



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DENİZLİ İLİ ACIPAYAM İLÇESİ OĞUZ
MAHALLESİ TOKİ İNŞAATI ZEMİN
İYİLEŞTİRMESİ**

Ünal Bahadır BAYLAN

BURDUR, 2020

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DENİZLİ İLİ ACIPAYAM İLÇESİ OĞUZ
MAHALLESİ TOKİ İNŞAATI ZEMİN
İYİLEŞTİRMESİ**

Ünal Bahadır BAYLAN

Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN

BURDUR, 2020

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Ünal Bahadır BAYLAN tarafından Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN yönetiminde hazırlanan “Denizli İli Acıpayam İlçesi Oğuzlar Mahallesi TOKİ İnşaatı Zemin İyileştirmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 24/04 /2020

Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN (Başkan)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi(İmza)

Dr. Öğr. Üyesi Cenk ÖCAL (Jüri Üyesi)

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi(İmza)

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ULUTAŞ (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi(İmza)

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu’nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Denizli İli Acıpayam İlçesi Oğuzlar Mahallesi TOKİ İnşaatı Zemin İyileştirmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

24 / 04 / 2020

(İmza)

Öğrencinin Adı SOYADI

Ünal Bahadır Baylan

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Deneylerimi yapmam için laboratuvarlarını bana açan ve araştırmalarımnda hiçbir yardımı esirgemeyen değerli Denizli FEB Laboratuvarı Osman Demirkan'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Nisan, 2020

Ünal Bahadır BAYLAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Zemin İyileştirme Yöntemleri	3
2.1.1. Yüzeysel Zemin İyileştirme Yöntemleri.....	4
2.1.2. Derin Zemin İyileştirme Yöntemleri.....	7
2.2. Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Sınıflandırması.....	16
2.3. Zemin İyileştirmenin Amacı	17
2.4. Uygun Zemin Türü	18
2.5. Zemin İyileştirmelerinin Avantaj ve Dezavantajları	19
2.6. Literatür araştırmaları	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.2 Yöntem.....	31
3.2.1. Arazi incelemesi ve yapılan deneyler	31
3.2.2. Laboratuvar Deneyleri	32
3.2.3. Zemin İyileştirme Uygulamaları	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
5. SONUÇ	43
KAYNAKLAR.....	45
EKLER	51
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışma alanı lokasyon haritası.....	27
Şekil 3.2. Kuzey Anadolu fay hattı	28
Şekil 3.3. Ege-Hellen Hendeği	29
Şekil 3.4. Türkiye deprem tehlike haritası	30
Şekil 3.5. Denizli deprem haritası	30
Şekil 4.1. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 birinci bölge	34
Şekil 4.2. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ikinci bölge.....	36
Şekil 4.3. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 birinci bölge	37
Şekil 4.4. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ikinci bölge.....	39
Şekil 4.5. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 birinci bölge	40
Şekil 4.6. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ikinci bölge.....	42

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Zemin sınıflarına göre iyileştirme yöntemleri	17
Tablo 2.2. Zemin iyileştirmelerinin amacı.....	18
Tablo 2.3. Uygun zemin türünün belirlenmesi	19
Tablo 2.4. Zemin iyileştirmelerinin avantajları ve dezavantajları	20
Tablo 2.4. Zemin iyileştirmelerinin avantajları ve dezavantajları (Devamı).....	21
Tablo 3.1. Temellerde en fazla oturma değeri	31
Tablo 4.1. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 birinci bölge.....	34
Tablo 4.2. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ikinci bölge	35
Tablo 4.3. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 birinci bölge.....	37
Tablo 4.4. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ikinci bölge	38
Tablo 4.5. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 birinci bölge.....	40
Tablo 4.6. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ikinci bölge	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BHA	: Birim Hacim Ağırlığı
CM	: Santimetre
DSİ	: Devlet Su İşleri
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü
KM	: Kilometre
kPA	: Kilo Paskal
M	: Metre
MAKÜ	: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
MTA	: Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü
PMT	: Plentmiks
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Denizli İli Acıpayam İlçesi Oğuz Mahallesi TOKİ İnşaatı Zemin İyileştirmesi

Ünal Bahadır BAYLAN

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN

Nisan, 2020

İnşaat Mühendisi, yapılaşma alanının özelliklerine göre tasarım yapmak zorundadır. Bu tasarımlar iki yöntemle yapılmaktadır. Birinci yöntem zemini olduğu gibi kabul ederek tasarım yapmaktır. İkincisi ise zemin iyileştirme yöntemlerini uygulayarak zemini daha güvenilir hale getirerek tasarım yapmaktır. Zemin iyileştirme yöntemlerinin kullanılmasındaki temel amaç; teğetsel gerilmeler sonucu oluşan kayma gerilmelerini arttırmak, zemin geçirimsizliğini azaltmak, iri daneli zeminlerde boşluk oranı azaltılırken, ince daneli zeminlerde kıvam artırılması gerekmektedir. Türkiye, deprem açısından aktif bir yapıya sahip ülkelerden bir tanesidir. Deprem haritasında Denizli İline bakılırsa %95' ine yakın kısmının 1. derece; geri kalanının ise 2. derece deprem riski altında olduğu görülmektedir. Deprem açısından aktif olan bölgelerde zeminin heterojen ve gevşek olması zeminde iyileştirme yapılmasını gerektirmektedir. Zemin malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesindeki temel amaç ise; deprem anında oturmalar meydana gelmemesi ve can ve mal kayıplarının yaşanmaması için önem arz etmektedir. Yeni yerleşime açılacak bölgelerde ve mevcut risk taşıyan alanlardaki zemin özelliklerinin de bilinmesi planlama ve risk azaltmak için gereklidir. Denizli İli, Acıpayam İlçesi Oğuz Mahallesi zemin malzemesi olarak gevşek bir yapıya sahiptir. Zemin kumlu, siltli ve çakıllı malzemelerden oluşmaktadır. Zeminin gevşek bir yapıya sahip olması üzerine gelecek yüklerden kaynaklı oturmalara neden olacaktır. Bu tez çalışmamızda Denizli İli Acıpayam İlçesi Oğuz Mahallesi TOKİ İnşaatının zemin incelemesi yapılarak zemin iyileştirme yöntemleri kullanılmıştır. Alüvyon bir yapıya sahip arazide yapılacak olan TOKİ inşaatının zemin problemleri ele alınarak yapılan deneyler ve alınan önlemlerle imalatın sağlıklı yapılması, oluşacak zararların en aza indirgenmesi sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Denizli, deprem, zemin etüdü, iyileştirme, oturma

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Denizli Province Acipayam District Oguz Neighborhood TOKI Construction Soil Improvement

