilim farkı ölçülür. Ölçülen bu gerilim farkı, tüm elektrodlar arasındaki uzaklığa ve ortamın jeolojik yapısına bağlıdır. Ayrıca elektrodların çakıldığı yerde ölçülen gerilim farkını etkiler.

Örneğin, akım elektrodları, çok sağlam kayaya tutturulursa, akım geçmez ve M ve N arasında gerilim farkı oluşmaz. Yer elektrik sondajında sabit bir nokta simetri merkezi olacak şekilde, her ölçüm sonucunda bu noktanın iki tarafında elektrodların bir çizgi boyunca açılmasıyla uygulanır. Böylece yer içinde düşey yöndeki öz direnç değişimi incelenmeye çalışılır. Bu nedenle yöntem, "Düşey Elektrik Sondajı" (DES) olarak da isimlendirilmektedir. (Bhattacharya ve Patra, 1968). Bu şekilde ölçülen veri, x-ekseni $AB/2$ ve y-ekseni ölçülen $G\ddot{O}$ (ρ) değerleri olacak şekilde çizilir (Şekil 1.3). Elde edilen eğri, "DES eğrisi" olarak adlandırılır. $AB/2$ ve ölçülen $G\ddot{O}$ değerlerinin çok geniş aralıkta değişmesinden dolayı, genel olarak DES eğrisinde her iki eksen de logaritmiktir. DES ölçüleri, yeraltı suyu, ana kaya üstündeki örtü kalınlığının bulunması vb. amaçlar için kullanılır. DES verilerinin nicel yorumunu yapmak için bu verilere ters çözüm uygulanmalıdır. DES verilerine, yerininin 1-B olduğu kabul edilerek, 1-B ters çözüm yapılır. Ters çözüm sonucunda, tabakalı ortama ait öz direnç ve kalınlıklar hesaplanır.



Şekil 1. 3. Schlumberger elektrod dizilimi için DES eğrisi

1.3. Mühendislik Sismolojisi

Sismoloji (deprem bilimi) jeofizik mühendisliğinin anabilim dalı olmakla beraber, Mühendislik Sismolojisi jeofizik, inşaat, jeoloji, mimar ve harita mühendislik dallarını ilgilendiren çok disiplinli bir bilim dalıdır. Mühendislik Sismolojisi olası bir deprem esnasında zemin titreşimi ile mühendislik yapısı arasındaki oluşabilecek etkileşimi inceleyen bir bilim dalıdır.

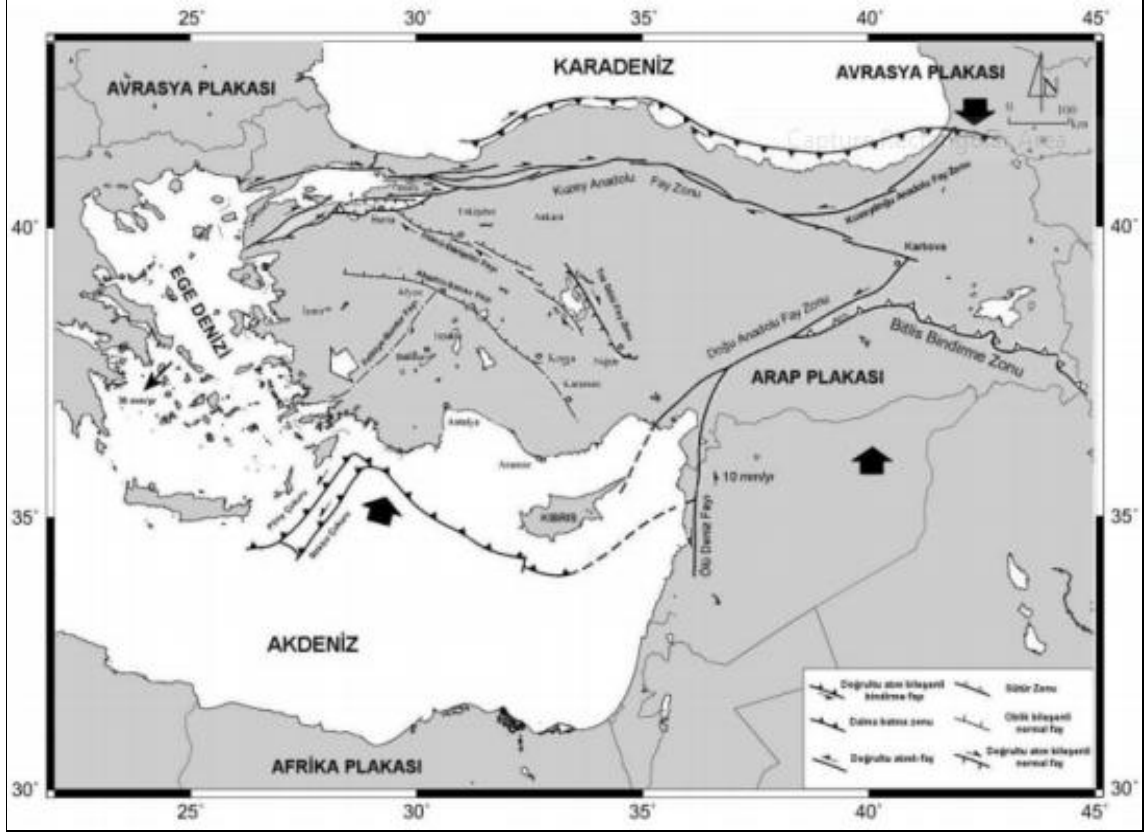
Bu bağlamda, mühendislik projeleri için jeolojik birimlerin dinamik özellikleri ile deprem ivme ölçümlerinden spektral analizlerini, deprem tehlikesi azaltma ve deprem riski belirlemeleri yaparak mühendislik projelerinin yer seçiminin daha güvenli, daha ekonomik olmasını sağlar.

Jeoteknik Mühendisliğinde zemin incelemeleri daha ziyade statik koşullar altında incelenmektedir ve doğal koşulda olmayan sınırlı sayıda numuneler üzerinde yapılabilmektedir.

Deprem sarsıntısı dinamik bir hareket olduğundan zeminlerin dinamik davranışlarının dinamik yöntemlerle incelenmesi daha sağlıklı olacağı şüphesizdir. Bu bağlamda mühendislik sismolojisinde jeofizik mühendisliği uygulamalarının başlıcaları mühendislik sismolojisi etütleri, aktif ve pasif fayların belirlenmesi ve yeryüzü yarıklarının incelenmesi, potansiyel heyelan alanlarının saptanması, zemin sıvılaşma analizi yapılması, zeminlerin sismik hızları ve dinamik elastik parametreleri, ivmesi, zemin hakim periyodu, spektral ivme ve spektral ivme katsayılarının saptanması, etüt alanlarının depremselliğinin değerlendirilmesi, potansiyel ağır hasar mevkilerinin belirlenmesidir. Mühendislik sismolojisinde yukarıdaki tespitlerin yapılabilmesi için Türkiye ve civarının aktif tektoniği çok iyi bilinmelidir.

1.3.1. Türkiye ve Civarının Aktif Tektoniği

Türkiye dünyanın en aktif zonlarından birisi olan Alp - Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Tarih boyunca birçok yıkıcı depremin yaşandığı ülkemizde büyük doğrultu atımlı faylar (Kuzey Anadolu Fayı-Doğu Anadolu Fayı), kıtasal çarpışma (Doğu Anadolu), kıtasal genişleme (Ege graben sistemleri, Marmara Denizi) gibi pek çok tektonik yapıyı barındırır. Avrasya levhası üzerinde bulunan Türkiye'nin aktif tektoniği etrafını çevreleyen levhalar tarafından yönetilir (Şekil 1.4).



Şekil 1. 4. Türkiye'nin levha tektoniği haritası (Koçyiğit, 2008; Ten Veen vd., 2004, Altuncu, 2009)

Arap levhasının Avrasya levhasına karşı olan hareketi Türkiye'nin batıya doğru ilerlemesine neden olmaktadır (McKenzie,1972,1978). Türkiye'nin tektoniği Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Ege graben sistemleri ile tariflenebilir. Türkiye'nin doğusundan Yunanistan'a kadar uzanan yaklaşık 1500 km uzunluğunda KAF sadece ürettiği büyük depremlerle değil, aynı zamanda büyük depremlerin 1939'dan boyuna doğuya doğru sismik göçü ile de iyi bilinen, dünyadaki en uzun ve en iyi çalışılmış sağ yönlü doğrultu atımlı faydır (Ketin, 1969; Şengör, 1979; Barka 1992; Barka ve Reilinger, 1997; Aydan,1997, Stein vd., 1997). KAF Mudurnu vadisine ulaştığında üç kola ayrılır ve Marmara Denizi içerisinde doğrultu atımlı özelliğini kaybederek karmaşık faylanmalar oluşturur (Barka 1997, Barka ve Kadinsky, 1998). GPS ölçümleri ile belirlenen tektonik hareket KAF'ın doğusunda 22 mm/yıl, merkezinde 17 mm/yıl, Marmara'da 20-24 m/yıl ve Ege'de 27 mm/yıl olarak belirlenmiştir (Provost vd., 2003).

Anadolu'daki kayma ise 2 mm/yıl olarak belirlenmiş ve içsel deformasyona işaret etmektedir. KD-GB yönlü olarak Arap ve Afrika levhaları arasında Antakya-Karlıova kesişimine uzanan DAF aktif sol yönlü doğrultu atımlı faydır. Bu bölge aynı zamanda kıtasal çarpışmaya sahne olmakta ve yüksek topografi göstermektedir (McClusky vd., 2000; Şengör vd. 2003).

Yıllık kayma oranı Avrasya'daki 25 K+-5B kutbuna göre 18+-2 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Depremselliği yüksek olan diğer bölüm ise uzanımı KKD-GGD yönlü Ege Denizine doğru uzanım gösteren graben sistemlerinden oluşan Batı Anadolu'dur (Alptekin, 1973; McKenzie, 1978; Dewey ve Şengör, 1979). Ege Denizindeki Helen arktaki GB yönlü hareketin hızı Avrasya levhasına göre 30-40 mm/yıl'dır (McClusky vd., 2000).

Ülkemizdeki en önemli tektonik yapılar; Bitlis-Zagros Bindirme Zonu, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Orta Anadolu Fay Zonu, Kıbrıs Fayı, Ölü Deniz Fay Zonu, Batı Anadolu Fay Zonu'dur. Tez kapsamında çalışılan bölge Kuzey Anadolu Fay zonuna yakın bulunmaktadır.

1.3.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Kuzey Anadolu fayı sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir fay olup, Anadolu'nun kuzey kısmını Sakarya Nehri ile Van gölü arasında, 1150 km'lik bir mesafede boydan boya kesmektedir. Türkiye'de meydana gelen önemli oranda can ve mal kaybına neden olan depremlerin büyük bir kısmının bir faya bağlı olarak geliştiği gözlenmiştir.

KAF ilk olarak Paleotektonik dönemde Anadolu ve Arap plakalarının sıkışması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Neotektonik dönem ve sonrasındaki hareketlerle ortaya çıkan ve KAF'nın ilksel konumuna paralel olarak gelişen birçok fay segmentinden oluşan kırıklar topluluğunda bu fay zonunu oluşturmuşlardır. Genel fay karakteristiği açısından sağ yönlü doğrultu atımlı fayı gösteren KAF zonu doğuda Varto yakınlarından başlayarak batıda Saroz Körfezine kadar uzanmaktadır. KAFZ, çok aktif bir yapı olup jeodezi verilerine göre 24-30 mm/yıllık sağ yönlü bir hareket göstermektedir (Reilinger vd., 1997). Neotektonik dönem ve sonrası hareketlerle açıkladığımız KAF zonu, çok geniş bir deformasyon zonuna sahip olup bu deformasyon zonunun genişliği doğuda 25 km civarındayken batıya 80 km'ye kadar çıkmaktadır.

KAF zonunun genel morfolojik özelliklerine bakıldığında; zonun kuzeyinde kalan bölgelerin güneye oranla topoğrafik açıdan daha yüksekte kaldığı, doğrultu atımlı fay zonlarının karakteristik özelliklerinden olsa “S” biçimli dere yataklarının olduğu derelerin ötelendiği, çok sayıda kütleli hareketlerin ve su kaynaklarının ortaya çıktığı gözlenmektedir. Bu fay zonu üzerinde çok sayıda sedimanter basenlerin varlığı bilinmektedir.

1.3.3. Kuzey Anadolu Fayının Güzergahı

Türkiye'nin kuzey kesiminde doğu-batı doğrultusunda uzanan Kuzey Anadolu deprem kuşağı yaklaşık 1500 km uzunluğa sahiptir. Marmara Bölgesi'nde; Saroz Körfezinden başlar, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Aras Vadisi'ne kadar uzanır. Bu kuşak Gelibolu, Marmara Denizi'nin derin kısımları, İzmir Körfezi, Adapazarı, Düzce-Bolu, Gerede, Merzifon, Suluova, Erbaa- Niksar, Kelkit Vadisi ile Erzincan, Erzurum, Varto ve Van üzerinden geçen bir hat şeklinde uzanır. Ayrıca Çanakkale, Edremit, Bursa ve İznik bu kuşak içerisinde yer alır. Doğuda Karlıova ile batıda Mudurnu vadisi arasında doğu-batı doğrultusunda bir yay gibi uzanır. Dünyanın en aktif en önemli kırık katları arasında yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun uzunluğu yaklaşık 1500 km'dir, genişliği ise 100 m ile 10 km arasında değişir. Daha geniş bir tanımlama ile Kuzey Anadolu Fayı batıda, Biga yarımadasından Yenice kazasının yakın batısından başlayarak Gönen yakın doğusuna kadar uzamakta, Manyas gölü kuzey kenarından, Abantyağı deresinden, Bolu'nun 5 km güneyinden, Yeniçağ ve Gerede içerisinden İsmetpaşa istasyonundan Soğanlı vadisinde ilerlemekte, Boyalı güneyinden (Bayramören'den) Ilgaz ve Tosya kuzeyinden, Ilgaz masifi içerisinden geçerek Kargı istikametinde uzanmaktadır. Kargı'dan sonra fay hattı Avlağı'ndan (Kamil) geçmekte, oradan Soruk vadisini takip ederek Vezirköprü güneyinden, Havza'nın yakın kuzeyinden geçerek Samsun-Amasya demiryolunu kesmekte ve oradan Ladik ovasının kuzey kenarı boyunca ilerleyerek Destek Boğazına girmekte, Destek bucağından, Taşova ve Erbaa kuzeyinden geçerek Niksar'a kadar uzanmaktadır. Niksar'ın 12 km güneyinde Kelkit vadisine girmekte ve batıya doğru Ezinepazar'a kadar devam etmektedir. Doğu istikametinde ise Kelkit çayını takip ederek Reşadiye içerisinden, Koyulhisar yakın güneyinden, Suşehri kenarından takip ederek Sansa boğazına varmakta, Karasu (Fırat) nehrini keserek Elmalıderesi vadisine girmekte ve vadi boyunca ilerleyerek takriben Karlıova yakın kuzeyine kadar uzanmaktadır.

Kuzey Anadolu Fayı özellikle 1939-1967 esnasında oluşmuş deprem serisi birçok araştırmacının dikkatlerini Kuzey Anadolu Fayının üzerinde yoğunlaştırmıştır. Bu aralık içerisinde magnitüdü 7.0'den büyük yüzeyde faylanma oluşmuştur.6 deprem meydana gelmiştir. Bu depremler fayın 800 km'den daha fazla bir uzunluğunu kırmıştır.

Genel olarak fayın orta kesimlerinde, Erzincan segmenti (1939 deprem kırığı), Ladik Tosya segmenti (1943 deprem kırığı) ve Gerede segmenti (1944 deprem kırığı) gibi uzunlukları 150 km-350 km arasında değişen üç ana segment ile bu segmentlerin doğu ve batı ucunda uzunlukları 100 km'nin altında olan kısa uzunlukta segmentler yer almaktadır.

1961-1980 yılları arasında dördüncü dönemde Kuzey Anadolu Fayı'nın 800 km'lik orta bölümünde tamamen sakin bir döneme girmiştir. Sismik etkinlik, Kuzey Anadolu Fayı'nın her iki ucunda yoğunlaşmıştır. Ege Graben sistemi içerisindeki etkinliğin güneyden kuzeye doğru kayması, bu dönemde daha belirgin hale gelmiştir.

Ayrıca bu üç ana segment içerisinde de daha kısa uzunluklara sahip alt-segmentler bulunmaktadır. Dolayısıyla ana segmentlerdeki depremlerin tekrarlanma aralıkları 200-250 yıl gibi oldukça uzun bir zamanı kapsarken, daha kısa uzunluklardaki segmentlerde depremler 50-100 yıl gibi daha kısa zaman aralıklarına sahiptir. Geçmiş yüzyıl içerisinde Türkiye ve yakın civarında hasar yapıcı ve yüzey faylanması meydana getirmiş 118 deprem olmuştur ve bunların 48 tanesi KAF'ta gözlenmektedir.

Ana tektonik bölgelerde 1900-1995 yılları arasında olmuş depremlerin ($M_s > 5.5$) sayıları arasında önemli farklılıklar görülmektedir. Son yüzyıl içerisinde Kuzey Anadolu Fayı, üç segmenti dışında bütün uzunluğu boyunca kırılmıştır.

1.3.4. Etkin Yer İvmesinin Belirlenmesi

Gelecekte oluşacak depremler “belirsizlikler” içermesine rağmen geçmiş yıllarda oluşmuş depremlerin teknik büyüklüklerinin olasılık matematiği ile özenle analiz edilmesi, depreme karşı risklerin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yer ivmesi; deprem dalgalarının yapılar üzerindeki etkilerini denetleyen temel büyüklüktür. Deprem sırasında yapıya etkileyen sismik yatay kuvvetin büyüklüğü ;

$$F = m * a \quad (1)$$

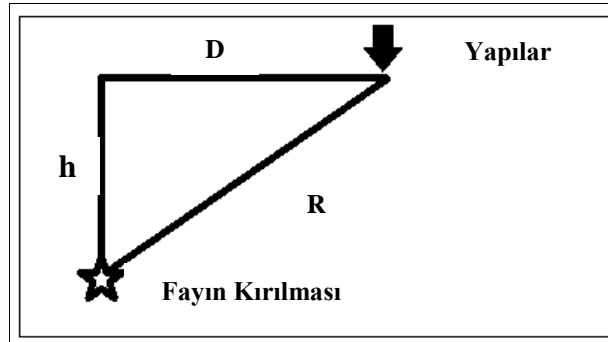
ile belirlenmektedir.

F; yapıya etkiyen yatay sismik kuvvet) , m; yapının kütlesi (kg); a: yer ivmesinin yatay bileşeninin maksimum değeri - yerçekimi ivmesi (m/sn²) şeklindedir. Deprem sırasında yapıya etkiyen sismik yatay kuvvetin büyüklüğü yer ivmesinin değeriyle orantılıdır.

Yer ivmesinin değeri, odak noktasının yapı (yöre) arasındaki geometrik uzaklığa (aktif fayın efektif uzaklığı), deprem dalgalarının geçtiği ortamın jeomekanik büyüklüklerine (kaya türü, zemin türü ve özellikle taşıma kapasitesi düşük zemin katmanlarının kalınlıkları vb.) büyük ölçüde bağlıdır. Uzaklık;

$$R = \sqrt{h^2 + D^2} \quad (2)$$

bağıntısı ile belirlenir (Şekil 1.5). Burada; D: episantr ile yapı arasındaki uzaklık (km); R: hiposantr uzaklığı (km) ; h: odak uzaklığı (km) şeklinde tanımlanır.



Şekil 1. 5. Etkin yer ivmesi mekanizması

Deprem mühendisliği literatüründe yer ivmesinin yatay bileşeninin maksimum değeri için verilen bazı deneysel bağıntılar Tablo 1.1'de sunulmuştur.

Tablo 1. 1. Zemin etkin yer ivmesi bağıntıları

Literatür	Zeminler İçin Etkin Yer İvmesi
Donovan (1973c)	$A = 1080 * \frac{e^{0.5M}}{(R + 25)^{1.32}}$
Oliviera (1974)	$\log A = 3.09 + 0.347M - 2 \log(R + 25)$

Tablo 1.1'in devamı

Aydan (1996)	$a_{\max} = 2.8((\exp(0.9M) * \exp(-0.025 * R) - 1))$
Campbell (1997)	$\ln A_h = -3.512 + 0.904 * M \left(\begin{array}{l} -1.328 * \log \left(R^2 + (0.149 * \exp(0.67 * M)^2) \right)^2 \\ + \left(\begin{array}{l} 0.44 - (0.171 * \log(R)) + \\ (0.405 - (0.222 * \log(R))) \end{array} \right) \end{array} \right)$
Beyaz (2004)	$\log PGA = 2.581 + 0.029M^2 - 1.305 \log(R + 7)$
Ulusay (2004)	$PGA = (2.18 * \exp(0.0218 * (33.3 * M - R + 7.8427)))$

1.4. Mühendislik Jeolojisi

Mühendislik jeolojisi, mühendislik ve jeoloji kelimelerinden oluşan bir kavramdır. Mühendislik jeolojisi, jeolojik verilerin sayısal olarak belirlenmesi ve mühendislik işlerine uygulanmasıdır. Mühendislik jeolojisi, maden ve inşaat mühendisliği konularının jeolojiden yararlanmasını sağlayan bilim dalıdır. Kayaçlar, dağılgan ve dayanımlı olmak üzere iki gruptur. Dağılgan kayaçlar, gevşek çimentosuz; dayanımlı olanlar da sıkışmış çimentoludur. Dağılgan olanlarla zemin mekaniği, sert olanlarla kaya mekaniği ilgilenir. Bunların bir arada bulunduğu kayaçların mühendislik, litolojik, yapısal, hidrojeolojik özelliklerini mühendislik jeolojisi inceler. Çeşitli mühendislik işlerinde ve kazılarda, baraj, tünel, yeraltı santralleri, köprü ayakları gibi büyük yapıların projelendirilmesinde ve duraylılık hesaplarının yapılmasında, temelin ve kullanılacak malzemenin saptanmasında, çeşitli kuvvetler karşısında doğacak deformasyonların önceden belirlenmesinde mühendislik jeolojisinden yararlanır.

Kayaçların mühendislik özellikleri fiziksel ve mekanik özellikler olmak üzere ikiye ayrılır.

1.4.1. Kayaçların Fiziksel Özellikleri

Birim hacim ağırlığı, yoğunluk, doğal su içeriği, gözeneklilik ve boşluk oranı, doygunluk derecesi, geçirimsizlik, ağırlıkça ve hacimce su emme vb. fiziksel özelliklerdir.

1.4.1.1. Birim Hacim Ağırlığı (γ)

Dane kısmının (boşluksuz) birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır ve ağırlığının tanelerin toplam (boşluksuz) hacmine oranı olarak ifade edilir.

Tabii birim hacim ağırlık değerleri ne kadar düşüğe malzeme o kadar gözeneklidir yani daneler arası boşluklar fazladır demektir. Boşlukları tamamen doygun kayanın ağırlığının, toplam hacme oranına doygun birim hacim ağırlık denmektedir.

1.4.1.2. Boşluk Oranı (e)

Zemin içerisindeki boşluk hacminin danelerin hacmine olan oranına “zeminin boşluk oranı” adı verilir ve e ile gösterilir. Yüzde ile ifade edilir.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (3)$$

Bağıntı 3 ‘de; boşluk hacmi (V_v), katı hacmi(V_s) olarak tanımlanmaktadır. Tipik boşluk oranı değerleri aşağıda verilmektedir.

Tablo 1. 2. Boşluk oranı değerleri (Lambe, T.W., Whitman, R.V., 1979)

Zemin Türü	e_{\min}	e_{\max}
Eşçaplı küreli zemin	0.35	0.91
Temiz ince-orta kum	0.40	1.00
Üniform inorganik silt	0.40	1.10
Siltli kum	0.30	0.90
Mikalı kum	0.40	1.20
Siltli kum ve çakıl	0.14	0.85

1.4.1.3. Doygunluk Derecesi (S_r)

Doğal halde, süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin, boşlukların oranı ‘Doygunluk Derecesi’ olarak tanımlanır. Bu deyim çoğunlukla (S_r) ile gösterilir ve % olarak ifade edilir.

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} * 100 \quad (4)$$

Burada; V_w su hacmi, V_v boşluk hacmini ifade etmektedir.

1.4.1.4. Su İçeriği (W_n)

Su içeriği, zemin numunesi içinde bulunan su ağırlığının, zemin numunesinin 105⁰C de 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile tayin edilmektedir. Bu deyim çoğunlukla (W_n) ile gösterilir ve % olarak ifade edilir (Güleç, 1974).

$$W_n = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (5)$$

Burada; su ağırlığı (W_w), katı ağırlık (W_s) olarak tanımlanmaktadır.

1.4.1.5. Kıvam Limitleri

Atterberg limitleri de olarak bilinen kıvam limitleri; zeminin tanecikleri ile su arasındaki ilişkileri ve değişen su içeriklerine göre zeminin durumunun tanımlanmasını yaparlar.

Likit Limit (LL) zeminin kayma mukavemeti göstermeye başladığı su muhtevasıdır. Bunun belirlenmesi pratik olarak mümkün olmadığından küçük ve belirli bir kayma mukavemeti seçilerek Likit Limit aletine (Casagrande) yerleştirilir, standart kaşığı ile ikiye bölünen numunenin 25 darbe sonunda yarım inç boyunca birleşmesi gözlenir ve

birleşmeni sağlandığı su muhtevası likit limit olarak tespit edilir. İnce taneli zeminlerin likit limit aralığına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 1998) Tablo 1.3’de verilmektedir.

Tablo 1. 3. İnce taneli zeminlerin likit limit aralığına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 1998)

Tanım (Tahmini)	Tanım (Laboratuvar Deneylerinden)	Likit Limit Aralığı(%) (Laboratuvar Deneylerinden)
Siltli	Düşük Plastisiteli	<35
Orta Plastisiteli	Orta Plastisiteli	35-50
Şişen	Yüksek Plastisiteli	50-70
Çok Şişen	Çok Yüksek Plastisiteli	70-90
Çok Aşırı Şişen	Çok Aşırı Derecede Plastisiteli	>90

Plastik Limit (PL) herhangi bir zemin için plastik kıvamın alt sınırındaki su muhtevasıdır. Laboratuvarında, zemin kırılmadan 1/8” çapında makarnalar haline gelebildiği en düşük su muhtevası olarak tayin edilir. Bunun için rutubetli zemin numunesi, hafif emici bir zemin üzerinde 1/8 inçten daha düşük çapta kırılma meydana geldiği andaki su muhtevası belirlenir. Bu su muhtevası Plastik Limit olarak alınır.

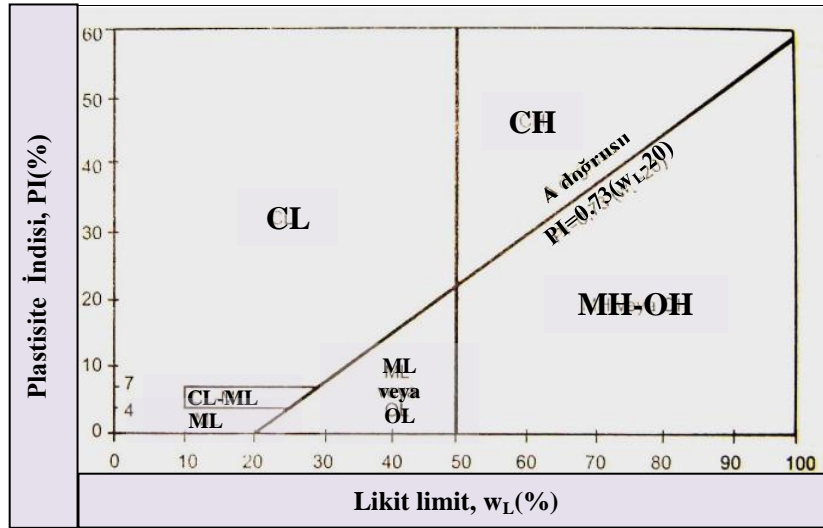
Plastisite İndisi (PI) likit limit ile plastik limit arasındaki farka plastisite indisi denir. Kısaca zeminin plastik davranış gösterdiği su içeriği değer aralığı plastisite indisi olarak tanımlanır. Plastisite İndeksi Leonards (1962) Sınıflamasına göre sınıflandırma Tablo 1.4 ‘de verilmektedir.

Tablo 1. 4. Leonards (1962) sınıflaması

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

1.4.1.6. Zemin Sınıfı

Zemin numuneleri üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonuçlarına göre ve birleştirilmiş zemin sınıflandırma sisteminde, Casagrande plastisite kartında elde edilen noktalarda sınıflandırma yapılmaktadır. Şekil 1.6' da gösterilen Casagrande plastisite kartında, $w_L = \% 50$ ' den geçen düşey doğru ile A-hattı olarak bilinen eğik doğrunun (Bu doğrunun denklemi $I_p=0.73 (w_L -20)$ olmaktadır), ayırdığı dört bölge tanımlanmaktadır. Yüksek plastisiteli zeminlerin WL % 50 doğrusunun sağında, düşük plastisiteli zeminlerin ise bu doğrunun solunda yer aldığı kabul edilirken, A-hattının üstündeki zeminler killeri, altındaki zeminler ile siltleri oluşturmaktadır. Casagrande plastisite kartı olarak bilinen bu şekildeki taranmış alana düşen zeminlerin ise düşük plastisiteli siltler ile killer arasında geçiş bölgesi oluşturduğu kabul edilmektedir.



Şekil 1. 6. Casagrande plastisite kartı

İnce taneli zeminlerde; yüksek plastisiteli kil (CH), düşük plastisiteli kil (CL), düşük plastisiteli killi silt (ML) olarak tanımlanırken, ince tane içerikli, kaba taneli zemin incelenirse siltli kum (SM), killi kum (SC), kötü derecelenmiş kum (SP), iyi derecelenmiş kum (SW), kaba taneli zeminlerde ise siltli çakıl (GM) , iyi derecelenmiş çakıl (GW), kötü derecelenmiş çakıl (GP) olarak gösterilmektedir.

Sismik yöntem ile belirlenen P ve S dalga hızları (V_p , V_s) ile jeolojik birimler ve birimlerin özellikleri arasında ilişkiler kurulmuştur. Bu tezde uluslararası ve ülkemizde kabul gören sınıflama (Eurocode 8) kullanılmıştır. Söz konusu sınıflandırmada yerel zemin sınıflaması öncelikle sismik kayma dalgası ortalama hızının, 30 metre derinliğe kadar saptanacak değerlerine göre yapılması ön görülür. Bu mümkün olmaz ise 30 metre derinlikli N_{SPT} değerlerinden saptanması kabul edilmektedir. Ortalama kayma dalga hızı, V_{s30} , aşağıdaki bağıntıdan hesap edilmektedir.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{j=1,N} \frac{h_j}{V_j}} \quad (6)$$

Burada; h: tabaka kalınlığı, V: enine (S) dalga hızı olarak tanımlanmaktadır. Sismik V_s hızları yardımıyla yapılan zemin ve kayaç sınıflamaları aşağıda Tablo 1.5’de verilmiştir. Tablo 1.5’de 30 m derinlikteki ortalama kayma dalga hızı (V_{s30}) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 1. 5. Eurocode 8’e göre zemin sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_{s30} > 800$
B	Çok sıkı kum çakıl ya da çok sert killer	$360 < V_{s30} \leq 800$
C	Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	$180 < V_{s30} \leq 360$
D	Gevşekten orta sıkıya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşaktan serte kadar kohezyonlu zemin	$180 < V_{s30}$
V_{s30} : 30 m derinlikteki ortalama kayma dalga hızı (m/sn)		

1.4.2. Kayaçların Mekaniksel Özellikleri

1.4.2.1. Elek Analizi

Doğada bulunan veya işlenmiş malzemelerde değişik şekillerde ve boyutlarda taneler bulunur. Parça boyut analizi farklı boyut gruplarında bulunan tane miktarının belirlenmesiyle birlikte sonraki işlemler içinde önem teşkil eder. Parça boyut dağılımını belirlemek için birçok yöntem mevcuttur.

Bunlardan en çok kullanılanı “Elek Analizi” olup laboratuvarında boyut dağılımını belirlemek amacıyla numune, elek açıklıkları birbirinden farklı olan bir dizi standart elekten geçirilir. Eleme işlemine en büyük delik açıklıklı elekten başlanarak gittikçe daha küçük delik açıklıklı eleklerle devam edilir. Eleme işlemi otomatik veya elle yapılabildiği gibi kuru veya yaş olarak da gerçekleştirilebilir.

1.4.2.2. Üç Eksenli Basınç Dayanım Deneyi

Silindirik zemin numunesi bir plastik membran içine konularak kapalı silindire yerleştirilir ve sıvı basıncına maruz bırakılır. Kırılma ilave olarak uygulanan eksenel basınç yolu ile meydana getirilir. Bu eksenel basınç ve meydana getirdiği eksenel deformasyonlar kayıt edilir. Deney sırasında çevre basıncı sabit tutulmakta olup aynı zeminden alınan diğer numuneler üzerinde farklı çevre basınçları uygulanarak kayma zarfı elde edilmektedir (Aytekin, 2004).

Serbest basınç deneyinden elde edilen sonuçlar yaklaşık değerlerdir. Deney sonuçlarıyla kohezyonlu zeminlerin kıvam derecelerini, zemin şevleri ve diğer zemin kütlelerinin dayanımları hakkında bilgi verir. Böylelikle zemin temellerin taşıması hakkında da tahmin yapılabilir.

Deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilen eşitliklerde yerine konarak serbest basınç mukavemeti ve kayma mukavemeti tespit edilmektedir.

$$q_u = \frac{P_{\max}}{A_f} = \sigma_1 \quad (7)$$

$$A_f = \frac{A_0}{1 - \frac{\Delta H}{H_0}} \quad (8)$$

$$\tau_f = c_u = \frac{q_u}{2} \quad (9)$$

$$2c_u = \frac{P_{\max}}{A_f} = q_u \quad (10)$$

Bu denklemlerde; kırılma anındaki en kesit alanı ($A_f - \text{cm}^2$), ilk kesit alanı (A_0), Toplam boy kısalması ($\Delta H - \text{cm}$), ilk boy ($H_0 - \text{cm}$), kırılma anındaki yük ($P_{\max} - \text{kg}$), kayma mukavemeti (τ_f), taşıma gücü ($q_u - \text{kg/cm}^2$), kohezyon ($c - \text{kg/cm}^2$) olarak tanımlanmaktadır. Serbest basınç değerlerinden yararlanılarak zeminin kıvamı belirlenebilmektedir (Tablo 1.6.) .

Tablo 1. 6. Serbest basınç direnci, q_u değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı

Kıvam	$q_u (kg / cm^2)$
Çok yumuşak	< 0.25
Yumuşak	0.25-0.50
Normal	0.50-1.0
Orta Sert	1.0-2.0
Sert	2.0-4.0
Çok Sert	4 >

1.4.2.3. Sıkışma Deneyi

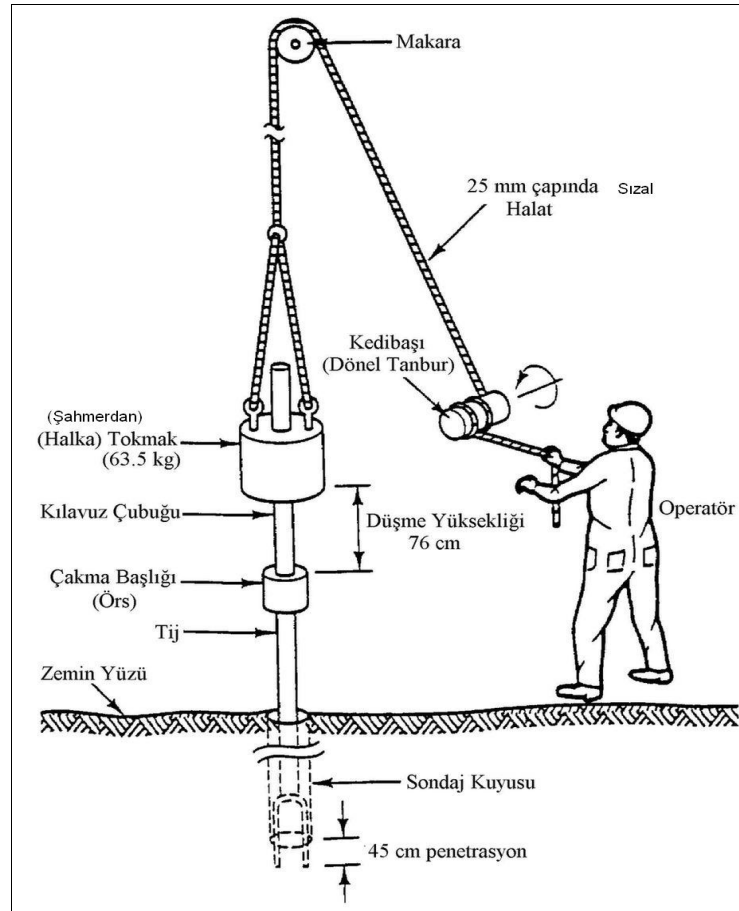
Konsolidasyon deneyi, örselenmemiş numunelerin ödometre cihazında kademeler halinde yüklenmesi ile yapılır. Zeminin yanal deformasyonu bir metal halka yardımı ile önlenmektedir. Geçirgen diskler kullanılarak sadece düşey yönde drenaja izin verilmektedir. Bu diskler numuneye uygulanan düşey yüke karşı bir mukavemet göstermeyecek şekildedir.

Statik yük hemen yüklenecek uzun süre muhafaza edilir ve oturma – zaman değerleri kayıt edilir. Yükler, bir kaldırma sistemi ile uygulanan ölü yüklerdir.

1.4.2.4. Standart Penetrasyon Deneyi

Standart Penetrasyon Deneyi, geoteknik mühendisliğinde kullanılan yerinde deneyler arasında en eski olanı ve en çok kullanılanıdır. Geoteknik deprem mühendisliği uygulamalarında da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir SPT deneyinde, ortadan ayrılabilir bir numune alıcı kuyu tabanındaki zemine çakma suretiyle sürülür (Şekil 1.7.)

Çakmayı sağlayan çekicinin ağırlığı 63.6 kg olup, düşürme yüksekliği 76 cm'dir. SPT numune alıcısının iç çapı sabit olmalıdır. Numune alıcı zemine genellikle 45 cm sürülür ve son 30 cm' lik kısmı çakmak için gerekli darbe sayısı standart penetrasyon direnci, N olarak kaydedilir.



Şekil 1. 7. Standart penetrasyon deney düzeneği (URL-3,2013)

Bilindiği gibi SPT, deneyin uygulanmasındaki farklılıklar ve deneyde kullanılan ekipman sebebiyle bir çok faktörün etkisindedir. Dolayısıyla SPT'den elde edilen sonuçlar (SPT-N) bu faktörler tarafından etkilendiğinden, SPT-N değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır.

Bu düzeltmeler; C_N : jeolojik yük düzeltmesi; C_E : enerji düzeltmesi; C_R : tij uzunluğu düzeltmesi; C_B : sondaj çapı düzeltmesi; C_S : numune alıcı kılıf düzeltmesi; C_A : çakma başlığı düzeltmesi; C_{BF} : tokmak vuruş sıklığı düzeltmesi; C_C : tokmak yastığı düzeltmesi şeklindedir (McGregor ve Duncan, 1998). Ölçülen vuruş sayıları (SPT- N_{arazi}), N_{60} veya $N_{1,60}$ şeklinde normalize edilebilir. N_{60} veya $N_{1,60}$ için en gelen formül aşağıdaki gibidir:

$$N_{60} = (C_E C_R C_B C_S C_A C_{BF} C_C) N_{arazi} \quad (11)$$

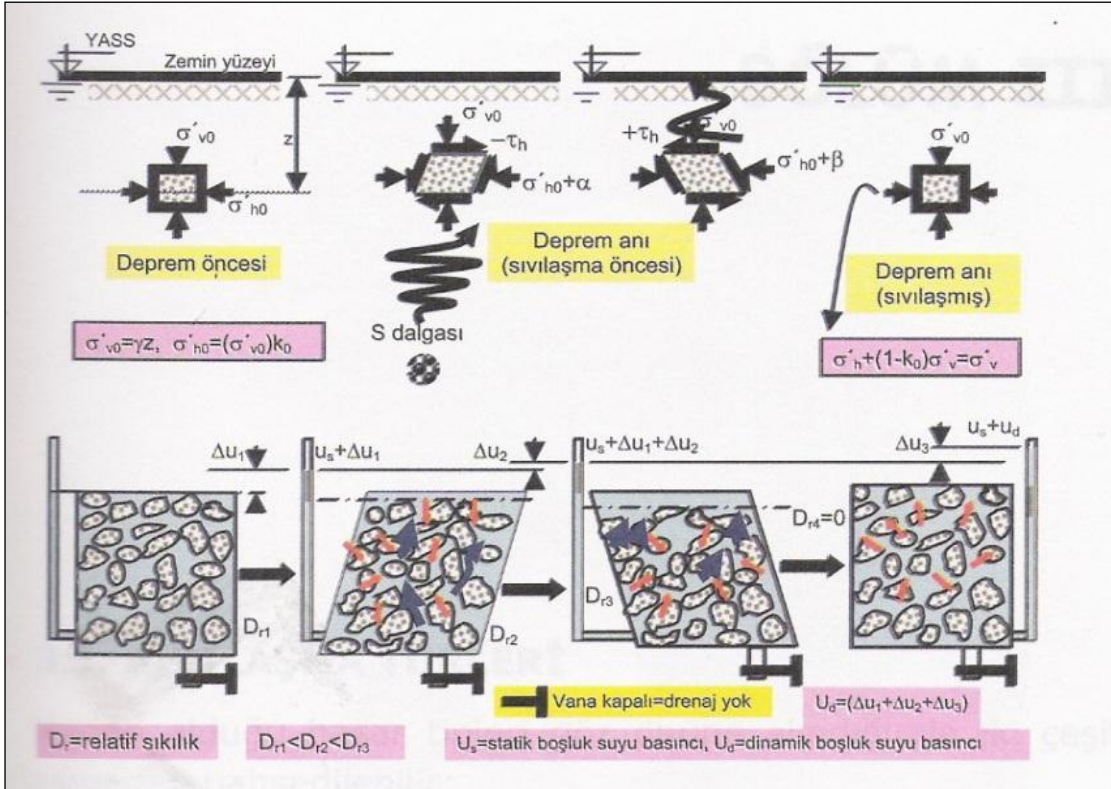
$$N_{1,60} = (C_N) N_{60} \quad (12)$$

Burada N_{60} , teorik serbest düşme, standart tokmağın standart yükseklikten serbest düşmesi halinde ortaya çıkan enerjinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı; $N_{1,60}$ teorik serbest düşme enerjisinin % 60 ve efektif düşey basıncının 100 kPa değerine göre düzeltilmiş vuruş sayısıdır.

1.5. Jeoteknikte Jeolojik ve Jeofizik Yöntemlerin Uygulanması

1.5.1 Zemin Sıvılaşması

Depremlerin yarattığı ani gerilim artışları ile suya doymun gevşek zeminlerde dayanımın yok olmasıdır. Bir deprem anında meydana gelen kayma dalga yayılımının neden olduğu devirsel kayma gerilmeleri gevşek ve suya doymun kohezyonsuz bir zeminde hacimsel büzölmeye neden olur. Bu büzölme zemin tanelerini daha sıkı konumda olmaya zorlar ve daneden daneye yük aktarımına neden olur. Bu yük transferi boşluk suyu basıncını artırır. Sismik sarsıntı çok hızlı meydana geldiği için, kohezyonsuz zemin drenajsız yüklemeye maruz kalır ve taneli yapı içinde boşluk suyu basıncı oluşur. Bu basınç, artmaya devam ederse, öyle bir düzeye ulaşır ki, daneden daneye aktarılan efektif gerilme kaybolur. Bu durumda daneli zemin katıdan çok bir sıvı gibi davranır. Bu aşamada sıvılaşma denilen olay meydana gelir (Şekil 1.8.) .