Ünal Bahadır Baylan

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Dr. İ. İskender SOYASLAN

April, 2020

Civil Engineer has to design according to the characteristics of the structure processing. These designs are made in two ways. The first method is to make the floor acceptable design as it is. The second is to design by making the floor more reliable. The main purpose of using soil improvement methods; How tangential stresses are made to increase shear stresses, to determine soil permeability, while reducing the gap ratio in coarse grained soils, increases the consistency of fine grained soils. Turkey earthquake origin is one of the countries with an active structure. 95% of the first degree; means that the rest is at risk of 2nd degree earthquake. One of the active ones in the earthquake environment is that the ground is heterogeneous and far away and that the ground is improved. The main purpose of determining the properties of soil materials; the earthquake did not occur during the settlement and life and property losses were important to avoid. To know the soil properties in the areas that will be opened to new settlement and in the existing risk areas are in planning and risk areas. Acipayam District of Denizli Province has a structure here as the ground material of Oğuz Neighborhood. The floor is made of sandy, silty and gravel materials. The floor should have a wiped structure that will cause the device to settle from future loads. In this thesis, the soil investigation of the TOKİ construction in Oğuz Mahallesi of Acipayam District of Denizli Province is carried out. It seizes the ground problems of TOKI construction which has an alluvial structure and makes experiences in this field and is planned within the production based on them, minimizing the damages that will occur.

Keywords: Denizli, earthquake, ground survey, improvement, settlement

1.GİRİŞ

Zeminler eski tarihlerden itibaren iyileştirilerek inşaat yapımına uygun hale getirilmektedir. Gelişen teknoloji ve duyulan ihtiyaçtan dolayı zemindeki geoteknik davranışlar zemin iyileştirme tekniklerinin gelişmesine neden olmuştur (Uzuner, 1995).

Günümüzde yaşam standartlarının artmasıyla birlikte, yapılaşma ve ulaşım konusunda arazi kullanımında talep artmıştır. Bu ihtiyaçlarla birlikte barajlar, tüneller, demiryolları inşa edilmiş ve gelecekte de yapımları devam edecektir. Bu yapılaşmadan dolayı yeterli mukavemete sahip zeminler azalmış, taşıma gücü yetersiz olan zeminlere yönelme başlamıştır. Taşıma gücü yetersiz olan bu zeminlerinde yapılaşma için uygun hale getirilme ihtiyacını arttırmaktadır. İnşaat mühendisleri geoteknik sorunlar ve zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bu sorunlar; taşıma kapasitesi yetersizliği, oturma problemleri sıvılaşma ve heyelan gibi mühendislik açısından önemli konular yer almaktadır. Birçok ülkede zemin iyileştirme yöntemleriyle zeminler yapılaşma için uygun hale getirilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte iyileştirme yöntemleri daha kolay ve ekonomik hale gelmektedir (Han, 2015).

Zemin iyileştirme yöntemlerindeki amaç, zemindeki boşlukların azaltılarak homojen bir yapı haline getirilmesi hedeflenmektedir. Zemin iyileştirmelerinin hedefi ise; zemindeki sıvılaşmaları ve oturmaları engellemek, taşıma kapasitesini artırarak konsolidasyonu hızlandırmaktır. Bu hızlandırma işleminin amacı kil ve silt gibi ince daneli malzemelerin bina yüküyle çökmesi yerine, zemin iyileştirme yapılarak bir an önce oturma yapmasıdır. Yapı güvenliğini sağlayarak zeminde sabit bir yük altında zamanla oturmayı engellemektir (Özaydın, 2011).

Zemin verilerine bakılarak inşa edilecek yapının yükü ve meydana gelebilecek deprem etkileri göz önüne alınarak en uygun zemin iyileştirme yöntemleri seçilmektedir. Zemin iyileştirmeden sonra yoğunluk, su muhtevası, boşluk oranı tayini ve oturma deneyleri yapılarak çalışmalardaki iyileştirme başarısı izlenmektedir (Yıldırım vd., 2008).

Yapılaşma için uygun olmayan arazilerde zemin iyileştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Yapılaşmaya uygun olmayan araziler; killi, gevşek kumlu, siltli çoğunlukla sıkıştırılabilen veya taşıma kapasitesi düşük, bol miktarda organik malzemeleri içerisinde bulunduran zeminlerdir (Sağlam vd., 1998).

Zemin iyileştirme yöntemleri arazinin özellikleri, kullanılacak olan materyaller ve yöntemler, uygulanacak olan derinlik, iyileştirmenin amacı ve türü, bu yöntemlerin performansına ve devamlılığına göre seçilmelidir. Bu yöntemlerin hangisinin kullanılacağını iyi seçmek için geoteknik alanında uzmanlaşmak gerekmektedir (zaydın, 2011).

Çalışma alanındaki bazı bina temelleri dere yatağına geldiğinden dolayı dolgu yapılmıştır. Bu dere yatağının güzergâhı EK-1’de verilmiş olup, bina temellerine gelen dolgu alanları oturmaya sebep olacağından dolayı dolgu kısım temizlenerek iyileştirme yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı; yapılan bu zemin iyileştirme işlemlerinin incelenip zemindeki oturmanın engellenip engellenemediğinin belirlenmesidir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Zemin İyileştirme Yöntemleri

Zemin iyileştirme yöntemlerinin seçiminde birçok etken vardır. Bunlar ele alınacak olursa iyileştirme yapılacak alanın etrafındaki yapıların mevcut durumu, bu yapıların temel durumları, yeraltı suları, çevre yapılara göre izin verilebilecek derinlik ve titreşim büyüklükleri, yapı emniyet yükleri, depreme olan stabilitesi ve sismik hareketlenmelere bakılarak zemin iyileştirme yöntemleri seçilebilmektedir (Akyol vd., 2014).

İnşa edilen bir yapının zamanla kullanım amacı değişebilmektedir. Bu da binanın yüklerinin değişmesi anlamı taşımaktadır. Böyle bir durumda zeminin bu yükleri taşıyıp taşıyamayacağı tespit edildikten sonra, zemin iyileştirme yöntemlerine başvurulması gerekmektedir. Zemin iyileştirme işlemleri başladıktan sonra, iyileştirme işlemleri esnasında önceden planlanamayan durumlarla karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu tarz durumlarında önüne geçebilmek ve zemin iyileştirme işleminin tam anlamıyla projelendirilmiş şekilde yapabilmek için ölçme sistemi kurularak takip edilme yöntemine gidilmelidir. Bu işlemler devam ederken hassas ölçümler sürekli yapılmalıdır. Bu tarz deformasyon ölçümlerini iyileştirme yöntemlerinin hepsinde kullanılması gerekmektedir. Bundan dolayı yapılacak olan iyileştirme yöntemin en iyisi yapılırken mali açıdan da en uygun olanını seçmek gerekmektedir (Pektaş vd., 2012).