Şekil 1. 8. Sıvılaşmanın fiziksel süreci (Mollamahmutoğlu M., Babuççu F., 2006)

Statik şartlarda,

$$\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - u_s \quad (13)$$

Dinamik şartlarda,

$$\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - (u_s + u_d) \quad (14)$$

olacaktır. Eğer

$$(u_s + u_d) \text{ olursa } \sigma'_{v0} = 0 \text{ dır.} \quad (15)$$

Burada σ'_{v0} : efektif gerilme; σ_{v0} : toplam gerilme; u_s : statik durumda boşluk suyu basıncı; u_d : dinamik durumda boşluk suyu basınç fazlalığıdır.

1.5.1.1. Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler

Bir zeminin sıvılaşmasına etki eden faktörleri zemin yapısından ve dış etkenlerden kaynaklanan faktörler olarak iki grupta toplayabiliriz.

1.5.1.1.1. Zemin Yapısı

Yapılan gözlemler ve deneyler sonucunda kohezyonsuz zeminlerdeki sıvılaşmanın; zeminin sıklık derecesi, dane özellikleri, kil zemin içeriği ve arazideki drenaj şartları, yer altı su seviyesi gibi faktörlerden etkilendiği tespit edilmiştir.

1.5.1.1.1.1. Sıklık Derecesi

Kohezyonsuz zeminlerde sıklık derecesinin yüksek olması sıvılaşma riskini azaltan bir etkidir.

Sıklık derecesi %35'ten küçük olan zeminler gevşek zemin olarak kabul edilir (Tablo 1. 7.) . Suyu doymun olmaları halinde, sıvılaşmaya karşı son derecede hassas bir yapıya sahiptirler. Relatif sıklık oranı (D_r) aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$D_r = \frac{e_{maks} - e_0}{e_{maks} - e_{min}} \quad (16)$$

Burada ; e_{maks} (zeminin en gevşek durumundaki boşluk oranı), e_{min} (zeminin en sıkı durumundaki boşluk oranı), e_0 (zeminin tabii boşluk oranı)'dır. Relatif sıklığa göre zemin sınıflaması Tablo 1.7 'de verilmiştir.

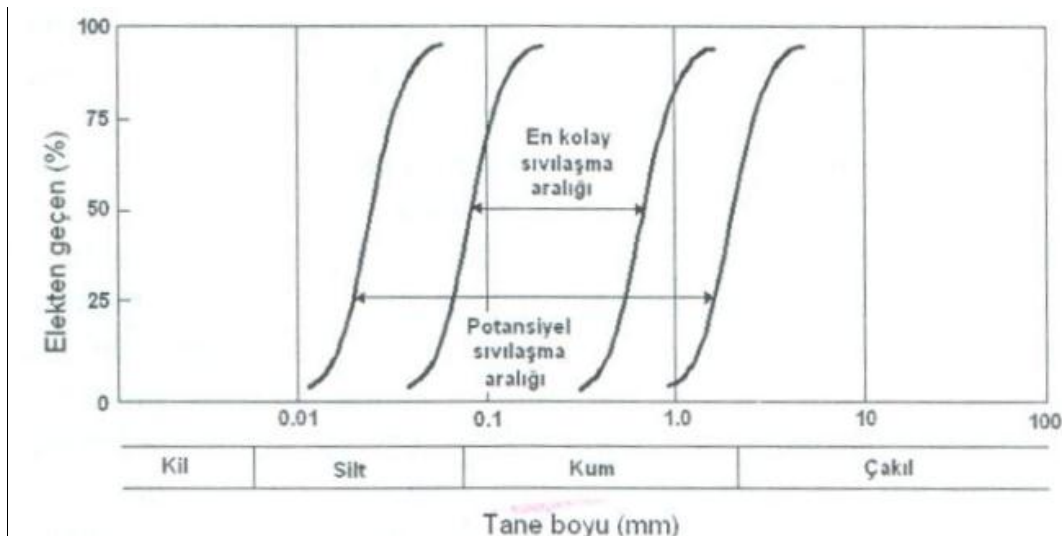
Tablo 1. 7. Relatif sıklığa göre zemin sınıflaması (Seed-Idriss, 1971)

Relatif Sıklık	Açıklama
0-15	Çok gevşek
15-35	Gevşek
35-65	Orta sıkı
65-85	Sıkı
85-100	Çok sıkı

1.5.1.1.2 Dane Özellikleri

Tane özellikleri olarak bilinen tane boyu, tane şekli ve tane çapı dağılımı sıvılaşma açısından önemlidir. Bu durumda, sıvılaşmaya duyarlı zemin türleri: Plastik olmayan (kohezyonsuz) zeminlerdir. 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. Tane boyunun küçülmesi, kırıntılı zeminlerde sıvılaşma riskini arttırmaktadır. Tane şekli açısından bakıldığında ise; yuvarlak tanelere sahip zeminlerin köşeli tanelere sahip zeminlere göre daha fazla sıvılaşma riski taşıdığı söz konusudur.

Tane boyu açısından en kolay sıvılaşabilen zeminler ile potansiyel olarak sıvılaşmaya yatkın zeminler için geçerli tane boyu dağılımı aralıkları Şekil 1.9' de verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde, tane boyu 0.03 mm ile 0.3 mm aralığından 0.15 mm ile 1.15 mm aralığına doğru logaritmik olarak artarken, geçen tane yüzdesi de %100 düzeyine ulaşmakta olup, belirtilen aralık yüksek oranda sıvılaşma olasılığı içeren zeminleri göstermektedir. Tane çapının 0.01 mm ile 1 mm aralığından 0.1 mm ile 10 mm aralığına doğru logaritmik olarak artışı durumunda, benzer şekilde, geçen tane miktarı %100 düzeyine ulaşmakta ve bu aralıkta yer alan zeminler sıvılaşma olasılığı bulunan zeminler olarak nitelendirilmektedir. Potansiyel sıvılaşma aralığı açısından en kritik zeminlerin kum ve siltli kumlar oldukları görülmektedir.



Şekil 1. 9. Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı (Anonymous, 1971).

1.5.1.1.1.3. Kil İçeriği

Kil mineralleri suyu bünyelerinde tutmaktadırlar. Bu yüzden kil içeriğinin yüksek olması, kohezyonsuz zeminde sıvılaşma tehlikesini azaltan bir etkidir.

1.5.1.1.1.4. Drenaj Şartları

Arazide sıvılaşma oluşumu, drenaj Őartlarıyla yakından ilişkilidir. Sıvılaşmaya neden olan etken, suyun dışarı atılamamasından kaynaklı boşluk suyu basıncından oluşan artışlardır.

1.5.1.1.1.5. Yer Altı Su Seviyesi

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

1.5.1.1.2. Dış Etkenlerle İlgili Özellikler

Arazide sıvılaşmaya neden olan etken çoğunlukla deprem hareketidir. Bu nedenle sıvılaşma potansiyeli incelenirken olası depremler ile ilgili Özellikler mutlaka göz önünde tutulmalıdır.

1.5.1.1.2.1. Sıvılaşmaya Neden Olabilecek Yükleminin Sebebi

Sıvılaşma statik veya dinamik yüklerin etkisi altında meydana gelebilir. Arazide karşılaşılan durum sıvılaşmanın genellikle deprem etkisiyle oluştuğu şeklinedir. Depremiň Őiddetinin yüksek olması yani maksimum ivmenin büyük olması sıvılaşma riskini arttırır.

1.5.1.1.2.2. Yüklemenin Şiddeti ve Süresi

Zeminin hacimsel büzülmesine ve aşırı boşluk suyu basıncının gelişmesine neden olan kayma deformasyonlarını, yer hareketinin ivme ve sarsıntı süresi gibi özellikleri belirler. Deprem şiddeti ve sarsıntı süresi artarken, sıvılaşma için potansiyelde artmaktadır. Yüksek büyüklüklü depremler, hem büyük yer ivmesi hem de daha uzun süreli yer sarsıntısı üretir (Tablo 1.8.). Yerel büyüklük ile maksimum yatay yer ivmesi, deprem süresi ve fay yırtılmasının yakınında meydana gelen hasarın Modifiye Mercalli Şiddet derecesi arasındaki yaklaşık ilişkileri Tablo 1.8.'de verilmektedir.

Tablo 1. 8. Yerel büyüklük ile maksimum yatay yer ivmesi, deprem süresi ve fay yırtılmasının yakınında meydana gelen hasarın Modifiye Mercalli Şiddet derecesi arasındaki yaklaşık ilişkiler (Yeats ve diğ. , 1997).

Yerel büyüklük (M_L)	Fay yırtılması yakınındaki tipik maksimum yatay yer ivmesi (a_{maks})	Fay yırtılması yakınındaki tipik deprem süresi	Fay yırtılması yakınındaki tipik Modifiye Mercalli Şiddet Derecesi
≤ 2	-	-	I-II
3	-	-	III
4	-	-	IV-V
5	0.09g	2sn	VI-VII
6	0.22g	12sn	VII-VIII
7	0.37g	24sn	IX-X
≥ 8	$\geq 0.50g$	$\geq 34sn$	XI-XII

Günümüzde daha çok kullanılan Modifiyeli Mercalli Şiddet Ölçeği de Tablo 1.9.'da verilmiştir.

Tablo 1. 9. Modifiye Mercalli şiddet ölçeği (Day, 2002)

Şiddet düzeyi	İnsanların Tepkisi ve Yapılarda Hasar Türü
I	Tepkiler: Özel durumlarda, hassas birkaç kişi tarafından hissedilebilir. Hasar: Yok
II	Tepkiler: Özellikle üst katlarda dinlenme halindeki fertler tarafından hissedilir. Hasar: Yok. Hassa şekilde asılı duran nesnelere sallanabilir.
III	Tepkiler: Bina içindeki ve üst katlardaki şahıslarca hissedilebilir. Çoğu insanlar bunun bir yer sarsıntısı olduğunu fark etmeyebilir. Sarsıntılar, yakından geçen ağır bir kamyon

Tablo 1.9'un devamı

	hissi verir. Hasar: Park etmiş araçları hafifçe sallayabilir.
IV	Tepkiler: Bina içindeki pek çok kişi ve dışarıda bulunan az sayıda insan tarafından hissedilir. Uykudakilerin bazılarını uyandırır. Sarsıntılar binaya çarpan ağır bir aracın etkisine benzer. Hasar: Tabaklar, pencereler, kapılar tıkrırdar, duvarlardan kırılma sesine benzer sesler gelir. Park etmiş araçlar önemli derecede sarsılır.
V	Tepkiler: Hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Uykudakilerin pek çoğu uyanır. Hasar: Tabak ve pencereleri kırabilir, desteksiz nesnelere dengesini kaybeder, sarkaçlı saatler durur. Sıvılarda hafif çatlama, ağaç, direk vb. uzun nesnelere örselenme görülür.
VI	Tepkiler: Herkes tarafından hissedilir ve çoğu insanları korkutacak kadar şiddetlidir. Hasar: Hafif yapısal hasar görülür. Bazı ağır mobilyalar hareket eder, seyrek de olsa duvardan sıva dökülmeleri gözlenir. Bacalarda hafif hasarlar meydana gelir.
VII	Tepkiler: Herkes kapı dışarı kaçar. Sürücülerde hissedebilir. Hasar: İyi yapılmış yapılardaki hasar ihmal edilebilir derecede; ortalama yapılar için az-orta derecede hasar söz konusu, kötü yapılmış veya dizayn edilmiş yapılarda fazla hasar, baca yıkılmaları görülebilir.
VIII	Tepkiler: Araç sürücülerini etkiler. Hasar: Özel olarak dizayn edilmiş yapılarda az hasar; ortalama yapılarda bazen göçmeye varan ileri derecede hasar; kötü inşa edilmiş binalarda ağır hasar. Bacaların, fabrika raflarının, kolonların, anıtların ve duvarların devrilmesi söz konusu. Ağır mobilyalar tepetaklak. Az miktarda kum ve çamur fişkırmaları. Kuyularda su seviyesinde değişim gözlenebilir.
IX	Hasar: Özel olarak dizayn edilmiş yapılarda orta derecede hasar, çelik yapılarda şakulden sapmalar. Orta büyüklükteki yapılarda büyük hasar ve kısmi göçük, binaların temellerinden oynaması. Yerde yarıklar ve yeraltı nakil hatlarında kırılmalar.
X	Hasar: Sağlamca inşa edilmiş ahşap yapıların tamamen yıkılması, çoğu yığma ve çelik yapıların temelinden yıkılması, demiryolu raylarının eğilmesi. Yerde önemli büyüklükte yarıklar ve nehir kıyılarında ve dik yamaçlarda önemli heyelanlar. Kum ve çamur kaynamaları, nehir yamaçlarına su sıçraması.
XI XI	Hasar: Çok az bina ayakta kalabilir, köprülerde yıkılma, demiryolu raylarında ileri derecede bükülmeler. Yerde geniş yarıklar. Yeraltı hatları tamamen devre dışı. Yumuşak zeminde kaymalar ve arazi hareketleri gözlenir.
XII	Tepkiler: Zemin yüzeyinde dalgalar görülür. Görüş alanı ve seviyesinde değişimler. Hasar: Afet derecesinde hasar, nesnelere havaya fırlaması. Yapıların pratikte tamamen yıkılması.

1.5.2. Sıvılaşma Potansiyeli Analiz Yöntemleri

1.5.2.1. Periyodik Gerilme Yaklaşımı

Zeminlerin sıvılaşma dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanmasını gerektirir. Bunlar;

- Zemin tabakasındaki sismik talebi ifade eden periyodik gerilme oranı (PGO)
- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncini gösteren periyodik direnç oranı (PDO) (Youd ve diğ., 2001)

Bu konuda araştırmacılar tarafından çeşitli belirleme yöntemleri geliştirilmiştir.

1.5.2.1.1. Seed ve Idriss Sıvılaşma Analizi Yöntemi

Seed ve Idriss, (1971) bir deprem sırasında oluşan maksimum kayma gerilmesini aşağıdaki eşitlikle ifade etmişlerdir:

$$\tau_{maks} = \frac{\gamma z}{g} a_{maks} r_d \quad (17)$$

Burada, a_{maks} : zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi, g : yerçekimi ivmesi, γ : zeminin birim hacim ağırlığı, z : zemin yüzeyinden itibaren derinlik, r_d : gerilme azaltma katsayısı olarak tanımlanmaktadır.

Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi a_{maks} olan “h” derinliğindeki bir zemin kolonu eğer rijit bir davranış gösterirse, “h” derinliği üstündeki tüm zemin kayma gerilmesine maruz kalır ve maksimum kayma gerilmesi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$(\tau_{maks})_{rijitkütle} = F = ma = (W / g) a = \gamma h \frac{a_{maks}}{g} \quad (18)$$

Bununla birlikte zemin rijit bir kütle gibi davranmaz. Bundan dolayı “h” derinliğindeki gerçek maksimum kayma gerilmesi denklemi ile hesaplanan değerden daha küçük olacaktır. Deforme olabilen zemin kütlesi “h” derinliğinde genellikle rijit zemin kütesinden daha az kayma gerilmesi uygular.

Zeminin gerçek kayma gerilmesi değeri ile rijit davranışı göz önüne alınarak tahmin edilen kayma gerilmesi arasındaki ilişki, gerilme azaltma katsayısı r_d ile ifade edilir (Seed ve Idriss, 1971) :

$$r_d = \frac{(\tau_{maks})_{gerçek}}{(\tau_{maks})_{rijitkütle}} \quad (19)$$

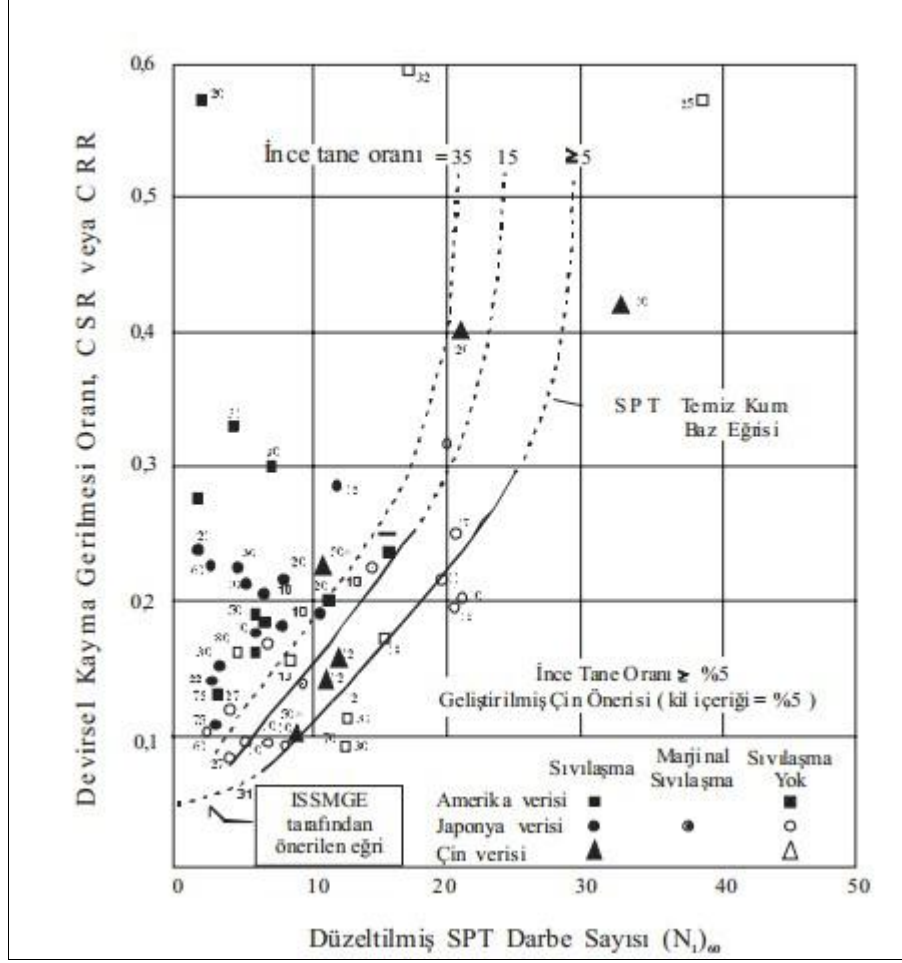
1979 yılında Bolton Seed yayınladığı makalesinde (Seed, 1979a), τ_{ort} ' yı σ'_{v0} ile normalize ederek, periyodik gerilme oranını gündeme getirmiştir.

$$DGO = \frac{\tau_{ort}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{maks}}{g} \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \quad (20)$$

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \quad ; z \leq 9.15 \text{ m} \quad (21)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad ; 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad (22)$$

Burada; (z) zemin yüzeyinden itibaren metre cinsinden derinliktir. Standart penetrasyon deneyi, sıvılaşma direncinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın arazi deneyidir. Çünkü sıvılaşma direncini arttıran sıkılık, geçmişteki sismik deformasyon, aşırı konsolidasyon oranı, yanal zemin basıncı ve gerilmeye maruz kalma süresi gibi faktörler, aynı zamanda SPT direncini de arttırmaktadır. Amerikan, Çin, Japon verileri kullanılarak ince dane oranına göre sıvılaşma potansiyeli Şekil 1.10' da gösterilmektedir.



Şekil 1. 10. M=7.5 için siltli kumlarda periyodik direnç oranı ile $(N_1)_{60}$ arasındaki ilişki (Kramer, 1996)

Youd vd. (2001) periyodik direnç oranının hesabında kullanılan temiz kum eğrisi yerine kullanılabilecek olan aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir:

$$DDO = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (23)$$

Yukarıdaki formülde; $(N_1)_{60}$ (%60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı)'dır. Bu eşitlik sadece $(N_1)_{60} < 30$ değerleri için geçerlidir. $(N_1)_{60} \geq 30$ değerlerine sahip temiz granüler zeminler, sıvılaşma için çok sıkı kabul edilirler ve sıvılaşmayan zeminler olarak sınıflandırılırlar.

Seed vd. (1985) ince tane oranının artmasıyla, sıvılaşma direncinde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Son olarak I. M. Idriss, R. D. Seed'in yardımıyla ince tane oranının sıvılaşma direncine etkisini denklemsel olarak ifade etmiştir (Youd vd., 2001).

$$(N_1)_{60tk} = \alpha + \beta (N_1)_{60} \quad (24)$$

Burada, α , β ince tane düzeltme katsayılarıdır ve aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmışlardır.

$$\alpha = 0 \quad \dot{I}DO \leq \%5 \quad (25)$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (190/\dot{I}DO^2)] \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35 \quad (26)$$

$$\alpha = 5.0 \quad \dot{I}DO \geq \%35 \quad (27)$$

$$\beta = 1.0 \quad \dot{I}DO \leq \%5 \quad (28)$$

$$\beta = [0.99 + (\dot{I}DO^{1.5}/1000)] \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35 \quad (29)$$

$$\beta = 1.2 \quad \dot{I}DO \geq \%35 \quad (30)$$

1.5.2.1.2. Tokimatsu ve Yoshimi Sıvılaşma Analizi Yöntemi

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), sıvılaşan suya doymuş kumların laboratuvar deney sonuçlarını dikkate almışlar ve sıvılaşmaya neden olan sismik yer hareketi etkilerinin iki nicelikle gösterilebileceğini öne sürmüşlerdir. Bunlar; yatay yer ivmesi ve belli bir yer hareketinin devir sayısıdır. Tüm bunlar bir araya getirilerek, belirli derinlikteki periyodik kayma gerilmesi oranı için aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$DGO = \frac{\tau_d}{\sigma_{v0}} = \frac{a_{maks}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} r_d r_n \quad (31)$$

Z metre cinsinden derinlik ve M deprem büyüklüğü olmak üzere r_d ve r_n aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} r_d &= 1 - 0.015z \\ r_n &= 0.1(M - 1) \end{aligned} \quad (32)$$

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yaptıkları laboratuvar deneylerinde 15 devir sonunda kayma gerilmesi oranı ile relatif sıkılık arasındaki ilişkiyi bulmuşlardır:

$$\frac{\sigma_d}{2\sigma_c^2} = a \left\{ \frac{D_r}{100} + \left(\frac{D_r}{C} \right)^n \right\} \quad (33)$$

Burada, σ_d (periyodik eksenel düşey basınç), σ_c (çevre basıncı), D_r (relatif sıkılık) a, n (deneysel sabitler), C (deformasyon büyüklüğüne) bağlı deneysel parametredir.

Relatif sıkılık ve kumlar için N darbe sayısı arasındaki ilişkiyi bulmak için çalışmalar yapılmış ve temiz kumlar için aşağıdaki ilişki Mayerhof (1957) tarafından ortaya konulmuştur (Tokimatsu ve Yoshimi, 1983):

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0} + 0.7}} \quad (34)$$

Burada, σ'_{v0} (düşey efektif gerilme - kgf/cm²), N (standart penetrasyon darbe sayısı) 'dır. Tokimatsu ve Yoshimi (1983) üst tabaka yüküne göre düzeltilmiş SPT-N değerlerinin hesabında aşağıdaki eşitliği kullanmışlardır:

$$(N_1)_{80} = C_N N = \frac{1.7}{\sigma'_{v0} + 0.7} N \quad (35)$$

Burada, σ'_{v0} (düşey efektif gerilme), C_N (üst tabaka yükü düzeltme katsayısı)'dır.

$$D_r = 16 \sqrt{(N_1)_{80}} \quad (36)$$

Burada; $(N_1)_{80}$ yaklaşık 100 kPa'lık üst tabaka gerilmesine göre düzeltilmiş %80 enerji oranına sahip SPT darbe sayısını ifade etmektedir.

Kumlardaki ince tane oranının etkisi de eşitliğe dahil edilirse, yeni ifade şu şekli alır:

$$D_r = 16\sqrt{(N_1)_{80} + \Delta N_f} \quad (37)$$

Burada; ΔN_f ince dane oranı düzeltme katsayısını ifade etmektedir. İnce dane oranına göre düzeltme katsayısı Tablo 1.10' de verilmektedir.

Tablo 1. 10. SPT darbe sayısı için ince tane oranı düzeltme katsayısı (Tokimatsu ve Yoshimi, 1983)

İnce Dane Oranı (%)	ΔN_f
0-5	0
5-10	Enterpolasyon
10-	0.1İDO+4

Tokimatsu - Yoshimini (1983) periyodik direnç oranı hesabında aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$PDO = aC_r \left[\frac{16\sqrt{(N_1)_{80} + \Delta N_f}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{(N_1)_{80} + \Delta N_f}}{C_s} \right)^n \right] \quad (38)$$

Burada; $a = 0.45$, $C_r = 0.57$ (arazi ile laboratuvar ortamı arasındaki düzeltme katsayısı), $n = 14$, temiz kumlar için $\Delta N_f = 0$ ve siltli kumlar için $\Delta N_f = 5$ değerini almaktadır. C_s ise 80 ile 90 arasında değerler alabilmektedir.

1.5.2.1.3. Iwasaki vd. (1981) Sıvılaşma Analizi Yöntemi

Iwasaki vd. (1981) deprem nedeniyle zeminde oluşan kayma gerilmelerini, sismik bir hareket nedeniyle zemine etki eden dinamik yükleme olarak tanımlanmıştır.

$$DGO = \frac{\tau_d}{\sigma_{v0}} = \frac{a_{maks}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} r_d \quad (39)$$

Burada ; a_{mak} : zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi, g : yerçekimi ivmesi, r_d : azaltma katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Iwasaki ve arkadaşları gerilme azaltma katsayısı için bir denklem oluşturmuşlardır.

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (40)$$

“z” metre cinsinden yüzeyden itibaren derinliği ifade etmektedir.

Iwasaki vd. arazi direnci olarak da tanımladıkları devirsel direnç oranı, drenajsız devirsel kesme kutusu deney sonuçlarından yararlanarak elde ettikleri basit bir yaklaşımla belirlemişlerdir.

$0.04\text{mm} \leq D_{50} \leq 0.6\text{mm}$ için

$$DDO = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0}}} + 0.225 \log \frac{0.35}{D_{50}} \quad (41)$$

$0.6\text{mm} \leq D_{50} \leq 1.5\text{mm}$ için

$$DDO = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0}}} - 0.05 \quad (42)$$

Formülde N (standart penetrasyon deneyindeki darbe sayısı) , D_{50} (ortalama dane çapı) ‘dır.

Iwasaki devirsel direnç oranını hesaplariken, ince dane oranı yerine ortalama dane çapını dikkate almıştır. Bu yüzden deneysel yöntemlerle ortalama dane çapının belirlenemediği durumlarda yardımcı olabilmek amacıyla farklı zemin tiplerine göre ortalama dane çapı verilmiştir (Tablo 1.11.).

Tablo 1. 11. Farklı zemin sınıflarının birim hacim ağırlıkları ve ortalama dane çapı (Iwasaki vd., 1981)

Zemin sınıfı	Birim hacim ağırlık	Ortalama dane çapı
Yüzey zemini	17	0.02
Silt	17.5	0.025
Kumlu Silt	18	0.04
Çok ince Kum	18.5	0.01
İnce Kum	19.5	0.15
Orta Kum	20	0.35
İri Kum	20	0.6
Çakıl	21	2.0

1.5.2.1.4. Sıvılaşma Başlangıcının Belirlenmesi

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

$$EF = \frac{DDO}{DGO} \quad (43)$$

Formülde DGO (deprem nedeniyle oluşan periyodik gerilme oranı), DDO (periyodik direnç oranı), EF (emniyet faktörü) olarak tanımlanmaktadır. Emniyet faktörünün 1'den küçük olduğu derinliklerde, sıvılaşmanın olduğu kabul edilmektedir (Kramer, 1996). Ancak emniyet faktörü 1'in hafifçe üzerinde olan zeminler yine de bir deprem anında sıvılaşabilir. Örneğin alttaki tabakanın sıvılaşması durumunda yukarı doğru yükselen su akışı üstte yer alan ve emniyet faktörü 1'den biraz büyük olan tabakanın sıvılaşmasına neden olabilir.

Bununla birlikte, Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi hariç, diğer yöntemde DDO'yu hesaplamak için verilen denklemler sadece M=7.5 büyüklüğündeki depremler için elde edilmişlerdir. Denklemlerin farklı deprem büyüklüklerinde de kullanılabilmesi için hesaplanan DDO'ların M=7.5 büyüklüğündeki depremlere göre düzeltilmesi gerekmektedir. Bunun için magnitüd düzeltme faktörleri kullanılmaktadır.

$$EF = \left(\frac{DDO}{DGO} \right) * MDF \quad (44)$$

Burada MDF magnitüd düzeltme faktörüdür. I.M.Idriss aşağıdaki ifadeyi ortaya çıkarmıştır:

$$MDF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad (45)$$

Burada; M söz konusu deprem büyüklüğüdür.

1.5.2.1.5. Dizinin Sıvılaşabilirliğinin Belirlenmesi

Bir tabakanın sıvılaşma potansiyelini belirleyebilmek ve özellikle derinliğin bu potansiyel üzerindeki etkileri göz önüne alınarak, tabakalı ortamlar için aşağıda verilen I_L sıvılaşma potansiyeli dizini hesaplanır.

$$I_L = \sum_{i=1}^n (FW h)_i \quad (46)$$

Burada,

$$\begin{array}{llll} F = 1 - F_L & F_L < 1 & W = 10 - 0,5z & z < 20 \text{ metre} \\ F = 0 & F_L \geq 1 & W = 0 & z \geq 20 \text{ metre} \end{array} \quad (47)$$

Burada; F_L (Emniyet faktörü), z (Tabaka orta noktasının derinliği-metre), h (Tabaka kalınlığı-metre), n (Tabaka sayısı) olarak tanımlanmaktadır. Her tabaka için I_L değeri ayrı ayrı hesaplanır ve yukarıdan aşağı toplamlar alınarak her tabakanın global I_L değeri bulunur ve sıvılaşma olasılığı Tablo 1.12. görülmektedir.

Tablo 1. 12. Sıvılaşma Dizini ve Sıvılaşma Olasılığı (Iwasaki, 1978)

Sıvılaşma Dizini	Sıvılaşma Olasılığı
0	Çok Düşük
$0 < I_L \leq 5$	Düşük
$5 < I_L \leq 15$	Yüksek
$15 < I_L$	Çok Yüksek

1.5.2.2. Kayma Dalga Hızı Yaklaşımı

1.5.2.2.1. Kayma Dalga Hızından Sıvılaşma Analizi Yöntemi

Sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünü belirlemede zeminin kayma dalga hızı da kullanılabilir. Sismik kırılma, yüzey dalgası analizi ve kuyu hız ölçüm yöntemleri ile belirlenmektedir. Arazideki kayma dalgası hızını belirlemek amacıyla kullanılabilen diğer yöntemler sismik konik penetrometresi ve süspansiyon loglamasıdır (Woods, 1994).

Kayma dalgası hızı için üst tabaka yükü düzeltmesinde, SPT ve CPT' ye oldukça benzer şekilde, aşağıdaki denklem (Sykora, 1987; Robertson vd., 1992) kullanılabilir.

$$V_{s1} = \frac{V_s}{C_v} \quad (48)$$

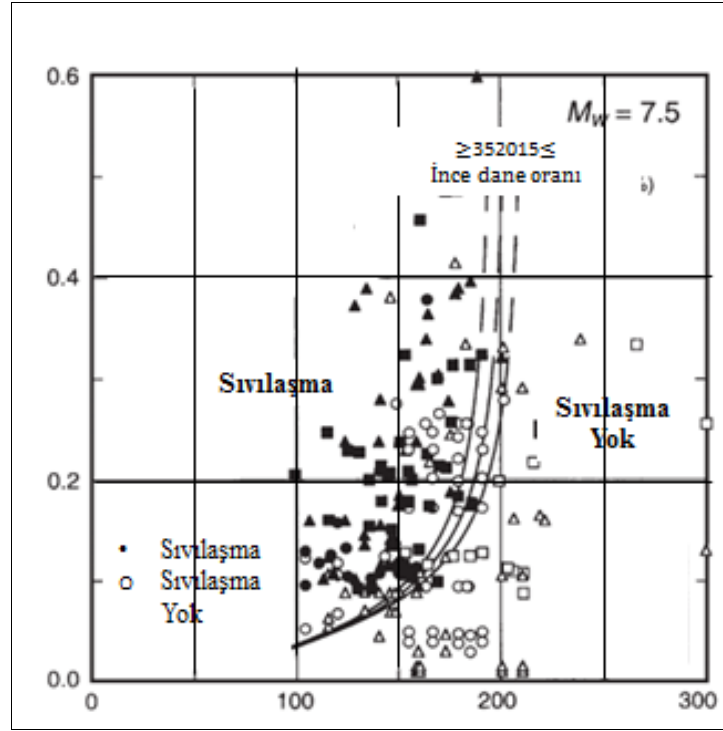
Burada; V_{s1} (Düzeltilmiş Kayma Dalgası Hızı (Üst Tabaka Yüküne Göre)), C_v : Üst (Tabaka Yükü Düzeltme Katsayısı), V_s (Arazide Ölçülen Kayma Dalgası Hızı) olarak tanımlanmaktadır.

$$C_v = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.25} \quad (49)$$

Devirsel direnç oranı arazi performansı verilerine dayandırılarak elde edilen eğriler vasıtasıyla belirlenir (Şekil 1.11.).

Bağıntı 48 kullanılarak elde edilen düzeltilmiş kayma dalgası hızı değeri Şekil 1.11'a girilir. İnce dane içeriği eğrisi ile kesiştirilerek devirsel direnç oranı elde edilir.

Sıvılaşmaya karşı emniyet faktörünü belirlemek amacıyla kayma dalgası hızını kullanmanın avantajı, sıvılaşma potansiyelinin ilk analizinin gerekli olduğu çok büyük sahalar için kullanılabilmesidir. Bu yöntemin dezavantajı ise; deney işleminde çoğu kez zemin numuneleri elde edilmeyişi ve yöntemin zeminin küçük deformasyonları üzerine dayanmasıdır. Halbuki sıvılaşma oluşumunda gerçekte yüksek deformasyonlar söz konusudur.



Şekil 1. 11. Temiz kum, siltli kum ve kumlu silt için $M=7.5$ depremlerinde kullanılan devirsel direnç oranı ile düzeltilmiş kayma dalgası hızı ilişkisi (Andrus ve Stokoe, 2000)

Ayrıca, Şekil 1.11. 'de gösterildiği gibi, DDO' nun yaklaşık olarak 0.3 değerinin üzerindeki eğrileri doğru olarak tanımlamak için çok az veri vardır. Dahası, eğriler 200 m/s' lik kayma dalgası hızı üzerinde çok dik olup, kayma dalgası hızını ölçmede yapılacak küçük bir hata, emniyet faktöründe önemli bir değişmeye neden olabilir. Örneğin; kayma dalgası hızında 190'dan 210 m/sn' ye artış, DDO' da iki kat artışa neden olur. Bu nedenle enine dalga hızları kullanılırken hızların doğru belirlenmesine özen gösterilmelidir.

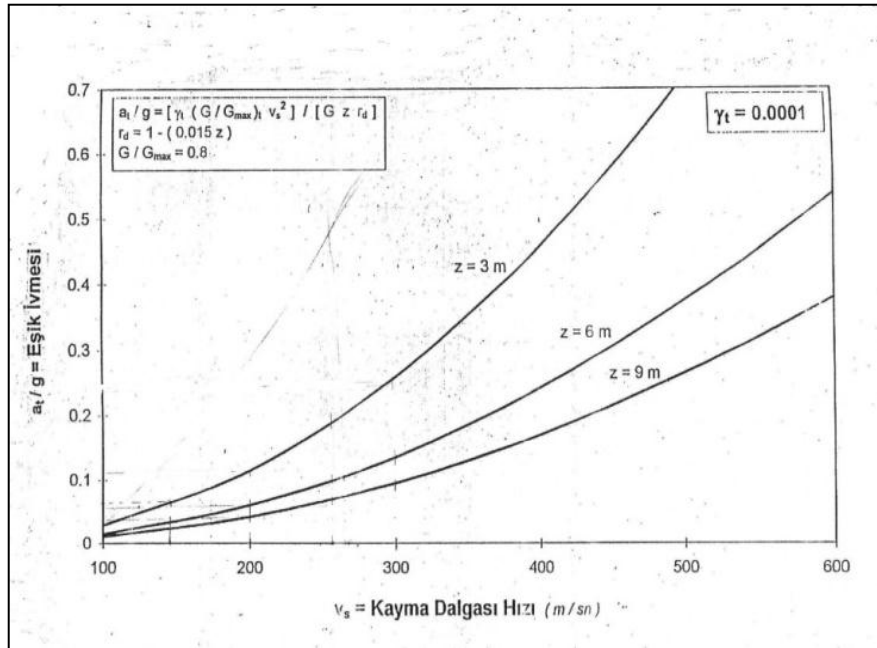
1.5.2.2.2. Eşik İvme Kriteri Sıvılaşma Analizi

Bu yöntem kayma dalgası hızı V_s ile a_t ivmesini kullanarak sıvılaşma potansiyelini belirleyen bir yöntemdir. Depremde meydana gelen ivme, yerin deformasyona uğramadan dayanabileceği ivmenin %60' ndan büyükse sıvılaşma potansiyeli yüksektir. Eşik ivme kriterinde emniyet faktörü F_a için;

$$F_a = 1.6 * \left(\frac{a_t}{a_{\max}} \right) \quad (50)$$

tanımı yapılır.

Burada a_t , sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç ivmesi, a_{\max} 'da depremin meydana getireceği maksimum yer ivmesidir. Eğer, $F_a < 1$ ise sıvılaşma potansiyeli yüksek, $F_a \geq 1$ ise sıvılaşma potansiyeli düşüktür. Kayma dalgası hızı, V_s değeri kullanılarak sıvılaşma potansiyelini belirleyen bu kriter Dobry vd. (1981), önermişlerdir. Eşik ivme, yerin kayma dalga hızı, V_s 'ye bağlı olarak, kabul edilen bir γ_t ' rijitide' için $\gamma_t = 0.0001$, $\gamma_t = 0.0001$ değerine karşılık gelen G/G_{\max} değeri de 0.8 olarak kabul edilmiştir (Dobry,1992) (Şekil 1.12) .



Şekil 1. 12. Eşik ivme değerleri önerisi (Dobry, 1992)

$$(a_t/g) = (\gamma_t (G/G_{\max})_t (V_s)^2) / g z r_d \quad (51)$$

Burada a_t : başlangıç ivmesi – gal; G_{\max} : kayma modülü ; γ_t : yoğunluk - ton/m³; g: yer çekimi ivmesi - 980 gal; z: derinlik – metre ; r_d : yerin derinlikle artan sıvılaşmaya karşı direncini temsil eden bir azaltma faktörü olup, bağıntı 51'e göre sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi gerekli başlangıç ivmesi hesaplanmaktadır.

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (52)$$

bağıntısı ile verilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda $F_a < 1$ olarak elde edilirse sıvılaşma potansiyeli yüksek, $F_a > 1$ ise sıvılaşma riski yok şeklinde tanımlanmaktadır.

1.5.3 Zemin Taşıma Kapasitesi

1.5.3.1. Zeminin Taşıma Gücü

Zeminlerin taşıma gücü, bir denge sorunu olup, çökme olmadan zeminin taşıyabileceği yük olarak tanımlanmaktadır. Zeminlerin taşıma gücü zeminin mukavemet karakteristiklerine bağlı olmakla beraber uygulanan yükün miktarına ve dağılımına da bağlıdır. Taşıma gücü terimi ile temelin çökmeden taşıyabileceği maksimum taban basıncı nitelendirilmektedir. Zemin taşıma gücünün birimi kg/cm^2 olarak tanımlanır. Zeminlerin taşıma gücü, zeminin birim hacim ağırlığı, kayma mukavemeti ve deformasyon karakteristikleri gibi mekanik özelliklerine, zeminin ilk gerilme durumuna, hidrolik ve yapısal şartlarına bağlıdır. Nihai taşıma gücü terimi, q_u , zeminin plastik makaslama yenilmesine uğradığı birim yük miktarı için kullanılmaktadır. Zemin tanımına göre Selig ve Waters, 1994, tarafından izin verilebilir taşıma gücü değerleri Tablo 1.13.'de verilmektedir.

Tablo 1. 13. İzin Verilebilir Taşıma Gücü Değerleri (Selig - Waters, 1994)

Zemin Tanımı	Zemin Tipi	psi	kPa
İyi derecelenmiş buzul kili, Bozuşmuş kil	Çok Sıkı	65-100	450-690
Çakıl, Çakıllı Kum, Bozuşmuş Çakıl	Çok Sıkı	55-85	380-590
	Orta Sıkı	40-60	280-410
	Zayıf	25-50	170-350
İri daneli Kum, Kumlu Çakıl	Çok Sıkı	25-40	170-280
	Orta Sıkı	15-30	100-210
	Zayıf	8-15	60-100
Temiz Kum, Siltli ya da Killi Kum	Çok Sıkı	25-30	170-210
	Orta Sıkı	15-25	100-170
	Zayıf	8-15	60-100
Homojen inorganik kil, kumlu yada siltli Kil	Çok Sıkı	25-50	170-350
	Orta Sıkı	8-25	60-170
	Zayıf	4-8	30-60
İnorganik silt, kumlu killi silt	Çok Sıkı	15-30	100-210
	Orta Sıkı	8-25	60-170
	Zayıf	4-8	30-60

1.5.3.2. Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü

Zemin emniyet gerilmesi, başka bir deyişle emniyetki taşıma gücü, nihai taşıma gücü (q_s) G_s gibi bir emniyet faktörüne veya güvenlik katsayısına bölünmesi sonucu elde edilen taşıma gücüdür ve birimi kg/cm^2 'dir. Emniyet faktörü boyutsuz bir rakamdır ve 3 - 4.5 arasında değerler alır. Zemin emniyet gerilmesi aşağıdaki çalışmalardan bir veya birkaçıyla belirlenir (Türker, 1988).

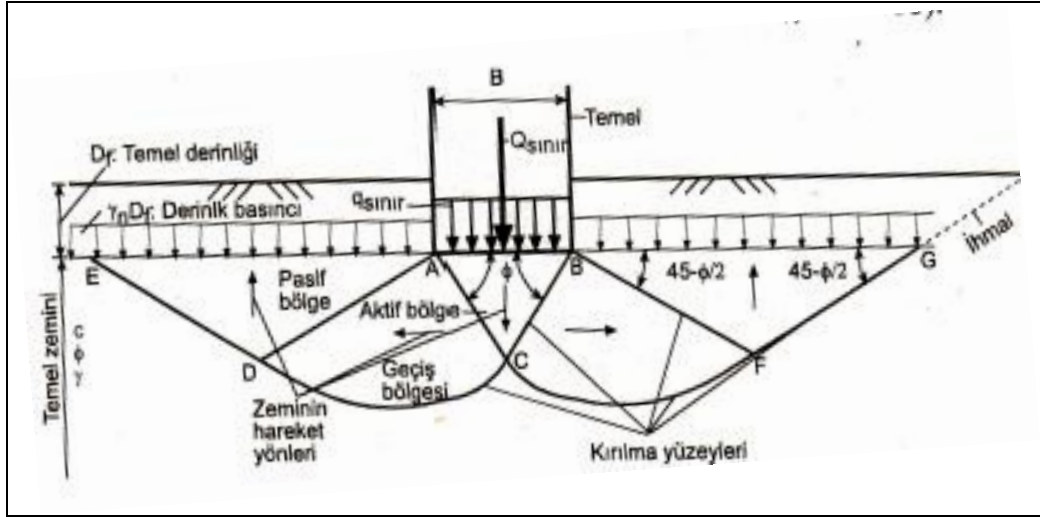
- Deneyim kazanma ve bunlarla ilgili çizelgeler
- Yükleme deneyi
- Taşıma gücü ve oturumların laboratuvar deneylerinden hesaplanması
- Standart penetrasyon deneyi (SPT) ve konik penetrasyon deneyi (KPT)
- V_p boyuna dalga hızı ve V_s enine dalga hızından deneysel bağıntılardır.

1.5.3.3. Taşıma Gücü Analiz Yöntemleri

1.5.3.3.1. Zemin Taşıma Gücünün Laboratuvar Deneyle ile Hesaplanması

1.5.3.3.1.1. Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi

Zeminin taşıma gücünü belirlemek için birçok taşıma gücü teorisi vardır (Prandtl 1921; Terzaghi 1943, Meyerhof 1951 vb.). Birbirine benzer olan bu teorilerden en yaygın kullanılan şerit temel (iki boyutlu koşullar) için Terzaghi Taşıma Gücü formülü aşağıdaki kabuller yapılarak çıkarılmıştır.



Şekil 1. 13. Taşıma Gücü Teorisi (Terzaghi, 1943)

Zemin, homojen, izotrop ve yarım sonsuzdur. AB tabanı tam sürtünmelidir. Temel tabanı altında, ABC zemin üçgen kaması meydana gelir. Bu kama temelle birlikte, aşağıya doğru hareket eder ve CAB açısı=CBA açısı= ϕ içsel sürtünme açısıdır. ABC bölgesine aktif bölge denir. CD, CF kırılma yüzey kısımları, logaritmik spiraldir. ACF ve ACD bölgeleri geçiş bölgeleri adını alır. BFG, ADE pasif bölgeler olup, FG, DE kırılma yüzey kısımları, düzlemdir ve FGB açısı = FBG açısı = $45^\circ - \phi/2$ 'dir. Kırılma yüzeylerinin, temel derinliği (D_f) içindeki kısmı ihmal edilir ve bunun yerine, temel taban düzeyinde, $P_0 = \gamma D_f$ üniform yayılı yükün etkidiği düşünülür.

Ayrıca, temel yan yüzleri ile zemin arasındaki sürtünmeler ihmal edilir. Zeminin, genel bir zemin ($c-\phi$) olduğu düşünülür. ABC kamasının düşey dengesini düşünelim. ABC kamasına aşağıya doğru etkiyen kuvvetler $q_{sınır}$ ve W (kamanın ağırlığı), aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q = q_{sınır}B \text{ ve } W = \frac{1}{4}\gamma B^2 \tan \phi \quad (53)$$

CB ve CA yüzeylerine etkiyen kohezyon kuvvetleri (C) ise ;

$$C = C_{cb} = c \frac{B}{2 \cos \phi} = \frac{cB}{2 \cos \phi} \quad (54)$$

formülü ile ifade edilir.

P_p , CB ve CA yüzlerine etkiyen, bu yüzlerin normalleri ile şekildeki yönde, sürtünme açısı (zeminin zeminle olan sürtünme açısı $= \delta = \phi$) kadar dönen toplam pasif itkiyi göstermektedir.

ABC kaması için düşey denge denklemi yazılırsa;

$$q_{sınır}B = 2P_p + cB \tan \phi - \frac{1}{4}\gamma B^2 \tan \phi \quad (55)$$

elde edilir.

P_p pasif itki; zeminin kohezyonundan ileri gelen P_{pc} , yayılı yükten gelen P_{pq} ve zeminin ağırlığından gelen $P_{p\gamma}$ bileşenlerinden oluşur. Bunlar, bağıntı 55'te yerine konulup, düzenlenirse;

$$q_{sınır}B = 2(P_{pc} + P_{pq} + P_{p\gamma}) + cB \tan \phi - \frac{1}{4}\gamma B^2 \tan \phi \quad (56)$$

$$q_{sınır}B = 2(P_{pc} + Bc \tan \phi) + 2P_{pq} + (2P_{p\gamma} - \frac{1}{4}\gamma B^2 \tan \phi) \text{ elde edilir.} \quad (57)$$

$$\begin{aligned}
2P_{pc} + Bc \tan \phi &= BcN_c \\
2P_{pq} &= B\gamma D_f N_q \\
2P_{p\gamma} - \frac{1}{4} \gamma B^2 \tan \phi &= B \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma
\end{aligned} \tag{58}$$

dönüşümleri yapılırsa, aşağıdaki denklem elde edilir.

$$q_{smr} = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \tag{59}$$

Bağıntı 59 ,şerit temel için Terzaghi Taşıma gücü formülüdür. Bazı şekil katsayıları ile Terzaghi Taşıma Gücü Formülü üç boyutlu durumlar için genelleştirilmiştir.

$$q_{smr} = k_1 c N_c + P_0' N_q + k_2 \gamma B N_\gamma \tag{60}$$

q_{smr} : zeminin (temelin) sınır taşıma gücü (kN / m^2); c: Temel zeminin kohezyonu (kN / m^2), γ : temel zeminin birim ağırlığı (kN / m^3), B: temel genişliği (kısa kenar veya çap, m); N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları olup, temel zeminin ϕ içsel sürtünme açısının bir fonksiyonudurlar. k_1, k_2 , temel şekil katsayıları (boyutsuz) dur. P_0' : temel taban yüzeyindeki düşey efektif gerilme ($\sigma' = \sigma - u$)dir. Terzaghi genel kayma kırılması için temel şekil katsayıları Tablo 1.14.'de görülmektedir. B: temel genişliği, kısa kenar veya çap-m; L: temel boyu - m olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 1. 14. Temel Şekil Katsayıları (Terzaghi, 1943)

Temel Şekli	k_1	k_2
Şerit	1	0.5
Kare	1.2	0.4
Daire	1.3	0.3
Dikdörtgen	$1+0.2B/L$	$0.5-0.1B/L$

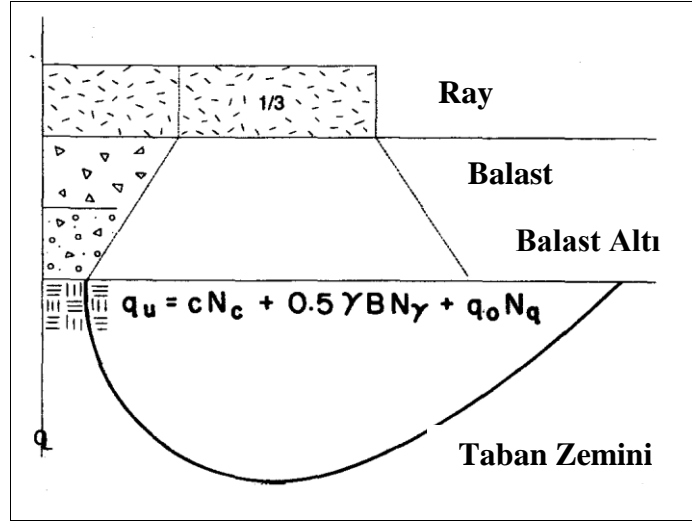
Terzaghi genel kayma kırılması için içsel sürtünme açısına göre taşıma gücü katsayılarını Tablo 1.15.'te tanımlanmaktadır.

Tablo 1. 15. Terzaghi Taşıma Gücü Katsayıları (Terzaghi, 1943)

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1	0
5	7.34	1.64	0.14
10	9.61	2.69	0.56
15	12.86	4.45	1.52
20	17.69	7.44	3.64
25	25.13	12.72	8.34
30	37.16	22.46	19.13
32	44.04	28.52	26.87
34	52.64	36.50	38.04
36	65.53	47.16	54.36
38	77.50	61.55	78.61
40	95.66	81.27	115.31
42	119.67	108.75	171.99
44	151.95	147.74	261.60
46	196.22	204.19	407.11
48	258.28	287.85	650.67
50	347.50	415.14	1072.80

1.5.3.3.1.2. Broms Yaklaşımı ile Taşıma Gücü

Balast ve zemin üzerine kurulan travers sistemlerinde, devamlı bir birim kabul edildiğinde, Broms yaklaşımı makul sonuçlar vermektedir. Taşıma gücü için Broms yaklaşımı Şekil 1.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 1. 14. Hızlı tren yol kaplaması için taşıma gücü yaklaşımı (Broms, 1964)

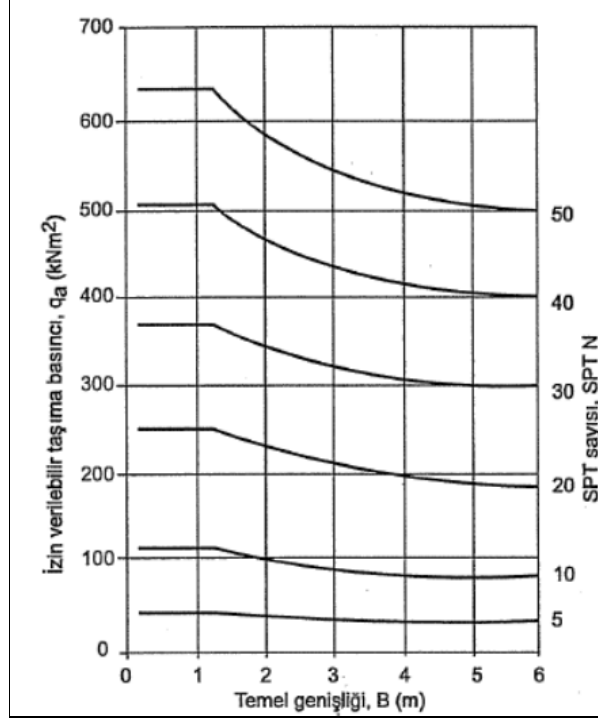
$$q_u = cN_c + 0.5\gamma BN_\gamma + q_o N_q \quad (61)$$

N_c, N_γ, N_q : taşıma gücü katsayıları; c : kohezyon; γ : birim hacim ağırlık; B : travers boyunun üçte biri; q_o : sürşarj yükü olarak tanımlanmaktadır. Taşıma gücü için denklem standart taşıma gücü denklemi aynı formdadır. Doymamış zemin parametreleri ile drenajsız kayma mukavemeti parametreleri denklemde yer değiştirilebilir.

1.5.3.3.2. Zemin Taşıma Gücünün Standart Penetrasyon Deneyi ile Hesaplanması

Zeminlerin Taşıma gücünün belirlenmesinde SPT-N verileri oldukça yaygın kullanılmaktadır. Konuyla ilgili ilk çalışmalar Terzaghi and Peck (1948, 1967) tarafından ortaya konulmuştur. Bu çalışmalarda 25 mm lik oturma esas alınarak SPT-N darbe sayıları, Temel Genişliği (B veya $2B$) ve Taşıma Gücü arasındaki relatif ilişkilere göre çözüm önerilmektedir.

Bu öneride yeraltı su seviyesinin temel altından en az $2B$ kadar derinlikte olması koşuluyla ($D_w \geq 2B$), aşağıda verilen grafik yardımıyla, emniyetli taşıma gücü belirlenebilmektedir (Şekil 1.15.) .



Şekil 1. 15. Temel genişliği ve emniyetli taşıma gücü arasındaki ilişki (Terzaghi - Peck, 1967)

Grafikten elde edilen değerlerin deneysel çözümünde örtü yükü düzeltme faktörü (C_N), SPT darbe sayısı düzeltme faktörü (N'), yeraltı suyu düzeltme faktörü (C_w)'nün hesaplanması gerekmektedir.

Örtü yükü düzeltme faktörü;

$$C_N = \left(\frac{95.76}{\sigma'_v} \right)^{0.5} \quad (62)$$

SPT darbe sayısı düzeltme faktörü;

$$N' = C_N * N_{30} \quad (63)$$

Yeraltı suyu düzeltme faktörü;

$$C_w = 0.5 + 0.5 * (D_w / D_f + B) \quad (64)$$

Taşıma gücü (q'_a); temel tabanından B derinliğine kadar olan YASS varlığında, C_w (Bağıntı 64) ile elde edilen düzeltme katsayı ile hesaplanan Emniyetli Taşıma Gücü (q_a) değeri çarpılarak belirlenebilir.

$$q_a = 11 \times N' \times C_w \text{ kN/m}^2 \quad (65)$$

25 mm'den farklı oturmalar için ise ;

$$q_a = 11 \times N' \times C_w (S/25) \text{ kN/m}^2 \quad \text{formülü kullanılmaktadır.} \quad (66)$$

Meyerhof (1956), Terzaghi'nin tutucu kabullere dayanan çalışmalarının geliştirilmesinde, "Net Müsaade edilebilir taşıma gücü" değerini kullanarak ($q_{net(all)} = q_{all} - (\gamma D_f)$), 25 mm lik oturmaya karşılayan aşağıdaki ilişkiyi önermiştir.

$$\begin{aligned} q_{net(all)} &= 11.98 N' & B \leq 1.22 \text{ m} \\ q_{net(all)} &= 7.99 N' \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 & B \geq 1.22 \text{ m} \end{aligned} \quad (67)$$

Yapılacak taşıma gücü hesaplamalarında kullanılacak SPT-N değerleri, temel tabanının +0.5B üstü ile -2B altındaki darbe sayılarının, aşağıda verilen (N_{ort}) bağıntısı ile elde edilecek değerinin kullanılması önerilmektedir.

$$N_{ort} = \sum N' z_i / \sum z_i \quad (68)$$

z_i ; deney derinliği olarak tanımlanır.

Meyerhof, yukarıda verdiği ilişkileri, 1960 lı yıllardaki N'_{55} düzeltilmiş darbe sayılarını kullanarak geliştirmiş, takip eden yıllarda elde edilen N'_{70} düzeltilmiş değerlerine göre tekrar modifiye ederek, Meyerhof (1974), şeklinde aşağıdaki gibi önermiştir.

$$q_{net(all)} = \frac{N'}{F_1} K_d (kN / m^2) \quad B \leq 1.22 \text{ m}$$

$$q_{net(all)} = \frac{N'}{F_2} \left(\frac{B + F_3}{B} \right)^2 K_d (kN / m^2) \quad B \geq 1.22 \text{ m} \quad (69)$$

$q_{net(all)}$:Müsaade edilebilir (emniyetli) taşıma gücü basıncı (kPa) (25 mm'lik oturma için); N' : düzeltilmiş SPT darbe sayıları (N'_{55} ve N'_{70} enerji uygulamasına göre), K_d :şekil katsayısı olup, $K_d = 1 + 0.33(D/B) \leq 1.33$ ile belirlenmektedir. F : N'_{70} enerji uygulama oranına göre faktörlerdir (Tablo 1.16.) .

Tablo 1. 16. Faktör Değerleri (Meyerhof, 1974)

Faktör	N'_{70}
F_1	0.04
F_2	0.06
F_3	0.3
F_4	1.2

1.5.3.3.3. Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemle Kuramsal Olarak Saptanması

Sismik dalganın yayıldığı kayaç ortamın özelliklerinden birini yansıtan sismik empedans parametresi dalga yayılma denkleminin çözümünden kuramsal olarak elde edilir. Kuramsal olarak elde edilen boyuna dalga sismik empedansı veya kayma dalgası sismik empedansı Z_s , yani sismik direnç;

$$Z_s = \rho * V_p \text{ ve ya } Z_s = \rho * V_s \quad (70)$$

şeklinde tanımlanır. Burada yoğunluk; ρ (kg / m^3), boyuna dalga hızı; V_p (m/sn), kayma dalga hızı V_s (m/sn) 'dir.

Deprem kuvvetinin veya yapay bir sismik kaynak basıncının zeminde yaratacağı deformasyon miktarı zemin sismik empedansı mertebesi ile ters orantılıdır. Deformasyon miktarı, sismik hızın ve yoğunluğun en yüksek değerinde en yüksek sismik dirence sahiptir. En yüksek sismik dirence sahip kayaç ise deformasyonu en küçük kayacı tanımlar. Gevşek alüvyon zeminlerde sismik hızın ve yoğunluğun en küçük değerinde ise; en büyük deformasyonu tanımlar. Kayaçların benzer davranışları elastik modüller için de aynen geçerlidir. Kayaçların bu özelliğinden yararlanarak, sismik empedans ve kayma modülü ile taşıma gücü ve onun sebep olabileceği deformasyon veya oturma arasında bağıntı kurulabilir.

Zeminin taşıma gücü q_u ile boyuna dalga hızı V_p (km/sn) arasındaki ilişkiden, Imai ve Yoshimura (1975) tarafından aşağıdaki bağıntı geliştirilmiştir.

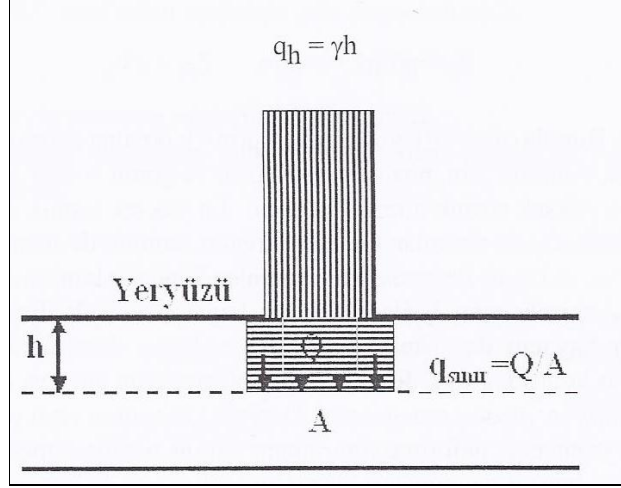
$$q_u = 10 * V_p^3 \quad (71)$$

1.5.3.3.3.1. Zemin Emniyetli Taşıma Kapasitesinin Elde Edilmesi

Kayma dalga hızı yöntemi, mikro şekil değiştirmeler ortamında, zeminin elastik davranması esasına yönelik, emniyetli gerilmenin tahmini ve tayinidir. Şekil 1.16'da görüleceği üzere yük arttıkça oturmalar da artar. Göçme noktasında zeminin birim alanının taşıyabileceği gerilme değerine zeminin sınır taşıma gücü denir.

Farklı kayaçların sismik empedanslarının da farklı sınır değerleri olduğundan basınç deformasyonu şekli içinde benzer olarak çizilebilir.

Zemin mekaniği taşıma kapasitesi hesaplamalarında, temelin taban seviyesi üzerindeki hafriyatı yapılan toprağın ağırlığı yerine, Şekil 1.16'daki gibi tek düze ilave bir eşdeğer basınç konabilir.



Şekil 1. 16. Sığ temellerde zemin gerilmesi (Keçeli A., 2010)

Burada Q toplam yük ve A temel alanıdır. γ ($=\rho \cdot g$) olup, kN/m^3 biriminde zeminin birim ağırlığıdır. h temel derinliğidir. (Terzaghi, 1967) yerine koyma işlemleri basitleştirildiğinde hatanın küçük ve emniyetli tarafta olacağını ifade etmiştir. Hafriyat derinliği yerine h kalınlığında bir katman birim kolonu için birim alan basıncı q_h ise,

$$q_h = \gamma h = g \cdot \rho \cdot h \quad (72)$$

yazılabilir. h derinliği, $\text{yol} = \text{hız} \cdot \text{zaman}$ temel kuramına paralel olacak şekilde, hız yerine sismik dalga hızı, V_s değişken dönüşümü ile q_h bağıntısı

$$q_h = \gamma h = \gamma \cdot V_s \cdot T \quad (73)$$

şeklinde yazılır. Bu durumda herhangi bir zemin ortamı için sınır taşıma kapasitesi, $q_{sınır}$,

$$q_{sınır} = q_h = \gamma h = \gamma \cdot V_s \cdot T \quad (74)$$

olur.

Zemin mekaniğinde emniyetli taşıma kapasitesini, q_s , elde etme işleminde sınır taşıma kapasitesi, $q_{sınır}$ bir emniyet faktörüne bölünür. Emniyet faktörü yapının önemine ve özellikle zeminden zemine bağlı olarak 1.5 - 5 arasında değişebilir.

Sismik sıkışma dalga hızının, V_p , kayma dalga hızına, V_s , oranı da yeraltı suyuna doymun ve balçık olmayan ortamlarda genelde 1.5 ve 5 arasında değışmektedir.

Emniyet faktörü değeri ile V_p/V_s hız oranı değeri benzerliğinden yararlanarak birim zemin alanını emniyetli taşıma kapasitesi, q_s , sismik yöntemde

$$q_s = \gamma \cdot T \cdot \frac{V_s^2}{V_p} = \frac{g \cdot T}{V_p} \rho V_s^2 = kG \quad (75)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada; k kayaç türüne bağı boyutsuz bir sabittir ve G kPa biriminde kayma veya makaslamaya karşı direnç anlamında olan kayma modülüdür. T, zaman miktarının sabit değeri başlangıç ve son değeri prensibine göre elde edilebilir. Building Code'larda yayınlanmış tablolarda en sert ve masif genç kayaçların emniyetli taşıma kapasitesi üst sınır olarak 10 MPa veya 100 kg/cm² olarak verilmektedir (Wyllie, 1992). En sağlam kayaçlarda en yüksek sıkışma dalga hızı V_p ve kayma dalga hızı V_s , sırasıyla 6000 m/s ve 4000 m/s, birim ağırlığı da 35 kN/m³ civarında olabileceği kabul edilirse bu değeri yerine konursa,

$$q_s = \gamma \cdot T \cdot \frac{V_s^2}{V_p} = \frac{T}{6000} 35(4000)^2 \cong 10MPa \quad (76)$$

Sayısal sadeleştirilmeden zaman miktarı $T = 0.1$ sn olarak elde edilebilir. γ birim hacim ağırlık birimi (kN/m³), zaman $T = 0.1$ saniye ve $g=10$ m/s² sayısal değeri yerine konursa sınır taşıma kapasitesi ve emniyetli taşıma kapasitesi sırasıyla

$$q_{sınır} = \gamma \cdot T \cdot V_s = \rho \cdot g \cdot T \cdot V_s \quad (77)$$

$$= \rho (\text{kg/m}^3) 10 (\text{m/sn}^2) 0.1 T (\text{s}) \cdot V_s (\text{m/s}) = \rho \cdot V_s (\text{kPa}) \quad (78)$$

$$q_s = \frac{\rho \cdot V_s^2}{V_p} \quad (79)$$

olarak sadeleştirilir.

Birim dönüşümünden ($\text{kPa}=10^{-2} \text{ kg/cm}^2$) dönüşümünden

$$q_s = \frac{\rho * V_s}{100} \quad (80)$$

veya güvenlik faktörüne bölünerek

$$q_s = \frac{1}{100} * \frac{\rho V_s^2}{V_p} \quad (81)$$

olarak elde edilebilir (Keçeli, 2010).

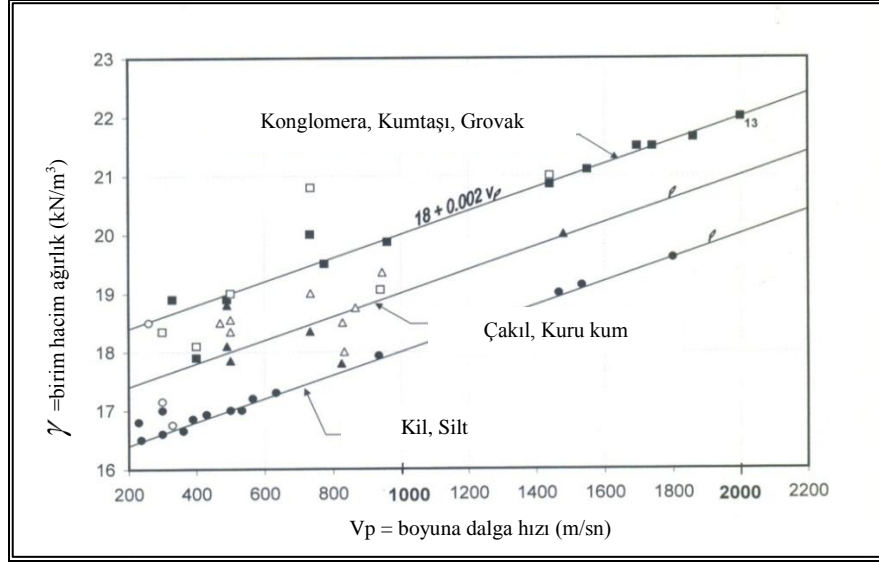
Semih Tezcan'a göre emniyetli taşıma kapasitesinin belirlenmesi için öncelikle birim hacim ağırlığın tespiti gereklidir. Bu kapsamda P dalga hızı ile yoğunluk arasından aşağıdaki bağıntı

önerilmektedir (Şekil 1.17.) .

$$\gamma = \gamma_0 + 0.002V_p \quad (82)$$

$$\gamma_p = 3.2V_p \quad (83)$$

Referans birim hacim ağırlığı (γ_0 - kN/m^3), P dalga hızı (V_p - m/sn) olarak tanımlanır. $\gamma_0=16$ Kil, Kum vb. , $\gamma_0=17$ Çakıl ve kuru kum , $\gamma_0=18$ Sert Kil, Çamurtaşı vb , $\gamma_0=20$ Kumtaşı, Grovak vb. için alınabilir.



Şekil 1. 17. P dalga hızına göre birim hacim ağırlığı dağılımı (Tezcan vd., 2006)

Tezcan ve diğ. (2006) yaptıkları pek çok arazi çalışmasına dayanarak sığ temellerin altındaki zemin emniyet gerilmesi için kPa cinsinden izleyen deneysel bir formül elde etmişlerdir .

$$q_a = 0.024 * \gamma * V_s \quad (84)$$

Bu formülde; q_a : zemin emniyet gerilmesini (emniyetli taşıma gücü); γ : birim hacim ağırlığı (kN/m^3) ve V_s : S Dalga (Kayma) hızını (m/s) gösterir. Ancak deneysel ifade de zemin emniyet gerilmesini sadece ilk aşamada çabuk ve güvenli olarak tahmin etmek için önerdiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, özellikle kaya gibi sert zeminlerde, zemin emniyet gerilmesine pratik bir üst limit belirlemek amacıyla V_s dalga hızının 500 m/s'den büyük olduğu durumlarda, bir düzeltme uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bağıntı S_v azalma katsayısına bağlı olarak

$$q_a = 0.024 * \gamma * V_s * S_v \quad S_v \leq 30.6 * \gamma \quad (85)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Azalma katsayısı ise,

$$S_v = 1 - 3 \cdot 10^{-6} (V_s - 500)^{1.6} \quad (86)$$

ile hesaplanabilir.

Kurtuluş (2000) çalışmasında V_s dalgası hızını ve bina temelinin özelliklerini kullanarak zeminin taşıma gücü için deneysel bir bağıntı elde etmiştir. Bu amaç için Krinitzsk (1993) formülünü esas almıştır.

Krinitzsk (1993) bağıntısı,

$$P = 1 + 0.33 \frac{D}{B} \quad (87)$$

şeklindedir.

Burada; D: Temel derinliğini (m), B: Temel genişliğini (m) ve P: birimsiz bir sabiti göstermektedir. Kurtuluş (2000) çeşitli arazilerde yaptığı sondaj verileri ile buralarda ölçülen sismik hızları kullanarak

$$q_u = \frac{(P \cdot V_s)}{200} \quad (88)$$

bağıntısını geliştirmiştir. Burada; q_u : kg/cm^2 cinsinden zeminin taşıma gücünü tanımlamaktadır.

1.5.4 Zemin Oturması

Deprem yüklerine maruz kalan kumlar, sıkılaşıma eğilimli olduğu bilinmektedir. Alt zeminlerde oluşan sıkılaşıma, zemin yüzeyinde oturma şeklinde kendini gösterir. Deprem nedeniyle oluşan oturmalar, sığ temeller üzerine inşa edilmiş yapılarda ve genellikle sığ derinliklerde yer alan altyapı sistemlerinde büyük hasarlara sebep olabilir.

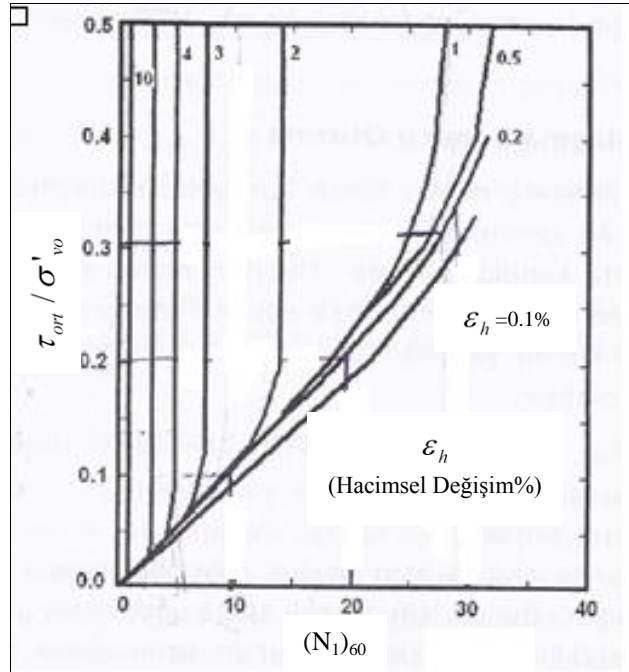
Kuru kumlar, çok çabuk sıkışır. Genellikle, deprem sonunda oturma işlemi tamamlanır. Suya doymuş kumların oturması ise zaman almaktadır. Bu tür zeminlerde oturma ancak deprem nedeniyle oluşan aşırı boşluk suyu basıncının sönmülmesi ile oluşur.

Bunun için gerekli zaman, zeminin geçirimsizliğine, sıkışabilirliğine ve drenaj yolunun uzunluğuna bağlıdır. Birkaç dakika ile bir gün arasında değişiklik gösterebilir (Kramer,1996). Kumlarda deprem nedeniyle oluşan oturmaların hesabı oldukça zordur. Statik oturma tahminlerinde, %25 ile %50 oranında hata beklenmektedir. Karışık sismik yüklemelerde güvenilirlik çok daha düşmektedir. Yine de suya doymuş kumlarda sıvılaşma sonucu birçok arazi gözlemleriyle makul bir uyum sergileyen yöntemler programlamaya dahil edilmiştir.

1.5.4.1. Zeminin Sıvılaşma Sonrası Oturma Hesabı

1.5.4.1.1. Tokimatsu ve Seed (1987) Oturma Analizi

Tokimatsu ve Seed (1987) yönteminde suya doymuş kumlardaki sıvılaşma sonrası oturma hesabı standart penetrasyon testi düzeltilmiş darbe sayısı ve devirsel gerilme oranı arasındaki ilişki kullanılarak yapılmıştır. Suya doymuş kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO-SPT direnci ile değişimi Şekil 1.18.'de verilmiştir.



Şekil 1. 18. Suya doymuş kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO-SPT direnci ile değişimi (Tokimatsu-Seed, 1987)

Bu yöntemde kullanılan düzeltilmiş darbe sayısı, üst tabaka yüküne ve %60 enerji oranına göre düzeltilmiş darbe sayısıdır. Üst tabaka düzeltmesi için Tokimatsu-Yoshimi (1983) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır.

$$(N_1)_{60} = N * C_N * C_E \quad (89)$$

$$C_N = \frac{170}{70 + \sigma_{vo}} \quad (90)$$

N: ölçülen spt darbe sayısı; C_N : üst tabaka yükü düzeltme katsayısı; C_E : enerji oranı düzeltme katsayısı; σ_{vo} : düşey efektif gerilme olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1.18'de %0.2'lik birim hacim değişime neden olan doğrunun, merkezden geçen eğimi 1 olarak kabul edilmektedir. Diğer eğrilerin de merkezden geçen bu doğruya kadar düşey şekilde devam ettiği varsayılmıştır. Her bir doğru temsil ettiği birim hacim değişimi göz önüne alınarak adlandırılmıştır ve bu doğru denkleminin bağıntı 91'deki gibi olduğu kabul edilmiştir.

$$DGO(0.2) = 0.1 * (N_1)_{60} \quad (91)$$

DGO (0.2): %0.2'lik birim şekil değişimine tekabül eden doğrudan hesap edilen devirsel gerilme oranı; $(N_1)_{60}$: düzeltilmiş SPT darbe sayısı'dır.

Eğer sıvılaşma analizi sonucunda hesaplanan belirli bir derinlikteki DGO, (91) eşitliğindeki DGO (0.2) ile aynı ise o derinlik için birim hacim değişimi %0.2 olarak kabul edilmektedir. Eğer DGO, DGO (0.2)'den küçük ise, o derinlikteki birim hacim değişiminin olmadığı kabul edilmiştir. Fakat DGO, DGO (0.2)'den büyükse aşağıdaki kombinasyonlar kullanılmaktadır. Bu durumda birim hacim değişimi DGO'dan bağımsızdır. Bağıntı 92'de $(N_1)_{60}$ değerlerine göre birim hacim değişimleri gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
\varepsilon_h &= \%10; (N_1)_{60} = 2.5 \\
\varepsilon_h &= \%5; (N_1)_{60} = 5 \\
\varepsilon_h &= \%4; (N_1)_{60} = 7.5 \\
\varepsilon_h &= \%3; (N_1)_{60} = 10 \\
\varepsilon_h &= \%2; (N_1)_{60} = 14 \\
\varepsilon_h &= \%1; (N_1)_{60} = 28 \\
\varepsilon_h &= \%0.5; (N_1)_{60} = 32
\end{aligned} \tag{92}$$

Ara değerlerde ise aşağıdaki denklemler geçerlidir.

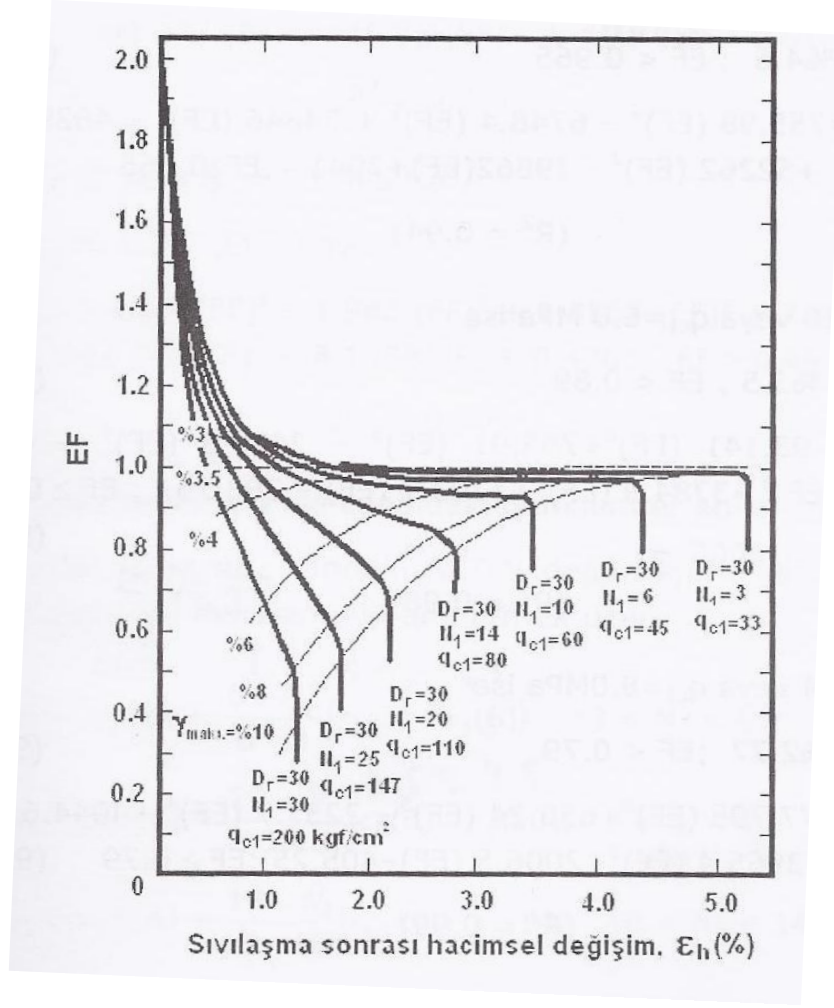
$$\begin{aligned}
\varepsilon_h &= -2(N_1)_{60} + 15; 2.5 < (N_1)_{60} < 5.0 \\
\varepsilon_h &= -0.4(N_1)_{60} + 7; 5 < (N_1)_{60} < 10 \\
\varepsilon_h &= -0.25(N_1)_{60} + 5.5; 10 < (N_1)_{60} < 14 \\
\varepsilon_h &= -0.071(N_1)_{60} + 2.9; 14 < (N_1)_{60} < 28
\end{aligned} \tag{93}$$

ε_h (birim hacim değişimi, %) olarak görülmektedir.

1.5.4.1.2. Ishihara ve Yoshimine (1992) Oturma Analizi

Ishihara ve Yoshimine (1992) yönteminde ise deprem sonrası oluşacak oturma hesabında sıvılaşmaya karşı emniyet faktörü relatif sıklık, standart penetrasyon testi direnci ve konik penetrasyon testi (CPT) uę direnci arasındaki ilişki kullanılmıştır.

İlgili derinlikteki herhangi bir sıvılaşma analizi yöntemi ile hesap edilen emniyet faktörü ile o derinlikteki düzeltilmiş N darbe sayısı ve CPT uę direncini temsil eden eğri kullanılarak birim hacim değişimi hesap edilmektedir. Sıvılaşma sonrası hacimsel değişim ve emniyet faktörü arasındaki ilişki Şekil 1.19.'da verilmektedir.



Şekil 1. 19. Sıvılaştırma sonrası hacimsel değişim ve emniyet faktörü arasındaki ilişki (Ishihara ve Yoshimine, 1992)

Belirli emniyet faktörü değerlerinin altında, birim hacim değişimi artık emniyet faktöründen bağımsız hale gelmektedir. Bu noktalarda birim hacim değişimi sabit olarak verilmiş, bu noktaların üstünde ise eğrilerden nokta okuması yapılarak her bir N_1 veya q_{c1} değeri için regresyon analizi yardımıyla izleyen denklemler çıkarılmıştır.

$$N_1 = 3 \text{ veya } q_{c1} = 3.3 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_h = \%5.5; EF < 0.99 \quad (94)$$

$$EF \geq 0.99 (R^2 = 0.86)$$

$$\varepsilon_h = 1361.9EF^6 - 12188EF^5 + 44993EF^4 - 87697EF^3 + 95184EF^2 - 54549EF + 12898$$

$N_1 = 6$ veya $q_{c1} = 4.5$ MPa

$$\varepsilon_h = \%4.5; EF < 0.965 \quad (95)$$

$$EF \geq 0.965 (R^2 = 0.94)$$

$$\varepsilon_h = 755.98EF^6 - 6748.4EF^5 + 24846EF^4 - 48292EF^3 + 52262EF^2 - 29862EF + 7041$$

$N_1 = 10$ veya $q_{c1} = 6.0$ MPa

$$\varepsilon_h = \%3.5; EF < 0.89 \quad (96)$$

$$EF \geq 0.89 (R^2 = 0.98)$$

$$\varepsilon_h = -93.141EF^6 + 755.91EF^5 - 2480.8EF^4 + 4185.3EF^3 - 3784.9EF^2 + 1703.1EF - 283.76$$

$N_1 = 14$ veya $q_{c1} = 8.0$ MPa

$$\varepsilon_h = \%2.77; EF < 0.79 \quad (97)$$

$$EF \geq 0.79 (R^2 = 0.99)$$

$$\varepsilon_h = -77.795EF^6 + 656.24EF^5 - 2257.7EF^4 + 4044.6EF^3 - 3965.4EF^2 + 2006.5EF - 405.25$$

$N_1 = 20$ veya $q_{c1} = 11.0$ MPa

$$\varepsilon_h = \%2.18; EF < 0.65 \quad (98)$$

$$EF \geq 0.65 (R^2 = 0.99)$$

$$\varepsilon_h = -9.4607EF^6 + 84.498EF^5 - 307.1EF^4 + 577.48EF^3 - 586.94EF^2 + 300.57EF - 58.088$$

$N_1 = 25$ veya $q_{c1} = 14.7$ MPa

$$\varepsilon_h = \%1.60; EF < 0.61 \quad (99)$$

$$EF \geq 0.61 (R^2 = 0.99)$$

$$\varepsilon_h = -1.5324EF^6 + 13.39EF^5 - 48.686EF^4 + 92.55(EF)^3 - 94.077EF^2 + 45.46EF - 6.452$$

$$N_1 = 30 \text{ veya } q_{c1} = 20.0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_h = \%1.35 ; EF < 0.49 \quad (100)$$

$$EF \geq 0.49 (R^2 = 0.99)$$

$$\varepsilon_h = 0.4397EF^6 - 1.982EF^5 + 1.0867EF^4 + 7.0121(EF)^3 - 586.94EF^2 + 6.1588EF + 0.4763$$

$\varepsilon_h(N)$, parantez içindeki SPT-N değeri için çıkarılmış birim hacim değişimi denklemini ifade etmek üzere, ara değerler için ise aşağıdaki denklemler çıkarılmıştır.

$$\begin{aligned} \varepsilon_h &= \varepsilon_h(6) + \frac{6-N_1}{6-3}(\varepsilon_h(3) - \varepsilon_h(6)); 3 < N_1 < 6 \\ \varepsilon_h &= \varepsilon_h(10) + \frac{10-N_1}{10-6}(\varepsilon_h(6) - \varepsilon_h(10)); 6 < N_1 < 10 \\ \varepsilon_h &= \varepsilon_h(14) + \frac{14-N_1}{14-10}(\varepsilon_h(10) - \varepsilon_h(14)); 10 < N_1 < 14 \\ \varepsilon_h &= \varepsilon_h(20) + \frac{20-N_1}{20-14}(\varepsilon_h(14) - \varepsilon_h(20)); 14 < N_1 < 20 \\ \varepsilon_h &= \varepsilon_h(25) + \frac{25-N_1}{25-20}(\varepsilon_h(20) - \varepsilon_h(25)); 20 < N_1 < 25 \\ \varepsilon_h &= \varepsilon_h(30) + \frac{30-N_1}{30-25}(\varepsilon_h(25) - \varepsilon_h(30)); 25 < N_1 < 30 \end{aligned} \quad (101)$$

Tokimatsu ve Seed (1987) veya Ishihara ve Yoshimine (1992) yöntemlerinden biri kullanılarak hesap edilen birim hacim değişimleri, içinde buldukları zemin tabakalarının kalınlığı ile çarpılarak o derinlikteki oturma miktarı hesaplanmıştır. Zemin tabakasının en altından başlanılmak üzere hesap edilen oturmalar toplanarak zemin yüzeyinde oluşacak kümülatif oturma değerleri elde edilmiştir.

$$S = \frac{\varepsilon_h}{100} * \Delta z , \quad S_{top} = \sum_{ZEMINTABANI}^{YASS} S \quad (102)$$

Burada ; S: oturma miktarı; S_{top} : zemin yüzeyindeki toplam oturma miktarı'dır.

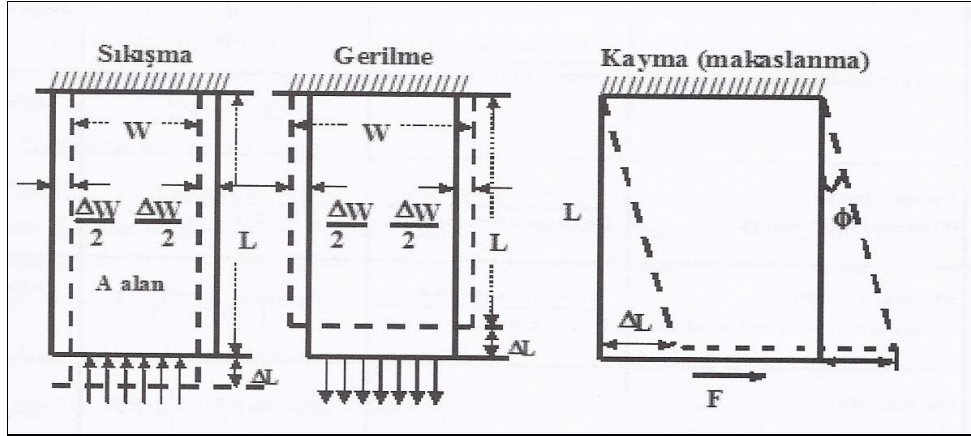
1.5.5 Zeminin Dinamik Elastik Parametreleri

Zemin mekaniğinde elde edilen doğal gerilimlere birim alan mertebesinde eşdeğer büyük gerilimler altındaki deformasyon miktarları gözle görülebilir ve ölçülebilir seviyelerdedir. Deprem dalgalarının gevşek zeminlerin yeryüzünde oluşturduğu deformasyon belirgin olmasına karşın yapay kaynaklı sismik dalga yayılımındaki gerilim miktarı zemin mekaniği ve depremden çok küçük olduğundan yapay kaynaklı sismik dalga geriliminin meydana getirdiği deformasyon gözle görülemez. Çünkü yapay kaynaklı sismik dalga geriliminin zeminlerde oluşturduğu deformasyon miktarı (10^{-3} - 10^{-6}) seviyelerindedir.