Zemin iyileştirme yöntemleri uygulamasında mevcut zeminde (Ergün, 1996),

- Kayma mukavemeti değeri büyür,
- Deformasyon modülü değeri büyür,
- Sıkışabilirliği küçülürken, şişme ve büzülme potansiyeli kontrol altına alınır,
- Permeabilite değeri düşer,
- Çevresel şartlarla ilişkili olarak fiziksel ve kimyasal değişimler engellenir,
- Sıvılaşma potansiyeli düşmektedir.

Günümüz şartlarında zemin iyileştirme metotlarında birçok yeni yöntem geliştirilmiştir. Zemin iyileştirme yöntemleri zeminin cinsine ve iyileştirmenin amacına göre değişiklik göstermektedir (Uzuner, 1995).

Tasarımı yapılan bir yapıda mevcut zemin şartlarına güvenli bir şekilde inşa edilemiyorsa zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Zeminlerin iyileştirilme yöntemleri uygulanabilecek zemine ve uygulanabilecek derinliğe göre ikiye

ayrılmaktadır. Bu yöntemler ise yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri ve derin iyileştirme yöntemleridir (Uzuner, 1995).

Zeminde iyileştirme yapıldıktan sonra değerlendirme yapılmaz ise iyileştirmenin ve zeminin uygun kriterlere uyabileceği belirsiz olmaktadır. Zemin iyileştirmesi yapıldıktan sonra değerlendirmeler için aşağıda verilen yöntemlerden bazıları kullanılabilir. Şantiye sahasında yapılan iyileştirmeyi kontrol amaçlı deney ve yöntemler şu şekilde sıralanabilir (Ergün, 1996).

- i. Araziden alınmış numuneleri laboratuvarında mukavemet deneyi ile,
- ii. Standart Penetrasyon Deneyi,
- iii. Koni Penetrasyon Deneyi,
- iv. Presyometre Deneyi,
- v. Veyn Deneyi,
- vi. Yüzeyde ve Yüzey Altında Plaka Yükleme Deneyleri,
- vii. Zemine ait kayma dalgası hızı kullanımı.

2.1.1. Yüzeysel Zemin İyileştirme Yöntemleri

Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemlerinde, tabakalar halinde serilen zeminler kompaksiyon ile sıkıştırıldıktan sonra drenaj uygulamalar yapılmaktadır. Drenaj yapmak zemindeki suyu uygulama yapılacak alandan suyu uzaklaştırmak anlamına gelmektedir (Aksoy, 1994).

Drenaj yöntemi; zemindeki su muhtevasını azaltarak o zeminin daha kullanılır bir hal alması ve iyileştirmesini sağlamaktadır. Zemindeki su muhtevasındaki artış o zeminin taşıma gücünü ve mukavemetini azaltmaktadır. Bu nedenlerden dolayı zeminin stabil olması gerekmektedir ve zemin suyunun iyileştirme sahasından uzaklaştırılarak suyun tekrar girişi önlenmesi gerekmektedir. İyileştirme işleminin başarıya ulaşması için mümkün olduğu kadar üniform bir seviyede tutulması gerekmektedir (Uzuner, 1995).

Fransız Drenleri; künklerin kullanılmasıyla uygulanan bir drenaj şeklidir. Künkün kullanılma amacı güneşle teması keserek içinde herhangi bir bitkisel oluşumu engellemek ve tıkanıklığa neden olmamaktır. Künk için hazırlanan hendeğin çapı 30 cm'den daha geniştir. Künkün hendeğe yerleştirilmesinden sonra oturma yapmayacak dolgu malzemesi kullanılır ve künkün etrafı filtre malzemelerinden yapılan bir tabak ile korunma altına alınır. Bu tarz drenler kayma mukavemetini arttırmakla beraber açık yapılan drenlere göre daha emniyetli olmaktadır (Durgunoğlu, 1998).

Çevre Drenleri; bu hendekler çoğunlukla tesviye yapılan yerler boyunca giderek veya su muhtevasının en yüksek olduğu yerleri izleyerek inşaat sahasını çevreler ve uzun olabilmektedir. Bu drenler suyun kurutulmak istenen bölgeye gelmesini engelleyerek drenaj masrafını azaltmaktadırlar. Çevre drenleri su dolu inşaat sahalarındaki su seviyelerini azaltarak temel inşaatlarının kuru bölgede kalmasını sağlamaktadır (Yıldırım, 2004).

Köstebek Drenler; kil yoğunluğu fazla olan zeminlerde su kapiler kuvvetle tutulduğu için, su zeminde hareket etmemektedir. Bundan dolayı killiKilli topraklar drenaja uygun olmamaktadır. Bu köstebek drenleriyle killi topraklardaki su seviyesi azaltılabilmektedir. Köstebek dreni uygulamasında, köstebek sapanı mermi şeklindedir ve yatay önde bulunan bir kol üzerine yerleştirilir. Traktör bu köstebek sapanını yukarı yönde çekmesi ile köstebek dreni oluşur ve üzerine bir yük gelmediği sürece suyu orada dren etmekte ve senelerce bu derin orada kalabilmektedir (Yıldırım, 2004).

Kuyu Drenler; kuyu drenleri ve sondaj kuyularının başka bir amaçla kullanışı ise; temel seviyesi altında bulunan su seviyesinin geçici ve hızlı bir şekilde indirilmesi için kullanılmaktadır. Şantiye sahasının etrafına açılan kuyular suyu kendilerine çekmektedirler. Bu sahadaki suyun çekilmesi tek bir pompa ile veya her kuyu için ayrı bir pompayla olmaktadır. Pompaların sürekli çalışması saha alanındaki suyun seviyesini azaltmasını sağlayacaktır. Su seviyesini daha derinlere indirmek için ise kademeli olarak pompa sistemi kurarak gerçekleştirebilir (Kemaloğlu, 2008).

Kompaksiyon; kompaksiyon işlemi mevcut zeminde veya üzerine serilen zeminin birbirlerine yaklaştırılması ve zemin içerisinde boşluk oranının azaltılmasını sağlamasına denir. Bu işlemde mekanik araçlar kullanılmaktadır (Mutman, 2010). Zeminlerin sıkıştırılması BHA'nın artarak mühendislik açıdan özelliklerini iyileştirmektedir. Zemine uygulanan statik ve dinamik yükler sayesinde boşluk oranın azalması ve bu yükler altında danelerin birbirine hareket ettirilmesi sağlanmaktadır. Zeminin bu hareketi zemin içerisinde bulunan su miktarına ve kompaksiyon enerjisine bağlı olarak değişmektedir (Mutman, 2010).

Kompaksiyon uygulamasında zeminin kuru BHA esas alınmaktadır. Kuru olan zemine su verildiğinde daneler kendi arasında hareket ederek sıkışma eğilimi göstermektedir. Böylece kuru BHA'da artmış olmaktadır. Zemin suya tamamen doymuş hale gelirse kompaksiyon işlemini uygulamak mümkün değildir. Bunu nedeni ise boşluk oranın yerini suyun almasıdır. Herhangi bir zeminde kompaksiyon işlemiyle beraber kuru BHA ile beraber bir de su muhtevası vardır. Bu su muhtevasına optimum su muhtevası

denilmektedir. Optimum su muhtevası belirli alan içerisindeki zemin içinde belli yöntemlerle sıkıştırma yapılarak en yüksek sıkışmayı sağlayan su muhtevasına denir. Zeminin en rahat ve kolay biçimde sıkışabileceği su muhtevasıdır. Her zemin için optimum su muhtevası oranı farklıdır. Aynı zeminlerde ise kompaksiyon enerjine göre farklılık gösterebilmektedir (Mutman, 2010).

Çimento ile stabilizasyon; çimento kullanılarak zemin iyileştirme yapımı 1920 yılı Amerika’ında eyalet karayollarının zemin iyileştirmesiyle başlamaktadır. Türkiye endüstrisinin gelişmesiyle uygun bir metot haline gelmiş bulunmaktadır. İhtiyaçtan dolayı artan trafik yoğunluğu ve havayolları projelerinde ulaşım amaçlı kullanılmaya devam edilmektedir (Pektaş, 2012).

Çimentonun karakteristik özelliklerinden dolayı zeminde güçlü bir bağ oluşturmaktadır. Çimentonun birincil reaksiyonlarının etkisinden dolayı arazide ve laboratuvarlarda altı saatten geç kompaksiyon işleminden kaçınılmalıdır. Bu birincil reaksiyonda hidroliz ve çimentonun hidratlanması büyük bir rol oynamaktadır (Pektaş, 2012).

İkincil reaksiyonlarda ise, kildeki mineral yapısı ve mevcut ortamlardaki amorf malzemesindeki değişiklikler yeni bağlayıcıların oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır (Sağlam, 1996).

Çimentodaki esas problemlerden biri de yeterli bir karışım elde edilebilmesidir. Çünkü çimento içinde bulunan su muhtevasının arazideki uygulamasında bu verimin azaldığı gözlenmektedir. Serbest basınç dayanımı, çimentonun içeriğine bağlı olarak lineer bir şekilde artar (Sağlam, 1996).

Kireç ve stabilizasyon; kireç günümüz şartlarında bilinen en eski iyileştirme malzemesidir. Romalılar kireç malzemesini yol yapımlarında kullanmaktaydılar. Roma’nın bir şehri olan Puzzuoli’den elde edilen külün kireçle karıştırılarak elde edilen malzemenin dayanımının yüksek olduğu görülmüştür (Hausmann, 1990).

İçerisinde kil bulunduran zeminlerin büyük bir bölümü sönmüş kireç eklenmesi ile içerisindeki boşluk oranının azaldığı gözlenmektedir (Özaydın, 2011).

Zemindeki dayanımın artışı bir yıla yakın artış göstermektedir. Zemindeki bu serbest basınç dayanımının artışı kireç muhtevası ile olmaktadır. Kirecin zemine katkısı, kil oranı yüksek olan zeminler için en uygun malzemedir. Ayrıca tepkime hızının geç olması da iyileştirme sırasında sorun olmaması açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Kil kireç oranlarını yaparsak; 10’luk kile %1’lik kireç ilave edilmesi iyileştirme açısından en iyi oran olmaktadır (Özaydın, 2011).

Kireç ve uçucu kil stabilizasyonu; kömür yakımı ile çalışan termik santrallerin bacalarına toplanan malzemeye uçucu kül adı verilmektedir. Uçucu kül ve kireç zeminde karıştırıldığı zaman, iri daneli zeminin arasındaki boşlukları doldurduğu gözlenmektedir. Bu sonuçla; kireç stabilizasyonu sadece ince daneli zeminlerde işe yararken, kül-kireç karışımı iri daneli zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabilir. Bu yöntemlerde zeminin mukavemetinin arttırarak oturmaları ve göçüklere engel olmaktadır. Kullanım alanlarının çoğunluğu ise karayolu mühendisliğinde olmaktadır (Özaydın, 2011).

Bitüm ile stabilizasyon; Yol yapımlarında temel malzemesi üzerine dökülen bitümlü madde iri daneli malzemeyle etkileşime geçmektedir. İnce daneli zeminlere uygulanmasında ise malzemenin geçirimsizliğini sağlamaktadır. Çimento ve reçine kirece göre daha uygun maliyetli olduğu için daha fazla uygulanmaktadır. Asfalt ise ince daneli zeminlerin suyun etkisi ile yumuşamasını engellemektedir ve daneleri birleştirici özelliği ile çok tercih edilmektedir. Ayrıca birleştirici özelliğinden dolayı su ve rüzgâr erozyonunu engelleyerek mukavemet artışına neden olmaktadır (Uzuner, 1995).

2.1.2. Derin Zemin İyileştirme Yöntemleri

Zemin iyileştirme yöntemleri gelişen teknoloji ve artan taleplerden dolayı farklı boyut kazanmaktadır. Yüzeysel iyileştirme yönteminin yanında derin iyileştirme yöntemleri zeminin durumuna göre tercih edilebilmektedir. Zemin iyileştirme yöntemi olarak karşımıza birçok seçenek çıkmaktadır. Zemine uygulanabilecek yöntem ise zeminin yapısı ile yakından ilgilidir. Derin iyileştirme yöntemleri; kağıt dren, kum dren, vakumla su emme metodu, kompaksiyon kazıkları, dinamik kompaksiyon, vibro kompaksiyon, taş kolonlar, jet grout yöntemi, kireç kazıkları, elektro-osmoz gibi yöntemlerdir (Demiröz, 1991).

Ön yükleme; zeminde bulunan yumuşak kil tabakalarında dayanımı arttırmak ve oturmaları engellemek için en ideal yöntemlerden bir tanesi olmaktadır. Bu uygulama yapının inşasından önce yapılmaktadır. Zemine kum ve çakıl tabakalarıyla dolgu yapılarak, temel zemininin bu tabakalar altında oturma işleminin gecikmesi sağlanmaktadır. Bu işlemler sonrasında zeminin dayanımı artırılarak, oturmalar tamamlanmış veya çok azaltılmış olmaktadır (Sağlamer, 1998).

Çoğunlukla içerisinde yumuşak kil bulunduran zeminlerde uygulandığı için, kayma ve göçmeleri engellemek için uzun süre beklemek gerekmektedir. Bu bekleme sürelerini azaltmak için düşey kum drenleri yapılabilir. Düşey kum drenlerinin uygulamasından sonra zemindeki su düşey yönde değil yatay yönde hareket edeceğinden

dolayı, drenaj kanalları yardımıyla zeminde bulunan sular dışarıya çıkartılmaktadır. Böylece konsolidasyon süresi azaldığı için, bekleme süreside azalmaktadır (Ergün, 1996).