Braja (1993)'nin ifade ettiği gibi sarsıntı şiddetine bağlı olarak partiküllerin yer değiştirmesindeki mikron mertebesindeki deformasyon miktarı (10^{-3} - 10^{-6}) aralığında yine farklı mikron mertebesinde değişir. Ancak iki farklı kayacın sismik hızlarında 10 katı fark olması durumunda 10^{-1} 'lik bir deformasyon farkı kendi değişim miktarı içinde büyük bir deformasyon farkının oluştuğunu ifade eder. Bu bakımdan, dalga yayılmasındaki sarsıntı kuvveti ile kayacın sismik hızı değişmediği için kayma deformasyonunun %0.0001'den daha azı olsa bile çok alçak deformasyon seviyelerinde bile zeminin deformasyon özelliklerini sismik hızlardan tespit edilmesi güvenilir yöntemdir.

Zemin mekaniği yönteminde bir zeminin özelliklerinin tanımlanmasında yukarıda belirtilen özelliklerin tümü ölçülmez veya ölçülemez. Bu bakımdan V_p ve V_s ölçme yönteminde sismik ile ilgili bölümlerde bahsedildiği gibi, zeminin heterojenliği dahil tüm özelliği bire bir ve yerinde temsil edilir. Sismik hızlar ile zemin mekaniği parametreleri arasında mükemmel korelasyon aşağıdaki deneysel bağıntılarla elde edilmektedir.

Sismik dalga yer içinde yayılırken kütlelere bir basınç yani bir kuvvet uygular. Sismik basınç altında kuvvet yönüne bağlı olarak kütlede meydana gelen hacim değişikliği yani deformasyon çeşitleri (Şekil 1.20.) görüldüğü gibi oluşur.



Şekil 1.20. Deformasyon çeşitleri (Keçeli, Uygulamalı Jeofizik, 2009)

Şekil 1.20'deki kesikli çizgiler elastik deformasyondan önceki durumu göstermektedirler. Toplam kuvvet F , alan A , gerilim, τ , arasındaki ilişki

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (103)$$

olarak tanımlanır.

Elastisite modülleri deformasyon oranları ;

$$\text{Boyuna deformasyon} : \varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L} \quad (104)$$

$$\text{Enine deformasyon} : \varepsilon_w = \frac{\Delta W}{W} \quad (105)$$

$$\text{Kayma deformasyon} : \varepsilon_{sh} = \phi \quad (106)$$

$$\text{Kayma modülü} : G = \frac{\tau}{\tan \phi} \quad (107)$$

ifadeleriyle tanımlanır, diğer elastisite modülleri de;

Sismik dalgaların yayılma hızları jeolojik birimin adına bağlı değildir. Sismik hızlar, fonksiyonel olarak, zeminin yoğunluğuna ve elastisite parametrelerine bağlıdır. Elastik parametreler de, sismik hızı etkileyen kayaçların litolojisine, fiziksel ve elastik özelliklerine bağlıdır. Elastisite Modüllerini hesaplamada önemli parametrelerden biri yoğunluk parametresidir. Daneli zeminler için V_p hızları ile yoğunlukları arasında deneysel ilişkiyi aşağıdaki gibi vermiştir (Telford vd.,1976).

$$\rho = 0.31(V_p^{0.25} (m / sn)) \quad (108)$$

veya kaya zeminler için

$$\rho = 1.6 + 0.2(V_p (km / sn)) \quad (109)$$

Kayma dalga V_s ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi Keçeli,2011

$$\rho = 0.44(V_s^{0.25} (m / sn)) \quad (110)$$

şeklinde olması gerektiği sonucuna varmıştır. Bu tanımlamalarda ki ρ yoğunluk değeri gr/cm^3 birimi ile ifade edilmektedir.

Elastisite Modülü (E) , kayaç sıkılığını açıklayan en önemli özelliklerden biridir. E elastik deformasyonun bir ölçüsüdür. Deformasyonu yaratan basınç doğrultusunda gerilim (τ), deformasyon (δ) oranıdır.

$$E = \frac{\tau}{\delta} \quad (111)$$

Deformasyon boyutsuz olduğundan Young modülünün birimi basınç veya gerilim birimi Paskal'dır. Young modülünün fiziksel anlamı deformasyon 1'e eşit olduğunda gerilim E'ye eşittir. O zaman E sıkıştırmayı ifade eder. Bu bakımdan E elastik distorsiyona karşın direncin bir ölçüsüdür. Kayaçlardaki elastik deformasyon, kayaç önceden bozulmamış ise,10 kilobar olsa bile deformasyonun yüzde biri sonuçlanır.

Kayma Modülü; elastisite modülü gibi, aynı role sahiptir, ancak kayma gerilmesinin kayma deformasyonuna oranı olarak ifade edilir.

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \rho V_s^2 \quad (112)$$

Burada ν : poisson oranı, ρ : yoğunluktur. Kayma dalgası isminden de anlaşılacağı üzere ortamın kayma mukavemeti ile orantılıdır. Kayma dalgası hava ve su içinde yayılmadığından sıvı ve gaz ortamların kayma modülü sıfırdır. Kayma dalgası hızı jeoteknik mühendisliğinde anahtar bir parametredir. Eurocode 8'e göre Kayma Modülü ve Elastisite Modülü değerleri Tablo 1.18'de sunulmaktadır.

Tablo 1. 17. Eurocode 8 (Kayma ve Elastisite Modülü)

G_d (kg/cm ²)	Zemin Özelliği	E_d (kg/cm ²)	Zemin Özelliği
0-600	Gevşek Zeminler	0-2000	Gevşek Zeminler
600-3000	Orta Sağlam Zem.	2000 – 10000	Orta Sağlam Zem.
3000 – 10000	Sağlam Zeminler	10000 – 30000	Sağlam Zeminler
> 10000	Çok Sağlam Zem.	> 30000	Çok Sağlam Zem.

Poisson Oranı; boyuna ve enine sismik dalga hızlarının birbirine oranı kullanılarak hesaplanan Poisson oranı, enine kırılmanın boyuna uzamaya olan oranını vermektedir. Çoğu elastik katılar için ortalama değeri 0.25 civarındadır ve farklı ortamlar için aldığı değerler 0-0.5 arasında değişmektedir. Poisson oranı, kayaçların yoğunlukları dikkate alınmadan hesaplanır. 0.25-0.35 arasında ise orta derecede gözenekli, 0.35-0.50 arasında ise gözenekli olduğunu göstermektedir. kayacın kırıklı olup olmadığı, ayrıca kayacın gözeneklerinde su taşıyıp taşımadığı Poisson oranı incelenerek belirlenebilir 0'dan başlar ve 0.5 değerine yaklaşır. Poisson oranının sismik hızların oranı cinsinden ifadesi,

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (113)$$

şeklindedir ve Poisson oranı boyutsuzdur. Poisson oranına göre zemin sınıflaması Tablo 1.18'de görülmektedir.

Tablo 1. 18. Poisson Oranı Değerleri (Ercan,2001)

Poisson Oranı	Vp/Vs	Sıklık
0.5	∞	Cıvık-Sıvı
0.4-0.49	∞ -2.49	Çok Gevşek
0.3-0.39	2.49-1.87	Gevşek
0.2-0.29	1.87-1.71	Sıkı-Katı
0.1-0.19	1.71-1.50	Katı
0.0-0.09	1.50-1.41	Sağlam Kaya

Bulk Modülü, bir kütlenin kendisini saran basınç altında sıkışmasının bir ölçüsü olan Bulk modülü diğer bir söyleyişle uygulanan basınç altındaki hacim değişiminin ölçüsüdür. Bulk modülünün sismik hızlar cinsinden ifadesi bağıntı 114'de verilmiştir.

$$K = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \quad (114)$$

Jeoteknikte en çok kullanılan elastik parametreler Tablo 1.19'daki sismik hız bağıntıları ile sismik hızların dalga denklemlerinin çözümlerinden elde edilir.

Tablo 1. 19. Dinamik elastik parametrelerin sismik hız bağıntıları

Parametre	Fiziksel Tanımı	Sismik Hız Bağıntıları	Birim
Kayma Modülü	$\frac{\text{Kaymagerilmesi}}{\text{Kaymadeformasyonu}}$	$G = \frac{1}{100} \rho V_s^2$	kg / cm ²
		$G = \rho V_s^2$	kPa
Poisson Oranı	$\frac{\text{Eninedeformasyon}}{\text{Boyunadeformasyonu}}$	$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$	Birimsiz

Tablo 1.19'un devamı

Elastisite Modülü	$\frac{\textit{Boyunagerilme}}{\textit{Boyunadeformasyon}}$	$E = G \left(\frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \right)$	kPa
Bulk Modülü	$\left(\frac{\Delta V}{V} \right) / \Delta P$	$K = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$	kPa

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yapılan Çalışmanın Amacı

Ulaşım operasyonlarının teknik, ekonomik ve çevresel olarak en etkili alanlarından birisi yol inşasıdır. Yol inşasındaki en önemli risk faktörü, uygun yol güzergahlarının doğru olarak belirlenmemesidir. Yol güzergahları belirlenirken, jeolojik açıdan fazla üst yapı gerektirmeyen, taşıma gücü yüksek ve sağlam zeminli yerlerden geçilmesi tercih edilir. Hızlı Tren yolu güzergahlarının belirlenmesi, hızlı tren yolu planlama çalışmalarının en önemli ve en zor aşamasını oluşturmaktadır. Bir yolun geçmesi zorunlu bulunan noktalar arasında birden fazla güzergah söz konusu olabilir (Arıca vd., 2007). Yol güzergahları belirlenirken gerçekleştirilecek kazı miktarı, eldeki makinaların üretim kapasiteleri, yükleme ve taşıma sistemleri, gevşetilecek formasyonların jeoteknik özellikleri ve çevre şartları gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Yol inşasındaki zarar riskinin azaltılması ancak alanda ayrıntılı bir yer araştırma projesi yapılacak teknik, ekonomik, çevresel ve zamansal olarak en uygun güzergahın seçilmesi ile mümkün olacaktır. Yol güzergahlarının seçiminde yol ömrünün uzun olması ve çevresel zararın az olması açısından; kayalık alanlardan geçmemesine, yer altı suyu veya yüzey suyu bakımından drenajı iyi olmasına, yer altı su seviyesinin düşük olmasına ve heyelan tehlikesinin az olmasına dikkat edilmelidir (Bayoğlu, 1997). Bunun için alanın jeolojik yapısına göre uygun jeofizik yöntemler kullanılarak en uygun yol güzergahı tercih edilmelidir. Son yıllarda yol yapılan zeminlerin dinamik fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla kullanımının da yaygınlaştığı belirtilmiştir (Vankateswrar vd., 2004; Soupios vd., 2005; Kurtuluş vd., 2006). Bazı araştırmalarda zemin etütlerine ilişkin bilgilerin belirlenmesinde farklı yollar bulunmasına rağmen en doğru ve sağlıklı olan sismik metod, elektrik özdirenç metodu ve radar gibi jeofizik yöntemler olduğu vurgulanmıştır (Acar vd., 2003; Dursun, 2009).

Tez kapsamında; Sivas-Erzincan arası yaklaşık 6.3 km' lik güzergah için hızlı tren yapılması planlanan bölgenin yer araştırma çalışması yapılmıştır. Bu amaçla sahanın genel jeofizik-jeolojik-jeoteknik özellikleri incelenmiş olup, bu amaçla daha önce yapılan çalışmaların değerlendirilmesi, jeofizik çalışmalar kapsamında sismik kırılma, elektrik özdirenç, jeolojik ve çevresel gözlemler, arazi çalışmaları çerçevesinde açılan zemin

sondajları, araştırma çukurları, yapılan arazi deneyleri (Standart Penetrasyon Deneyi) ve gözlemleri, sondajlardan alınan zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deney (elek analizi, kıvam limitleri, su muhtevası, konsolidasyon) sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle, inceleme alanının hızlı tren projesine yönelik zeminin özellikleri ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.2. Sivas İlinin Genel Jeolojisi

Sivas yöresinde yüzeyleyen birimler; en altta temel kayalar (Paleozoyik-Mezozoyik), bunların üzerine gelen Tersiyer ve Kuvaterner kayaları (Senozoyik) ve Mesozoyik-Senozoyik zaman aralığında etkili olmuş magmatik kayalar şeklinde incelenebilir. Temel kayalar ve Tersiyer kayaları bu bölüm içerisinde, magmatik kayalar ise metamorfizma ve magmatizma bölümünde değerlendirilmiştir (Ayaz ve Atalay, 2001). Sivas il alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kayalar; metamorfitle, ofiyolitler ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Paleozoyik yaşlı metamorfitle, bölgede yüzeyleyen en yaşlı birimler olup; kuzeyde Tokat Metamorfitle, batıda Akdağ Metamorfitle ve güneydoğuda ise Keban Metamorfitle şeklinde üç farklı birim olarak tanımlanmıştır. Üst Kretase yerleşme yaşlı ofiyolitik seri ise, bölgenin kuzeyinde ve güneyinde doğu-batı uzanımlı iki ayrı kuşak şeklinde bulunmakta olup, Divriği Ofiyolitik Karışığı şeklinde adlandırılmıştır. Havzanın güney ve güneydoğu kesimlerinde ise daha çok Toros Kuşağı'na ait karbonatların nap olarak taşınmasıyla oluşmuş Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer Kireçtaşları ile Jura-Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşları yüzeylemektedir.

Sivas il alanının orta kesimlerinde kuzeydoğu-güneybatı yönlü olarak uzanan ve yaklaşık 250 km uzunluğa, 50 km genişliğe sahip olan havza, Sivas Tersiyer Havzası olarak tanımlanmaktadır. Temel kayalar üzerinde bulunan Sivas Tersiyer Havzası'nın Stratigrafisi, Ayaz ve Atalay (2001) tarafından yapılan çalışmaya göre, alttan üste doğru; Pazarcık Volkanitleri (Paleosen), Gülandere Formasyonu (Eosen), Selimiye Formasyonu (Oligosen), Kemah Formasyonu (Alt Miyosen), Hafik Formasyonu (Alt-Orta Miyosen), İncesu Formasyonu (Üst Miyosen-Alt Pliyosen), Bayat Volkanitleri (Üst Pliyosen) ve travertenler ile alüvyonlar (Kuvaterner) şeklinde sıralanmıştır.

Gülandere ve Kemah Formasyonları sığ deniz ve geçiş ortamlarında, Selimiye ve Hafik Formasyonları kısmen sığ deniz ve geçiş ortamlarında, kısmen de akarsu ve bunların oluşturduğu geçici göllerde (playa) ve bu göllerin kıyılarında gelişen kıta içi sabkha ortamlarında İncesu Formasyonu ise akarsu ve bunların oluşturduğu laküstrin (tatlı su) göl ortamında çökelmişlerdir. Pazarcık Volkanitleri, havzanın kuzeybatısında Yıldızeli-Akdağmadeni arasında, doğusunda ise Refahiye dolaylarında yüzeylenmektedir. Bazalt, andezit, tuf ve aglomeralardan oluşmuştur. Tabanda, temel kayalar üzerinde açılal uyumsuzlukla bulunmaktadır. Bazalt, andezit, tuf ve aglomeralardan oluşmuştur. Tabanda, temel kayalar üzerinde açılal uyumsuzlukla bulunmaktadır. Bölgenin jeoloji haritası Ek-8'de verilmiştir.

2.2.1. Gülandere Formasyonu

Havzanın hemen hemen tamamında yüzlekler vermesine karşın, en güzel yüzleklerini güneybatıda Altınyayla, kuzeyde Zara-İmranlı ve doğuda Refahiye ve güney kesimlerinde vermektedir. Birim, çoğunlukla ofiyolitik malzemelerden türemiş çakıltaşları ile bunların üzerine gelen kumtaşı, kıltaşı, çakıltaşı, siltaşı, kumlu-killi kireçtaşı, tuf ve yer yer andezit ve bazaltdan oluşmuştur. Ayrıca yer yer olistostrom ve olistolitler de içeren formasyonun en üstünde jips arakatkılı kıltaşı, siltaşı araldanması bulunur. Gülandere Formasyonu havzanın güneyinde, doğusunda ve kuzeydoğusunda Divriği Ofiyolitikli Karışığı ile Tecer kireçtaşları üzerinde, havzanın batı ve kuzeybatısında ise Akdağ Metamorfiteeri üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Birim Paleosen yaşlı Pazarcık Volkanitleri üzerine uyumlu olarak gelmektedir.

2.2.2. Selimiye Formasyonu

En iyi ve en yaygın yüzleklerini, havzanın güney ve batı kesimlerinde verir. Birim, çoğunlukla beyaz, yer yer alacalı masif jipsler ile ara düzeylerinde irili ufaklı kırmızı renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, siltaşı araldanması içerir. Renk üst kesimlere doğru kırmızılaşır. Ayrıca formasyon içinde çok değişik boyutlu ve farklı kaya türlerinden oluşmuş olistolitler bulunur. Formasyon, altta Gülandere Formasyonu ile geçişlidir.

2.2.3. Kemah Formasyonu

En geniş ve tipik yüzleklerini, havzanın daha çok iç kesimlerinde ve doğusunda vermektedir. Birimin tabanında, çok sınırlı olmakla birlikte çakıltası ve kumtaşları yer alırken, üst kesimleri killi kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn, çamurtaşı, silttaşı araldanmasından oluşmuştur. Üst kesimlerde çok ince kömürlü ara düzeyler bulunmaktadır. Ayrıca, bazen farklı birimlerden oluşmuş olistolitler içerir. Alt dokanağı Selimiye Formasyonu ile açısız uyumsuzdur.

2.2.4. Hafif Formasyonu

Havzanın hemen hemen bütününde izlenmesine karşın en tipik yüzleklerini Sivas-Hafik-Zara-İmranlı dolaylarında vermektedir. Formasyon ağırlıklı olarak beyaz, yer yer alacalı renkli, tabakalı ya da masif jipsler ile jips ve kireçtaşı ara düzeyli çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı, çamurtaşı araldanmasından oluşmuştur. Birimin alt dokanağı Kemah Formasyonu ile uyumlu olup, yanal ve düşey geçişlidir.

2.2.5. İncesu Formasyonu

En iyi ve en geniş yüzleklerini havzanın kuzey ve güney sınırları boyunca vermektedir. Çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı, marn ve gölssel kireçtaşlarından oluşmuştur. İmranlı ve Kangal yörelerinde yer yer ekonomik linyit ara düzeyleri içermektedir. Üste doğru, yanal ve düşey yönde, gri renkli marnlar içeren gölssel kireçtaşlarına geçmektedir. İncesu Formasyonu, Alt-Orta Miyosen ve daha yaşlı kayalar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bayat Volkanitleri, havzanın batısında küçük yüzlekler şeklinde, güneybatı kesimlerinde ise daha geniş yüzlekler şeklinde bulunmaktadır. Birim, oldukça rijit yapılı, yer yer gaz boşluklu, masif yapılı, siyah-kahve renkli andezit ve bazaltlardan oluşmuştur. Bazaltlarda, az miktarda tamamen kloritleşmiş ve karbonatlaşmış mafik mineraller gözlenmiştir (Ayaz, 1998). İnceleme alanında Hafik ve İncesu Formasyonlarını kestiği gözlenen Bayat Volkanitleri, İncesu Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak gözlenmektedir.

Bölgede yüzeylenen en genç birimler, Kuvaterner yaşlı travertenler ve alüvyonlardır. Bunlar kendilerinden daha yaşlı birimler üzerinde aşıl uyumsuzlukla bulunmaktadır. Güncel oluşumları devam eden travertenler ve alüvyonlar, Sivas yöresinin önemli endüstriyel hammaddeleri arasında yer almaktadırlar.

Sivas Tersiyer havzasında yüzeylenen bu formasyonlardan Gülandere ve Kemah Formasyonları sığ deniz ve geçiş ortamlarında, Selimiye ve Hafik Formasyonları kısmen sığ deniz ve geçiş ortamlarında, kısmen de akarsu ve bunların oluşturduğu geçici göllerinde (playa) ve bu göllerin kıyılarında gelişen kıta içi sabkha ortamlarında, İncesu Formasyonu ise akarsu ve bunların oluşturduğu laküstrin göl ortamında çökelmişlerdir.

2.3. Sivas İlinin Metamorfizma ve Magmatizması

Sivas yöresi, eski okyanusun açıldığı ve bu okyanusun tüketilerek yok olduğu bir alandır. Gerek okyanusun açılması, gerek kapanması ve gerekse kapanmayı izleyen çarpışma sürecinde meydana gelen sıcaklık ve basınç koşullarında kayaların büyük ölçüde değişime uğradığı bilinmektedir. Bu süreçlere bağlı olarak Sivas İl sınırları içindeki temel kayalarının metamorfizmaya uğradığı, okyanusun açılması sırasında bazik ve ultrabazik kayalar, okyanusun kapanması sırasında asidik, çarpışma ve sonrasında ise hem asidik hem de bazik magmatitlerin olduğu söylenebilir. Karaçayır, Köse Dağı, Yıldız Dağı ve Divriği yöresinde yer alan magmatik kayalar çarpışma sonrası bir dönemin ürünleridir (Boztuğ, 1997). Yörede Neotetiz olarak adlandırılmış olan okyanusun (Adamia ve diğerleri, 1977; 1981) Üst Kretase'de tüketilip yok olması (Şengör ve Yılmaz, 1981) sırasında meydana gelen tektonik yapılar Paleotektonik evreyi, okyanusun yok olmasından sonra ağırlıklı olarak sıkışmanın güdümünde meydana gelen tektonik yapılar geçiş tektonik evreyi ve doğrultu atımın egemen olduğu diri faylar ise Neotektonik evreyi karakterize eder .

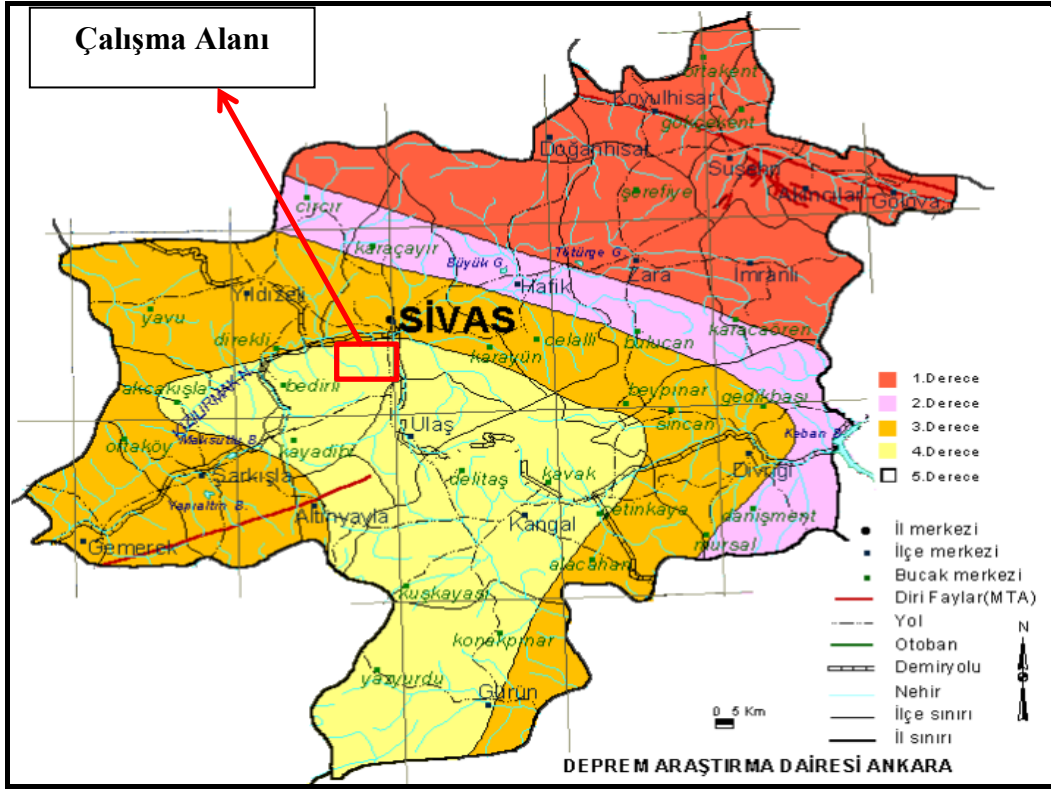
Sivas yöresinin Üst Kretase öncesinde yaklaşık doğu-batı uzanımlı bir okyanusun gelişmesine sahne olduğu, bu okyanusun kuzey ve güney kenarlarının bugünkü Atlantik türü pasif kıta kenarlarını temsil ettiği, kuzey kenarın Üst Kretase sırasında yitime uğradığı (Şengör ve Yılmaz, 1981), yitime bağlı olarak kuzeyde ve güneyde yer alan kıtaların Maastrichtiyen öncesinde çarpıştığı kabul edilmektedir (Yılmaz, 1994 ve 1998). Bu evre Paleotektonik evreyi temsil eder. Çarpışmadan sonra iki kıtanın yakınsaması devam etmiş, bu da yörede kabuk kalınlaşmasına yol açmıştır.

Geçiş evresini temsil eden bu evreyi, Üst Miyosen-PliyoKuvaterner döneminde Doğrultu Atımlı Fayların gelişimine sahne olmuş Neotektonik evre izler.

Sivas yöresinin önemli Neotektonik yapıları Suşehri-Koyulhisar yöresinden geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Gemerek-Şarkışla-Sivas hattında Kızılırmak vadisi boyunca uzanan Yukarı Kızılırmak Fayı (YKF), Gemerek güneyinden geçen Deliler Fayı (DF), İmranlı'dan geçen İmranlı Fayı (İF) ve Tecer Bindirmesi (TB) ile Kuzey Anadolu Bindirmesi (KAB) şeklinde tanımlanabilir. Kuzey Anadolu Fayı gibi aktif bir zon, Sivas'a bağlı Koyulhisar, Suşehri ve Akıncılar boyunca izlenmektedir. Ayrıca Yukarı Kızılırmak ve Tecer Dağları boyunca sınırlı da olsa yer sarsıntılarında etkilenebilen tektonik denetimli faylar ve heyelanlar da bulunur. Ancak her yerleşim biriminin özelinde arazi çalışmalarının yapılması yararlı olacaktır.

2.4 Sivas İlinin Deprem Durumu

Sivas yöresinin önemli Neotektonik yapıları Suşehri-Koyulhisar yöresinden geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Yıldızeli'nin güneyinden geçen Belcik-Pazarcık Fayı, Gemerek-Şarkışla-Sivas hattında Kızılırmak boyunca uzanan Yukarı Kızılırmak Fayı (YKF), Tecer Dağı yöresinden geçen Tecer Fayı, Gemerek güneyinden geçen Deliler Fayı (DF), İmranlı'dan geçen İmranlı Fayı (İF) ve Tecer Bindirmesi (TB) ile Kuzey Anadolu Bindirmesi (KAB) şeklinde tanımlanabilir. Sivas İli deprem bölgeleri haritası Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2. 1. Sivas ili deprem bölgeleri haritası (URL-4,2013)

Yukarıdaki harita, mevcut bilgilerin ışığı altında hazırlanmış, Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 98/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş bulunmaktadır. Önceki haritalardan farklı olarak olasılık metodu hesaplarına göre çizilen eşik ivme kontur haritası esas alınarak deprem bölgeleri tespit edilmiştir.

Buna göre normal bir yapının 50 yıllık ekonomik ömrü içinde %90 ihtimal ile bu ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir. Ekonomik ömrü daha uzun veya önemli yapılar için karşılaşılabilecekleri en büyük ivme değerlerinin ayrıca hesaplanması gerekmektedir.

Deprem Bölgeleri Haritası ile Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik birbirini tamamlamaktadır. Bu yönetmeliğe göre deprem bölgelerinde kabul edilen hesap ivmeleri, 1.derece için 0.4g, 2.derece için 0.3g, 3.derece için 0.2g, 4.derece için 0.1g olarak alınmalıdır. 5.derece için deprem hesabı yapmak zorunlu değildir. Türkiye Deprem Bölgeleri, ivme değerlerine göre aşağıdaki şekilde derecelendirilmiştir (Tablo 2.1.).

Tablo 2. 1. Türkiye deprem bölgeleri ivme değerleri

Deprem Bölgeleri Derecesi	Maksimum Yer İvmesi	Ao
1.Derece Deprem Bölgeleri	$a_{\max} \geq 0.4g$	0.4
2.Derece Deprem Bölgeleri	$0.3g \leq a_{\max} \leq 0.4g$	0.3
3.Derece Deprem Bölgeleri	$0.2g \leq a_{\max} \leq 0.3g$	0.2
4.Derece Deprem Bölgeleri	$0.1g \leq a_{\max} \leq 0.2g$	0.1
5.Derece Deprem Bölgeleri	$a_{\max} \leq 0.1g$	-

Depremsellik açısından; Sivas'ın kuzey kesimleri I. derecede deprem kuşağında yer alırken, güneye doğru geçişli olarak azalmakta ve IV. dereceye düşmektedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki Koyulhisar, Suşehri, Akıncılar, Gölova, İmranlı, Zara ve Doğanşar ilçeleri I. derecede deprem alanlarıdır. Ayrıca, Yukarı Kızılırmak ve Tecer Dağları boyunca bulunan tektonik denetimli faylar ve heyelanlar, sınırlı da olsa deprem oluşumlarına neden olmaktadır.

Sivas İli ve çevresinde meydana gelmiş olan depremlerin büyüklükleri ve hangi tarihlerde gerçekleştiği Tablo 2.2'de verilmiştir. 04.12.1905 Karlıova Depremi; Magnitüdü 6.8, Odak Derinliği 3.00 km, fayın uzunluğu 38 km'dir. 04.12.1905 Malatya Depremi; Magnitüdü 5.8, Odak Derinliği 4.00 km, fayın uzunluğu 25 km'dir. 04.12.1905 Hazar Sincik Depremi; Magnitüdü 6.8,yüzeyde, fayın uzunluğu 38 km'dir.

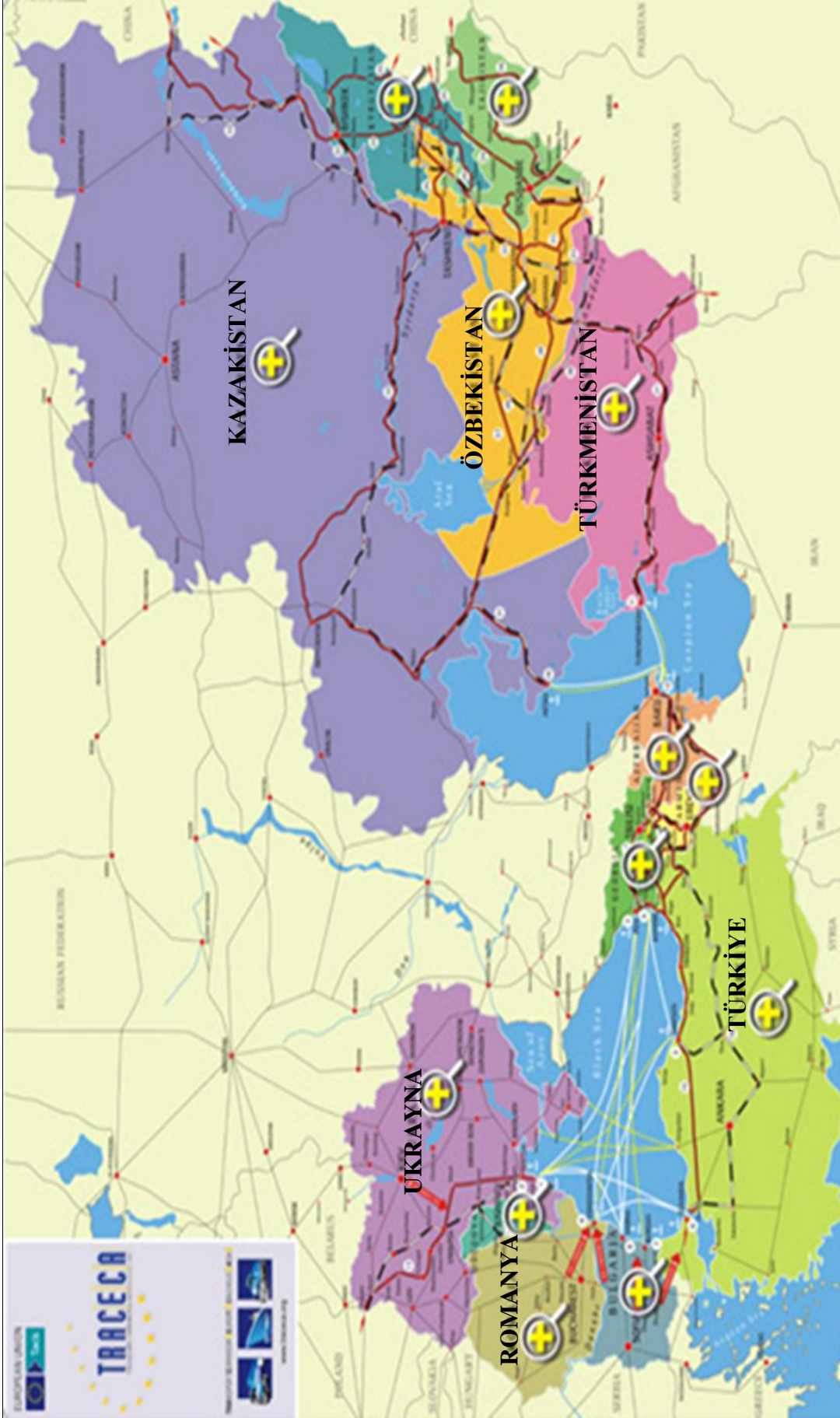
26.12.1939 Erzincan Depremi; Magnitüdü 7.9, Odak Derinliği 20.00 km, fayın uzunluğu 60 km'dir. 20.12.1942 Niksar Depremi; Magnitüdü 7.1, Odak Derinliği 16.00 km, fayın uzunluğu 40 km'dir. Son olarak; 22.09.1992 Erzincan Depremi; Magnitüdü 5.8, Odak Derinliği 15.00 km, fayın uzunluğu 60 km'dir.

Tablo 2. 2. Sivas İli ve Çevresinde Meydana Gelmiş Olan Depremlerin Büyüklükleri

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük
04.12.1905	39.00	39.00	0	6.8
04.12.1905	38.85	40.52	3	6.8
04.12.1905	38.02	37.79	4	5.8
26.12.1939	39.80	39.51	20	7.9
20.12.1942	36.35	40.66	16	7.0
22.09.1992	39.63	39.72	15	6.7

2.5. Güzergah Alanı Hakkında Genel Bilgi

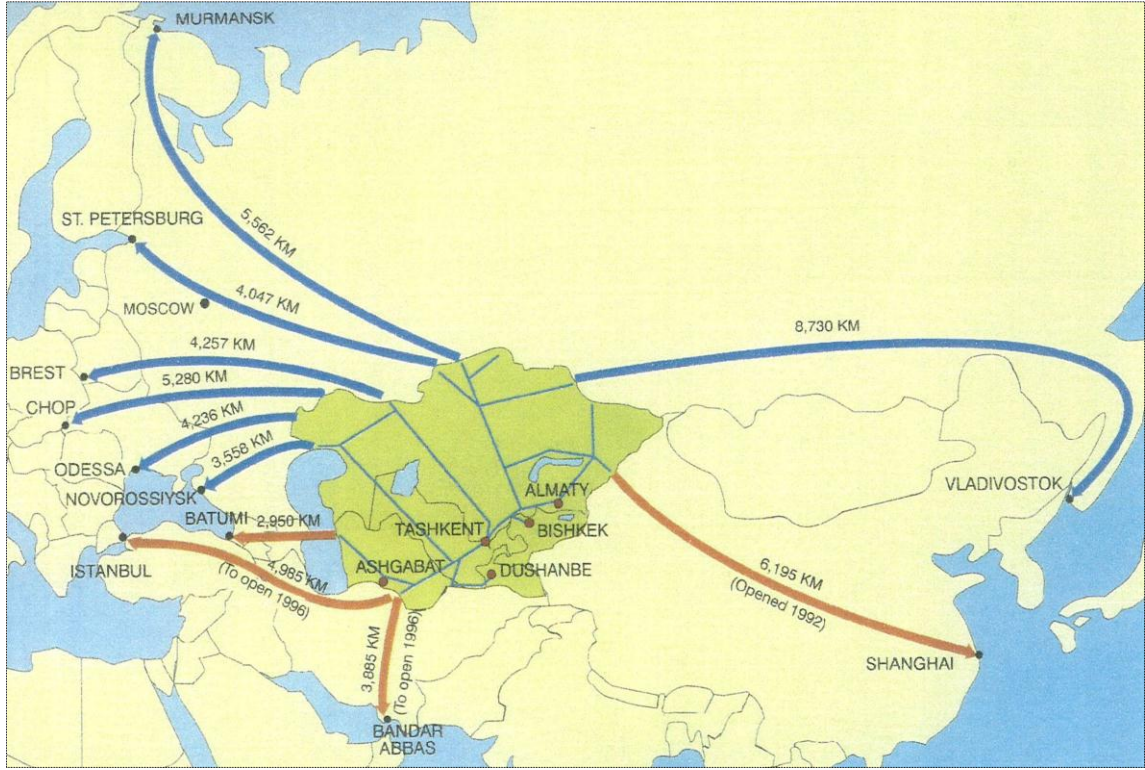
Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars Demiryolu Sivas-Erzincan hattının önemi yakın ve uzak gelecekteki Avrupa-Asya (İpek Yolu) demiryolu yük taşımacılığının ana alternatifi olması ve diğeri Edirne (Hudut) – İstanbul – Ankara – Sivas – Çetinkaya -Kars - Hudut (Tiflis), Çetinkaya-Malatya; Doğu-Batı ana demiryolu ekseninin bir parçası olmasıdır. Söz konusu hattın en önemli özelliği transit trafiği niteliğine sahip olmasıdır. Avrupa Birliği (AB) ile Asya Kıtası arasında ulaşım projesi olan Avrupa-Kafkasya-Asya ulaştırma koridoru (TRACECA) projesine Türkiye 2002 yılında katılmıştır (Şekil 2.3.). TRACECA projesi Karadeniz Ekonomik İşbirliği (KEİ) tarafından da desteklenmektedir. TRACECA; Karadeniz'i Hazar Denizi hinterlandında karayolu ve demiryolunu da kapsayan, çok modlu, kombine taşımacılığa imkan sağlayan bir koridordur. Türkiye uluslararası koridor ve bağlantılarında stratejik konumu nedeniyle taraf olmuş bir dizi antlaşma imzalamıştır.



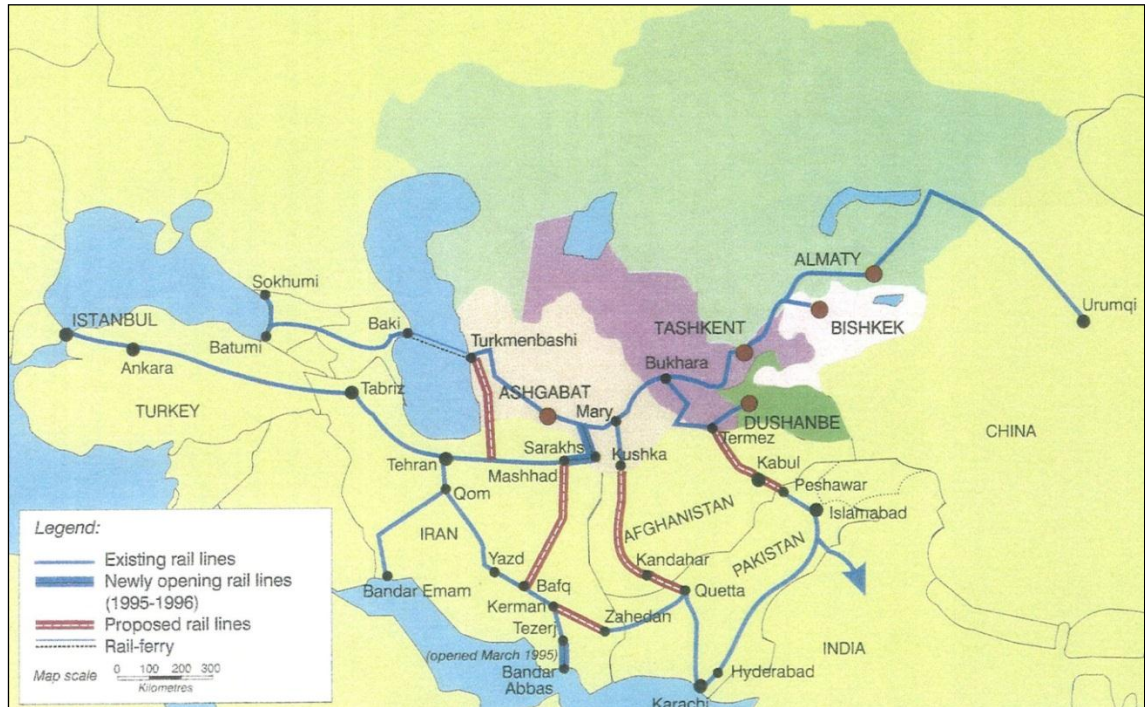
Şekil 2. 2. TRACECA Projesi Güzergahı

Avrupa Birliği (AB) ülkeleriyle gerek Doğu-Batı, gerekse Kuzey-Güney doğrultularındaki bağlantılarda Türkiye önemli alternatif olmaktadır (Pan-Avrupa 4. Koridoru, UN/ESCAP, KEİ Koridorları vb.). Pan-Avrupa 4 ve 10. Koridoru üzerinden İstanbul' a ulaşacak TRACECA Koridorunun demiryolu geçişi; İstanbul-Ankara-Sivas-Erzurum-Kars yolu ile Tiflis ve Bakü'ye ulaşarak TRACECA güzergahı ile birleşecektir. Diğer taraftan, UN/ESCAP (Asya Pasifik Ekonomik ve Sosyal Komisyonu) tarafından üzerinde çalışılan projelerde (Şekil 2.4.) Trans-Asya Orta Koridoru (İstanbul-Ankara-Tebriz-Tahran-Taşkent-Almati) ve Trans-Asya Güney Koridoru (İstanbul-Ankara-Tebriz-Hindistan-Nepal-Tayland) olarak tanımlanan güzergahlar üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Sonuç olarak, Hudut (Edirne)-İstanbul-Ankara-Sivas-Erzurum-Kars-Hudut (Aktaş-Gürcistan Sınırı) Demiryolu Koridoru TCDD ağı içinde Doğu-Batı Ana Koridoru olurken transit taşımacılığının da Türkiye ayağının en önemli seçeneği olmaktadır. Mevcut hat, Sivas'tan km: 602+361'de (Ankara: 0+000, Kayseri: 380+000) başlayarak, yaklaşık 28 km sonra km: 630+354' de Bostankaya'ya, km: 713+777'de Çetinkaya'ya, km: 778+624'de Divriği' ye ve Sivas' dan 332 km sonra km: 934+333'de Erzincan' a ulaşmaktadır (Karayolu: 246 km, Şekil 2.5.). Etüdü yapılacak demiryolu hattında gerçekleşen taşıma miktarı TCDD istatistik verilerine göre (2003 yılında): Sivas-Bostankaya arasında yaklaşık 120 milyon hamton-km/yıl, Bostankaya-Çetinkaya arasında yaklaşık 580 milyon hamton-km/yıl, Çetinkaya-Divriği arasında yaklaşık 320 milyon hamton-km/yıl, Divriği-Erzincan-Erzurum arasında yaklaşık 375 milyon hamton-km/yıl olmaktadır. Birim hat uzunluğuna düşen taşıma yoğunlukları açısından: Sivas-Bostankaya arası 4.3 milyon hamton-km/yıl, Bostankaya-Çetinkaya arası 7 milyon hamton-km/yıl, Çetinkaya-Divriği arası 4.9 milyon hamton-km/yıl, Divriği-Erzurum arası 2.4 milyon hamton-km/yıl olmuştur. Hamton km: Lokomotiflerin ağırlığı hariç, vagonların daraları da dahil olmak üzere bir tren tonunun bir kilometre mesafeye taşınmasıyla ifade edilen hizmet ölçü birimidir. Demiryolu ağının en yoğun olduğu kesimlerde (Marşandiz-Sincan, Ankara-Marşandiz, Ankara-Kayaş, Haydarpaşa-Gebze, Sirkeci-Halkalı) ortalama yoğunluk 16 milyon htkm/km olduğuna göre Sivas-Bostankaya-Çetinkaya-Divriği kesiminin yoğun trafiğe sahip olduğu görülmektedir. UIC hat kapasitesi hesap yöntemlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda Bostankaya-Çetinkaya arasında kapasite kullanım oranı 0.75 olarak hesaplanmış bu oranın oldukça yüksek başka deyişle hattın Divriği'ne kadar olan kesiminde hat kapasitesinin üst sınırına yaklaşıldığı anlaşılmaktadır. Divriği-Erzincan-

Erzurum kesimindeki yoğunluk Sivas-Divriği arasında göre %30 civarındadır. Kapasite kullanımı açısından ise üst sınıra yaklaşılmıştır.