Kum drenleri; iyileştirme yapılacak zemine kazık çakılarak veya delinerek yapılmaktadır. Bu kazık işlemi veya delme işlemleri, delme veya burgu yöntemiyle zeminin çıkartarak meydana getirilen filtre kolonları olmaktadır. Permeabilite katsayısını ve konsolidasyon hızını kum drenlerini kullanarak zemin içerisindeki kil drenajlarını kullanarak arttırılabilmektedir. Konsolidasyonun sağlanması, boşluk suyu basıncının hızla dağılmasıyla radyal drenajla sağlanabilmektedir. Radyal drenaj yatay yönde yapıldığı için düşey yöndeki drenaj önemsiz olmaktadır. Kil tabakasının en büyük özelliklerinden biri olan sıkışabilirlik, kayma mukavemetini arttırarak maliyeti azaltmaktadır. Konsolidasyonu hızlandırmanın ayrı bir yöntemi de kum drenleri ile ek dolgu yapılabilmesidir. Zemindeki oturmalar istenilen seviyeye geldiği takdirde ek dolgular kaldırılabilir (Menard, 1975).

Prefabrik drenler; ilk olarak İskandinavya’da ortaya çıkan ve kum drenleriyle amacı aynı olan prefabrik drenler, birbirlerine yakın yerleştirilerek daha çok kâğıt veya plastiğin kullanılarak uygulandığı yöntemdir. Prefabrik drenleri Japon bilim adamları geliştirerek daha çok kullanılmasını sağlamışlardır. Düşey yönde olan yuvarlak şeridin ucu, çelik bir malzemenin dövülebileceği veya şekillendirilebileceği yuvarlak bir nesne olan Mandrel’e bağlanmaktadır. Çubuğun kendi ağırlığı ile istenilen derinliğe ulaşamadığı zaman vibratör yardımıyla sokulmakta, sonrasında ise mandrel geri çekilir. Bütün sistem mandrel çelik çubuğunun yönlendirilebileceği yükseklikte bir direğe sahip çekici üzerine monte edilmektedir (Sarsılmaz, 2017).

Plastik drenlerin kum drenlere göre avantajları;

- Plastik drenin zemine sokulma hızı kum drene göre daha yüksek,
- Kum drenler süreksizlik problemlerine çözüm olsa da, prefabrik drenler sağlamlığı drenajın sürekliliğini sağlamakta,
- Konsolidasyonun hızlı bir şekilde sağlanması için drenler birbirlerine çok yakın yerleştirilebilmektedirler.

Vakumla su emme metodu; zemin dolgusunun ekonomik olmadığı ve zemindeki kayma mukavemetinin istenilen yükseklik sınırlamalarına getirildiği yerlerde yüzeyde vakum uygulaması kullanılmaktadır (Düzceer, 2004).

Dinamik kompaksiyon metodu; ilk olarak 1930’lu yıllarda Almanya’da otoyol inşaatları sırasında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonrasında 1950’li yıllarda İngiltere’de uygulanmaya başlanmıştır. Zemin tabakalarının üzerine ağır yükler düşürülerek sıvılaşma, yoğunluk ve yüzey çatlamalarının arttırılması amaçlanmaktadır. Bu yöntemle yumuşak

zeminlerde boşluk oranında % 80 gibi azalma olduğu gözlenmektedir. Dinamik kompaksiyon metodu moloz dolgular ve iri daneli zeminlerde uygulandığı ve başarılı olduğu görülmektedir (Leonards, 1980).

Kompaksiyon kazığı; zeminin sıkıştırılması için boşluk oranı fazla olan zemine çakılan yer değiştirme kazığıdır. Kompaksiyon kazığı sıvılaşmayı azaltırken, taşıma gücünü de arttırmaktadır (Düzceer, 2004).

Zeminin sıkılaştırılması işlemi kazık çakımı sırasında ve dinamik etki yardımıyla oluşmaktadır. Kompaksiyon kazığının yapılabilmesi için kumun suya tam doygun olması veya tamamen kuru olması gerekmektedir. Kazıkların arasındaki mesafe 1,0 ile 1,5 metre arasında değişkenlik göstermektedir. Ekonomik olması da çok fazla tercih edilmesine sebep olmaktadır (Düzceer, 2004).

Patlatma metodu; çok eski zamanlardan beri uygulana gelen bu yöntem zemin içerisine patlayıcı yerleştirilerek ve ardışık şekilde patlatılarak uygulanan bir yöntemlerdir. Bu patlamalar basınç dalgaları oluşturarak zeminde sıkılaşmaya neden olmaktadır. Ekonomik açıdan uygun olan bu yöntem, ekonomik olmasıyla da diğer iyileştirme yöntemlerine göre daha çok tercih edilme sebebidir. Patlatma metodu derin iyileştirme yöntemlerinde kullanılmasına nazaran, yüzeysel iyileştirme yöntemlerinde de kullanılabilir (Tunç, 2002).

Taş kolonlar; zemin üzerine gelen yükleri, zeminle beraber taşımak olan bu yapılar genellikle yumuşak veya orta yumuşaklıktaki zeminlerde uygulanırlar. Genellikle kum zeminlerde sıvılaşmayı önlemesi ile tercih edilse de, zeminin taşıma gücünü arttırarak oturmaların azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Akdoğan, 1996).

Taş kolonların uygulanmasında, uygulama yapan ekibin becerisi ve tecrübesi çok önemli bir rol oynamaktadır. Uygulanan tek bir taş kolon, radye temeller ve akaryakıt tanklarının zeminlerinde (Kutzner, 1996), ve baraj gibi yapılarında iyileştirilmesinde (Tunçdemir, 2007) kullanılarak üst yapıdan gelen yükleri rahatlıkla karşılayabilmektedir.

Taş kolonlar ile iri daneli zeminlerin iyileştirilmesi; taş kolon yöntemi ile iyileştirmesi yapılacak olan iri daneli zeminler, kendi içerisinde birbirini tutmayan kohezyonsuz zeminlerde ve gevşek kumlarda uygulanabilmektedir. Kohezyonsuz zeminlere yapılacak inşaatların temellerinde oturmalar meydana geleceği için mütemadi temellerin altına iyi sıkıştırılmış zemin bölgesi taş kolon yöntemiyle sağlanmaktadır. Deprem veya çevre kazılardan kaynaklanan vibrasyon sonucu oturmaları ve zemin sıvılaşmasını engellemek için taş kolonların uygulama derinliği arttırılabilmektedir (Akdoğan, 1996).