Şekil 2. 3. Trans-Asya Orta Koridoru Güzergahı



Şekil 2. 4. Trans-Asya Güney Koridoru Güzergahı

Bu ikilemin başlıca nedeni hattın geometrik ve fizik yapısındaki olumsuzluklardan kaynaklanmaktadır (Örn: İstasyonlar arası seyir sürelerinin fazla olması, vb.). Sivas-Erzincan Demiryolu I.Kısım güzergahı Sivas ve Erzincan illerini kapsamaktadır. Bu illere ait coğrafik bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

İnceleme alanı İç Anadolu bölgesinde, Sivas şehir merkezinin güney yakasında, şehir merkezine 6 km mesafede Karşıyaka mevkiinden geçmektedir. Tez kapsamında incelenmekte olan hızlı tren güzergahının genel görünüm haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 2.5.).



Şekil 2. 5. Sivas ili hızlı tren güzergahı, güzergah kırmızı renk ile işaretlenmiştir.

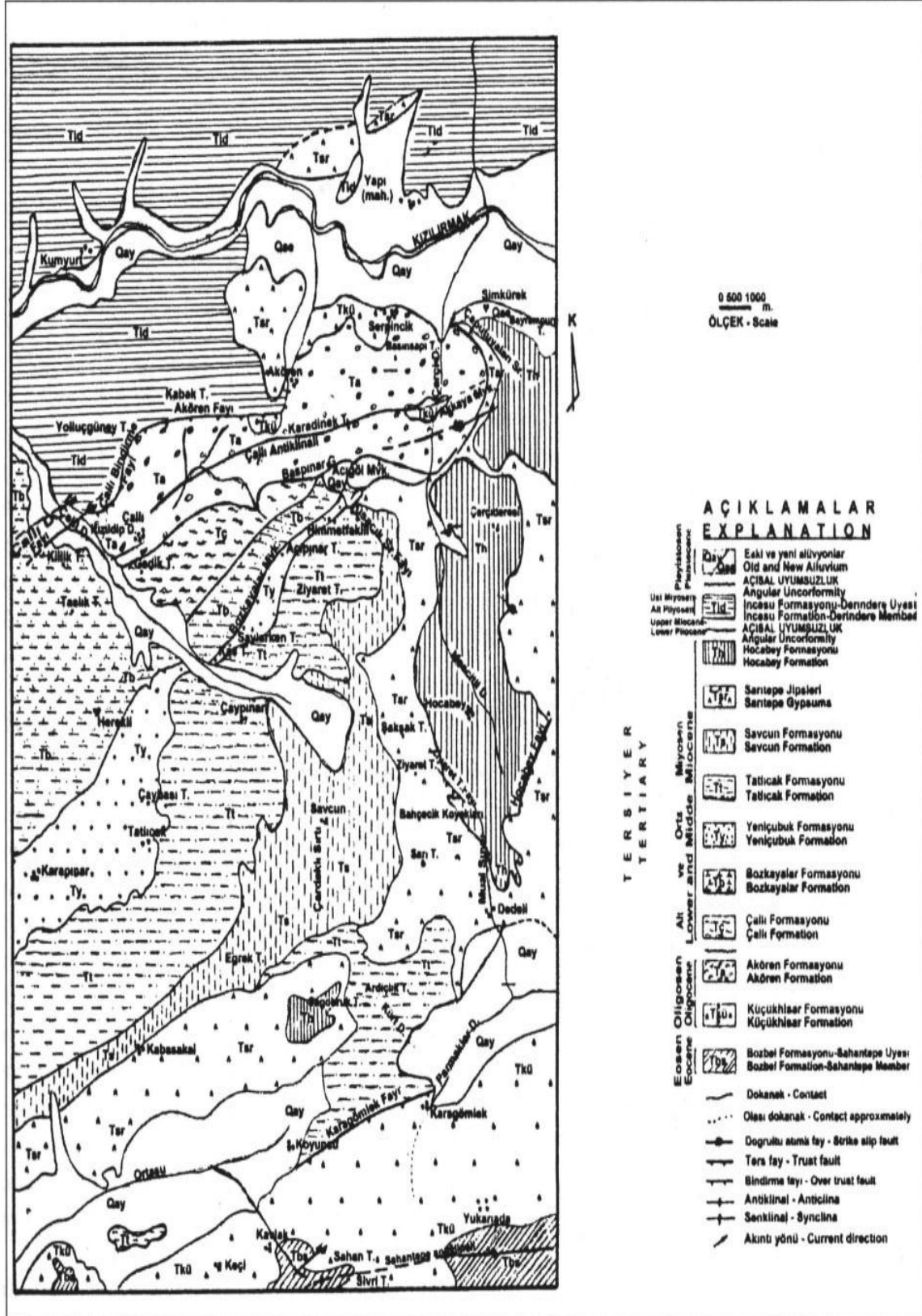
2.6. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

İnceleme alanı ve çevresinde ulaşım sağlamak zordur. Ayrıca inceleme alanının kuzey sınırı boyunca devam eden Kızılırmak Nehri bulunmaktadır. İnceleme alanı ve civarında İç Anadolu'nun kara iklimi hüküm sürer. Kışları soğuk ve sert geçer, genelde kış aylarında bol kar yağışı görülür ve ortalama 3-5 ay karla örtülüdür. Yazları sıcak ve kurak, ilkbahar ve sonbahar ayları yağmurlu geçer. Her ne kadar kışlar soğuk geçse de, ilin Kuzey bölümünde, "Koyulhisar ve Suşehri ilçelerinde" karasal iklimden tipik Karadeniz iklimine geçiş görülür. Bu bölgelerde, iç kesimlere göre havalar ılık geçer. Yapılan gözlem ortalamalarına göre (son 50 yıl içinde gözlenen) en soğuk ay -34.6 derece ile Ocak ayıdır. En sıcak ay 38.3 derece ile Temmuz ayıdır, aylık yağış ortalaması en yüksek ay Mayıs, en düşük ay Ağustosdur. 1992 yılında gözlenen en yüksek nem oranı %80.0 ile Aralık ayı; en düşük ay %55.2 ile Ağustos ayıdır. Aynı yılda en yüksek basınç 874.1 mb olarak Ocak ayı, en düşük ay ise 868 mb olarak Şubat ayıdır.

2.7. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma bölgesinde en yaşlı kaya birimi, Eosen yaşlı Bozbel formasyonu Sahantepe üyesidir, inceleme bölgesinde üyenin tabanı gözlenmemiştir. Gri, yeşil, kirli sarı renkli kumtaşı, silttaşı, kiltası araldanmasından oluşmuştur. En yaygın yüzlekleri Kavlak, Keçiköy, Yukarıadaköy arasında verir. Yaşı Üst Lütesiyen-Priaboniyen olarak saptanmıştır (Sümengen ve diğerleri, 1987). Çalışma alanı dışında üye kendinden göreceli daha yaşlı Eosen kayaları üzerinden uyumludur. Üstüne gelen Küçüktuzhisar formasyonu ile geçişli ve uyumludur. Küçüktuzhisar formasyonu (Yılmaz ve diğerleri, 1989) beyaz, kirli beyaz, yer yer alacalı renkler içeren tabakalı ve masif jipslerden oluşmuştur (Şekil 2.6.) .Jipsler ara düzeylerinde çeşitli kalınlıklarda kırmızı renkli çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşı araldanmasından oluşan düzeyler içerir. Formasyon, çalışma alanının güneyinde Kavlak-Keçiköy ve Yukarıadaköy dolaylarında çok geniş yüzlekler, kuzeyde ise Akören-Akkaya yörelerinde tepesi aşınmış bir antiklinal çekirdeğinde küçük yüzlekler verir. Litolojik ilişkilere ve içerdiği omurgalı fosillere göre (Sümengen ve diğerleri, 1987) yaşı Oligosen'dir. Küçüktuzhisar formasyonunun üstüne ise uyumlu olarak Akören formasyonu gelir. Akören formasyonu kırmızı, gri, yeşil renkli, kanallı derecelenmeli, çapraz katmanlı

çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, siltaşı ardalanmasından oluşmuştur. Birim Akören-Serpincik-Çallı köyleri arasında ve dolaylarında en iyi yüzlemler verir.



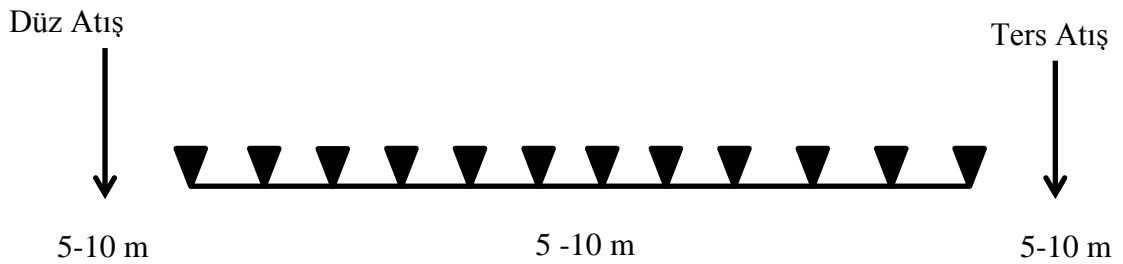
Şekil 2. 6. Çalışma alanının genel jeolojisi

2.8. Mühendislik Jeofiziği Çalışmaları

İnceleme alanında, zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek, taşıma gücü ve sıvılaşma durumunu incelemek ve yer altı yapı kesitlerini ayrıntıları ile ortaya koyabilmek için jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma ve elektrik öz direnç yöntemi uygulanmıştır.

2.8.1. Sismik Kırılma Çalışmaları

Sismik çalışmalar Altınok Müş. Müh. Ltd. Şti ve Enet Pr. Araş. ve Müş. A.Ş. ortak girişimi ile yapılmıştır. Sivas şehir merkezine yaklaşık 6 km uzaklıkta bulunan inceleme alanında sismik kırılma ölçüleri alınmıştır. Ölçümlerde 2 uzman Jeofizik Mühendisi ve 6 işçi çalışmaktadır. 12 kanallı “Geometrics” marka “SmartSeis” model sinyal biriktirmeli sismograf kullanılarak zemin koşullarını belirlemek amacı ile P (62 adet) ve S (56 adet) dalga hızı ölçümleri yapılmıştır. Bu cihaz, yüksek, alçak ve bant geçişli süzgeç devresine, otomatik ve manuel ayarlanabilen kazanç devresine, sismik izlerin genliklerini küçültüp-büyütebilme, otomatik olarak ayarlanan örnekleme aralığına sahiptir. Sismik kırılma çalışmalarında, enerji kaynağı olarak 8-10 kg’lık balyoz kullanılmıştır. Balyoz vurma yerinde enerjinin zemine daha kolay yayılmasını sağlamak için disk şeklinde çelik plaka kullanılmıştır. P dalgası için gerekli enerji, çelik plaka üzerine balyozun düşey yönde; S dalgası için gerekli enerji ise zemine açılan bir çukur içine dik olarak yerleştirilmiş çelik plakaya yatay yönde, balyoz darbeleri ile elde edilmiştir. Çalışma alanında 2 atış (düz ve ters) ve 2 serim düzeneği uygulanmıştır. Çalışma alanının uygun olduğu yerlerde 12 jeofonlu, 5 m offsetli, 5 m jeofon aralıklı, 60 m’lik serim ve 12 jeofonlu, 10 m offsetli, 10 m jeofon aralıklı, 120 m’lik serimler yapılmıştır (Şekil 2.7.).



Şekil 2. 7. Sahada uygulanan serim düzeneği

Sismik kırılma verisinin yorumlanması Pickwin ve Plotrefa adlı bir boyutlu çözüm yapan sismik programlar ile yapılmıştır. Bu çalışmada sismik hızlardan yararlanılarak sıvılaşma, taşıma gücü analizi yapılmıştır. Sismik kırılma kayıtları, zaman-uzaklık grafikleri ve yer altı kesitleri EK-1’de sunulmuştur.

2.8.2. Elektrik Özdirenç Çalışmaları

Elektrik ölçüler GEOTEM Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti tarafından yapılmıştır. Sivas şehir merkezine yaklaşık 6 km uzaklıktaki inceleme alanında 58 adet elektrik özdirenç ölçüsü alınmıştır. Ölçümlerde 2 uzman Jeofizik Mühendisi ve 6 işçi çalışmaktadır. ABEM SAS 4000 Rezistivite Cihazı ve 4 elektrod kullanarak yerin elektrik özdirençini belirlemek amacı ile düşey elektrik sondajı ölçümü yapılmıştır. Dizilim olarak Schlumberger kullanılmıştır. MN/2 değerleri 0.25-10 m arasında AB/2 değerleri 1 - 80 m olarak düzenlenmektedir. Düşey Elektrik Sondajı verilerinin yorumlanmasında Prof.Dr. Ahmet Tuğrul BAŞOKUR’un yazmış olduğu IPES6 adlı bir boyutlu çözüm yapan elektrik programı kullanılmıştır. Düşey Elektrik Sondajı ölçüm karneleri ve 1B yer altı kesitleri EK-2’de sunulmuştur.

2.9. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

İnceleme alanının sondaj ve laboratuvar çalışmaları Altınok Müş. Müh. Ltd. Şti ve Kaya-Zemin Mühendislik Ltd. Şti tarafından yapılmıştır. İnceleme alanından alınan numuneler laboratuvara götürülerek deneye tabi tutulmuştur. İnceleme alanında derinliği 10 – 27 metre arasında değişen toplam 11 zemin sondajıyla 152 metre delme yapılmıştır. Sondajlar sırasında 2.5 – 3.0, 4.0 - 4.5, 5.5 – 6.0, 7.0-7.5 ve 7.5 – 8.0 metre seviyelerinde örselenmemiş yer (UD) örnekleri alınmıştır. Ayrıca her bir kuyuda sondaj derinliğine göre her 1.5 m’de standart penetrasyon deneyi yapılmak suretiyle örselenmiş numuneler alınmıştır. Alınan bozulmuş (örselenmiş) numuneler üzerinde TS 1900 standartlarına uygun olarak kıvam limitleri (Likit Limit, Plastik Limit, Plastisite İndeksi), su içeriği tayini, permeabilite ve ASTM D 422-63’e göre elek analizi deneyi yapılmıştır. Bozulmamış (örselenmemiş) numuneler üzerinde ise TS 1900’e uygun olarak konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı testleri yapılmıştır.

İnceleme alanında açılan zemin sondajlarından alınan bazı numuneler üzerinde deney yapılabilirken, bazıları üzerinde ise yapılamamıştır. Deney yapılabilen numuneler aşağıda belirtilmiştir (Tablo 2.3.). Sondaj logları EK-3, laboratuvar deney sonuçları EK-4 ve elek analizi EK-5’de verilmektedir.

Tablo 2. 3. Sondaj Numuneleri Üzerinde Yapılabilen ve Yapılamayan Deneyler

Sondaj No	Kıvam Limitleri	Konsolidasyon	Su İçeriği	Elek Analizi	Üç Eksenli Basınç Dayanımı
USK_0+420	+	+	+	+	-
KSK_1+068	+	-	+	+	-
ASK_1+915	+	+	+	+	+
ASK_2+580	+	-	+	+	-
ÜSK_4+635	+	+	+	+	+
SİSK_5	+	-	+	+	-
SİSK_8	+	-	+	+	-
SİSK_13	+	+	+	+	+
SİSK_14	+	+	+	+	+
ÜSK_5+250	+	+	+	+	+
USK_6+305	+	-	+	+	+

Üç eksenli basınç dayanımı ve konsolidasyon deneylerinin yapılamama nedenleri numunelerde kil miktarının az, kum ve çakıl miktarlarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Laboratuvar deney sonuçlarında bazı bilgilerin eksik olmasından kaynaklı, değerlere ulaşabilmek için jeofizik ölçümlerden elde edilen deneysel bağıntılar kullanılarak; numunelerin doygunluk derecesi, boşluk oranı, doğal birim hacim ağırlığı, doygun birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Mühendislik Jeofiziği Bulguları

Jeofizik araştırmalar yeraltı malzemelerinin fiziksel özelliklerinin değişiminin ölçümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda önemli parametreler; boyuna (P) ve enine (S) dalga hızları, elektrik iletkenlik ve öz direnç'dir. Jeofizik arazi verilerinin yorumlanması için genellikle temel jeolojik yapı hakkında ön bilgi gereklidir. Jeofizik çalışmaların anormal sonuçlar verdiği yerlerde en iyi yorum için araştırma çukuru ve sondajlarla korele edilmesi gereklidir. Jeofizik araştırmalar, sondaj çalışmalarıyla kıyaslandığında önemli derecede mali ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

İnceleme alanı olan hızlı tren güzergahını içeren 6 km'lik hat boyunca 62 adet Sismik Kırılma (P ve S dalgası) ölçüsü alınmış olup, elde edilen tabaka sayıları, kalınlıkları ve hızları Tablo 3.1'de verilmektedir. Tablo 3.1'de boyuna dalga (P - m/sn), enine dalga (S-m/sn), 30 m derinlik için enine dalga hızı (V_{s30} - m/sn), tabaka kalınlığı (H-m) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 1. İnceleme alanının sismik kırılma değerlendirilmesi

	P			S			V_{s30} m/s
	1.TABAKA	2.TABAKA	H (m)	1.TABAKA	2.TABAKA	H (m)	
Su_1	500	1800	4	356	613	7	549
Su_2	452	2370	3	233	934	8	572
Su_3	550	1886	3	220	795	8	473
Su_4	410	1882	3	315	744	6	579
Su_5	550	1378	5	286	666	5	549
Su_6	413	1262	5	298	415	6	383
Su_7	273/593	1421	1-12	258/417	664	2-12	510
Su_8	440	1461	6	211	822	10	433
Su_9	394	1465	5	183	686	5	477
Su_10	408	1649	4	259	801	2	651
Su_11	352	1561	4	152	537	7	350
Su_12	433	1547	3	190	505	8	353
Su_13	402	1494	4	205	495	8	362
Su_14	374	1872	6	214	736	7	450
Su_15	346	1826	7	192	601	5	448
Su_16	371	1943	5	160	810	7	437

Tablo 3.1'in devamı

Su_17	512	1837	7	215	660	9	402
Su_18	403	2080	6	190	940	8	463
Su_19	596	1971	6	287	867	11	502
Su_20	601	2242	5	285	901	7	620
Su_21	570	1792	4	168	637	6	402
Su_22	484	1872	4	202	760	6	481
Su_23	460	1936	4	-	-	-	-
Su_24	358	1708	5	-	-	-	-
Su_25	453	1696	4	-	-	-	-
Su_26	417	1917	3	-	-	-	-
Su_27	351	2251	4	-	-	-	-
Su_28	236	1581	3	-	-	-	-
Su_29	694	1635	3	150	791	3	538
Su_30	541	1656	3	262	629	6	486
Su_31	431	1665	3	170	650	6	408
Su_32	544	1493	3	193	619	6	423
Su_33	603	1625	3	196	737	13	346
Su_34	482	1665	3	168	468	10	301
Su_35	484	1577	4	194	630	9	371
Su_36	331	1421	2	132	568	6	335
Su_37	359	1386	4	162	553	6	367
Su_38	424	1308	8	210	520	5	420
Su_39	463	1652	5	220	564	8	401
Su_40	363	1732	3	159	562	7	339
Su_41	381	1594	3	181	520	10	329
Su_42	506	1498	3	163	484	8	320
Su_43	440	1785	3	314	755	9	526
Su_44	769	1522	4	180	747	9	378
Su_45	506	1697	2	132	648	10	293
Su_46	763	1692	7	219	653	7	431
Su_47	723	1648	5	200	624	7	432
Su_48	410	1791	5	198	591	7	389
Su_49	527	1932	4	162	614	4	425
Su_50	413	1880	4	151	712	7	362
Su_51	525	1864	4	263	767	5	587
Su_52	381	1939	3	164	750	6	429
Su_53	445	2763	3	246	659	5	519
Su_54	445	1718	5	178	687	6	429
Su_55	407	1614	6	169	510	9	314
Su_56	487	1895	4	230	444	6	371
Su_57	546	3001	3	222	1532	6	684
Su_58	735	2241	5	300	983	7	617
Su_59	794	1769	5	321	899	5	698
Su_60	396	1732	4	145	753	6	400
Su_61	457	1811	2	271	928	6	615
Su_62	415	2107	6	176	576	5	390

İnceleme alanı olan hızlı tren güzergahını içeren 6 km'lik hat boyunca 57 adet Schlumberger dizilimi kullanılarak $AB/2=80$ m açılım ile Düşey Elektrik Sondajı ölçüsü alınmış olup, elde edilen tabaka kalınlıkları ve öz direnç değerleri (Ωm) Tablo 3.2'de verilmiştir. Tablo 3.2'de derinlik (D-m) , öz direnç ($\rho-\Omega m$) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 2. İnceleme alanının elektrik öz direnç değerlendirmesi

Ölçüm Noktası	ρ	D
Ru_1	15	0.7
	185	9.6
	10.7	-
Ru_2	24.4	1.0
	352	8
	11	-
Ru_3	27	0.5
	202	4.89
	12	-
Ru_4	65	1.10
	260	5.5
	5	-
Ru_5	44	0.81
	29	3.16
	73	-
Ru_6	45	1.98
	7.52	3.95
	238	9.58
	3.85	-
Ru_7	20	1.03
	10	25
	30	-

Tablo 3.2'nin devamı

Ru_8	14	1.29
	7.72	21
	31	-
Ru_9	24	0.5
	13	4.97
	4.78	-
Ru_10	20	1.34
	6.24	17
	25	-
Ru_11	17	2.66
	5	-
Ru_12	20	2.52
	4.59	-
Ru_13	18	2.63
	5.88	17
	41	-
Ru_14	19	2.63
	4.14	6.31
	7.9	-
Ru_15	15	1.00
	29	6.00
	6	-
Ru_16	26	1.88
	7.56	7.46
	2.16	-
Ru_17	11	2.43
	3.12	16
	15	-
Ru_18	16	2.75
	3.25	6.21
	6.89	-

Tablo 3.2'nin devamı

Ru_19	13	1.47
	9.09	4.36
	21	-
Ru_20	22	2.27
	8.54	10
	57	-
Ru_21	12	2.87
	55	9.11
	2.89	17
	15	-
Ru_22	18	1.00
	9.64	7.00
	38	28
	20	-
Ru_23	20	1.68
	9.12	12
	20	-
Ru_24	10	1.10
	6.5	5.0
	25	-
Ru_25	11	1.83
	6.15	5.77
	27	14
	6.54	-
Ru_26	8	3.0
	33	-
Ru_27	9.26	2.15
	16	5.91
	10	-
Ru_28	12	3.17
	23	14
	7.76	-

Tablo 3.2'nin devamı

Ru_29	12	1.0
	16	6
	7	-
Ru_30	19	1.77
	9.96	21
	3.65	-
Ru_31	20	3.61
	11	7.36
	8.61	-
Ru_32	16	2.43
	20	9.0
	9	-
Ru_33	13	1.0
	8.5	10
	15	-
Ru_34	20	1.0
	16	6.0
	5.5	-
Ru_35	20	2.53
	5.35	15
	10	-
Ru_36	20	2.5
	9.5	-
Ru_37	22	3.73
	7.14	7.41
	14	15
	9	-
Ru_38	22	1.0
	40	8.0
	9	-

Tablo 3.2'nin devamı

Su_39	22	1.0
	40	8.0
	9	-
Su_40	20	1.24
	54	4.5
	6	-
Ru_41	22	2.5
	9.5	-
Ru_42	22	3.5
	8	-
Ru_43	27	4.91
	8.59	-
Ru_44	14	1.0
	11	6.0
	22	-
Ru_45	17	1.0
	12	7.0
	25	-
Ru_46	20	3.92
	7	9.24
	28	-
Ru_47	20	2.5
	8.5	9.5
	25	-
Ru_48	19	2.10
	9.76	7.44
	28	-
Ru_49	23	1.46
	13	12
	25	-

Tablo 3.2'nin devamı

Ru_50	20	1.50
	52	14.0
	24	-
Ru_51	22	1.5
	70	8.0
	14	15
	70	-
Ru_52	20	1.32
	82	8.25
	16	17
	41	-
Ru_53	22	1.32
	13	15
	21	-
Ru_54	24	1.16
	15	12
	20	-
Ru_55	21	2.45
	201	5.28
	4.38	11.0
	29	-
Ru_56	19	1.59
	102	6.10
	24	-
Ru_57	21	1.48
	51	10
	22	-

3.2. Mühendislik Sismolojisi Bulguları

Bir deprem sırasında oluşan zemin titreşimleri, deprem odağından çevresel olarak yayılır. Buna bağlı olarak etkinlikleri zemin koşullarında dikkate alınarak odaktan uzaklaştıkça azalacaktır.

Magnitüd depremin büyüklüğü için geçerli bir ölçü olmakla birlikte, depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde doğrudan doğruya kullanılamaz. Ancak sıvılaşma analizleri için deprem magnitüdü ve yer ivmesi kullanılmaktadır. Bundan dolayı M magnitüdündeki bir depremin, R odak uzaklığındaki yeryüzünün bir noktasında yapacağı en büyük ivme değerini veren azalım ilişkilerine gerek duyulmaktadır.

Tez çalışmasında veriler derlenirken, çalışma alanına aktif en yakın fay KAF zonedir. Bu zon üzerinde bulunan Ezine Pazarı fayında meydana gelecek 7.9 büyüklüğünde (M) , Odak Derinliği (H) 20 km, Episantr ile çalışma alanına uzaklığı (D) 90 km, Hiposantr uzaklığı (R) 92 km, Fay uzunluğu (L) 60 km'lik deprem dikkate alınarak Tablo 3.3. 'de verilen deneye dayalı formüller kullanılarak etkin yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır. Sıvılaşma analizinde kullanılacak yer ivmesi değeri, hesaplanan etkin yer ivmesi değerlerinin aritmetik ortalaması olan 0.12g değeri alınmıştır. Yerçekimi ivmesi (g) 980 cm/sn² olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 3. Zemin etkin yer ivmesi değerleri

Literatür	Etkin Yer İvmesi Bağlıları	Etkin Yer İvmesi
Donovan (1973c)	$A = 1080 * \frac{e^{0.5M}}{(R + 25)^{1.32}}$	0.1g
Oliviera (1974)	$\log A = 3.09 + 0.347M - 2 \log(R + 25)$	0.05g
Aydan (1996)	$a_{\max} = 2.8((\exp(0.9M) * \exp(-0.025 * R) - 1))$	0.3g
Campbell (1997)	$\ln A_n = -3.512 + 0.904 * M \left(\begin{array}{l} -1.328 * \log \left(R^2 + (0.149 * \exp(0.67 * M)^2) \right)^2 \\ + \left(\begin{array}{l} 0.44 - (0.171 * \log(R)) + \\ (0.405 - (0.222 * \log(R))) \end{array} \right) \end{array} \right)$	0.2g
Beyaz (2004)	$\log PGA = 2.581 + 0.029M^2 - 1.305 \log(R + 7)$	0.01g
Ulusay (2004)	$PGA = (2.18 * \exp(0.0218 * (33.3 * M - R + 7.8427)))$	0.1g

3.3. Mühendislik Jeolojisi Bulguları

Tezin konusunu oluşturan Sivas ili hızlı tren güzergahı temellerinin oturacağı zeminlerin genel mühendislik parametrelerini araştırmak, olası zemin problemlerinin ve doğal afet varlığının belirlenmesi amacıyla, derinlikleri minimum 10.0 metre ve maksimum 27.0 metre olan 11 adet zemin araştırma sondajı açılmıştır.

İnceleme alanı zemininin litolojik, indeks ve mühendislik özelliklerinin elde edilmesi amacıyla açılan bu zemin araştırma sondajlarının derinlikleri, kesilen zemin litolojileri EK-3'te, inceleme alanı içerisindeki lokasyonları vaziyet planında verilmiştir (EK-6). İnceleme alanında açılan zemin sondaj deliği içerisinde, zeminin mühendislik özellikleri hakkında bilgi edinmek ve özellikle zemin sıklık derecesini belirlemek için standart penetrasyon deneyi yapılmıştır. Bu deney verileri EK-3'te sondaj logları üzerinde belirtilmiştir.

Araziden alınan bozulmuş zemin numunelerinin, her tane boyutunun hangi oranda olduğunun saptanması ve zemin sınıflaması yapmak amacıyla yapılan elek analizi deney sonuçları ve bunlardan elde edilen granülometri eğrileri EK-5'te çizelge ve grafik olarak verilmektedir. Elek analizinden de anlaşılacağı gibi inceleme alanı zemini homojen değildir. Farklı metrelerde farklı oranda birimlere rastlanılmıştır. Genel olarak kil-kum-çakıl materyallerinin değişik oranlarda karışımından meydana gelmiştir. Alüvyon çökelleri açık – kahve - sarımsı renkli kil – kum - çakıllardan oluşmaktadır.

3.3.1. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri Bulguları

Doğal birim hacim ağırlık; dane kısmının (boşluksuz) birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır ve ağırlığının tanelerin toplam (boşluksuz) hacmine oranı olarak ifade edilir. Tabii birim hacim ağırlık değerleri ne kadar düşükse malzeme o kadar gözeneklidir yani daneler arası boşluklar fazladır demektir. Boşlukları tamamen doymuş kayanın ağırlığının, toplam hacme oranına doymuş birim hacim ağırlık denmektedir. Deney sonuçlarında bulunan değerler Tablo 3.4'te verilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre bazı sondaj numunelerinin doğal birim hacim ağırlıkları ve suya doymuş birim hacim ağırlıkları tespit edilmemiştir. Bu amaçla; jeofizik ölçümlerden elde edilen V_p (P dalga hızı) ve V_s (S dalga hızı) değerleri kullanılarak geliştirilen deneye dayalı bağıntılar (bağıntı 82, 108, 109, 110) kullanılmıştır.

Bu bağıntılardan hesaplanan değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Tablo 3.4'teki γ_n (doğal birim hacim ağırlık), γ_d (doygun birim hacim ağırlık) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 4. Laboratuvar deney sonuçları ve sismik veriler kullanılarak elde edilen tane birim hacim ağırlıkları değerleri

Sondaj No	γ_n (doğal birim hacim ağırlık)	γ_d (doygun birim hacim ağırlık)
ÜSK_0+420	$\gamma_n = 16.86kN / m^3$	$\gamma_d = 23.86kN / m^3$
KSK_1+068	$\gamma_n = 1.69gr / cm^3 = 16.56kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.41gr / cm^3 = 13.91kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.68gr / cm^3 = 16.56kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_n = 1.81gr / cm^3 = 17.8kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)	$\gamma_d = 1.89gr / cm^3 = 18.54kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 1.91gr / cm^3 = 18.78kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.35gr / cm^3 = 23.08kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.73gr / cm^3 = 17.00kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
ASK_1+915	$\gamma_n = 19.50kN / m^3$	$\gamma_d = 1.98gr / cm^3 = 19.48kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.05gr / cm^3 = 20.01kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.17gr / cm^3 = 21.34kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 2.02gr / cm^3 = 19.88kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
ASK_2+580	$\gamma_n = 1.71gr / cm^3 = 16.79kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.51gr / cm^3 = 14.84kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 2.14gr / cm^3 = 21.06kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_n = 1.73gr / cm^3 = 17.14kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)	$\gamma_d = 1.95gr / cm^3 = 19.19kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.01gr / cm^3 = 19.76kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.37gr / cm^3 = 23.30kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.71gr / cm^3 = 19.58kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
SİSK_5	$\gamma_n = 1.73gr / cm^3 = 17.04kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.59gr / cm^3 = 15.59kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.53gr / cm^3 = 15.09kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_n = 1.77gr / cm^3 = 17.38kN / m^3$ (Tezcan, V_p , 2006)	$\gamma_d = 1.92gr / cm^3 = 18.89kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 1.97gr / cm^3 = 19.31kN / m^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.33gr / cm^3 = 22.86kN / m^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.96gr / cm^3 = 19.27kN / m^3$ (Tezcan - V_p , 2006)

SISK_8	$\gamma_n = 1.70 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 16.66 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.49 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 14.65 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.77 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 17.34 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_n = 1.74 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 17.08 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)	$\gamma_d = 1.93 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 18.88 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 1.97 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.37 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.33 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 22.86 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.96 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.27 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
SISK_13	$\gamma_n = 19.19 \text{ kN} / \text{m}^3$	$\gamma_d = 19.37 \text{ kN} / \text{m}^3$
SISK_14	$\gamma_n = 19.46 \text{ kN} / \text{m}^3$	$\gamma_d = 19.58 \text{ kN} / \text{m}^3$
USK_4+635	$\gamma_n = 19.33 \text{ kN} / \text{m}^3$	$\gamma_d = 1.94 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.07 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 1.99 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.59 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.14 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 20.99 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.98 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.46 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
USK_5+250	$\gamma_n = 19.24 \text{ kN} / \text{m}^3$	$\gamma_d = 1.93 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 18.99 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 1.98 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.48 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.22 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 21.7 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 1.97 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 19.38 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)
USK_6+305	$\gamma_n = 1.70 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 16.66 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.49 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 14.68 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_n = 1.69 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 16.64 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_n = 1.84 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 18.09 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)	$\gamma_d = 2.20 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 21.56 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.29 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 22.48 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Telford - V_p , 1976) $\gamma_d = 2.75 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 26.90 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Keçeli - V_s , 2000) $\gamma_d = 2.04 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 20.06 \text{ kN} / \text{m}^3$ (Tezcan - V_p , 2006)

Zemin numuneleri üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonuçlarına göre ve birleştirilmiş zemin sınıflandırma sisteminde, Casagrande plastisite kartında (Şekil 1.6) elde edilen noktalarda, inceleme alanın zeminleri Tablo 3.9'da sınıflandırılmıştır. İnce taneli zeminlerin önemli özelliği olan plastisite, kırılma ve çatlama olmadan zeminin kalıcı deformasyona uğrayabilme yeteneğini belirlemek amacı ile yapılan kıvam limitleri değeri arttıkça zeminlerin dayanımı ve geçirgenliği azalır, kil miktarı artar. Zeminin plastisitesi arttıkça sıkışma ve şişme potansiyeli artmakta, su geçirgenliği azalmakta, arazi kazı ve dolgu işlemleri sırasında ise zorluklarla karşılaşmaktadır.

Yapılan deney sonuçlarına göre likit limit (LL)'nin en düşük değeri % 22.10 en yüksek değeri ise % 66.40 olarak belirlenmiştir. İnceleme alanı genel olarak zemin Orta Plastisiteli ve Yüksek Plastisiteli zemin olarak tanımlanmıştır.

Yapılan deney sonuçlarına göre plastik limit (PL)'nin en düşük değeri % 21.00 en yüksek değeri ise % 26.80 olarak belirlenmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre PI en düşük değeri % 12.70 en yüksek değeri ise % 38.40 olarak belirlenmiştir.

Bu değerlerin diğer plastisite indeksi (PI) hesaplamasına göre farklı çıkması likit limitin minimum ve maksimum değerler vermesindedir. Plastisite indeksine göre Tablo 1.4. kullanılmıştır. Buna göre zemin Az Plastik – Plastik olarak bulunmuştur.

Suya doymun bir kayacın bütün boşluk ve çatlakları su ile dolu demektir. Su muhtevasının yükselmesi ile kayaların kohezyonu azalmakta bu sebeple de basınç direnci daha düşük değerler almaktadır. Buna karşılık boşluklardaki havanın yerine su geçtiği zaman yoğunluğunun artmasına ve boşluklardaki suyun donması ve çözülmesi ile kayaların dirençlerinin azalmasına, deformasyonların oluşmasına sebep olmaktadır. Laboratuvar analizlerden elde edilen su içeriği (W_n -%) değerleri Tablo 3.5'de verilmektedir.

Tablo 3. 5. Su içeriği değerleri

Sondaj No	Su İçeriği (W_n (%))
USK_0+420	24.12
KSK_1+068	7.80
ASK_1+915	23.0
ASK_2+580	8.90
ÜSK_4+635	22.95
SİSK_05	17.70
SİSK_08	23.10
SİSK_13	28.27
SİSK_14	24.12
ÜSK_5+250	29.15
USK_6+305	5.70

Yapılan kıvam limitleri deneyleri sonucunda; en düşük su içeriği değeri % 5.70, en yüksek su içeriği değeri ise % 29.15 olarak bulunmuştur.

Doğal halde süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin, boşlukların oranı doygunluk derecesi olarak tanımlanır. Doygunluk derecesi S boşlukların ne kadarının suyla dolu olduğunu belirler. $S = \%100$, suya doygun zemini, $S = \%0$ kuru bir zemini gösterir. Kısmen suya doygun zemin için $\%0 < S < \%100$ 'dür. . Laboratuvar analizlerden elde edilen doygunluk derecesi değerleri (Tablo 3.6.) aşağıda görülmektedir.

Tablo 3. 6. Doygunluk derecesi değerleri

Sondaj No	Doygunluk Derecesi (%)
USK_0+420	-
KSK_1+068	-
ASK_1+915	98
ASK_2+580	-
ÜSK_4+635	96
SİSK_05	-
SİSK_08	-
SİSK_13	96
SİSK_14	97
ÜSK_5+250	100
USK_6+305	-

Doygunluk derecesi sonuçlarına göre zemin kısmen suya doygunudur. Kayaçların boşluk hacmi (V_b) ile alt kısımların hacmi oranına boşluk oranı (e) denir. Boşluk oranı teorik olarak sıfır ile sonsuz ($0 \leq e \leq \infty$) arasında bir değer göstermesine karşılık kum ve çakıllarda genellikle 0.5 - 0.9, çoğu killerde ise 0.7 -1.5 arasındadır. İnceleme alanının laboratuvar analizlerden elde edilen boşluk oranı (Tablo 3.7.) değerleri verilmektedir.

Tablo 3. 7. Laboratuvar deney sonuçları kullanılarak elde edilen boşluk oranı değerleri

Sondaj No	Boşluk Oranı
USK_0+420	-
KSK_1+068	-
ASK_1+915	0.721
ASK_2+580	-
ÜSK_4+635	0.750
SİSK_05	-
SİSK_08	0.660
SİSK_13	0.760
SİSK_14	0.720
ÜSK_5+250	0.774
USK_6+305	-

Boşluk oranı sonuçlarına göre inceleme alanının yoğunlukla kil, kum – çakıldan oluştuğu gözlemlenmektedir. İnceleme alanında yapılan zemin sondajlarında alınan numuneler üzerinde 7 adet üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Laboratuvar analizlerden elde edilen üç eksenli basınç dayanımı değerleri Tablo 3.8’de verilmektedir.

Bu değerler zeminin taşıma gücü hesabında kullanılacaktır. Dayanım değeri ne kadar yüksek ise taşıma gücünün de o kadar yüksek olacağı aşikârdır. Örneğin; kireçtaşı biriminde emniyetli taşıma gücü 6.6 - 61 kg/cm² değerleri arasında değişirken, alüvyal killerde 0.3-0.56 kg/cm² olmaktadır.

Tablo 3. 8. Üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Sondaj No	Derinlik(m)	Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi (kgf / cm ²)
ÜSK 0+420	-	-
KSK 1+068	-	-
ASK 1+915	5.50-6.00	0.64
ASK 2+580	-	-
SİSK-5	-	-
SİSK-8	-	-
SİSK-13	2.50-3.00	0.87
	7.00-7.50	0.74
SİSK-14	4.00-4.50	0.83
	7.50-8.00	0.68
ÜSK 4+635	4.00-4.50	0.72
ÜSK 5+250	4.00-4.50	0.66
ÜSK 6+350	-	-

İnceleme alanının zemin cinsi; laboratuvar deney sonuçları kullanılarak Casangra Plastisite Kartına ve sismik yöntemden elde edilen 30 m ortalama enine dalga hızı (V_{s30}) kullanılarak Eurocode 8 sınıflamalarına göre aşağıda gösterilmektedir (Tablo 3.9.).

Tablo 3.9. İnceleme alanının Casangra plastisite kartı ve Eurocode 8'e göre zemin sınıflaması

Sondaj No	Zemin Sınıfı	Eurocode 8'e Göre
ÜSK 0+420	SM	"B"
	SM	Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
KSK 1+068	SM	"B"
	SM	Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
ASK 1+915	CL	"B"
	CL	Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer

Tablo 3.9'un devamı

ASK 2+580	SC	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	SC	
SİSK-5	CH	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	CH	
SİSK-8	CL	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	CL	
SİSK-13	CH	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	CH	
SİSK-14	CH	"C" Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
	CH	
ÜSK 4+635	CH	"C" Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil
	CH	
ÜSK 5+250	CH	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	CH	
ÜSK 6+350	SM	"B" Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer
	SM	

Uluslararası Eurocode-8 Standartlarına göre, inceleme alanındaki zeminlerin B ve C sınıfı zemin gruplarına ait olduğu gözlenmektedir.

İnceleme alanında yapılan zemin sondajlarında alınan numuneler üzerinde 7 adet üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Bu değerler zeminin taşıma gücü hesabında kullanılacaktır. Kohezyon (c) değerleri laboratuvar deney sonuçlarından elde edilirken, taşıma gücü (q_u) bağıntı 10'dan elde edilmektedir. Üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları Tablo 3.10'da verilmektedir.

Tablo 3. 10. Üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Üç Eksenli Basınç Dayanım Deneyi	
		$c(kgf / cm^2)$	$q_u(kN / m^2)$
ÜSK 0+420	-	-	-
KSK 1+068	-	-	-
ASK 1+915	5.50-6.00	0.64	128
ASK 2+580	-	-	-

Tablo 3.10'un devamı

SİSK-5	-	-	-
SİSK-8	-	-	-
SİSK-13	2.50-3.00	0.87	161
	7.00-7.50	0.74	
SİSK-14	4.00-4.50	0.83	151
	7.50-8.00	0.68	
ÜSK 4+635	4.00-4.50	0.72	144
ÜSK 5+250	4.00-4.50	0.66	132
ÜSK 6+350	-	-	-

Elde edilen taşıma gücü değerlerine göre kıvam tablosu (Tablo 1.6.) incelendiğinde sondajların ilgili metrelerdeki zeminlerin “Orta Sert” kıvamda olduğu gözlenmektedir.