Taş kolonlar ile ince daneli zeminlerin iyileştirilmesi; taş kolon yöntemiyle iyileştirme yapılacak olan ince daneli zeminlerde, temellerin hemen altına yerleştirilen kolonlar taşıma kapasitesi yüksek olan zemin bulanana kadar indirilmektedir. Taşıma gücü yüksek zemin yoksa temel mukavemetinin artımı taş kolon derinliği ile sağlanmış olacaktır. Taş kolon uygulaması ile zemin suyu sönmümlenirken, kayma mukavemeti de artmış bulunacaktır. Taş kolon uygulamasında mütemadi temelin hemen altındaki zemin gelen yüklere maruz kalsa da, taş kolon uygulamasında dolayı yüklerden etkilenmeyecektir ve taşıma gücü çok fazla değişmeyecektir (Akdoğan, 1996).

Enjeksiyon teknikleri; zeminin geçirgenliğini azaltırken, kayma mukavemetini arttırmak için kullanılan bir yöntem olmaktadır. Genellikle (Alkaya, 2011)'in de incelemiş olduğu baraj ve su kaynakları ile ilgili yerlerde daha sık kullanılmaktadır. Enjeksiyon yöntemi ile zemin iyileştirmeleri çok eski tarihlere dayanmaktadır (Toğrol, 2009).

Enjeksiyon metodunun genellikle uygulandığı yerler;

- Oturmaların engellenmesi ve su kaçaklarının önlenmesinde,
- Patlatma yönteminde gevşeyen zeminin üst kısımlarının taşıma kapasitesini arttırmakta,
- Komşu temellerin kayma mukavemetlerinin arttırmakta,
- Su kaynaklarında veya yeraltı suyu olan yerlerde geçirimsizlik perdesini oluşturmakta,
- Gevşek zeminlerde sıvılaşmayı engellemek için kullanıldığı gözlenmektedir (Özkan, 2006).

Enjeksiyonda en basit karışım harcı; çimento süspansiyonudur. Enjeksiyon harçları boşluklu iri daneli zeminlere enjekte edilmesiyle kullanışlı hale gelmektedir. Oturma yapmış temellerin altına enjeksiyon uygulaması, temellerin kaldırılmasında da kullanılmaktadır (Tunçdemir, 2004).

Kumlu veya çakıllı zeminlerde çimentonun yanı sıra kimyasal enjeksiyonu da yapılmaktadır. Böyle durumlarda zeminde istenilen seviyede sağlam bir alt yapı oluşturulmuş olacaktır. Komşu parsellerde kazı yapılması durumlarında temellerin emniyete alınması durumlarında da kullanılmaktadır (Çimen, 2008).

Jet grout; zeminde iyileştirme yapılacak derinliğe kadar inilerek püskürtme betonlarıyla z, zemin içerisinde kolon oluşturulması işlemidir. Bu yöntemle zemin mukavemeti artar ve permeabilite azalır. Yüksek basınçlı enjeksiyon işlemi, şerbetin zeminle karışmasından sonra oluşturduğu homojen yapı temel güvenliği için önemli bir rol oynamaktadır (Bakım, 2007).

Jet grout yönteminin bütün zeminlerde uygulanması ve uygulama alanlarının çeşitliliği açısından oldukça ön plana çıkan bir iyileştirme yöntemi olmaktadır.

Kullanım alanları ise; derin temeller, şev stabilitesi, tüneller ve yapılardaki temel takviyeleri olarak özetlenebilmektedir (Melegari, 1997).

Okyay (1987)'ye göre jet grout yönteminin diğer iyileştirme yöntemlerine üstünlükleri şunlardır;

- Bütün zemin çeşitlerine uygulanabilir olması,
- İstenilen geometrik yapıda uygulanabileceğinden dolayı kesin hesabın oluşturulabilmesi,
- Uygulanan enjeksiyon genellikle çimento-su karışımı olmasından dolayı çevre kirliliğine mahal vermemesi,
- Çevre koşulları uygun olmayan alanlar uygulanabilir olması,
- Mevcut temellerin taşıma gücü takviyesinde deformasyonu çok az olması,
- Jet grout yöntemi istenilen derinlikte başlayıp zemine çıkmasına gerek kalmadan yine istenilen derinlikte kalabilmesidir.

Zeminlerde jet grout yönteminin kullanılması oldukça yenidir. İlk olarak Japonya'da kullanılan yöntem daha sonra Amerika ve Avrupa'da kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni zeminin sağlamlaştırılarak geçirimsiz hale getirilmesidir (Akbulut, 1999).

Günümüz şartlarında bu yöntem geliştirilmeye devam etmektedir. Bu iyileştirme yönteminin verimliliği açısından mesafeler kat edilmektedir. Püskürtme yapılan betonun debisi, harcın yoğunluğu yeni gelişmeler sağlanmaktadır. Püskürtme yapılırken borunun dönme hızının, çapının, delik sayılarının jet grout yönteminin verimliliği açısından önemli bir rol almaktadır (Çimen, 2008).

Jet grout yönteminin ülkemizde ilk defa uygulanması 1998 yılında İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından Atık Su Derin Tünelleri Projesinde kullanılmış olup, kullanımı günümüzde hala devam etmektedir. Bu yöntemde 60-120 cm çap aralığındaki kolonlar kullanılmaktadır. Kazık biçiminde olan bu kolonlar zemin mukavemetini arttırırken, sıkışabilme özelliğini de azaltmaktadır. Birbirlerine bitişik şekilde de uygulanabilen bu kolonlar, geçirimsizlik perdesini de oluşturmuş olmaktadırlar. İyileştirme uygulanacak zeminin özelliğine göre, bazı durumlarda uygulama zeminle karıştırılsa da, bazı durumlarda zemin karıştırılmayıp homojen bir kolon sistemi oluşturulabilmektedir (Özkan, 2006).

Derin karıştırma; zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan derin karıştırma, zemin yapısı ince daneli olan zeminlerde kireç ve portland çimentosunun zeminle karıştırılıp kolonlar oluşturmasıyla uygulanmaktadır. Kireç, portland çimentosu ve zemin karışımı zamanla priz alarak mukavemet sağlamaktadır. Bu kolonlar genellikle İsveç ve Japonya’da sık uygulanmaktadır. Kirecin kullanımı hem sönmüş haliyle hem de sönmemiş kireç haliyle kullanılmaktadır. Toz halide kullanılan kireç, bulamaç halinde de karışımlarda yerini almaktadır. Karışımın çok iyi yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde karışımı iyi olmayan kireç su tutucu özelliğiyle kolonlarda deplasmana neden olabilmektedir (Ergün, 1996).

Kireç kazıkları; en yaygın kullanımı Çin’de olan bu iyileştirme yöntemi, Kireç kazığı kuyularına sönmemiş kirecin doldurulmasıyla uygulanmaktadır. Kirecin su emme özelliğinden dolayı, su muhtevasının %50’den fazla olduğu problemli zeminlerde, zemini sağlamlaştırmak amaçlı uygulanmaktadır (Chao, 1963).

Kireç kazıkların zemin iyileştirme yöntemi olarak iki yöntemi bulunmaktadır. Sönmemiş durumdaki kireç ağırlığının %32’si kadar su emebilmektedir. Bu hidrasyon sonucu kireç kolon hacmini genişleterek yanal zemin duvarlarına basınç uygulamaktadır. Bu basınç yaklaşık 1250 kPa’lık zeminin radyal konsolidasyonuna sebep olmaktadır (Emirli, 2019).

Sönmemiş halde bulunan kirecin en büyük avantajı, hacim artışının çok büyük olmasıdır. Bundan dolayı permeabilite yükselir. Açığa çıkan yüksek sıcaklık ise suyun viskoziteyi azaltarak reaksiyonları hızlandırmaktadır (Gök, 2009).

Elektro-Osmoz; Elektro-Osmoz yöntemi, içerisinde silt bulunduran zeminlerin drenajı ve konsolidasyonunda kullanılmaktadır. Bu uygulama ilk olarak İkinci Dünya savaşı öncesinde Almanya tarafından uygulanıp geliştirilmiştir (Kayabalı, 2006).

Zemin içerisinde bulunan ince daneli yapıda mukavemeti ve deformasyonu iyileştirme amacıyla kullanılan bu yöntem yaklaşık 50 yıldır tercih edilmektedir (Kayabalı, 2006).

Siltli ve killi zeminlerde elektrik dalgaları verilerek zemin içerisinde bulunan suyu hareket ettirme özelliğine sahip olan bu yöntem, suyun istenilen bölgeye gelmesiyle birlikte pompa yardımıyla zeminden atılmaktadır. Zemin içerisindeki bu iyileştirme yönteminde toplam gerilemenin sabit kalması durumunda ise efektif gerilme artarak konsolidasyon gerçekleşmektedir (Nonveiller, 1989).

Dondurma metodu; bu yöntem kalıcı bir zemin iyileştirme yöntemi olmamaktadır. Donmuş halde bir süre kalsa da, salınım gerçekleşerek akma ve göçmeler meydana gelmektedir. Genellikle tünellerin ve göçme eğilimi gösteren kazıkların uygulamasında

kullanılmaktadır. Zemin içerisinde boşluk suyunu dondurmak suretiyle kullanılan bu yöntem kısa süreliğine de olsa zeminin katlığını ve kayma mukavemetini arttırmaktadır (Maag, 1938).

Zemin içerisindeki zeminin amonyak yardımıyla soğutulmasıyla uygulanmaya başlanan bu yönteme Pötch metodu denilmektedir. Yaklaşık bir asır öncesinde Almanya’da kullanılmaya başlanan bu yöntem, zemin içerisinde borular geçirilerek, soğuk hava veya suyun yardımıyla gerçekleşmektedir (Maag, 1938).

Her zeminde uygulanabilmesine karşın maliyeti çok yüksek bir iyileştirme yöntemidir. Dondurma metodunun uygulanamayacağı tek yer, zemin içerisinde hareketli suyun bulunduğu yerler olmaktadır (Maag, 1938).

Mini kazıklar; mini kazık uygulamaları, çimentodan hazırlanan şerbetle veya çimento harcının enjeksiyonu ile gerçekleşmektedir. Kazıkların içerisine yerleştirilen malzemeler ise; donatı veya hazır profiller olabilmektedir (Dadaşbilge, 2016).

Kazıkların yükleri zemine aktarması, sadece kazığın oturduğu kayaya değil, yanıl gövdeden sürtünme yoluyla da gelen yükleri aktarmaktadır. Minin kazıkların imalatı yanıl yönde en fazla %10 eğimi geçemeyecek ve düşey doğrultuda istenilen ölçülerde uygulanabilmektedir (Dadaşbilge, 2016).

Jeosentetik malzemeler; Jeosentetik malzemeler inşaat mühendisliğine getirdiğı yenilikler ve kullanımlarıyla birlikte inşaat alanında büyük yer kaplamaktadır. Gelişen teknoloji artan ihtiyaçlar jeosentetik malzemelerin kullanımını arttırmaktadır. Geoteknik uygulamalarında alınabilecek en iyi örnek ise donatılı zeminler olmaktadır. Düşük veya hiç çekme kuvveti olmayan zeminlere uygulanan donatılı zemin, zeminlerde çökme ve oturmayı engellemektedir (Koerner, 1997).

Jeosentetik malzemeler, 1970’li yıllarda beş-altı çeşit malzemedan ibaretken günümüzde inşaat uygulamalarında altı yüz çeşitten fazla jeosentetik malzeme kullanılmaktadır (Koerner, 1997).

Jeosentetik malzemelerin ucuz, ekonomik ve uygulanabilirliğinin kolay olması tercih edilme sebeplerinin başında gelmektedir. Neredeyse birçok alanda güvenlik katsayısını arttırmakta ve performansları iyileştirmektedir (Koerner, 1986).

Jeoteksiller, geçirimli jeosentetik malzeme olarak tanımlanmaktadır. Jeoteksillerin birçok sentetik polimerlerden yapılmaktadır. Jeoteksiller kimyasal ve biyolojik bozulmalara karşı yüksek dayanım göstermektedirler. Bozulmalara karşı gösterdiği yüksek dayanım nedeni ile genellikle drenaj, ayırma, güçlendirme, filitrasyon, koruma ve yalıtım gibi durumlarda çok sık kullanılmaktadır (Özener, 2001).

Uygulama aşamasında en çok tercih edilen jeoteksiller örgülü ve örgüsüz tip jeoteksitiller olmaktadır (Özener, 2001).

Jeolojisini alüvyonun oluşturduğu, morfolojik olarak eğimin %20'den fazla olduğu mevsimsel akış gösteren dere yataklarının kenar şevleridir. Bu şevler yer yer 3-4 metre yüksekliğe ulaşmaktadır. Bu alanlarda yapılacak önlemsiz ve kontrolsüz kazılar tehlike arz etmektedir. Bu alanlarda alınabilecek önlemler ise;

- Yapılacak zemin ve etüt çalışmalarında, oluşturulacak kazılar, planlanan yapı tasarım yükleriyle ve dış etkenlerinde hesaba katılmasıyla stabilizeleri yapılmalı stabiliteyi sağlayacak mühendislik özellikler belirlenmeli,
- Yapılması planlanan kazılarda meydana gelecek olan yarmalar, lokasyon alanına uygun projelendirilmesi yapılmış olan istinat yapıları ile korunma altına alınmalı, yüzeyde ve atık halde bulunan suların drenaj yöntemiyle lokasyon alanından uzaklaştırılmalı,
- Yapı temelleri heterojen özellikteki birim hafriyat yapılarak homojen özellikte olan sağlam zemine oturtulmalıdır. Yapıdan meydana gelecek yüklerin araştırılarak projede esas zemin ve temel etütlerinde belirlenmeli,
- Lokasyon alanındaki bütün kazılarda çevrenin tamamen güvenliği sağlandıktan sonra kazının gerçekleşmesi gerekmekte,
- İnşa edilecek yapı temellerinin aynı jeolejik özellik gösteren zeminlerine oturtulmasına özen gösterilmelidir. Farklı jeolejik özellik gösteren zeminler üzerine oturacak temeller için farklı projeler geliştirilmelidir. Zemin etüt çalışmalarında temel tipi, temel derinliği ve yapı yüklerinin tartışılacağı mühendislik parametreleri stabilite analizlerinin yapılması ve olası stabilite sorunlarına karşı alınabilecek önlemler tartışılmalıdır.