3.4. Jeolojik ve Jeofizik Yöntemler Kullanılarak Mühendislik Parametre Bulguları

3.4.1. İnceleme Alanı Sıvılaşma Analizi Sonuçları

Bu tez çalışmasında elde edilen kesitlerden yeraltı su tablasının üstündeki tabakaların V_s ve alınan her 1.5 m’deki SPT (N_1)₆₀ değerleri kullanılarak kayma dalgası yöntemi, 7.9 büyüklüğünde bir deprem düşünülerek eşik ivme kriteri Dobry vd. (1981) yöntemi ve Tablo 3.3’de verilen deneysel bağıntılarla hesaplanan ivme (0.12g) değeri ile standart penetrasyon darbe sayısına bağlı Seed-Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi, (1983) Iwasaki vd. (1981) yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı olarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sıvılaşma analiz değerlendirmeleri Bölüm 1.5.2.’de verilmiştir. İşlemler aşağıdaki adımlarla özetlenebilir.

İlk olarak arazide elde edilen enine (V_s) kayma dalga hızları, standart penetrasyon test N değeri, zemin tipi ve tabaka kalınlıkları, laboratuvar koşullarında hidrometrik analiz sonuçlarından bulunan ince dane içerikleri elde edilir. İkinci olarak arazi tekniklerinin uygulandığı her derinlik için toplam ve efektif düşey gerilmeler hesaplanır. Üçüncü adımda arazi tekniklerine göre elde edilmiş kayma dalga hızları ve standart penetrasyon değerleri efektif düşey gerilmeye göre düzeltilir.

Dördüncü olarak düzeltilmiş kayma dalga hızlarının ve standart penetrasyon $(N_1)_{60}$ değerlerinin sıvılaşma oluşturabilecek üst sınır değeri belirlenir.

3.4.1.1 İnceleme Alanının Kayma Dalga Hızı Kullanılarak Sıvılaşma Analizi Sonuçları

İnceleme alanının; sismik yöntemden elde edilen tabakaların enine (S) dalga hızları ve kayma dalga hızı yöntemi (Bölüm 1.5.2.2.) kullanılarak hesaplanan sıvılaşma analizi sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmektedir (Tablo 3.11- Tablo 3.25). Tablolarda SY: sıvılaşma yok; SV ise sıvılaşmanın mümkün olduğunu simgelemektedir. Su_2: sismik ölçüm değerleri (m/sn), σ'_{v0} : düşey efektif gerilme; V_{s1} : düzeltilmiş kayma dalgası hızı; C_v : üst tabaka yükü düzeltme faktörü; DDO: devirsel direnç oranı olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 11. ÜSK 0+420 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su_2 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO (Birimlessiz)	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	233	99.8	233	1	0.235	SY
3.2	233	121	222	0.953	0.230	SY
4.7	233	142	213	0.916	0.177	SY
6.2	233	163	206	0.885	0.404	SY
7.7	233	184	200	0.859	0.653	SY
9.2	934	205	781	0.836	0.441	SY
10.7	934	226	762	0.816	0.499	SY

Tablo 3. 12. ÜSK 0+420 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su_3 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	220	99.8	220	1	0.235	SY
3.2	220	121	210	0.953	0.230	SY
4.7	220	142	202	0.916	0.177	SY
6.2	220	163	195	0.885	0.404	SY
7.7	220	184	189	0.859	0.653	SY
9.2	795	205	664	0.836	0.441	SY
10.7	795	226	648	0.816	0.499	SY

Tablo 3. 13. KSK 1+068 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su_8 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	211	85.9	219	1.04	0.198	SY
3.2	211	100	211	1.00	0.203	SY
4.7	211	114	204	0.96	0.365	SV
6.2	211	129	198	0.93	0.204	SV
7.7	211	143	193	0.91	0.198	SV
9.2	211	157	188	0.89	0.144	SV
10.7	811	172	708	0.87	0.063	SY
12.2	811	186	694	0.85	0.091	SY

Tablo 3. 14. KSK 1+068 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su_9 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	183	85.9	190	1.04	0.198	SV
3.2	183	100	183	1.00	0.203	SV
4.7	183	114	177	0.96	0.365	SV
6.2	686	129	644	0.93	0.204	SY
7.7	686	143	627	0.91	0.198	SY
9.2	686	157	613	0.89	0.144	SY
10.7	686	172	599	0.87	0.063	SY
12.2	686	186	587	0.85	0.091	SY

Tablo 3. 15. ASK 1+915 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su_16 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	160	103	159	0.993	3.62	SV
3.2	160	119	153	0.957	3.00	SV
4.7	160	134	149	0.929	1.32	SV
6.2	160	150	145	0.904	1.40	SV
7.7	810	166	714	0.881	1.48	SY
9.2	810	181	698	0.862	1.55	SY
10.7	810	197	684	0.844	1.29	SY
12.2	810	212	671	0.829	0.95	SY
13.7	810	228	659	0.814	0.40	SY
15.2	810	243	649	0.801	10.3	SY
16.7	810	259	638	0.788	5.77	SY
18.2	810	274	630	0.777	11.7	SY

Tablo 3. 16. ASK 1+915 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su ₁₇ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	215	103	213	0.993	3.62	SV
3.2	215	119	206	0.957	3.00	SV
4.7	215	134	200	0.929	1.32	SV
6.2	215	150	194	0.904	1.40	SV
7.7	215	166	189	0.881	1.48	SV
9.2	660	181	569	0.862	1.55	SY
10.7	660	197	557	0.844	1.29	SY
12.2	660	212	547	0.829	0.95	SY
13.7	660	228	537	0.814	0.40	SY
15.2	660	243	529	0.801	10.3	SY
16.7	660	259	520	0.788	5.77	SY
18.2	660	274	513	0.777	11.7	SY

Tablo 3. 17. ASK 2+580 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su ₂₁ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	168	93	171	1.02	0.163	SV
3.2	168	109	164	0.97	0.153	SV
4.7	168	125	159	0.94	0.130	SV
6.2	168	141	154	0.91	0.149	SV
7.7	637	157	569	0.89	0.135	SY
9.2	637	173	555	0.87	0.129	SY
10.7	637	189	543	0.85	0.039	SY
12.2	637	205	532	0.83	1.210	SY
13.7	637	221	522	0.82	0.616	SY

Tablo 3. 18. ASK 2+580 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su ₂₂ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	202	93	206	1.02	0.163	SV
3.2	202	109	198	0.97	0.153	SV
4.7	202	125	191	0.94	0.130	SV
6.2	202	141	185	0.91	0.149	SV
7.7	760	157	679	0.89	0.135	SY
9.2	760	173	663	0.87	0.129	SY
10.7	760	189	648	0.85	0.039	SY
12.2	760	205	635	0.83	1.210	SY
13.7	760	221	623	0.82	0.616	SY

Tablo 3. 19. SİSK-5 3+500 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su ₂₉ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	150	180	130	0.86	0.155	SV
3.2	150	196	127	0.84	0.184	SV
4.7	791	211	656	0.83	0.219	SY
6.2	791	226	645	0.81	0.258	SY
7.7	791	242	634	0.80	0.258	SY
9.2	791	257	625	0.79	0.292	SY
10.7	791	273	615	0.77	0.291	SY
12.2	791	288	607	0.76	0.274	SY

Tablo 3. 20. SİSK-8 3+640 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su ₃₀ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	262	182	226	0.86	0.13	SY
3.2	262	197	221	0.84	0.13	SY
4.7	262	213	217	0.82	0.11	SY
6.2	262	228	213	0.81	0.11	SY
7.7	629	243	504	0.80	0.09	SY
9.2	629	259	496	0.78	0.12	SY
10.7	629	274	489	0.77	0.10	SY
12.2	629	290	482	0.76	0.28	SY

Tablo 3. 21. SİSK-13 Kayma Dalgası Hızı Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su ₃₁ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	170	62.3	191	1.13	0.191	SV
3.2	170	76.6	182	1.07	0.197	SV
4.7	170	91	174	1.02	0.224	SV
6.2	650	105	642	0.988	0.198	SY
7.7	650	120	621	0.955	0.221	SY
9.2	650	134	604	0.929	0.215	SY
10.7	650	148	589	0.907	0.180	SY
12.2	650	163	575	0.885	0.231	SY
13.7	650	177	564	0.867	0.335	SY
15.2	650	191	553	0.851	0.391	SY
16.7	650	206	543	0.835	0.521	SY

Tablo 3. 22. SİSK-13 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su ₃₂ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	193	62.3	221	1.13	0.191	SV
3.2	193	76.6	210	1.07	0.197	SV
4.7	193	91	201	1.02	0.224	SV
6.2	619	105	622	0.988	0.198	SY
7.7	619	120	602	0.955	0.221	SY
9.2	619	134	586	0.929	0.215	SY
10.7	619	148	571	0.907	0.180	SY
12.2	619	163	558	0.885	0.231	SY
13.7	619	177	546	0.867	0.335	SY
15.2	619	191	536	0.851	0.391	SY
16.7	619	206	526	0.835	0.521	SY

Tablo 3. 23. ÜSK-4+635 Kayma Dalgası Hızı Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su ₄₀ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	159	74.9	171	1.07	0.210	SV
3.2	159	89.9	163	1.03	0.166	SV
4.7	159	105	157	0.98	0.180	SV
6.2	159	120	152	0.95	0.177	SV
7.7	562	135	521	0.92	0.305	SY
9.2	562	150	508	0.90	0.336	SY
10.7	562	165	496	0.88	0.317	SY

Tablo 3. 24. USK-5+250 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	Su ₄₆ (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	219	134	204	0.929	0.174	SV
3.2	219	150	198	0.904	0.145	SV
4.7	219	165	193	0.882	0.104	SV
6.2	219	180	189	0.863	0.110	SV
7.7	653	195	553	0.846	0.106	SY
9.2	653	210	542	0.831	0.132	SY
10.7	653	225	533	0.816	0.286	SY
12.2	653	240	525	0.803	0.398	SY

Tablo 3. 25. USK 6+350 Kayma dalgası hızı sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	Su_57 (m/sn)	σ'_{v0} (kPa)	V_{s1} (m/sn)	C_v (kPa)	DDO	Sıvılaşma Düzeyi
1.7	222	94	225	1.02	0.12	SY
3.2	222	113	215	0.97	0.15	SY
4.7	222	133	207	0.931	0.25	SY
6.2	1532	152	1308	0.901	1.80	SY

ÜSK 0+420 (Su_2, Su_3) , KSK 1+068 (Su_8, Su_9), ASK 1+915 (Su_16, Su_17), ASK 2+580 (Su_21, Su_22), SİSK_13 (Su_31, Su_32) isimli sondajlarda sismik veri bulunmamaktadır. Bu sondajlara ait sıvılaşma hesabında kullanılan sismik veriler sondaj noktasını ortasına alacak şekilde 10 m sağında ve 10 m solunda bulunmaktadır. Sismik hızlardan elde edilen 1. tabakalarda sıvılaşma riski gözükürken, 2. tabakalar sağlam zemin olduğundan sıvılaşma riski gözükmemektedir. Kayma Dalgası Yöntemi; düzeltilmiş kayma dalgası (V_{s1}) ve devirsel direnç oranına (DDO) bağlı potansiyel sıvılaşma bölgelerini temsil eden eğriler 200 m/s'lik kayma dalgası hızı üzerinde çok dik olup, kayma dalga hızını ölçmede yapılacak küçük bir hata emniyet faktöründe önemli bir değişime neden olabilir. Bu yöntemdeki sınırlamadan dolayı dikkatli kullanmak gerekmektedir.

İnceleme alanında; Bölüm 1.5.2.2.2 'de bulunan eşik ivme kriteri deneysel bağlantıları kullanılarak hesaplanan sıvılaşma analizi sonuçları aşağıdaki tabloda verilmektedir. H: derinlik (m); a_t = eşik ivmesini, F_a : emniyet faktörünü, Sıvılaşma Potansiyeli_1T: 1.Tabaka için olası sıvılaşma potansiyelini, Sıvılaşma Potansiyeli_2T: 2.Tabaka için olası sıvılaşma potansiyelini temsil etmektedir. VAR tanımı sıvılaşma potansiyelinin varlığını, YOK ifade ise olası bir tehlikenin söz konusu olmadığını göstermektedir.

Tablo 3. 26. İnceleme alanının Eşik İvme Kriteri Kullanılarak Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

S DALGASI (m/sn)									
	1.TABAKA	2.TABAKA	H(m)	a_t 1.TABAKA	a_t 2.TABAKA	F_a 1_T	F_a 2_T	SIVILAŞMA POTANSİYELİ_1T	SIVILAŞMA POTANSİYELİ_2T
Su_1	356	613	7	0.17g	0.29g	0.7	1.2	VAR	YOK
Su_2	233	934	8	0.06g	0.72g	0.3	2.9	VAR	YOK
Su_3	220	795	8	0.06g	0.52g	0.2	2.1	VAR	YOK
Su_4	315	744	6	0.15g	0.41g	0.6	1.6	VAR	YOK
Su_5	286	666	5	0.14g	0.31g	0.6	1.2	VAR	YOK

Tablo 3.26'nin devamı

Su_6	298	415	6	0.13g	0.13g	0.5	0.5	VAR	VAR
Su_7	337	664	7	0.15g	0.34g	0.6	1.4	VAR	YOK
Su_8	211	822	10	0.04g	0.65g	0.2	2.6	VAR	YOK
Su_9	183	686	5	0.06g	0.33g	0.2	1.3	VAR	YOK
Su_10	259	801	2	0.28g	0.40g	1.1	1.6	VAR	YOK
Su_11	152	537	7	0.03g	0.22g	0.1	0.9	VAR	VAR
Su_12	190	505	8	0.04g	0.21g	0.2	0.8	VAR	VAR
Su_13	205	495	8	0.05g	0.20g	0.2	0.8	VAR	VAR
Su_14	214	736	7	0.80g	0.42g	0.2	1.7	VAR	YOK
Su_15	192	601	5	0.07g	0.25g	0.3	1.0	VAR	YOK
Su_16	160	810	7	0.03g	0.51g	0.1	2.0	VAR	YOK
Su_17	215	660	9	0.05g	0.46g	0.2	1.5	VAR	YOK
Su_18	190	940	8	0.04g	0.73g	0.2	2.9	VAR	YOK
Su_19	287	867	10	0.08g	0.12g	0.3	2.9	VAR	YOK
Su_20	285	901	7	0.11g	0.63g	0.4	2.5	VAR	YOK
Su_21	168	637	6	0.04g	0.30g	0.2	1.2	VAR	YOK
Su_22	202	760	6	0.06g	0.48g	0.2	1.7	VAR	YOK
Su_29	150	791	3	0.06g	0.40g	0.3	2.0	VAR	YOK
Su_30	262	629	6	0.10g	0.29g	0.4	1.2	VAR	YOK
Su_31	170	650	6	0.04g	0.35g	0.2	1.2	VAR	YOK
Su_32	193	619	6	0.06g	0.57g	0.2	1.1	VAR	YOK
Su_33	196	737	13	0.03g	0.71g	0.1	1.7	VAR	YOK
Su_34	168	468	10	0.03g	0.21g	0.1	0.8	VAR	VAR
Su_35	194	630	9	0.04g	0.35g	0.2	1.4	VAR	YOK
Su_36	132	568	6	0.03g	0.27g	0.1	1.1	VAR	YOK
Su_37	162	553	6	0.04g	0.25g	0.2	0.9	VAR	VAR
Su_38	210	520	5	0.08g	0.19g	0.3	0.8	VAR	VAR
Su_39	220	564	8	0.06g	0.27g	0.2	1.1	VAR	YOK
Su_40	159	562	7	0.03g	0.25g	0.1	1.6	VAR	YOK
Su_41	181	520	10	0.03g	0.26g	0.1	1.0	VAR	YOK
Su_42	163	484	8	0.03g	0.19g	0.1	0.8	VAR	VAR
Su_43	314	755	9	0.01g	0.51g	0.4	2.0	VAR	YOK
Su_44	180	747	9	0.03g	0.50g	0.1	2.0	VAR	YOK
Su_45	132	648	10	0.02g	0.40g	0.1	1.6	VAR	YOK
Su_46	219	653	7	0.06g	0.33g	0.2	2.2	VAR	YOK
Su_47	200	624	7	0.05g	0.30g	0.2	2.0	VAR	YOK
Su_48	198	591	7	0.05g	0.27g	0.2	1.1	VAR	YOK
Su_49	162	614	4	0.06g	0.25g	0.2	1.0	VAR	YOK
Su_50	151	712	7	0.03g	0.40g	0.1	2.6	VAR	YOK
Su_51	263	767	5	0.12g	0.41g	0.5	1.7	VAR	YOK
Su_52	164	750	6	0.04g	0.42g	0.2	1.7	VAR	YOK
Su_53	246	659	5	0.11g	0.30g	0.4	1.2	VAR	YOK
Su_54	178	687	6	0.05g	0.35g	0.2	1.4	VAR	YOK
Su_55	169	510	9	0.03g	0.23g	0.1	0.9	VAR	VAR
Su_56	230	444	6	0.08g	0.15g	0.3	0.6	VAR	YOK
Su_57	222	1532	5	0.09g	1.65g	0.3	6.6	VAR	YOK
Su_58	300	983	7	0.12g	0.75g	0.5	3.0	VAR	YOK

Tablo 3.26'nın devamı

Su_59	321	899	5	0.18g	0.57g	0.7	2.3	VAR	YOK
Su_60	145	753	6	0.03g	0.42g	0.1	1.7	VAR	YOK
Su_61	271	928	6	0.11g	0.71g	0.4	2.5	VAR	YOK
Su_62	176	576	5	0.05g	0.23g	0.2	0.9	VAR	VAR

İnceleme alanında eşik ivme kriteri ($a_{max}=0.4g$) kullanılarak yapılan sıvılaşma analizi sonucunda sismik hızlardan elde edilen genelde 1. tabakalarda sıvılaşma riski gözükürken, 2. tabakalar sağlam zemin olduğundan sıvılaşma riski gözükmemektedir. Sismik yöntemlerle hesaplanan sıvılaşma analizi, büyük alanlardan küçük alanlara indirgememize yardımcı olmakta olup; standart penetrasyon deneyleri ve konik penetrasyon deneyleri ile desteklenmelidir.

3.4.1.2 İnceleme Alanının Standart Penetrasyon Deneyi Kullanılarak Sıvılaşma Analizi Sonuçları

İnceleme alanının; Standart penetrasyon testine bağlı Seed-Idriss, 1971 ; Tokimatsu ve Yoshimi, 1983; Iwasaki vd., 1981 yöntemleri kullanılarak (Bölüm 1.5.2.1) elde edilen sıvılaşma analizi sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmektedir. σ_{vo} : düşey toplam gerilme; σ'_{vo} : düşey efektif gerilme; C_n : üst tabaka yükü düzeltme katsayısı; $(N_1)_{60}$: düzeltilmiş standart penetrasyon darbe sayısı; DDO: devirsel direnç oranı; DGO: devirsel gerilme oranı; EF: emniyet faktörü ; I_L : sıvılaşma potansiyeli dizini olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 27. ÜSK_0+420 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	116	99.8	1.00	21.5	0.989	0.0091	0.235	22.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	152	121	0.914	21.1	0.978	0.0098	0.230	20.5	
4.7	188	142	0.840	16.6	0.968	0.0102	0.177	15.2	
6.2	224	163	0.777	28.9	0.956	0.0104	0.404	33.8	
7.7	260	184	0.724	31.6	0.941	0.0106	0.653	54.1	
9.2	295	205	0.677	29.6	0.92	0.0105	0.441	36.6	
10.7	331	226	0.635	30.4	0.89	0.0104	0.499	42.1	

Tablo 3. 28. KSK_1+068 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	103	85.9	1.07	18.5	0.989	0.0094	0.198	18.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	132	100	0.999	19	0.978	0.0102	0.203	17.4	
4.7	161	114	0.938	27.9	0.968	0.0108	0.365	29.6	
6.2	190	129	0.884	43	0.956	0.0112	0.204	15.9	
7.7	219	143	0.836	42.8	0.941	0.0114	0.198	15.2	
9.2	248	157	0.793	40.6	0.92	0.0115	0.144	10.9	
10.7	277	172	0.754	38.6	0.89	0.0114	0.063	4.83	
12.2	306	186	0.719	36.8	0.851	0.0111	0.091	7.19	

Tablo 3. 29. ASK_1+915 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	120	103	0.985	19.5	0.989	0.0091	0.209	20.0	"Sıvılaşma Riski Düşük"
3.2	150	119	0.921	19.0	0.978	0.0098	0.203	18.1	
4.7	181	134	0.864	15.0	0.968	0.0103	0.160	13.5	
6.2	211	150	0.815	15.5	0.956	0.0107	0.165	13.5	
7.7	241	166	0.77	15.9	0.941	0.0109	0.169	13.6	
9.2	271	181	0.731	16.3	0.920	0.0110	0.173	13.8	
10.7	302	197	0.695	15.5	0.890	0.0109	0.165	13.3	
12.2	332	212	0.662	14.2	0.851	0.0106	0.152	12.6	
13.7	362	228	0.633	9.92	0.804	0.0102	0.112	9.66	
15.2	392	243	0.606	27.0	0.754	0.0096	0.338	30.5	
16.7	423	259	0.581	24.0	0.705	0.0091	0.273	26.0	
18.2	453	274	0.558	28.1	0.662	0.0086	0.372	37.5	

Tablo 3. 30. ASK_2+580 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93	1.03	15.3	0.989	0.00928	0.163	15.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	140	109	0.96	14.3	0.978	0.0100	0.153	13.3	
4.7	171	125	0.898	11.9	0.968	0.0105	0.130	10.8	
6.2	202	141	0.843	13.9	0.956	0.0109	0.149	12.0	
7.7	233	157	0.794	12.5	0.941	0.0111	0.135	10.7	
9.2	263	173	0.751	11.8	0.920	0.0111	0.129	10.1	
10.7	294	189	0.712	38.2	0.890	0.0110	0.039	3.16	
12.2	325	205	0.677	33.0	0.851	0.0107	1.210	98.4	
13.7	355	221	0.646	31.4	0.804	0.0103	0.616	52.4	

Tablo 3. 31. SİSK_5 3+500 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93	1.03	15.3	0.989	0.00928	0.163	15.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	140	109	0.96	14.3	0.978	0.0100	0.153	13.3	
4.7	171	125	0.898	11.9	0.968	0.0105	0.130	10.8	
6.2	202	141	0.843	13.9	0.956	0.0109	0.149	12.0	
7.7	233	157	0.794	12.5	0.941	0.0111	0.135	10.7	
9.2	263	173	0.751	11.8	0.920	0.0111	0.129	10.1	
10.7	294	189	0.712	38.2	0.890	0.0110	0.039	3.16	
12.2	325	205	0.677	33.0	0.851	0.0107	1.210	98.4	
13.7	355	221	0.646	31.4	0.804	0.0103	0.616	52.4	

Tablo 3. 32. SİSK_8 3+640 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	198	182	0.729	12	0.989	0.00859	0.131	13.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	229	197	0.694	12.6	0.978	0.00902	0.137	13.3	
4.7	259	213	0.661	10.4	0.968	0.00937	0.116	10.9	
6.2	289	228	0.632	10.4	0.956	0.00964	0.117	10.6	
7.7	319	243	0.605	7.49	0.941	0.00981	0.0917	8.18	
9.2	349	259	0.581	11.5	0.92	0.00987	0.127	11.2	
10.7	379	274	0.558	9.21	0.89	0.00979	0.106	9.49	
12.2	409	290	0.537	24.4	0.851	0.00957	0.28	25.6	

Tablo 3. 33. SİSK_13 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	79	62.3	1.21	17.9	0.989	0.00998	0.191	16.7	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	108	76.6	1.12	18.5	0.978	0.011	0.197	15.7	
4.7	137	91	1.04	20.6	0.968	0.0116	0.224	16.9	
6.2	166	105	0.976	18.5	0.956	0.012	0.198	14.4	
7.7	195	120	0.918	20.4	0.941	0.0122	0.221	15.8	
9.2	224	134	0.866	20	0.92	0.0122	0.215	15.4	
10.7	253	148	0.82	16.9	0.89	0.0121	0.18	13	
12.2	282	163	0.778	21.2	0.851	0.0118	0.231	17.2	
13.7	311	177	0.741	26.9	0.804	0.0113	0.335	26.1	
15.2	340	191	0.707	28.6	0.754	0.0107	0.391	32	
16.7	370	206	0.675	30.6	0.705	0.0101	0.521	45.2	

Tablo 3. 34. SİSK_14 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	86.8	70.1	1.16	20	0.989	0.00974	0.216	19.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	116	84.8	1.07	16.8	0.978	0.0107	0.179	14.7	
4.7	146	99.4	1.00	13.2	0.968	0.0113	0.143	11.1	
6.2	175	114	0.94	13.2	0.956	0.0117	0.142	10.7	
7.7	204	129	0.88	13.9	0.941	0.0119	0.149	11	
9.2	234	143	0.83	19.3	0.92	0.0119	0.207	15.2	
10.7	263	158	0.79	19.6	0.89	0.0118	0.21	15.6	
12.2	292	173	0.75	14.9	0.851	0.0115	0.159	12.1	
13.7	322	187	0.71	32.5	0.804	0.011	0.893	71.1	
15.2	351	202	0.68	28.7	0.754	0.0104	0.399	33.4	
16.7	381	217	0.65	28	0.705	0.00986	0.371	32.9	

Tablo 3. 35. ÜSK-4+635 Seed-Idriss Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	91.6	74.9	1.13	19.6	0.989	0.00962	0.21	19.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	121	89.9	1.05	15.6	0.978	0.0105	0.166	13.8	
4.7	151	105	0.979	17	0.968	0.0111	0.18	14.2	
6.2	181	120	0.918	16.7	0.956	0.0115	0.177	13.5	
7.7	210	135	0.864	25.7	0.941	0.0117	0.305	22.9	
9.2	240	150	0.816	26.9	0.92	0.0117	0.336	25.1	
10.7	270	165	0.773	26.2	0.89	0.0116	0.317	23.9	

Tablo 3. 36. ÜSK-5+250 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	91.6	74.9	1.13	19.6	0.989	0.00962	0.21	19.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	121	89.9	1.05	15.6	0.978	0.0105	0.166	13.8	
4.7	151	105	0.979	17	0.968	0.0111	0.18	14.2	
6.2	181	120	0.918	16.7	0.956	0.0115	0.177	13.5	
7.7	210	135	0.864	25.7	0.941	0.0117	0.305	22.9	
9.2	240	150	0.816	26.9	0.92	0.0117	0.336	25.1	
10.7	270	165	0.773	26.2	0.89	0.0116	0.317	23.9	

Tablo 3. 37. ÜSK-6+350 Seed-Idriss yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	91.6	74.9	1.13	19.6	0.989	0.00962	0.21	19.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	121	89.9	1.05	15.6	0.978	0.0105	0.166	13.8	
4.7	151	105	0.979	17	0.968	0.0111	0.18	14.2	
6.2	181	120	0.918	16.7	0.956	0.0115	0.177	13.5	
7.7	210	135	0.864	25.7	0.941	0.0117	0.305	22.9	
9.2	240	150	0.816	26.9	0.92	0.0117	0.336	25.1	
10.7	270	165	0.773	26.2	0.89	0.0116	0.317	23.9	

11 adet sondaj noktasında Seed-Idriss Yöntemi kullanılarak hesaplanan emniyet faktörü değerleri 1'den büyük olduğu için potansiyel sıvılaşma riski gözükmemektedir.

Tablo 3. 38. ÜSK-0+420 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	116	99.8	0.975	26.0	0.0096	1.66	172	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	152	121	0.952	24.9	0.0101	1.34	133	
4.7	188	142	0.929	19.3	0.0104	0.47	45.5	
6.2	224	163	0.907	32.8	0.0105	5.75	547	
7.7	260	184	0.885	35.5	0.0105	8.97	851	
9.2	295	205	0.862	32.7	0.0105	10.2	972	
10.7	331	226	0.840	33.3	0.0104	11.1	1067	

Tablo 3. 39. KSK 1+068 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	103	85.9	0.975	22.9	0.00983	0.912	92.7	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	132	100	0.952	23	0.0106	0.925	87.5	
4.7	161	114	0.929	33.2	0.011	6.11	554	
6.2	190	129	0.907	50.5	0.0113	35.3	3123	
7.7	219	143	0.885	49.5	0.0114	30.8	2703	
9.2	248	157	0.862	46.4	0.0115	19.6	1719	
10.7	277	172	0.84	43.6	0.0114	12.9	1113	
12.2	306	186	0.817	41.2	0.0113	8.71	767	

Tablo 3. 40. ASK 1+915 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	120	103	0.975	23.5	0.00956	3.62	379	"Sıvılaşma Riski Düşük"
3.2	150	119	0.952	22.5	0.0102	3.00	295	
4.7	181	134	0.929	17.5	0.0105	1.32	125	
6.2	211	150	0.907	17.8	0.0108	1.40	130	
7.7	241	166	0.885	18	0.0109	1.48	136	
9.2	271	181	0.862	18.3	0.0109	1.55	142	
10.7	302	197	0.840	17.2	0.0109	1.29	118	
12.2	332	212	0.817	15.7	0.0108	0.95	88.7	
13.7	362	228	0.794	10.8	0.0107	0.40	38.3	
15.2	392	243	0.772	29.3	0.0105	10.3	978	
16.7	423	259	0.750	25.9	0.0103	5.77	558	
18.2	453	274	0.727	30.1	0.0101	11.7	1163	

Tablo 3. 41. ASK 2+580 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93	0.975	18.8	0.00971	0.572	58.9	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	140	109	0.952	17.1	0.0104	0.432	41.7	
4.7	171	125	0.929	13.9	0.0107	0.278	25.8	
6.2	202	141	0.907	16.1	0.0110	0.371	33.9	
7.7	233	157	0.885	14.2	0.0111	0.288	26.0	
9.2	263	173	0.862	13.3	0.0111	0.224	20.2	
10.7	294	189	0.840	42.7	0.0110	27.9	2553	
12.2	325	205	0.817	36.5	0.0109	14.3	1133	
13.7	355	221	0.794	34.5	0.0108	10.4	966	

Tablo 3. 42. SİSK-5 3+500 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	197	180	0.975	16.3	0.0090	1.04	116	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	227	196	0.952	19.2	0.00933	1.81	194	
4.7	257	211	0.929	22.4	0.00957	3.28	343	
6.2	287	226	0.907	25.2	0.00972	5.46	562	
7.7	317	242	0.885	25.1	0.00981	5.6	571	
9.2	347	257	0.862	27	0.00984	7.8	792	
10.7	378	273	0.84	26.8	0.00982	7.51	764	
12.2	408	288	0.817	25.6	0.00977	1.4	143	

Tablo 3. 43. SİSK-13 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	79	62.3	0.975	23.1	0.0104	4.26	79	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	108	76.6	0.952	23.2	0.0113	4.3	108	
4.7	137	91	0.929	25.3	0.0118	6.28	137	
6.2	166	105	0.907	22.3	0.0121	3.17	166	
7.7	195	120	0.885	24.2	0.0122	5.06	195	
9.2	224	134	0.862	23.3	0.0122	4.34	224	
10.7	253	148	0.84	19.5	0.0121	2.13	253	
12.2	282	163	0.817	24.1	0.012	4.98	282	
13.7	311	177	0.794	30.3	0.0118	11.7	311	
15.2	340	191	0.772	31.9	0.0116	15	340	
16.7	370	206	0.75	33.9	0.0114	20.4	370	

Tablo 3. 44. SİSK-14 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	C_n	$N_{1(60)}$	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	86.8	70.1	1.16	20	0.989	0.00974	0.216	19.4	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	116	84.8	1.07	16.8	0.978	0.0107	0.179	14.7	
4.7	146	99.4	1.00	13.2	0.968	0.0113	0.143	11.1	
6.2	175	114	0.94	13.2	0.956	0.0117	0.142	10.7	
7.7	204	129	0.88	13.9	0.941	0.0119	0.149	11	
9.2	234	143	0.83	19.3	0.92	0.0119	0.207	15.2	
10.7	263	158	0.79	19.6	0.89	0.0118	0.21	15.6	
12.2	292	173	0.75	14.9	0.851	0.0115	0.159	12.1	
13.7	322	187	0.71	32.5	0.804	0.011	0.893	71.1	
15.2	351	202	0.68	28.7	0.754	0.0104	0.399	33.4	
16.7	381	217	0.65	28	0.705	0.00986	0.371	32.9	

Tablo 3. 45. USK-4+635 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	91.6	74.9	0.975	24.6	0.0101	3.56	354	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	121	89.9	0.952	19.1	0.0109	1.27	117	
4.7	151	105	0.929	20.4	0.0113	2.32	205	
6.2	181	120	0.907	19.7	0.0116	2.03	176	
7.7	210	135	0.885	29.9	0.0117	12.1	1103	
9.2	240	150	0.862	31	0.0117	14.3	1228	
10.7	270	165	0.84	29.7	0.0116	11.2	962	

Tablo 3. 46. USK-5+250 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	151	134	0.975	19.1	0.00925	1.65	178	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	181	150	0.952	15.5	0.00973	0.827	85	
4.7	211	165	0.929	10.1	0.0101	0.373	37.1	
6.2	241	180	0.907	10.9	0.0103	0.418	40.8	
7.7	270	195	0.885	10.3	0.0104	0.392	37.8	
9.2	300	210	0.862	13.4	0.0104	0.66	63.3	
10.7	330	225	0.84	27.1	0.0104	8.14	782	
12.2	360	240	0.817	31.2	0.0103	15.6	1510	

Tablo 3. 47. USK-6+350 Tokimatsu-Yoshimine yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	r_d	$N_{1(80)}$	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93.8	0.975	13.5	0.0097	0.226	23.3	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	145	113	0.952	17.6	0.0103	0.372	36.2	
4.7	179	133	0.929	41.9	0.0106	24.8	2340	
6.2	213	152	0.907	38.3	0.0107	14.3	1330	

11 adet sondaj noktasında Tokimatsu-Yoshimine Yöntemi kullanılarak hesaplanan emniyet faktörü değerleri 1'den büyük olduğu için potansiyel sıvılaşma riski gözükmemektedir.

Tablo 3. 48. USK-0+420 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	116	99.8	0.975	0.0139	0.295	21.2	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	152	121	0.952	0.0147	0.288	19.6	
4.7	188	142	0.929	0.0151	0.247	16.4	
6.2	224	163	0.907	0.0153	0.338	22.1	
7.7	260	184	0.885	0.0153	0.353	23.1	
9.2	295	205	0.862	0.0152	0.387	25.5	
10.7	331	226	0.840	0.0150	0.390	25.9	

Tablo 3. 49. KSK-1+068 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	103	85.9	0.975	0.0143	0.274	19.2	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	132	100	0.952	0.0153	0.274	17.9	
4.7	161	114	0.929	0.0160	0.340	21.3	
6.2	190	129	0.907	0.0164	0.431	26.3	
7.7	219	143	0.885	0.0166	0.426	25.7	
9.2	248	157	0.862	0.0166	0.411	24.7	
10.7	277	172	0.84	0.0166	0.397	24.0	
12.2	306	186	0.817	0.0164	0.384	23.4	

Tablo 3. 50. ASK-1+915 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	120	103	0.975	0.0139	0.328	23.7	"Sıvılaşma Riski Düşük"
3.2	150	119	0.952	0.0147	0.321	21.8	
4.7	181	134	0.929	0.0153	0.233	15.2	
6.2	211	150	0.907	0.0156	0.235	15.1	
7.7	241	166	0.885	0.0158	0.237	15.0	
9.2	271	181	0.862	0.0158	0.239	15.1	
10.7	302	197	0.840	0.0158	0.281	17.8	
12.2	332	212	0.817	0.0156	0.268	17.1	
13.7	362	228	0.794	0.0155	0.223	14.4	
15.2	392	243	0.772	0.0152	0.316	20.7	
16.7	423	259	0.750	0.015	0.294	19.6	
18.2	453	274	0.727	0.0147	0.321	21.9	

Tablo 3. 51. ASK-2+580 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93	0.975	0.0141	0.243	17.3	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	140	109	0.952	0.0150	0.230	15.3	
4.7	171	125	0.929	0.0156	0.203	13.0	
6.2	202	141	0.907	0.0159	0.222	13.9	
7.7	233	157	0.885	0.0160	0.205	12.8	
9.2	263	173	0.862	0.0161	0.197	12.2	
10.7	294	189	0.840	0.0160	0.392	24.5	
12.2	325	205	0.817	0.0158	0.359	22.6	
13.7	355	221	0.794	0.0157	0.347	22.2	

Tablo 3. 52. SİSK-5 3+500 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	197	180	0.975	0.013	0.223	17.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	227	196	0.952	0.0135	0.246	18.2	
4.7	257	211	0.929	0.0139	0.27	19.5	
6.2	287	226	0.907	0.0141	0.29	20.6	
7.7	317	242	0.885	0.0142	0.339	23.8	
9.2	347	257	0.862	0.0143	0.352	24.7	
10.7	378	273	0.84	0.0142	0.35	24.6	
12.2	408	288	0.817	0.0142	0.293	20.7	

Tablo 3. 53. SİSK-8 3+640 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	197	180	0.975	0.013	0.249	19.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	227	196	0.952	0.0135	0.254	18.8	
4.7	257	211	0.929	0.0139	0.229	16.5	
6.2	287	226	0.907	0.0141	0.229	16.3	
7.7	317	242	0.885	0.0142	0.193	13.6	
9.2	347	257	0.862	0.0143	0.189	13.2	
10.7	378	273	0.84	0.0142	0.163	11.5	
12.2	408	288	0.817	0.0142	0.296	20.9	

Tablo 3. 54. SİSK-13 3+640 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	79	62.3	0.975	0.0151	0.275	18.2	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	108	76.6	0.952	0.0164	0.276	16.8	
4.7	137	91	0.929	0.0171	0.291	16.9	
6.2	166	105	0.907	0.0175	0.319	18.2	
7.7	195	120	0.885	0.0177	0.283	16	
9.2	224	134	0.862	0.0177	0.277	15.7	
10.7	253	148	0.84	0.0176	0.248	14.2	
12.2	282	163	0.817	0.0174	0.282	16.2	
13.7	311	177	0.794	0.0171	0.372	21.8	
15.2	340	191	0.772	0.0168	0.382	22.7	
16.7	370	206	0.75	0.0165	0.394	23.9	

Tablo 3. 55. SİSK-14 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	86.8	70.1	0.975	0.0148	0.341	23.1	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	116	84.8	0.952	0.016	0.309	19.3	
4.7	146	99.4	0.929	0.0167	0.221	13.3	
6.2	175	114	0.907	0.017	0.218	12.8	
7.7	204	129	0.885	0.0172	0.223	13	
9.2	234	143	0.862	0.0172	0.269	15.7	
10.7	263	158	0.84	0.0171	0.27	15.8	
12.2	292	173	0.817	0.0169	0.277	16.4	
13.7	322	187	0.794	0.0167	0.408	24.4	
15.2	351	202	0.772	0.0164	0.382	23.2	
16.7	381	217	0.75	0.0161	0.376	23.3	

Tablo 3. 56. USK 4+635 Iwasaki vb. Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	91.7	75	0.975	0.0146	0.336	23	“Sıvılaşma Riski Düşük”
3.2	121	89.6	0.952	0.0157	0.246	15.6	
4.7	150	104	0.929	0.0164	0.256	15.6	
6.2	180	119	0.907	0.0168	0.251	15	
7.7	209	134	0.885	0.017	0.371	21.9	
9.2	239	148	0.862	0.017	0.378	22.2	
10.7	268	163	0.84	0.0169	0.32	18.9	

Tablo 3. 57. USK 5+250 Iwasaki vb. yöntemi ile sıvılaşma analizi değerlendirilmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	151	134	0.975	0.0134	0.295	22.0	"Sıvılaşma Riski Düşük"
3.2	181	150	0.952	0.0141	0.216	15.3	
4.7	211	165	0.929	0.0146	0.165	11.4	
6.2	241	180	0.907	0.0149	0.173	11.7	
7.7	270	195	0.885	0.015	0.217	14.4	
9.2	300	210	0.862	0.0151	0.248	16.4	
10.7	330	225	0.84	0.0151	0.353	23.4	
12.2	360	240	0.817	0.015	0.379	25.2	

Tablo 3. 58. USK 6+350 Iwasaki vb. Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi Değerlendirmesi

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	r_d	DGO	DDO	EF	I_L
1.7	110	93.8	0.975	0.0141	0.198	14.1	"Sıvılaşma Riski Düşük"
3.2	145	113	0.952	0.0149	0.234	15.7	
4.7	179	133	0.929	0.0153	0.388	25.3	
6.2	213	152	0.907	0.0155	0.369	23.7	

11 adet sondaj noktasında Iwasaki vd. yöntemi kullanılarak hesaplanan emniyet faktörü değerlerinin 1'den büyük olmasından dolayı potansiyel sıvılaşma riski gözükmemektedir.

3.4.2. İnceleme Alanının Oturma Analizi Sonuçları

Bu tez çalışmasında her 1.5 m ‘deki SPT $(N_1)_{60}$ değerlerine bağlı sınılaşma analizi sonuçları kullanılarak oturma analizi Tokimatsu ve Seed, Ishihara ve Yoshimine yöntemler ile karşılaştırmalı olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan oturma analiz yöntemleri Bölüm 1.5.3’de verilmiştir. İnceleme alanının belirlenen oturma analizi sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmektedir. σ_{v0} : düşey toplam gerilme; σ'_{v0} : düşey efektif gerilme; C_n : üst tabaka yükü düzeltme katsayısı; DGOY: düzeltilmiş devirsel gerilme oranı ; DDO: devirsel direnç oranı; DGO: devirsel gerilme oranı; S-I-Y: Seed-Idriss yöntemine göre potansiyel oturma; I-Y-Y: Ishihara-Yoshimine yöntemine göre potansiyel oturma olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 59. ÜSK 0+420 Seed-Idriss Yöntemine göre sınılaşma Analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	116	99.8	1.95	0.0091	0.235	22.4	-	-
3.2	152	121	1.87	0.0098	0.230	20.5	-	-
4.7	188	142	1.44	0.0102	0.177	15.2	-	-
6.2	224	163	2.46	0.0104	0.404	33.8	-	-
7.7	260	184	2.66	0.0106	0.653	54.1	-	-
9.2	295	205	2.46	0.0105	0.441	36.6	-	-
10.7	331	226	2.50	0.0104	0.499	42.1	-	-

Tablo 3. 60. ÜSK 0+420 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	116	99.8	1.95	0.0096	1.66	172	-	-
3.2	152	121	1.87	0.0101	1.34	133	-	-
4.7	188	142	1.44	0.0104	0.47	45.5	-	-
6.2	224	163	2.46	0.0105	5.75	547	-	-
7.7	260	184	2.66	0.0105	8.97	851	-	-
9.2	295	205	2.46	0.0105	10.2	972	-	-
10.7	331	226	2.50	0.0104	11.1	1067	-	-

Tablo 3. 61. ÜSK 0+420 Iwasaki vd. Yöntemine Göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	116	99.8	1.95	0.0096	0.295	21.2	-	-
3.2	152	121	1.87	0.0101	0.288	19.6	-	-
4.7	188	142	1.44	0.0104	0.247	16.4	-	-
6.2	224	163	2.46	0.0105	0.338	22.1	-	-
7.7	260	184	2.66	0.0105	0.353	23.1	-	-
9.2	295	205	2.46	0.0105	0.387	25.5	-	-
10.7	331	226	2.50	0.0104	0.390	25.9	-	-

Tablo 3. 62. KSK 1+068 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	103	85.9	1.72	0.0094	0.198	18.4	-	-
3.2	132	100	1.73	0.0102	0.203	17.4	-	-
4.7	161	114	2.49	0.0108	0.365	29.6	-	-
6.2	190	129	3.78	0.0112	0.204	15.9	-	-
7.7	219	143	3.71	0.0114	0.198	15.2	-	-
9.2	248	157	3.48	0.0115	0.144	10.9	-	-
10.7	277	172	3.27	0.0114	0.063	4.83	-	-
12.2	306	186	3.09	0.0111	0.091	7.19	-	-

Tablo 3. 63. KSK 1+068 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	103	85.9	1.72	0.00983	0.912	92.7	-	-
3.2	132	100	1.73	0.0106	0.925	87.5	-	-
4.7	161	114	2.49	0.011	6.11	554	-	-
6.2	190	129	3.78	0.0113	35.3	3123	-	-
7.7	219	143	3.71	0.0114	30.8	2703	-	-
9.2	248	157	3.48	0.0115	19.6	1719	-	-
10.7	277	172	3.27	0.0114	12.9	1113	-	-
12.2	306	186	3.09	0.0113	8.71	767	-	-

Tablo 3. 64. KSK 1+068 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	103	85.9	1.72	0.0143	0.274	19.2	-	-
3.2	132	100	1.73	0.0153	0.274	17.9	-	-
4.7	161	114	2.49	0.0160	0.340	21.3	-	-
6.2	190	129	3.78	0.0164	0.431	26.3	-	-
7.7	219	143	3.71	0.0166	0.426	25.7	-	-
9.2	248	157	3.48	0.0166	0.411	24.7	-	-
10.7	277	172	3.27	0.0166	0.397	24.0	-	-
12.2	306	186	3.09	0.0164	0.384	23.4	-	-

Tablo 3. 65. KSK 1+915 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	120	103	1.77	0.0095	3.62	379	-	-
3.2	150	119	1.69	0.0102	3.00	295	-	-
4.7	181	134	1.31	0.0105	1.32	125	-	-
6.2	211	150	1.33	0.0108	1.40	130	-	-
7.7	241	166	1.35	0.0109	1.48	136	-	-
9.2	271	181	1.37	0.0109	1.55	142	-	-
10.7	302	197	1.29	0.0109	1.29	118	-	-
12.2	332	212	1.18	0.0108	0.95	88.7	-	-
13.7	362	228	0.81	0.0107	0.40	38.3	-	-
15.2	392	243	2.20	0.0105	10.3	978	-	-
16.7	423	259	1.94	0.0103	5.77	558	-	-
18.2	453	274	2.26	0.0101	11.7	1163	-	-

Tablo 3. 66. KSK 1+915 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	120	103	1.77	0.0095	3.62	379	-	-
3.2	150	119	1.69	0.0102	3.00	295	-	-
4.7	181	134	1.31	0.0105	1.32	125	-	-
6.2	211	150	1.33	0.0108	1.40	130	-	-
7.7	241	166	1.35	0.0109	1.48	136	-	-
9.2	271	181	1.37	0.0109	1.55	142	-	-
10.7	302	197	1.29	0.0109	1.29	118	-	-
12.2	332	212	1.18	0.0108	0.95	88.7	-	-
13.7	362	228	0.81	0.0107	0.40	38.3	-	-
15.2	392	243	2.20	0.0105	10.3	978	-	-
16.7	423	259	1.94	0.0103	5.77	558	-	-
18.2	453	274	2.26	0.0101	11.7	1163	-	-

Tablo 3. 67. KSK 1+915 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	120	103	1.77	120	103	1.77	-	-
3.2	150	119	1.69	150	119	1.69	-	-
4.7	181	134	1.31	181	134	1.31	-	-
6.2	211	150	1.33	211	150	1.33	-	-
7.7	241	166	1.35	241	166	1.35	-	-
9.2	271	181	1.37	271	181	1.37	-	-
10.7	302	197	1.29	302	197	1.29	-	-
12.2	332	212	1.18	332	212	1.18	-	-
13.7	362	228	0.81	362	228	0.81	-	-
15.2	392	243	2.20	392	243	2.20	-	-
16.7	423	259	1.94	423	259	1.94	-	-
18.2	453	274	2.26	453	274	2.26	-	-

Tablo 3. 68. ASK 2+580 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93	1.41	0.00928	0.163	15.4	-	-
3.2	140	109	1.28	0.0100	0.153	13.3	-	-
4.7	171	125	1.05	0.0105	0.130	10.8	-	-
6.2	202	141	1.21	0.0109	0.149	12.0	-	-
7.7	233	157	1.07	0.0111	0.135	10.7	-	-
9.2	263	173	0.99	0.0111	0.129	10.1	-	-
10.7	294	189	3.20	0.0110	0.039	3.16	-	-
12.2	325	205	2.74	0.0107	1.210	98.4	-	-
13.7	355	221	2.59	0.0103	0.616	52.4	-	-

Tablo 3. 69. ASK 2+580 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93	1.41	0.00971	0.572	58.9	-	-
3.2	140	109	1.28	0.0104	0.432	41.7	-	-
4.7	171	125	1.05	0.0107	0.278	25.8	-	-
6.2	202	141	1.21	0.0110	0.371	33.9	-	-
7.7	233	157	1.07	0.0111	0.288	26.0	-	-
9.2	263	173	0.99	0.0111	0.224	20.2	-	-
10.7	294	189	3.20	0.0110	27.9	2553	-	-
12.2	325	205	2.74	0.0109	14.3	1133	-	-
13.7	355	221	2.59	0.0108	10.4	966	-	-

Tablo 3. 70. ASK 2+580 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93	1.41	0.0141	0.243	17.3	-	-
3.2	140	109	1.28	0.0150	0.230	15.3	-	-
4.7	171	125	1.05	0.0156	0.203	13.0	-	-
6.2	202	141	1.21	0.0159	0.222	13.9	-	-
7.7	233	157	1.07	0.0160	0.205	12.8	-	-
9.2	263	173	0.99	0.0161	0.197	12.2	-	-
10.7	294	189	3.20	0.0160	0.392	24.5	-	-
12.2	325	205	2.74	0.0158	0.359	22.6	-	-
13.7	355	221	2.59	0.0157	0.347	22.2	-	-

Tablo 3. 71. SİSK-5 3+500 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	197	180	1.22	0.0086	0.155	15.8	-	-
3.2	227	196	1.44	0.00903	0.184	17.8	-	-
4.7	257	211	1.68	0.00938	0.219	20.4	-	-
6.2	287	226	1.9	0.00965	0.258	23.4	-	-
7.7	317	242	1.88	0.00983	0.258	23	-	-
9.2	347	257	2.03	0.00989	0.292	25.9	-	-
10.7	378	273	2.01	0.00981	0.291	26.0	-	-
12.2	408	288	1.92	0.00959	0.274	25.0	-	-

Tablo 3. 72. SİSK-5 3+500 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	197	180	1.22	0.009	1.04	116	-	-
3.2	227	196	1.44	0.00933	1.81	194	-	-
4.7	257	211	1.68	0.00957	3.28	343	-	-
6.2	287	226	1.9	0.00972	5.46	562	-	-
7.7	317	242	1.88	0.00981	5.6	571	-	-
9.2	347	257	2.03	0.00984	7.8	792	-	-
10.7	378	273	2.01	0.00982	7.51	764	-	-
12.2	408	288	1.92	0.00977	1.40	143	-	-

Tablo 3. 73. SİSK-5 3+500 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	197	180	1.22	0.013	0.223	17.1	-	-
3.2	227	196	1.44	0.0135	0.246	18.2	-	-
4.7	257	211	1.68	0.0139	0.27	19.5	-	-
6.2	287	226	1.9	0.0141	0.29	20.6	-	-
7.7	317	242	1.88	0.0142	0.339	23.8	-	-
9.2	347	257	2.03	0.0143	0.352	24.7	-	-
10.7	378	273	2.01	0.0142	0.35	24.6	-	-
12.2	408	288	1.92	0.0142	0.293	20.7	-	-

Tablo 3. 74. SİSK-8 3+640 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	198	182	1.01	0.00859	0.131	13.4	-	-
3.2	229	197	1.05	0.00902	0.137	13.3	-	-
4.7	259	213	0.85	0.00937	0.116	10.9	-	-
6.2	289	228	0.85	0.00964	0.117	10.6	-	-
7.7	319	243	0.61	0.00981	0.0917	8.18	-	-
9.2	349	259	0.93	0.00987	0.127	11.2	-	-
10.7	379	274	0.74	0.00979	0.106	9.49	-	-
12.2	409	290	1.95	0.00957	0.28	25.6	-	-

Tablo 3. 75. SİSK-8 3+640 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	198	182	1.01	0.00899	0.433	48.2	-	-
3.2	229	197	1.05	0.00932	0.469	50.3	-	-
4.7	259	213	0.856	0.00956	0.319	33.3	-	-
6.2	289	228	0.856	0.00971	0.318	32.7	-	-
7.7	319	243	0.611	0.00979	0.221	22.6	-	?
9.2	349	259	0.93	0.00982	0.538	54.8	-	-
10.7	379	274	0.741	0.00981	0.359	36.6	-	?
12.2	409	290	1.95	0.00975	6.55	672	-	-

Tablo 3. 76. SİSK-8 3+640 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	198	182	1.02	0.013	0.249	19.1	-	-
3.2	229	197	1.05	0.0135	0.254	18.8	-	-
4.7	259	213	0.862	0.0139	0.229	16.5	-	-
6.2	289	228	0.861	0.0141	0.229	16.3	-	-
7.7	319	243	0.613	0.0142	0.193	13.6	-	?
9.2	349	259	0.936	0.0143	0.189	13.2	-	-
10.7	379	274	0.743	0.0142	0.163	11.5	-	?
12.2	409	290	1.96	0.0142	0.296	20.9	-	-

Tablo 3. 77. SİSK-13 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	79	62.3	1.73	0.009	0.191	16.7	-	-
3.2	108	76.6	1.74	0.011	0.197	15.7	-	-
4.7	137	91	1.9	0.011	0.224	16.9	-	-
6.2	166	105	1.68	0.012	0.198	14.4	-	-
7.7	195	120	1.81	0.012	0.221	15.8	-	-
9.2	224	134	1.75	0.012	0.215	15.4	-	-
10.7	253	148	1.46	0.012	0.180	13.0	-	-
12.2	282	163	1.81	0.011	0.231	17.2	-	-
13.7	311	177	2.27	0.011	0.335	26.1	-	-
15.2	340	191	2.39	0.010	0.391	32.0	-	-
16.7	370	206	2.54	0.010	0.521	45.2	-	-

Tablo 3. 78. SİSK-13 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma Analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	79	62.3	1.73	0.0104	4.26	79	-	-
3.2	108	76.6	1.74	0.0113	4.3	108	-	-
4.7	137	91	1.9	0.0118	6.28	137	-	-
6.2	166	105	1.68	0.0121	3.17	166	-	-
7.7	195	120	1.81	0.0122	5.06	195	-	-
9.2	224	134	1.75	0.0122	4.34	224	-	-
10.7	253	148	1.46	0.0121	2.13	253	-	-
12.2	282	163	1.81	0.012	4.98	282	-	-
13.7	311	177	2.27	0.0118	11.7	311	-	-
15.2	340	191	2.39	0.0116	15	340	-	-
16.7	370	206	2.54	0.0114	20.4	370	-	-

Tablo 3. 79. SİSK-13 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	79	62.3	1.73	0.0151	0.275	18.2	-	-
3.2	108	76.6	1.74	0.0164	0.276	16.8	-	-
4.7	137	91	1.9	0.0171	0.291	16.9	-	-
6.2	166	105	1.68	0.0175	0.319	18.2	-	-
7.7	195	120	1.81	0.0177	0.283	16	-	-
9.2	224	134	1.75	0.0177	0.277	15.7	-	-
10.7	253	148	1.46	0.0176	0.248	14.2	-	-
12.2	282	163	1.81	0.0174	0.282	16.2	-	-
13.7	311	177	2.27	0.0171	0.372	21.8	-	-
15.2	340	191	2.39	0.0168	0.382	22.7	-	-
16.7	370	206	2.54	0.0165	0.394	23.9	-	-

Tablo 3. 80. SİSK-14 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	86.8	70.1	1.91	0.00974	0.216	19.4	-	-
3.2	116	84.8	1.56	0.0107	0.179	14.7	-	-
4.7	146	99.4	1.2	0.0113	0.143	11.1	-	-
6.2	175	114	1.18	0.0117	0.142	10.7	-	-
7.7	204	129	1.22	0.0119	0.149	11	-	-
9.2	234	143	1.68	0.0119	0.207	15.2	-	-
10.7	263	158	1.68	0.0118	0.21	15.6	-	-
12.2	292	173	1.26	0.0115	0.159	12.1	-	-
13.7	322	187	2.73	0.011	0.893	71.1	-	-
15.2	351	202	2.39	0.0104	0.399	33.4	-	-
16.7	381	217	2.31	0.00986	0.371	32.9	-	-

Tablo 3. 81. SİSK-14 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	86.8	70.1	1.91	0.0102	5.9	579	-	-
3.2	116	84.8	1.56	0.011	2.57	233	-	-
4.7	146	99.4	1.2	0.0115	0.956	83.1	-	-
6.2	175	114	1.18	0.0117	0.894	76.1	-	-
7.7	204	129	1.22	0.0119	0.992	83.7	-	-
9.2	234	143	1.68	0.0119	3.61	304	-	-
10.7	263	158	1.68	0.0118	3.65	309	-	-
12.2	292	173	1.26	0.0117	1.21	104	-	-
13.7	322	187	2.73	0.0115	32.3	3230	-	-
15.2	351	202	2.39	0.0113	4.45	393	-	-
16.7	381	217	2.31	0.0111	3.69	332	-	-

Tablo 3. 82. SİSK-14 Iwasaki vd. Yöntemine Göre Sıvılaşma Analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine Oturma Hesabı Değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0}	σ'_{v0}	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	86.8	70.1	1.91	0.0148	0.341	23.1	-	-
3.2	116	84.8	1.56	0.016	0.309	19.3	-	-
4.7	146	99.4	1.2	0.0167	0.221	13.3	-	-
6.2	175	114	1.18	0.017	0.218	12.8	-	-
7.7	204	129	1.22	0.0172	0.223	13	-	-
9.2	234	143	1.68	0.0172	0.269	15.7	-	-
10.7	263	158	1.68	0.0171	0.27	15.8	-	-
12.2	292	173	1.26	0.0169	0.277	16.4	-	-
13.7	322	187	2.73	0.0167	0.408	24.4	-	-
15.2	351	202	2.39	0.0164	0.382	23.2	-	-
16.7	381	217	2.31	0.0161	0.376	23.3	-	-

Tablo 3. 83. ÜSK 4+635 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	91.6	74.9	1.85	0.0096	0.210	19.1	-	-
3.2	121	89.9	1.44	0.0105	0.166	13.8	-	-
4.7	151	105	1.53	0.0111	0.180	14.2	-	-
6.2	181	120	1.48	0.0115	0.177	13.5	-	-
7.7	210	135	2.24	0.0117	0.305	22.9	-	-
9.2	240	150	2.32	0.0117	0.336	25.1	-	-
10.7	270	165	2.22	0.0116	0.317	23.9	-	-

Tablo 3. 84. ÜSK 4+635 Tokimatsu Yöntemine Göre Sıvılaşma Analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine Oturma Hesabı Değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	91.6	74.9	1.85	0.0101	3.56	354	-	-
3.2	121	89.9	1.44	0.0109	1.27	117	-	-
4.7	151	105	1.53	0.0113	2.32	205	-	-
6.2	181	120	1.48	0.0116	2.03	176	-	-
7.7	210	135	2.24	0.0117	12.1	1103	-	-
9.2	240	150	2.32	0.0117	14.3	1228	-	-
10.7	270	165	2.22	0.0116	11.2	962	-	-

Tablo 3. 85. ÜSK 4+635 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	91.6	74.9	1.85	0.0146	0.336	23	-	-
3.2	121	89.9	1.44	0.0157	0.246	15.6	-	-
4.7	151	105	1.53	0.0164	0.256	15.6	-	-
6.2	181	120	1.48	0.0168	0.251	15	-	-
7.7	210	135	2.24	0.0170	0.371	21.9	-	-
9.2	240	150	2.32	0.0170	0.378	22.2	-	-
10.7	270	165	2.22	0.0169	0.32	18.9	-	-

Tablo 3. 86. ÜSK 5+250 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	151	134	1.44	0.00885	0.174	17.3	-	-
3.2	181	150	1.16	0.00942	0.145	13.5	-	-
4.7	211	165	0.76	0.00986	0.104	9.21	-	-
6.2	241	180	0.81	0.0102	0.11	9.48	-	-
7.7	270	195	0.77	0.0104	0.106	8.95	-	-
9.2	300	210	1.00	0.0105	0.132	11	-	-
10.7	330	225	2.03	0.0104	0.286	24.1	-	-
12.2	360	240	2.34	0.0101	0.398	34.3	-	-

Tablo 3. 87. ÜSK 5+250 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	151	134	1.44	0.00925	1.65	178	-	-
3.2	181	150	1.16	0.00973	0.827	85	-	-
4.7	211	165	0.76	0.0101	0.373	37.1	-	-
6.2	241	180	0.81	0.0103	0.418	40.8	-	-
7.7	270	195	0.77	0.0104	0.392	37.8	-	-
9.2	300	210	1.00	0.0104	0.66	63.3	-	-
10.7	330	225	2.03	0.0104	8.14	782	-	-
12.2	360	240	2.34	0.0103	15.6	1510	-	-

Tablo 3. 88. ÜSK 5+250 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	151	134	1.44	0.0134	0.295	22.0	-	-
3.2	181	150	1.16	0.0141	0.216	15.3	-	-
4.7	211	165	0.76	0.0146	0.165	11.4	-	-
6.2	241	180	0.81	0.0149	0.173	11.7	-	-
7.7	270	195	0.77	0.015	0.217	14.4	-	-
9.2	300	210	1.00	0.0151	0.248	16.4	-	-
10.7	330	225	2.03	0.0151	0.353	23.4	-	-
12.2	360	240	2.34	0.015	0.379	25.2	-	-

Tablo 3. 89. ÜSK-6+350 Seed-Idriss yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93.8	1.01	0.0092	0.122	11.6	-	-
3.2	145	113	1.32	0.0099	0.158	13.9	-	-
4.7	179	133	3.14	0.0104	0.259	21.8	-	-
6.2	213	152	2.87	0.0107	1.8	148	-	-

Tablo 3. 90. ÜSK-6+350 Tokimatsu yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93.8	1.01	0.0097	0.226	23.3	-	-
3.2	145	113	1.32	0.0103	0.372	36.2	-	-
4.7	179	133	3.14	0.0106	24.8	2340	-	-
6.2	213	152	2.87	0.0107	14.3	1330	-	-

Tablo 3. 91. ÜSK-6+350 Iwasaki vd. yöntemine göre sıvılaşma analizi, Seed-Idriss ve Ishihara-Yoshimine oturma hesabı değerleri

Sondaj Derinliği	σ_{v0} (kPa)	σ'_{v0} (kPa)	DGOY	DGO	DDO	EF	S-I-Y OTURMA (CM)	I-Y-Y OTURMA (CM)
1.7	110	93.8	1.01	0.0141	0.198	14.1	-	-
3.2	145	113	1.32	0.0149	0.234	15.7	-	-
4.7	179	133	3.14	0.0153	0.388	25.3	-	-
6.2	213	152	2.87	0.0155	0.369	23.7	-	-

11 adet sondajı içeren inceleme alanının Seed-Idriss, Ishihara ve Yoshimine yöntemleri kullanılarak yapılan oturma hesabına göre sondaj noktalarının bulunduğu yerlerde oturma potansiyelinin gözlenmediği anlaşılmaktadır.

3.4.3. İnceleme Alanının Taşıma Gücü Analizi Sonuçları

Bu tez çalışmasında elde edilen kesitlerden yeraltı su tablasının üstündeki tabakaların V_p ve V_s değerleri inceleme alanında sondajlarda yapılan her 1.5 m'deki SPT $(N_1)_{60}$ ve laboratuvar deneyleri kullanılarak taşıma gücü hesaplamaları yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan taşıma gücü analizi yöntemleri Bölüm 1.5.2.3.'te verilmiştir. İnceleme alanının hesap edilen taşıma gücü sonuçları aşağıdaki tablolarda görülmektedir. Sismik hızlar kullanılarak yapılacak olan taşıma gücü hesabında kullanılacak parametreler Tablo 3.92.'de verilmektedir. Güvenlik sayısı (GS-boyutsuz) , birim hacim ağırlık (γ -kN/m³) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 92. Sismik hızlar kullanılarak hesaplanan taşıma gücü analizi parametreleri

	P DALGASI	S DALGASI	GS	γ
	1.TABAKA(m/s)	1.TABAKA(m/s)	Vp/Vs	kN / m ³
Su_1	500	356	1.40	15.1319
Su_2	452	233	1.93	14.7548
Su_3	550	220	2.50	15.4968
Su_4	410	315	1.30	14.3995
Su_5	550	286	1.92	15.4968
Su_6	413	298	1.38	14.4257
Su_7	273/593	258/417	1.18	14.6891
Su_8	440	211	2.08	14.6559
Su_9	394	183	2.15	14.2569
Su_10	408	259	1.57	14.3819
Su_11	352	152	2.31	13.8607
Su_12	433	190	2.27	14.5973
Su_13	402	205	1.96	14.3287
Su_14	374	214	1.74	14.0724
Su_15	346	192	1.80	13.8013
Su_16	371	160	2.31	14.0441
Su_17	512	215	2.38	15.2219
Su_18	403	190	2.12	14.3376
Su_19	596	287	2.07	15.8111
Su_20	601	285	2.10	15.8441
Su_21	570	168	3.39	15.6357
Su_22	484	202	2.39	15.0093
Su_23	460	-	-	-
Su_24	358	-	-	-
Su_25	453	-	-	-
Su_26	417	-	-	-
Su_27	351	-	-	-

Tablo 3.92'nin devamı

Su_28	236	-	-	-
Su_29	694	150	4.62	16.4244
Su_30	541	262	2.06	15.4330
Su_31	431	170	2.53	14.5804
Su_32	544	193	2.81	15.4543
Su_33	603	196	3.07	15.8573
Su_34	482	168	2.86	14.9938
Su_35	484	194	2.49	15.0093
Su_36	331	132	2.50	13.6492
Su_37	359	162	2.21	13.9291
Su_38	424	210	2.01	14.5208
Su_39	463	220	2.10	14.8438
Su_40	363	159	2.28	13.9678
Su_41	381	181	2.10	14.1378
Su_42	506	163	3.10	15.1771
Su_43	440	314	1.40	14.6559
Su_44	769	180	4.27	16.8512
Su_45	506	132	3.83	15.1771
Su_46	763	219	3.48	16.8183
Su_47	723	200	3.61	16.5934
Su_48	410	198	2.07	14.3995
Su_49	527	162	3.25	15.3321
Su_50	413	151	2.73	14.4257
Su_51	525	263	1.99	15.3176
Su_52	381	164	2.32	14.1378
Su_53	445	246	1.80	14.6974
Su_54	445	178	2.50	14.6974
Su_55	407	169	2.40	14.3730
Su_56	487	230	2.11	15.0325
Su_57	546	222	2.45	15.4685
Su_58	735	300	2.45	16.6618
Su_59	794	321	2.47	16.9865
Su_60	396	145	2.73	14.2749
Su_61	457	271	1.68	14.7955
Su_62	415	176	2.35	14.4432

İnceleme alanının Bölüm 1.5.3.3.3.1'de anlatılan deneysel bağıntılar kullanılarak sismik yöntem ile hesaplanan emniyetli taşıma gücü (q_{emin}) değerleri Tablo 3.93'te verilmektedir. T.G ORT ise hesaplanan emniyetli taşıma gücü değerlerinin aritmetik ortalaması olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 93. Sismik yöntem ile hesaplanan taşıma gücü değerlendirilmesi

	$q_{e\min}$ (Imai)	$q_{e\min}$ (Tezcan)	$q_{e\min}$ (Kurtuluş)	$q_{e\min}$ (Keçeli(1990)) $q_{e\min}$ (Türker(1988))	$q_{e\min}$ (Tezcan, 2010) $q_{e\min}$ (Türker(2010))	T.G ORT .
	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
Su_1	89.00	129.286	135.4491	273.087	115.8193	147
Su_2	47.60	82.5091	64.1829	91.3536	73.9144	80
Su_3	66.55	81.8228	47.0250	54.5486	73.2996	76
Su_4	52.95	108.859	129.3253	267.737	97.5203	120
Su_5	86.51	106.369	79.4723	119.843	95.2895	109
Su_6	50.82	103.172	114.9023	223.813	92.4256	111
Su_7	73.92	132.202	169.2488	392.937	118.4310	155
Su_8	40.84	74.2176	54.0702	71.1140	66.4866	69
Su_9	28.40	62.6162	45.4205	56.2840	56.0936	55
Su_10	43.11	89.3976	87.8588	150.104	80.0854	91
Su_11	18.83	50.5639	35.0744	39.2854	45.2968	42
Su_12	35.62	66.5636	44.5518	53.4019	59.6299	59
Su_13	33.12	70.4972	55.8635	76.3864	63.1537	65
Su_14	29.93	72.2758	65.4338	98.5975	64.7471	69
Su_15	22.98	63.5962	56.9341	81.5963	56.9716	58
Su_16	22.02	53.9293	36.8733	41.7932	48.3117	45
Su_17	56.36	78.5448	48.2451	57.7089	70.3630	72
Su_18	30.85	65.3794	47.8683	60.5518	58.5691	59
Su_19	101.9	108.906	73.8522	105.224	97.5623	111
Su_20	102.9	108.373	72.2206	101.544	97.0850	110
Su_21	54.58	63.0433	26.4600	22.8190	56.4763	52
Su_22	47.31	72.7652	45.0509	52.8110	65.1855	66
Su_23	-	-	-	-	-	-
Su_24	-	-	-	-	-	-
Su_25	-	-	-	-	-	-
Su_26	-	-	-	-	-	-
Su_27	-	-	-	-	-	-
Su_28	-	-	-	-	-	-
Su_29	72.24	63.5962	17.3248	11.5092	52.9687	46
Su_30	76.68	53.9293	67.8034	94.8328	86.9339	97
Su_31	31.57	78.5448	35.8316	38.5622	53.2913	51
Su_32	57.11	65.3794	36.5900	37.5426	64.1277	63
Su_33	71.26	108.906	34.0440	32.8370	66.8227	65
Su_34	39.03	108.373	31.2909	30.6017	54.1576	51
Su_35	45.44	63.0433	41.5532	46.7817	62.6039	62
Su_36	14.46	72.7652	28.1298	28.6532	38.7364	34
Su_37	20.87	59.1279	39.0644	45.9494	48.5151	46
Su_38	37.75	97.0425	55.5800	74.8028	65.5615	68
Su_39	47.16	59.4880	55.8612	73.7312	70.2112	74
Su_40	20.95	71.5844	37.2163	42.6093	47.7488	45

Tablo 3.93 'ün devamı

Su_41	26.27	74.5928	45.9492	57.7520	55.0172	54
Su_42	41.73	60.4550	28.0589	25.6714	53.1880	49
Su_43	60.79	69.8834	119.7437	234.3671	98.9421	121
Su_44	106.4	43.2406	22.5146	16.6187	65.2143	60
Su_45	33.79	54.1564	18.4011	13.6335	43.0725	36
Su_46	127.4	73.1850	33.5900	30.3434	79.1888	79
Su_47	104.5	78.3753	29.5643	25.3950	71.3515	69
Su_48	33.28	53.3010	51.0967	66.4927	61.2985	62
Su_49	44.99	61.4145	26.6113	23.4707	53.4018	49
Su_50	25.75	59.3727	29.5019	29.1184	46.8331	43
Su_51	72.48	110.447	70.4042	101.0970	86.6132	97
Su_52	23.80	72.7973	37.7232	42.9599	49.8498	47
Su_53	48.71	48.0809	72.6702	110.4906	77.7345	86
Su_54	35.24	88.3968	38.0475	41.8581	56.2469	54
Su_55	27.99	79.6482	37.4995	41.8813	52.2244	50
Su_56	54.54	68.4262	58.0461	77.1184	74.3359	79
Su_57	66.18	59.6113	48.2347	56.7704	73.8311	77
Su_58	162.0	52.2788	65.4337	83.2743	107.4686	122
Su_59	202.3	96.6845	69.3483	89.1208	117.2327	136
Su_60	22.73	55.6463	28.3718	27.7516	44.5021	40
Su_61	56.59	86.7733	85.8753	140.9953	86.2059	99
Su_62	30.31	62.7872	39.8863	45.7197	54.6529	53

İnceleme alanının Bölüm 1.5.2.3.1.1. anlatılan deneysel bağıntılar kullanılarak Terzaghi ve Broms yaklaşımıyla hesaplanan taşıma gücü değerleri Tablo 3.94, Tablo 3.95 'da verilmektedir.

Tablo 3. 94. Terzaghi Yöntemi ile Taşıma Gücü Değerlendirmesi

SONDAJ İSMİ	YASS (m)	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	ρ (kN / m^3)	B (m)	c	ϕ	N_c	N_q	N_γ	P_0'	k_1	k_2	G_s	$q_{sınır}$ kN / m^2	q_{emin} kN / m^2
USK_0420	4.50	-	-	16.86	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
KSK_1068	4.30	-	-	16.20	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
ASK_1915	4.40	5.50-6.00	CH	19.50	0.2	0.64	2	6.3	1.22	0.04	109.7	1	0.5	3	138.8	46.26
ASK_2580	4.30	-	-	17.45	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SİSK_5	10.0	-	-	16.27	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SİSK_8	10.0	-	-	16.43	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SİSK_13	2.40	1.50-3.00	CH	19.19	0.2	0.87	6	7.73	1.81	0.20	51.67	1	0.5	3	144.51	48.16
SİSK_14	2.75	1.50-3.00	CH	19.46	0.2	0.68	0	5.70	1.00	0.00	55.91	1	0.5	3	59.87	19.95
USK_4635	3.00	1.50-3.00	CH	19.33	0.2	0.72	5	7.34	1.64	0.14	59.33	1	0.5	3	105.9	35.30
USK_5250	6.10	1.50-3.00	CH	19.24	0.2	0.66	0	5.70	1.00	0.00	152.26	1	0.5	3	156.02	52.00
USK_6305	4.35	-	-	16.51	0.2	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-

Tablo 3. 95. Broms Yaklaşımı ile Taşıma Gücü Hesabı Değerleri

SONDAJ İSMİ	YASS	Derinlik	Zemin Sınıf	ρ (kN / m^3)	B (m)	c	ϕ	N_c	N_q	N_γ	q_0	k_1	k_2	G_s	$q_{sıvr}$ kN / m^2	q_{emin} kN / m^2
USK_0420	4.50	-	-	16.86	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
KSK_1068	4.30	-	-	16.20	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
ASK_1915	4.40	5.50-6.00	CH	19.50	0.8	0.64	2	6.3	1.22	0.04	109.7	1	0.5	3	138.17	46.05
ASK_2580	4.30	-	-	17.45	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SİSK_5	10.0	-	-	16.27	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SISK_8	10.0	-	-	16.43	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-
SISK_13	2.40	1.50-3.00	CH	19.19	0.8	0.87	6	7.73	1.81	0.20	51.67	1	0.5	3	101.80	33.93
SISK_14	2.75	1.50-3.00	CH	19.46	0.8	0.68	0	5.70	1.00	0.00	55.91	1	0.5	3	59.78	19.92
USK_4635	3.00	1.50-3.00	CH	19.33	0.8	0.72	5	7.34	1.64	0.14	59.33	1	0.5	3	103.66	34.55
USK_5250	6.10	1.50-3.00	CH	19.24	0.8	0.66	0	5.70	1.00	0.00	152.26	1	0.5	3	156.02	52.00
USK_6305	4.35	-	-	16.51	0.8	-	-	-	-	-	-	1	0.5	3	-	-

İnceleme alanında bulunan 11 adet sondaj noktasına göre Terzaghi ,Broms yaklaşımı ve Sismik yöntem kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri Tablo 3.96.'da verilmektedir.

Tablo 3. 96. İnceleme alanında bulunan 11 adet sondaj noktasına göre Terzaghi ,Broms yaklaşımı ve Sismik yöntem kullanılarak Taşıma Gücü Değerlendirmesi

SONDAJ İSMİ	YASS	ZEMİN SINIFI	$q_{e\min}$ (Terzaghi) kPa	$q_{e\min}$ (Broms) kPa	$q_{e\min}$ (Vp - Vs) kPa
USK_0420	4.50	SM	-	-	78.0
KSK_1068	4.30	SM	-	-	62.0
ASK_1915	4.40	CL	46.26	46.05	58.5
ASK_2580	4.30	SC	-	-	59.0
SİSK_5	10.0	CH	-	-	46.0
SİSK_8	10.0	CL	-	-	97.0
SİSK_13	2.40	CH	48.16	33.93	57.0
SİSK_14	2.75	CH	19.95	19.92	51.0
USK_4635	3.00	CH	35.30	34.55	45.0
USK_5250	6.10	CH	52.00	52.00	79.0
USK_6305	4.35	SM	-	-	77.0

İnceleme alanındaki sondajlarda her 1.5 m'de yapılan SPT değerleri kullanılarak yapılacak olan taşıma gücü analizi için hesaplanan parametreleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

Tablo 3. 97. ÜSK_0+420 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'	N'_{70}	N'_{ort}	$N'_{ort\ 70}$	C_w
ÜSK_0420	4.50	1.70 m	SM	26	99.8	0.97	25.46	21.94	25.18	21.7	1.00
		3.20 m	SM	28	121	0.88	24.90	21.46			

Tablo 3. 98. KSK_1+068 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'	N'_{70}	$N'_{ort\ 70}$	N'_{ort}	C_w
KSK_1068	4.30	1.70 m	SM	21	85.9	1.055	21.17	18.25	18.82	21.83	1.00
		3.20 m	SM	23	100	0.97	22.50	19.39			

Tablo 3. 99. ASK_1+915 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	N'_{ort}	$N'_{ort\ 70}$	C_w
ASK_1915	4.40	1.70 m	CL	24	103	0.96	20.68	23.04	22.64	21.11	1.00
		3.20 m	CL	25	119	0.89	21.55	22.25			

Tablo 3. 100. ASK_2+580 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	N'_{ort}	$N'_{ort\ 70}$	C_w
ASK_2580	4.30	1.70 m	SC	18	110	0.93	15.51	16.74	15.75	15.51	1.00
		3.20 m	SC	18	140	0.82	15.51	14.76			

Tablo 3. 101. SISK_5 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	$N'_{ort\ 70}$	N'	N'_{ort}	C_w
SISK_5	10.00	1.70 m	CH	24	180	0.73	20.68	23.27	17.52	19.24	1.00
		3.20 m	CH	30	196	0.70	25.86		20.96		

Tablo 3. 102. SISK_8 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'	N'_{70}	$N'_{ort\ 70}$	N'_{ort}	C_w
SISK_8	10.00	1.70 m	CL	20	182	0.73	14.60	17.24	22.41	18.46	1.00
		3.20 m	CL	32	197	0.70	22.31	27.58			

Tablo 3. 103. SISK_13 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'	N'_{70}	$N'_{ort\ 70}$	N'_{ort}	C_w
SISK_13	2.40	1.70 m	CH	18	62.3	1.23	22.14	15.51	16.37	22.17	0.91
		3.20 m	CH	20	76.6	1.11	22.20	17.24			

Tablo 3. 104. SISK_14 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü Analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	N'_{ort}	$N'_{ort\ 70}$	C_w
SISK_14	2.75	1.70 m	CH	21	70.1	1.16	18.10	24.36	22.27	17.23	1.00
		3.20 m	CH	19	84.8	1.06	16.37	20.19			

Tablo 3. 105. USK_4+635 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	$N'_{ort\ 70}$	N'_{ort}	C_w
USK_4635	3.00	1.70 m	CH	21	74.9	1.13	18.10	23.73	16.80	21.15	1.00
		3.20 m	CH	18	89.9	1.03	15.51	18.57			

Tablo 3. 106. USK_5+250 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	N'_{ort}	$N'_{ort 70}$	C_w
USK_5250	6.10	1.70 m	CH	23	134	0.84	19.82	19.32	17.64	17.64	1.00
		3.20 m	CH	20	150	0.79	17.24	15.97			

Tablo 3. 107. USK_6+305 sondaj noktasına ait SPT taşıma gücü analizi için gerekli parametreler

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI	N_{30}	σ'_v	C_N	N'_{70}	N'	N'_{ort}	$N'_{ort 70}$	C_w
USK_6305	4.35	1.70 m	SM	13	93.8	1.01	11.20	13.13	15.30	13.78	1.00
		3.20 m	SM	19	113	0.92	16.37	17.48			

İnceleme alanındaki sondaj noktalarında her 1.5 m'de yapılan SPT değerleri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü sonuçları aşağıdaki tabloda verilmektedir. Tablo 3.108'deki q_{emin} T-P: bağıntı 65'den hesaplanan emniyetli taşıma gücü (Terzaghi-Peck, 1967); q_{net} Myf: bağıntı 67'ten hesaplanan net müsaade edilebilir taşıma gücü (Meyerhof, 1956); q_{emin} Myf: bağıntı 69'den hesaplanan emniyetli taşıma gücü (Meyerhof, 1967) olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. 108. İnceleme alanındaki sondaj noktalarına ait SPT kullanılarak taşıma gücü değerlendirmesi

SONDAJ İSMİ	YASS	DERİNLİK	SPT	ZEMİN SINIFI	q_{emin} T-P kN / m^2	q_{net} Myf(1956) kN / m^2	q_{emin} Myf(1974) kN / m^2	q_{emin} Ort. kN / m^2
ÜSK_0420	4.50	1.70 m	26	SM	351.7	325.9	386.9	353
		3.20 m	28	SM				
KSK_1068	4.30	1.70 m	21	SM	297.7	274.9	335.6	301
		3.20 m	23	SM				
ASK_1915	4.40	1.70 m	24	CL	311.3	289.1	376.4	323
		3.20 m	25	CL				
ASK_2580	4.30	1.70 m	18	SC	214.8	198.3	276.5	226
		3.20 m	18	SC				
SISK_5	10.00	1.70 m	24	CH	469.8	434.2	414.9	438
		3.20 m	30	CH				
SISK_8	10.00	1.70 m	20	CL	450.7	416.6	399.6	421
		3.20 m	22	CL				
SISK_13	2.40	1.70 m	18	CH	221.9	205.5	291.9	236
		3.20 m	20	CH				
SISK_14	2.75	1.70 m	21	CH	242.2	220.1	307.2	253
		3.20 m	19	CH				
USK_4635	3.00	1.70 m	21	CH	233.8	218.3	299.6	248
		3.20 m	18	CH				
USK_5250	6.10	1.70 m	23	CH	300.7	277.7	314.5	296
		3.20 m	20	CH				
USK_6305	4.35	1.70 m	13	SM	210.3	194.06	272.8	223
		3.20 m	19	SM				

Arazide S dalga hızını üretmek hiç kolay değildir. S dalgasından emniyet gerilmesi hesabı için doğru sismik hızları bulmak şarttır, yoksa bulunan değerlerin bir anlamı kalmamaktadır. Sismik yöntemler kullanılarak hesaplanan taşıma gücü analizinde çalışma bölgesi için en yüksek taşıma gücü değerini Türker (1998) vermiştir. İnceleme alanının zemin sınıfına göre, Tablo 1.13. incelendiğine izin verilebilir taşıma gücü değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Sismik dalgalardan elde edilen taşıma gücü değerlerinin klasik yöntemle uyum gösterdiği görülmüştür. S dalgası hızından yapılan yaklaşımın zaman kazandırıcı olduğu görülmüştür.

SPT kullanılarak hesaplanan taşıma gücü analizinde her türlü parametrenin yanlış hesaplanabileceği göz önünde bulundurularak çok yüksek bir güvenlik katsayısı kullanılmıştır (GS=3). Fakat her tür zemin için bu katsayıyı kullanmak bizi yanıltabilir. Sismik yöntem ile hesap edilen taşıma gücü değerlerinde güvenlik katsayısı olarak V_p/V_s SPT testi vuruş sayılarından elde edilen sonucun ise diğer yöntemlerden hesap edilen değerlerle uyumsuz olduğu gözükmemektedir.

3.4.4. İnceleme Alanının Dinamik-Elastik Parametre Analizi

İnceleme alanında yapılan sismik çalışmalardan elde edilen verilere göre dinamik-elastik parametreler hesaplanmıştır. Her sismik noktası için hesaplanan Kayma Modülü (μ - kg/cm^2), Elastisite Modülü (E_d - kg/cm^2), Bulk Modülü (K_d - kg/cm^2), Poisson Oranı (ν) değerleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

Tablo 3. 109. Su_1 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirilmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	500	1800
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	356	613
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.40	2.93
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.00	-
Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gt/cm ³	1.46	2.02
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1855.0	7575.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	3657.7	21733.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.01	0.43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1185.8	55220.8

Tablo 3. 110. Su_2 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	452	2370
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	233	934
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.93	2.53
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.43	2.16
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	774.8	18839.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2044.0	53055.5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.32	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1882.7	96185.6

Tablo 3. 111. Su_3 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	550	1886
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	220	795
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.50	2.37
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.50	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	725.5	12891.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2038.3	35890.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.39
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3567.0	55365.5

Tablo 3. 112. Su_4 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirilmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	410	1882
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	315	744
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.30	2.52
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1382.0	11284.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2155.0	31764.4
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.22	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	498.6	57162.3

Tablo 3. 113. Su_5 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirilmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	550	1378
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	286	666
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.92	2.06
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.50	1.89
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1226.1	8364.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	3223.8	22545.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.31	0.35
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2899.5	24657.1

Tablo 3. 114. Su_6 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirilmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	413	1262
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	298	415
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.38	3.04
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.40	1.84
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1239.1	3177.3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2371.6	9146.6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.04	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	727.9	25145.5

Tablo 3. 115. Su_8 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirilmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	440	1461
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	211	822
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.08	1.77
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	8.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.42	1.91
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	631.1	12930.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1704.9	32801.6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.27
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1903.0	23606.8

Tablo 3. 116. Su_9 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	394	1465
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	183	686
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.15	2.15
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.38	1.91
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	461.8	9011.6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1258.4	24504.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.36	0.36
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1525.0	29083.4

Tablo 3. 117. Su_10 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	408	1649
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	259	801
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.58	2.05
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	933.2	12655.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2169.6	34057.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.16	0.35
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1071.5	36760.8

Tablo 3. 118. Su_11 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	352	1561
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	152	537
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.31	2.90
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.34	1.95
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	309.8	5610.4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	858.3	16078.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1248.2	39927.6

Tablo 3. 119. Su_12 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	433	1547
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	190	505
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.27	3.06
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.41	1.94
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	509.7	4950.5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1407.6	14261.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.38	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1967.6	39856.1

Tablo 3. 120. Su_13 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	402	1494
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	205	495
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.96	3.01
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	1.92
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	582.5	4715.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1542.7	13564.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.32	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1463.2	36665.3

Tablo 3. 121. Su_14 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	374	1872
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	214	736
HIZ ORANI	V_p/V_s	m/sn	1.74	2.54
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.36	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	623.4	11028.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1566.7	31069.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.26	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1072.8	56643.4

Tablo 3. 122. Su_15 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	346	1826
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	192	601
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.80	3.03
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.33	2.02
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	492.1	7308.4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1257.4	21037.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.28	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	942.0	57719.7

Tablo 3. 123. Su_16 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	371	1943
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	160	810
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.31	2.39
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.36	2.06
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	347.8	13482.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	963.8	37612.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.39
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1406.1	59604.6

Tablo 3. 124. Su_17 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	512	1837
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	215	660
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.38	2.78
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	8.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.47	2.03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	680.6	8827.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1896.1	25172.6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2952.2	56612.7

Tablo 3. 125. Su_18 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	403	2080
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	190	940
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.12	2.21
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	8.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	2.09
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	500.6	18470.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1358.8	50669.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.36	0.37
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1584.8	65808.8

Tablo 3. 126. Su_19 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	596	1971
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	287	867
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.08	2.27
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	11.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.53	2.06
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1259.7	15502.7
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	3398.8	42788.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.38
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3752.9	59449.8

Tablo 3. 127. Su_20 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	601	2242
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	285	901
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.10	2.48
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.53	2.13
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1244.8	17290.4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	3373.3	48540.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3875.8	84005.9

Tablo 3. 128. Su_21 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	Vp	m/sn	570	1792
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	Vs	m/sn	168	637
HIZ ORANI	Vp/Vs	-	3.39	2.81
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.51	2.01
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	Gmax	kg/cm ²	426.9	8171.6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1240.0	23333.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.45	0.43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	4344.6	53775.1

Tablo 3. 129. Su_22 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	Vp	m/sn	484	1872
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	Vs	m/sn	202	760
HIZ ORANI	Vp/Vs	-	2.39	2.46
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.45	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	Gmax	kg/cm ²	592.4	11759.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1652.2	32958.6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2611.1	55668.7

Tablo 3. 130. Su_29 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	694	1635
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	150	791
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	4.62	2.06
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.59	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	357.5	12314.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1054.8	33181.4
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.48	0.35
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	7175.0	36195.4

Tablo 3. 131. Su_30 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	541	1656
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	262	629
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.06	2.63
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.49	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1024.7	7812.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2760.1	22119.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.42
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3002.8	43731.9

Tablo 3. 132. Su_31 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	431	1665
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	170	650
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.53	2.56
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.41	1.98
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	407.6	8353.7
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1147.6	23558.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.41	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2076.4	43674.1

Tablo 3. 133. Su_32 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	544	1493
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	193	619
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.81	2.41
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.49	1.92
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	556.8	7372.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1590.3	20586.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.43	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3681.4	33058.0

Tablo 3. 134. Su_33 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	603	1625
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	196	737
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.07	2.02
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	8.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.53	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	589.2	10674.4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1698.1	29259.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.44	0.37
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	4791.5	37661.3

Tablo 3. 135. Su_34 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	482	1665
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	168	468
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.86	3.55
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.45	1.98
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	409.3	4330.5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1171.4	12620.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.43	0.46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2823.6	49038.3

Tablo 3. 136. Su_35 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	484	1577
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	194	630
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.49	2.50
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.45	1.95
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	546.4	7741.7
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1534.6	21754.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2672.4	38186.2

Tablo 3. 137. Su_36 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	331	1421
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	132	568
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.50	2.50
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.32	1.90
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	230.0	6131.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	646.6	17227.5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.41	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1139.8	30198.8

Tablo 3. 138.Su_37 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	Vp	m/sn	359	1386
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	Vs	m/sn	162	553
HIZ ORANI	Vp/Vs	-	2.21	2.51
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.35	1.89
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	Gmax	kg/cm ²	353.6	5775.5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	970.4	16232.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.37	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1265.0	28579.1

Tablo 3. 139. Su_38 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	Vp	m/sn	424	1308
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	Vs	m/sn	210	520
HIZ ORANI	Vp/Vs	-	2.02	2.52
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.40	1.86
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	Gmax	kg/cm ²	619.4	5033.3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1656.9	14155.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.34	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1699.2	25135.5

Tablo 3. 140. Su_39 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	463	1652
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	220	564
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.10	2.92
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.44	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	694.9	6277.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1882.1	18003.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2151.3	45484.7

Tablo 3. 141. Su_40 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	363	1732
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	159	562
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.28	3.08
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.35	2.00
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	341.6	6306.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	943.6	18178.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.38	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1324.9	51491.3

Tablo 3. 142. Su_41 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	381	1594
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	181	520
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.10	3.06
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.37	1.96
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	448.0	5288.4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1213.4	15235.4
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1387.7	42641.8

Tablo 3. 143. Su_42 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	506	1498
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	163	484
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.10	3.10
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.47	1.93
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	390.0	4510.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1125.0	13007.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.44	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3238.6	37196.8

Tablo 3. 144. Su_43 Sismik Yöntem ile Dinamik – Elastik Parametre Değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	440	1785
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	314	755
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.40	2.36
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.42	2.01
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1397.7	11468.3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2742.6	31906.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.02	0.39
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	880.9	48812.5

Tablo 3. 145. Su_44 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirme

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	769	1522
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	180	747
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	4.27	2.03
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.63	1.93
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	528.1	10788.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1553.7	28940.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.47	0.34
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	8934.8	30400.7

Tablo 3. 146. Su_45 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	506	1697
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	132	648
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.83	2.61
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.47	1.99
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	255.8	8341.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	748.7	23601.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.46	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3417.6	46088.5

Tablo 3. 147. Su_46 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	763	1692
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	219	653
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.48	2.59
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	7.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.63	1.99
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	780.2	8464.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2270.6	23913.3
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.46	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	8430.3	45546.0

Tablo 3. 148. Su_47 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	723	1648
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	200	624
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.61	2.64
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.61	1.97
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	642.0	7679.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1872.8	21751.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.46	0.42
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	7533.9	43322.5

Tablo 3. 149. Su_48 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	410	1791
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	198	591
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.07	3.03
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	2.01
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	546.0	7033.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1472.0	20239.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.35	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1613.3	55212.0

Tablo 3. 150. Su_49 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	527	1932
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	162	614
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	3.25	3.15
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.48	2.05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	389.2	7736.3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1127.0	22339.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.45	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3599.9	66282.0

Tablo 3. 151. Su_50 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	413	1880
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	151	712
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.73	2.64
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.40	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	318.2	10332.3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	905.4	29266.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.42	0.42
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1955.8	58259.9

Tablo 3. 152. Su_51 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	525	1864
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	263	767
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.00	2.43
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.48	2.03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1024.8	11964.6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2731.1	33455.1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.33	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2717.3	54711.4

Tablo 3. 153. Su_52 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	381	1939
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	164	750
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.32	2.58
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.37	2.05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	367.8	11553.5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1019.8	32627.8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1494.7	61818.3

Tablo 3. 154. Su_53 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	445	2763
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	246	659
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.81	4.19
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.42	2.24
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	860.3	9745.7
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2202.3	28649.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.28	0.47
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1668.1	158323.9

Tablo 3. 155.Su_54 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	445	1718
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	178	687
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.50	2.51
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.42	1.99
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	450.4	9405.1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1265.5	26425.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.40
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2214.6	46276.2

Tablo 3. 156. Su_55 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	407	1614
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	169	510
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.41	3.16
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	7.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.39	1.96
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	397.1	5102.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1108.5	14742.5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1773.5	44303.1

Tablo 3. 157. Su_56 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	487	1895
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	230	444
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.11	4.26
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.45	2.04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	769.2	4025.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2086.8	11843.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.36	0.47
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	2423.0	67968.1

Tablo 3. 158. Su_57 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	546	3001
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	222	1532
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.45	1.95
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.50	2.29
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	737.4	53768.8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2066.1	142355.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.32
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	3477.3	134629.9

Tablo 3. 159. Su_58 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	735	2241
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	300	983
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.45	
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.61	2.13
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1450.5	20578.5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	4061.5	56832.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.38
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	6772.5	79514.4

Tablo 3. 160. Su_59 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	794	1769
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	321	899
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.47	1.96
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.64	2.01
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1693.0	16223.6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	4748.3	43022.0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.40	0.33
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	8101.0	41186.5

Tablo 3. 161. Su_60 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	396	1732
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	145	753
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.73	2.30
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.38	2.00
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	290.3	11322.0
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	826.0	31327.2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.42	0.38
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1778.2	44804.3

Tablo 3. 162. Su_61 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	457	1811
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	271	928
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	1.68	1.95
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4.00	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.43	2.02
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1051.0	17388.9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	2583.0	45974.9
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.23	0.32
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1587.5	43038.4

Tablo 3. 163. Su_62 Sismik yöntem ile dinamik – elastik parametre değerlendirmesi

Ölçülen Jeofizik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	415	2107
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	176	576
HIZ ORANI	V_p/V_s	-	2.35	3.65
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	5.50	-
Hesaplanan Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	g	gr/cm ³	1.40	2.10
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	432.7	6957.6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1203.3	20310.7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	n	-	0.39	0.46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	1829.1	83821.5

İnceleme alanında alınan 62 adet sismik veri kullanılarak hesaplanan dinamik – elastik parametre değerlerine göre Eurocode-8 zemin tanımlamaları aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo 3.164) .

Tablo 3. 164. Eurocode -8 'e göre Zemin Tanımlamaları

ÖLÇÜ No	ZEMİN TANIMLAMALARI			
		Eurocode – 8'e Göre	Dinamik Elast. Sabitlere Göre	
			E _d 'ye Göre	G _d 'ye Göre
Su_1	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_2	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_3	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_4	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_5	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_6	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_7	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_8	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_9	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

Tablo 3.164'ün devamı

Su_10	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_11	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_12	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_13	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_14	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_15	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_16	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_17	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_18	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_19	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_20	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

Tablo 3.164'ün devamı

Su_21	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_22	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_29	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_30	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_31	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_32	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	yadaçok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_33	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	kum, çakıl veya sert kil	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_34	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	kum, çakıl veya sert kil	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_35	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	kum, çakıl veya sert kil	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_36	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	kum, çakıl veya sert kil	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_37	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	kum, çakıl veya sert kil	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_38	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	ya da çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

Tablo 3.164'ün devamı

Su_39	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_40	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_41	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_42	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_43	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_44	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_45	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_46	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_47	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_48	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA	çok sert Killer	Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_49	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_50	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

Tablo 3.164'ün devamı

Su_51	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_52	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_53	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_54	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_55	1.TABAKA	“C” Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_56	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2. TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_57	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_58	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_59	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_60	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

Tablo 3.164'ün devamı

Su_61	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Orta Sağlam Zemin	Orta Sağlam Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin
Su_62	1.TABAKA	“B” Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer	Gevşek Zemin	Gevşek Zemin
	2.TABAKA		Sağlam Zemin	Sağlam Zemin

İnceleme alanında alınan enine dalgalardan hesaplanan V_{s30} hızı kullanılarak Eurocode-8 göre Zemin Sınıfı, Kayma - Elastisite modülüne bakılarak Bowless'a göre zeminin durumu tespit edilmiştir. Bu değerlendirmelere göre 6 km'lik alan içerisinde B (Çok sıkı Kum Çakıl ya da çok sert Killer), ve C sınıfı (Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil) zemin olduğu anlaşılmaktadır. 2 tabakalı ortam tespit edilmiş olup, 1. tabakanın durumu orta sağlam, 2. tabakanın sağlam zemin olduğu belirlenmiştir. 6 km 'lik güzergah boyunca 1. tabakanın kalınlığı 6 - 7 m arasında değişmektedir. Elde edilen Poisson oranlarına göre çalışma alanı gözenekli yapıya sahip, suya doygunudur.

3.5. İnceleme Alanının Jeoteknik Değerlendirmesi

Bu tez çalışmasında toplam 62 adet Sismik Kırılma, 57 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 11 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler yeniden değerlendirilmiş ve bu verilerin yorumlanmasıyla jeoteknik kesitler oluşturulmuştur (EK-7) . Kesit yerleri ve doğrultuları Ek-7'de görülmektedir.

A - A' kesiti çalışma alanının doğu sınırını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 4 adet Sismik Kırılma, 5 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 1 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 600.00 m'dir. Sismik ölçümlere göre iki seviye tespit edilmiştir. Su_1 sismik ölçü noktası ve ÜSK-0+420 nolu mekanik sondaj noktası Su_4 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-3.0m) yer yer killi-kumlu-çakıllı orta sıkı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır. (Ek-7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 410-500 m/s, sismik enine dalga hızları 220-356 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 15-202 ohm.m arasında değişmektedir. Birimin altında, kalınlığı (4.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1378-2370 m/s, sismik enine dalga hızları 666-934 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 11-362 ohm.m arasında olan kum-çakıl çok sıkı killi seviyesi bulunmaktadır. Birim y.a.s taşımaktadır. Kesitte y.a.s yaklaşık 3.00-

4.5 m arasında değişmektedir. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B” sınıfı olup, “orta sağlam ve sağlam zemin” özelliğindedir.

B - B’ kesiti çalışma alanının 0+640 – 1+840 km arasını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 12 adet Sismik Kırılma, 12 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 1 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 1.600 m’dir. Sismik ölçümlere göre iki seviye tespit edilmiştir. Su_5 sismik ölçü noktası ve KSK 1+068 nolu mekanik sondaj noktası ile Su_17 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0 - 5.0 m) yer yer kum-killi orta sıkı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır (Ek-7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 346-550 m/s, sismik enine dalga hızları 192-286 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 13-45 ohm.m arasında değişmektedir. Birim y.a.s taşımaktadır. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1262-1943 m/s, sismik enine dalga hızları 415-810 m/s ve elektrik özdirenç değeri 2-31 ohm.m arasında olan kum-çakıl çok sıkı killi seviyesi bulunmaktadır. Birim y.a.s taşımaktadır. Kesitte y.a.s yaklaşık 3.00-4.5 m arasında değişmektedir. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B ve C” sınıfı olup, “orta sağlam ve sağlam zemin” özelliğindedir.

C - C’ kesiti çalışma alanının 1+915 km ve 3+300 km’lik kısmını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 11 adet Sismik Kırılma, 6 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 3 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 830 m olup, sismik ölçümlere göre iki seviye tespit edilmiştir. ASK 1+915, ASK 2+580 mekanik sondajı , Su_17 sismik ölçü noktası ile Su_22 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-5.0m) yer yer kum-killi sıkı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır. (Ek-7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 403-601 m/s, sismik enine dalga hızları 168-287 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 3.2-20 ohm.m arasında değişmektedir. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1792-2242 m/s, sismik enine dalga hızları 637-901 m/s ve elektrik özdirenç değeri 2.9-57 ohm.m arasında olan muhtemel kumtaşı seviyesi bulunmaktadır. Birim y.a.s taşımaktadır. Kesitte y.a.s yaklaşık 5.80-6.30 m arasında değişmektedir. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B” sınıfı olup, “orta sağlam ve sağlam zemin” özelliğindedir. 2+750 ve 3+3300 km arasında bulunan yarma uzunluğu 550 m’dir. Sismik ölçümlere göre iki tabakalı ortamdan oluşmaktadır. Su_23 sismik ölçü noktası ve YSK-2+900 mekanik sondajı ile Su_27 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0 - 5.0 m) yer yer ileri derecede ayrılmış killeşmiş jips ve kiltası birimleri yer almaktadır (Ek-7). Birimin sismik

boyuna dalga hızları 351-453 m/s, sismik değişmektedir. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1696-2251 m/s olan muhtemel kumtaşı seviyesi bulunmaktadır. Birim y.a.s taşımaktadır. Boyuna dalga hızına göre sökülebilirlik açısından “zor” zemin özelliğindedir. Caterpillar ve Komatsu sökücü makinaların D9 - D150 - D355 modelleri kullanılabilir. 3+260 km – 3+300 km’leri arasında sismik hızlardaki ani değişiminden dolayı normal bir fayın varlığı söz konusudur.

D - D’ kesiti çalışma alanınının 3+300 km – 4+900km ’lik kısmını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 16 adet Sismik Kırılma, 15 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 5 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj ve 1 adet araştırma çukuru verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 1600 m olup, sismik ölçümlere göre iki seviye tespit edilmiştir. SİSK_5, SİSK_8, SİSK_13, SİSK_14, ÜSK 4+635 mekanik sondajı, Su_28 sismik ölçü noktası ile Su_43 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-5.0 m) yer yer kil-kumlu sert bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır (Ek-7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 236-694 m/s, sismik enine dalga hızları 150-314 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 8-20 ohm.m arasında değişmektedir. Birim y.a.s taşımaktadır. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1308-1785 m/s, sismik enine dalga hızları 520-755 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 3 - 40 ohm.m arasında olan kil-kumlu-siltli seviyesi bulunmaktadır. Kesitte y.a.s yaklaşık 3.00 - 5.20 m arasında değişmektedir. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B ve C” sınıfı olup, “gevşek ve sağlam zemin” özelliğindedir.

E - E’ kesiti çalışma alanınının 5+000 km – 5+300 km ’lik kısmını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 4 adet Sismik Kırılma, 4 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 1 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 300 m olup, sismik ölçümlere göre iki seviye tespit edilmiştir. Su_44 sismik ölçü noktası, ÜSK 5+250 numaralı mekanik sondaj ile Su_47 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-5.0 m) yer yer kil-kumlu çakıllı katı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır (Ek-7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 506-769 m/s, sismik enine dalga hızları 132-219 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 22 ohm.m arasında değişmektedir. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1522-1692 m/s, sismik enine dalga hızları 591-648 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 6 - 54 ohm.m arasında olan kum-çakıllı çok sıkı seviyeler bulunmaktadır. Birim YAS taşımaktadır. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B ve C” sınıfı olup, “orta sağlam ve sağlam zemin” özelliğindedir.

F - F' kesiti çalışma alanının 5+400 km – 6+800 km'lik kısmını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 15 adet Sismik Kırılma, 15 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 1 adet te Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj ve 1 adet araştırma çukuru verisi yer almaktadır. Aliyman uzunluğu 1400 m olup, sismik ölçümlere göre iki tabakalı ortam tespit edilmiştir. Su_48 sismik ölçü noktası, ÜSK 6+305 numaralı mekanik sondaj ile Su_62 sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0 - 5.0m) yer yer kil-kumlu çakıllı katı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır (Ek - 7). Birimin sismik boyuna dalga hızları 381-794 m/s, sismik enine dalga hızları 164-321 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 14-27 ohm.m arasında değişmektedir. Birimin altında, kalınlığı (5.0-16.0 m) olan sismik boyuna dalga hızları 1732-3001 m/s, sismik enine dalga hızları 444-1532 m/s ve elektrik özdirenç değeri 4 - 70 ohm.m arasında olan orta ayrıışmış kayaç seviyeler bulunmaktadır. Su_57 ve Su_60 sismik ölçüm noktaları arasında yaklaşık 5.00 m'lik konglomera seviyeleri cepler halinde görülmektedir. Birim YAS taşımaktadır. Aliymanın zemini Eurocode-8 zemin tanımlamalarına göre “B ve C” sınıfı olup, “orta sağlam ve sağlam zemin” özelliğindedir.

4. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, Sivas-Erzincan illeri arasına inşa edilecek olan hızlı tren güzergah alanının yeraltı yapısını, jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla toplam 62 adet Sismik Kırılma, 59 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 11 adet de jeoteknik amaçlı mekanik sondaj verisi kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bu verilerin yorumlanmasıyla jeoteknik kesitler oluşturulmuştur. Daha sonra bu kesitlerden V_s ve SPT $(N_1)_{60}$ değerlerine bağlı sivilaşma analizleri, saha için hesaplanan ivme değerine göre yapılmıştır.

S dalgasından emniyet faktörü hesabı için doğru sismik hızları bulmak şarttır, yoksa bulunan değerlerin bir anlamı kalmamaktadır. Standart penetrasyon darbe sayıları ve literatür'de geçen maksimum yatay yer ivmesi için deneysel bağıntılardan hesaplanan a_{mak} : 0.12g kullanılarak yapılan sivilaşma analizinde 11 adet mekanik sondaj noktasında sivilaşma potansiyelinin düşük olduğu gözlenmektedir.

İvme değerleri arttıkça sivilaşma riskinin de artacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Kayma dalga hızına bağlı yöntemler ve maksimum yatay yer ivmesi için $M=7.9$ büyüklüğünde bir depremin maksimum yatay yer ivmesi a_{mak} :0.4g kabul edilerek yapılan sivilaşma analizinde, sismik yöntemden elde edilen üst tabaka için (yaklaşık 5-7 m) sivilaşma riski gözlemlenirken, alt tabakalarda sismik hızların yükselmesi sonucu sivilaşma potansiyelinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu da gösteriyorki bir deprem olması halinde depremin ivmesi ne kadar büyük olursa sivilaşma ile zeminde yenilmeler o kadar fazla olacaktır.

Buna ek olarak jeoteknik kesitlerden V_s , SPT $(N_1)_{60}$ ve laboratuvar deneylerine bağlı taşıma gücü analizleri yapılmıştır.

Laboratuvar deneyleri ve kayma dalga hızına bağlı yöntemler ile elde edilen sonuçları karşılaştırdığımızda sonuçların uyumlu oldukları görülmektedir.

Standart penetrasyon deneylerinin darbe sayılarından elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerlerinin doğruluğunun kontrolü güçtür. Standart penetrasyon deney şartları önemlidir, her seferinde aynı güç zemine verilemez ise yanlış darbe sayıları elde edilmiş olur. Sonuç olarak hatalı hesap yapılmış olur. SPT kullanılarak hesaplanan taşıma gücü analizinde her türlü parametrenin yanlış hesaplanabileceği göz önünde bulundurularak çok yüksek bir güvenlik katsayısı kullanılmıştır ($GS=3$). Fakat her tür zemin için bu katsayıyı

kullanmak bizi yanıltabilir. SPT testi vuruş sayılarından elde edilen sonucun ise diğer yöntemlerden hesap edilen değerlerle uyumsuz olduğu da gözükmemektedir. Sismik hızlardan elde edilen zemin emniyet gerilmesi dinamik bir parametredir, dolayısıyla statik yani SPT gibi durağan emniyet gerilmesi değerinden daha düşük olması doğaldır.

Deprem anında ulaşım yapısının hasar görmesi titreşim periyotları ile direkt ilgilidir. Zemin hakim titreşim periyodu ile ulaşım yapısının titreşim periyodunun eşit olduğu anda rezonans olayı gerçekleşmektedir. Rezonans anında yapı kalitesi ve zemin özelliği ne olursa olsun ulaşım yapısında hasar kaçınılmaz gerçektir. Ulaşım yapısının belirli bir titreşim periyodu olduğu gibi zeminin titreşim periyodu da iyi tespit edilmelidir. Ulaşım yapısının titreşim periyodu zeminin titreşim periyodundan daha büyük olamayacağından ulaşım yapısının titreşim periyodu daha küçük seçilmelidir. Çalışma alanında zemin hakim titreşim periyotlar göz önünde tutularak zeminin deprem anında salınımının aza indirgenmesi için proje aşamasında, ulaşım yapısının da periyodu belirlenmelidir.

Deprem riski yüksek olan bölgelerde ve/veya fay hattı yakınında yapılan ulaşım yapılarının altında kalan alüvyonda, büyük bir deprem sırasında meydana gelecek zemin sıvılaşması, ulaşım yapısının ciddi şekilde hasar görmesine ve çok ciddi maddi ve manevi kayıplara yol açabilir. Diğer taraftan ulaşım yapısının altındaki alüvyonun herhangi bir depremde sıvılaşabileceği varsayımı ile tamamen kaldırılması da çok maliyetli bir iştir ve mühendislik etiğine aykırıdır. Bu nedenle ulaşım yapısı altında bırakılacak alüvyonun sıvılaşma riski olası deprem senaryoları için detaylı bir şekilde incelenmelidir. Hızlı tren güzergahında risk görülen alanlarda alüvyon kaldırılmalıdır.

Yeryüzüne düşen yağışların bir bölümü bitkiler tarafından tutulmakta, bir bölümü toprak tarafından emilmekte, bir bölümü yüzeysel akıma geçerek akarsulara kavuşmakta, bir bölümü de yüzeyden alta doğru sızarak muhtelif derinliklerde kayaların çatlaklarında, çeşitli boyuttaki kum, kil ve çakıl gibi malzemelerin arasındaki boşluklarda depolanmaktadır. İnceleme alanında yeraltı su seviyesi yaklaşık 2.50 m ve 4.50 m arasında değişmektedir. Sıvılaşma için en elverişli koşullar, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu zaman ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yeraltı sularının sahaya girişi engellenmelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Acar H. ve Karabacak M., Goller Bölgesi Orman Yolu Güzergahı İnşaatlarında Yaklaşık Maliyet Ve Hakkeleş Değerlerinin İrdelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (2012) 21-27.
2. Açık Ö., Sıcak Çermik Travertenleri ve Ulaş-Akkaya Sölestit Madeninin Sismik Kırılma Yöntemi Kullanılarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
3. Andrus R. D. Ve Stokoe, K.H, Liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity, NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Technical Report NCEER-97-0022, 1997.
4. Andrus R. ve Stokoe K., Liquefaction Resistance of Soils From Shear-Wave Velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, (2000) 1015-1025.
5. Andrus R., Pirathepon P., Ellis B., Zhang J ve Juang C., Comparing Liquefaction Avaluation Methods Using Penetration V_s Relationships, Soils Dynamics and Earthquake Engineering, 24 (2004) 713-721.
6. Ambraseys N., Engineering Seismology, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 17 (1988) 1-105.
7. Arı B., Sismik Kırılma Verileri İle Burdur İli Merkezi Yeraltı Yapısının İki Boyutlu Modellemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
8. Arı S., Karaduvar (Mersin) Atıksu Arıtma Tesisi Jeolojik ve Jeoteknik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
9. Ates A. ve Orhan M., Depremler Sırasında Zeminlerin Sıvılaşması ve Taşıma Gücü Kayıpları (Manisa-Saruhanlı) Örneği, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 1, (2011) 52-70.
10. Aytekin M., Deneysel Zemin Mekaniği, 2.Basım, Teknik Yayınevi, Ankara, 2004.
11. Aydan Ö., Sedaki M. Ve Yazar R., The seismic characteristics of Turkish Earthquakes, Proceedings of Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Bildiriler Kitabı: 1270.
12. Başokur A.T., Gökten E., Seyitoğlu G., Ulugergerli E., Işık V., Candansayar E., Tokgöz E., Jeolojik Ve Jeofizik Çalışmalar Işığında 3.02.2002 Çay (Afyon) Depremin Mekanizması Hasarın Nedenleri ve Bölgenin Deprem Etkinliği, 2002.
13. Bayrak Y., Sismoloji Deprem Bilimi, KTÜ Basımevi, Trabzon, 2004.

14. Baytar E., Marmara Bölgesi ve Civarı İçin Depremsellik Parametreleri, Bitirme Çalışması, KTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 2012.
15. Bozkurt A. ve Kurtuluş C., Alikahya Bölgesinde Birleştirilmiş Jeolojik Jeofizik ve Jeoteknik Araştırmaları Zemin İncelemesi, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, (2009) 1-17.
16. Bozkurt A. ve Kurtuluş C., Jeofizik ve Geoteknik Metotlarla Mühendislik Uygulaması Yalova'da Arazi Uygulaması, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, (2009) 1-14.
17. Bozkurt A. ve Kurtuluş C., Gebze Sınırları Dahilinde Yer Alan Depo Alanının Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Yöntemlerle Araştırılması, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 1, 1-22.
18. Bowles J. E., Foundation Analysis and Design, McGraw Hill, 4.Basım, Singapur, 1988.
19. Büyüksaraç A., Kayalarda Mekanik Özelliklerin Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi Antakya - Suriye Sınır Yolu Çalışması, VII. Bölgesel Kaya Sempzyumu, 2004.
20. Büyüksaraç A., Bektaş Ö., Yılmaz H. ve Arısoy Ö., Preliminary Seismic Microzonation Of Sivas City (Turkey) Using Microtremor And Refraction Microtremor (Remi) Measurements, Journal of Seismology, (2012) DOI 10.1007/s10950-012-9328-1.
21. Campanella R. G. ve Stewart W. P., Seismic cone analysis using digital signal processing for dynamic site characterization, Journal of Canadian Geotechnical, 3 (1992) 477 - 486.
22. Campbell K.W., Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity and pseudo-absolute acceleration response spectra, Seismology Research Letters, 71 (1997) 352-354.
23. Chu D., Stewart J., Shanron L., Tscii J.S. , Lin P.S., Chu B., Raymond S., Hsu S.C. ve Yu M.S., Documentation Of Soil Conditions At Liquefaction And Nonliquefaction Sites From 1999 Chi Chi (Taiwan) Earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24 (2004) 647-657.
24. Çinicioğlu F., Zeminlerde Statik Ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, İnşaat Mühendisleri Odası, Seminer.
25. Dewey, J.F. ve Sengor, A.M.C., Aegean And Surrounding Regions: Complex Multiplate And Continuum Tectonics In A Convergent Zone, Geology Society American Bulletin, 90 (1979) 84-92.

26. Donovan N. C. , A statistical evaluation of strong motion data including the February 9 1971 San Fernando Earthquake, Proceedings of Fifth World Conference on Earthquake Engineering, 1973, Bildiriler Kitabı: 1252-1261.
27. Dursun E., Ünver S. ve Acar H.H, Orman Yolu Güzergahlarının Sismik Zemin Etüdü Metodu ile Belirlenmesi Üzerine Çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16-1 (2012) 22-28.
28. DLH, Bandırma (Balıkesir) İzmir Demiryolu Hattı Projesi ÇED Raporu, 2011.
29. Douglas J., Pasific Earthquake Engineering Research Center, Ground Motion Prediction Equations 1964-2010, (2011).
30. Elmas E., Isparta Mavikent Yerleşim Bölgesinin Sismik Mikrobölgelemesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2008.
31. Ercan A., Taşocağında Sökülebilirlik Makine Seçimi ve Tuzluluğun Belirlenmesi Darıca, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 1999.
32. Erkal T., Ateş S. ve Ersoy H., Standart Penetrasyon Deneyi, Taşıma Gücü, Oturma ve Sıvılaşma Analizi Ders Notları, Ktü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2013.
33. Erturaç M.K. ve Tüysüz O., Amasya Çevresinin Depremselliği ve Deterministik Deprem Tehlike Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 9, 3 (2010) 121-132.
34. Gardner G. H. F., Gardner L. W. And Gregory A. R., Formation velocity and density the diagnostic basics for stratigraphic traps, Geophysics, 39 (1974) 770-780.
35. Genç D., Zemin Mekaniği ve Temeller, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 2008.
36. Güzel M., Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik Jeofizik ve Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı (Kuzey Adana Örneği), Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
37. Hardin B.O. ve Drnevich V. P., Shear modulus and damping in soils, Journal of the Soil Mechanics Foundations Divisions, 98 (1972) 667-692.
38. Hardin B. O. Ve Black W.L., Vibration Modulus of Normally Consolidated Clays, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, 94 (1968), 353-369.
39. Işık B., Depremler ve Türkiye, Yıldız Teknik Üniversitesi Harita ve Kadastro Mühendisliği Ders Notları, (2013).
40. Imai T. Ve Yoshimura M., The relation of Mechanical Properties of Soils to P and S wave Velocities for Soil Ground in Japan, Urana Research Institute, 1976.

41. Iwasaki T., Extended Time-Term Method For Identifying Lateral Structural Variations From Seismic Refraction Data, Earth Planet Space, 54 (2002) 663-677.
42. Jongmans D., The application of seismic methods for dynamic characterization of soils, Bulletin of International Association of Engineering Geology, 46 (1992) 63-69.
43. Kaptan C., Candansayar E., Türker E., Tamer R., Ecevitoğlu B., Akça İ., Uluggergerli E., Kadioğlu S. ve Dikmen Ü., Mühendislik Jeofiziği ve Uygulamaları, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 2001.
44. Kaptan K., A refined formula for the allowable soil pressure using shear wave velocities, Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 3, 3 (2012) 90-98.
45. Karanlık S., Hatay Altinkoy Çevresinin Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
46. Kayabalı K., Geoteknik Depremler Mühendisliği, 1.Basım, Gazi Kitabevi, Ankara, 2003.
47. Kayabalı K., Akın M., Seismic Hazard Map Of Turkey Using Deterministic Approach, Engineering Geology, 69 (2003) 127-137.
48. Kayabalı K., Modelling of Seismic Hazard For Turkey Using The Neotectonic Data, Engineering Geology, 63 (2002) 221-232.
49. Kayabaşı A., Gökçeoğlu C., Taşıma Kapasitesi Ve Oturma Miktarlarının Hesaplanmasında Yaygın Kullanılan Yöntemlerin Mersin Arıtma Tesisi Temeli Örneğinde Uygulanması, Jeoloji Mühendisleri Dergisi, 36 (2011) .
50. Kayen R. E., Mitchell J. K., Seed R. B., Lodge A., Nishio S. ve Coutinho R., Evaluation of SPT-CPT and Shear Wave Based Methods for Liquefaction Potential Assesment Using Loma Prieta Data, Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, Technical Report NCEER-92-0019, 1 (1992) 177-204.
51. Keçeli A., Uygulamalı Jeofizik, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 2009.
52. Keçeli A., Sismik Yöntem ile Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Uygulamalı YerBilimleri Dergisi, 1 (2010) 23-41.
53. Keleşoğlu K., Arazi Deneyleri ile Taşıma Gücü Ders Notları, 2013.
54. Ketin I., Kuzey Anadolu Fayı hakkında, MTA Dergisi, 72 (1996) 1-25.

55. Koca Y., Kıncal C., Armutlualanı (Marmaris, Muğla) Beldesinin Yerleşim Alanının Jeoteknik Değerlendirmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 3 , 10 (2003) 141-169.
56. Kocaman M., Zemin Etütlerinde Geoteknik ve Jeofizik Yöntemlerin Kullanılmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, 2008.
57. Koçyiğit, A., Active Tectonics Of The Ağlasun-Gölcük (Isparta) Area: Type of the Neotectonic Regime and the Source of the Sagalossos Historical Earthquakes, Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) 12, (2008) Düzce, Basılmamış.
58. Kramer S. L., Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1996.
59. Lambe W.,T ve Whitman R., V., Soil Mechanics, SI Version, J.W.&Sons Inc. NY, 1979.
60. Leonards, G.A., Foundation Engineering, Me Graw-Hill Book Comp.Inc., Tokyo, 1962.
61. Lodge A. L., Shear Wave Velocity Measurements for Subsurface Characterization, Doktora Tezi, University of California, Berkeley, 1994.
62. MEB MEGEP, Raylı Sistemler Teknolojisi Balast ve Travers, Ankara, 2008.
63. McKenzie, D.P., Active Tectonics of Mediterranean Region, Geophysics, 18 (1972) 1-32.
64. McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C ve Ergintav S, vd. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysics, (2000) 5695-5719.
65. Meyerhof G.G, Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations, Canadian Geotechnical Journal, 1 (1963) 53-87.
66. Microzonation in Turkey, Reference Information State of Art.
67. Mollamahmutoğlu M. ve Babutcu F., Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 2006.
68. Ohkubo T. ve Terasaki A., Physical Property and seismic wave velocity of Rocks, OYO Corporation, Japan, 1976.
69. Önalp A., Zeminlerin Sınıflandırılması ve TS1500/2000'in Tanımı, Türk Mühendisleri Haberleri, 430 (2004) 1-2.
70. Öztoprak S., Sıvılaşma Analizi Ders Notları, 2013.
71. Özsan A., Mühendislik Jeolojisi Ders Notları, Ankara Üniversitesi, 2008.

72. Pişen Ş. ve Pekşen E., Sığ Zeminler İçin Farklı Yöntemlerden Elde Edilen Zemin Emniyet Gerilmesi Değerlerinin Karşılaştırılması, Uygulamalı YerBilimleri Dergisi, 2, 10-11 (2009) 36-46.
73. Pınar R. ve Akçığ Z., Minik Bölgeleme, Ege Mimarlık Dergisi,45, 43-48.
74. Prandtl L., “Über die Eindringungsfestigkeit (Härte) plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden” (On the penetrating strengths (hardness) of plastic construction materials and the strength of cutting edges), Mathematics of Mechanical., 1 (1921) 15-20.
75. Provost, A. S., J. Chery ve R. Hassani, 3D mechanical modeling of the GPS velocity field along the North Anatolian fault, Earth and Planetary Science Letters, 209 (2003) 361-377.
76. Pyrak-Nolte L. J., Roy S. ve Mullenbach B. I., Interface waves propagated along a fracture, Journal of Applied Geophysics, 35 (1996) 79-87.
77. Reilinger R. E., McClusky S.C., Oral M. B., King W. ve Toksoz M. N. , Global Positioning System Measurements Of Present Daycrustal Movements İn Arabian Africa-Eurasia Plate Collisions Zone, Journal of Geophysics,102 (1977) 9983-9999.
78. Robertson P. K., Woeller D. J. ve Finn W.D.L., Seismic Cone Penetration Tests for Evaluating Liquefaction Potential Under Cyclic Loading, Journal of Canadian Geotechnical, 29 (1992) 686-695.
79. Robertson P. K. Ve Wride C. E.,Cyclic Liquefaction on Evaluation Based on the SPT and CPT,NCEER Workshop on Evaluation Based on the SPT and CPT, NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Technical Report NCEER-97-0022, 1997.
80. Sattler P., Fredlund D. G., Klassen M.J.ve Rowan W. G. , Bearing Capacity Approach to Railway Desing Using Subgrade Matric Solution, Transportation Research Board,Committee on Railroad Track Structure System Design, Transportation Research Record, 1241 (1989) 27-33.
81. Schulze W.E., Grundbau, Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik, 7th ed., B.G. Taubner Publishers, Leipzig, Germany, 1943.
82. Skempton A. W., The Bearing Capacity of Clays, Proceedings, Building Research Congress, 1 (1951) 180-9.
83. Serdar E., Comparative Liquefaction Analyses On Adapazarı Soil, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
84. Sivrikaya O. ve Toğrol E., İnce Daneli Zeminlerde SPT Sonuçlarının Düzeltilmesi Üzerine Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi , 12, (2003) 59-67.

85. Stein, R.S., A.A. Barka, and J.H. Dieterich, Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, Journal of International Geophysics., 128 (1997) 594-604.
86. Sully J.P. ve Campanella R. G., Evaluation of in situ anisotropy from crosshole and downhole shear wave velocities measurements, Geotechnique, 45 (1995) 267-282.
87. Şengör A.M.C., Özeren S. , Genc T. ve Zor E., East Anatolian High Plateau As A Mantle-Supported, North-South Shortened Domal Structure, Geophysical Research Letters, 30 (2003) 8045.
88. Şekercioğlu E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 1998.
89. Tatham R. H., Vp/Vs and Lithology, Geophysics, 47 (1982) 336-344.
90. Tokimatsu K. Ve Uchida A., Correlation Between Liquefaction Resistance and Shear Wave Velocity, Soils and Foundations, 30 (1990) 33-42.
91. Ten Veen J.H., Woodside, J.M., Zitter, T.A.C., Dumont, J.F., Mascle, J. ve Volkonskaia, A., Neotectonic Evolution of the Anaximander Mountains at the Junction of the Hellenic and Cyprus Arcs, Tectonophysics, 391, (2004) 35-65.
92. Terzaghi K., Theoretical Soil Mechanics, John Wiley&Sons, New York, 1943.
93. Terzaghi K. ve Peck R.B., Foundation Design and Construction
94. Tezcan S., Keçeli A., Özdemir Z., Allowable bearing capacity of shallow foundation based on shear wave velocity, Geotechnical and Geological Engineering, 24 (2006) 203-218.
95. Tezcan S., Keçeli A. ve Özdemir Z., Zemin ve kayalarda emniyet gerilmesinin sismik yöntemlerle belirlenmesi, TUBAV, 3, 1 (2011) 1-10.
96. Timur E. ve Çaylak Ç., Nomogram kullanılarak sismik kırılma yol zaman grafiklerinden katman kalınlıklarının saptanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 9, 1 (2007) 9-20.
97. Tudes Ş., Ceryan S. ve Bulut F., Geoenvironmental Evaluation For Planning An Example From Gumushane City, Close To North Anatolian Fault Zone NE Turkey, Bullentin of Engineering Geology and the Environment, 71 (2012) 679-690.
98. Turan Ö., Trabzon İli Yerleşim Alanında Zemin Araştırması İçin Bileşik Jeofizik Yöntemlerin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi , KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2002.
99. Türker E., Zemin Sıvılaşması Analizlerinin Sismik Hızlar Yardımıyla Yapılması, Geosound, 28 (1996) 203-214.

100. Ulusay R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 4.Basım, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 2001.
101. Ulusay R., Tuncay E. Sönmez H., ve Gökçeoğlu, An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data And Iso-Acceleration Map of Turkey, Engineering Geology, 74 (2004) 265-291.
102. Uyanık O., Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2002.
103. Uyar O., Kayma Dalga Hızı Ve Basitleştirilmiş Prosedüre Bağlı Karşılaştırmalı Olarak Sıvılaşma Direnç Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi , Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2006.
104. Uzuner A.B., Temel zemin mekaniği, 7.Basım, Derya Kitabevi, Trabzon, 2007.
105. Uzuner A.B., Temel mühendisliğine giriş, 4.Basım, Derya Kitabevi, Trabzon, 2011.
106. Üçöz E., Yerin Sıvılaşma Potansiyeli Sismik verilerle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.
107. Yurtçu S., Zemin Mekaniği Ders Notları, Afyon MYO İnşaat Programı, 2013.
108. Youd ve diğ., 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 Engineering, 127, 10 (2001) 817-83.
109. Youd, T.L. ve Idriss, I.M., Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Proceedings of the NCEER Workshop, Technical Report NCEER-97-0022, National for Earthquake Engineering Research, 1997.
110. Wilchek L., Liquefaction Stability Of Cohesionless Soils Using İn-Situ Testing, Yüksek Lisans Tezi, University of British Columbia Geological Engineering, İngiltere, 1996.
111. Wilkens R., Simmons G. Ve Caruso L., The Ration Vp/Vs as a discriminant of composition for siliceous limestones, Geophysics, 49 (1984) 1850-1860.
112. Zarif H., Özçep F. ve Seyyar T., Yalova'daki Alüvyon Zeminlerin Sıvılaşma Tehlike Analizi, Deprem Sempozyumu, Mart 2005, Kocaeli, Bildiriler Kitabı: 1130-1139.
113. URL-1, www.zeminetudu.com.tr/sismik_yontemler.asp. Sismik Yöntemler. 25 Haziran 2013
114. URL-2, www.geomakmuh.blogspot.com/2011/04/etut-fotograflar.html. Etüt Fotografları. 30 Nisan 2011.

115. URL-3, www.muhendisim.org. Standart Penetrasyon Testi. 25 Haziran 2013.
116. URL-4, www.deprem.gov.tr. Sivas İli Deprem Haritası. 29 Haziran 2013.

ÖZGEÇMİŞ

29.04.1986'da Erzincan'da doğdu. İlköğretimini Cumhuriyet İlköğretim okulunda (Edremit), ortaöğretimini Bostancı İlköğretim (İstanbul) , lise öğrenimini Erzurum Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik mühendisliği bölümüne girmeye hak kazandı. 2005 yılında bölüm birincisi olarak Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaptı. 2009 yılında Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü 3.21 akademik ortalaması ile bölüm altıncısı olarak mezun oldu. Mezun olduktan sonra Eser Müh. ve Müşavirlik A.Ş., TBT İnşaat Ltd.Şti., İmc-S Teknik Sondaj Ltd.Şti., Metronet Altyapı A.Ş., TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası'nda Jeofizik Mühendisi olarak görev yapmıştır. Bu çalışma hayatı içerisinde 2010 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2011 yılında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı kapsamında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde yükseköğrenimine başladı. 2011-2012 Bahar Dönemi'nde Erasmus Öğrenim Hareketliliği kapsamında MontanUniversitat Leoben Avusturya'da 6 ay öğrenim gördü. Araştırma Görevlisi görevi halen devam etmekte olup, iyi derecede İngilizce ve Almanca bilmektedir.

Yayınlanan Bildiriler:

Gören S., Dikmen Ü., 4th International Geoscience Student Conference, 2013, Berlin.
Investigation of the Liquefaction Potential of Soils of Northern Sea Command (Istanbul) Using SPT, TURKEY.

Görev Aldığı Kongreler ve Sempozyumlar:

Türkiye 18. Uluslararası Petrol, Doğalgaz Kongre ve Sergisi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 2011.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeotermal Enerji Kongresi, Ankara, 2011.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Nükleer Enerji Paneli, Ankara, 2011.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Akkuyu'da Nükleer Santral Yapılmalı mı? Panel, Mersin, 2011.