İnceleme alanının zeminini oluşturan alüvyon birimi heterojen özellikte olup yanal ve düşey yönde farklılık gösterdiğinden yapılarda farklı şişmeler ve oturmalar gözlenebilir. Alüvyon biriminden alınan numunelerin deney sonuçlarına göre kil içerikli birimlerde düşük-orta sıkışabilirlik özelliğinde olup, şişme derecesi orta olarak belirlenmiştir. İnceleme alanında açılan sondaj kuyuları ve araştırma çukurlarında yeraltı su seviyesi gözlenmemiş bu nedenle sıvılaşma analizi yapılmamıştır.

Bu sebeple çalışma alanında gözlenen birim jeolojik açıdan yapılaşmaya uygun bir alandır. Ayrıca jeolojik ve morfolojik açıdan çalışma alanında heyelan, kaya düşmesi, kütle hareketi ve su baskını gibi tehlike yoktur.

Bu nedenle;

- Zemin etüt çalışmalarındaki şişme ve sıkışabilirlik özelliklerinin ayrıntılı irdelenerek beklenecek zemin problemlerinin ortadan kaldırılmasına yönelik zemin iyileştirme yöntemlerinin belirlenmeli,
- İnceleme alanında açılan sondaj kuyuları ve araştırma çukurlarında yeraltı su seviyesi gözlenmemiştir. Bu nedenle sıvılaşma analizi yapılmamıştır. Ancak alüvyon birimi heterojen özellikte olduğundan zemin etüt çalışmalarında sıvılaşma analizinin ayrıntılı olarak yapılması ve gerekli olması halinde zemin iyileştirme yöntemlerine karar verilmeli.
- İnceleme alanının zeminini oluşturan alüvyon birimi heterojen özellikte olup yanal ve düşey yönde farklılıklar gösterdiğinden yapılarda farklı şişmeler ve oturmalar gözlenebilir. Bu nedenle yapılacak yapılar için ayrıntılı şişme oturma değerlendirilmesi yapılarak yapılacak yapıların homojen özellik gösteren birim üzerine oturtulması ve buna uygun temel tipi seçilmeli,
- Yapıdan kaynaklanan yüklerin zeminin taşıma kapasitesine ait mühendislik parametreleri (sıvılaşma, şişme, oturma ve taşıma gücü) ile temel tipi ve derinliği parsel bazlı zemin-temel etütlerinde ayrıntılı olarak irdelenerek alınabilecek mühendislik önlemleri alınmalı,
- Araştırma sonuçlarına göre gerekli zemin iyileştirmeleri projelendirilerek olası jeoteknik problemler mutlak suretle önlenmeli,
- Yapının zemine oturtulması ile zeminde oluşan temel, yapıdan aktarılan yükleri ve yapıya zarar vermeden güvenlikle taşıyabileceği taşıma kapasitesi yüksek jeolojik tabakalar tercih edilmeli,
- İnceleme alanında derin temel ve yol kazılarında, kazı yapılırken eğimlendirme, basamaklandırma, kademelendirme gibi yöntemlerle yapılması ve bu arada açığa çıkan şevlerin tekniğe uygun istinat veya iksa yapılarıyla desteklenmesi, çevre ve yüzey suyu drenajı yapılarak zeminin doğal mukavemeti korunmalı,
- Derin kazı çalışmalarında ve sonunda heterojen özellikteki zeminde olası kopma, göçme gibi risklere karşı gerekli önlemler alınmalı,
- İnceleme alanının bulunduğu bölgedeki topoğrafik eminden dolayı yoğun mevsimsel yağışların etkisiyle eğim yönünde oluşabilecek yer üstü suları, sel, su baskını gibi riskler göz önünde bulundurulmalı,

- Çalışma alanında inşaat esnasında yüzeysel ve atık sularının drenaj sistemleri yapılarak, yağış sularının düzenli bir şekilde yüzey drenajı sağlanmalı ve bina temeli ile yüzeysel sularının teması engellenmeli,
- Afet bölgelerinde yapılacak yapılar için deprem yönetmeliğine mutlak surette uyulması gerekmektedir.

AFAD'ın yayınladığı deprem haritasına göre Denizli İli 1. derece deprem bölgesi olmaktadır. Denizli İlinin % 95'i 1. Derece deprem bölgesi, geri kalanı ise 2. Derece deprem bölgesidir. 2019 yılı Mart ayında gerçekleşen 5,5 büyüklüğündeki deprem, zemin özelliklerinden kaynaklanana zemin iyileştirmeleri ve deprem yönetmeliğine uyulmasını tekrar hatırlatmıştır. Büyük depremten sonra bir ay boyunca devam eden artçı depremler yerel halkı tedirgin etmiştir. Bu nedenle zemin etütlerinin iyi bir şekilde yapılması ve gerekli önlemlerin alınması önemli bir hal almaktadır.

Mevcut zeminin durumuna bakılarak arazide yoğunluk deneyi (nükleer cihazla) ve plaka yükleme deneyi yapılabilir. Zemin raporu göz önüne alınarak mevcut zeminden alınan numunelerle Denizli Feb Malzeme laboratuvarında proctor deneyi, elek analizi, los Angeles deneyi, yoğunluk deneyi, su emme deneyi ve yassılık deneyi yapılarak zemine serilecek PMT'nin analizine karar verilebilir. Analiz sonuçlarına göre zemine serilen PMT silindirlerle sıkıştırılması sonrası, bu sıkıştırma işleminden sonra nükleer cihazla ve kum konisiyle arazide sıkıştırma tayini yapılmalı ve plaka yükleme deneyiyle oturma ve yatak katsayıları belirlenir.

2.2. Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Sınıflandırması

Zemin iyileştirme yöntemlerinin sınıflandırması her araştırmacıya göre farklılık göstermektedir. Bunlardan bazıları uygulanabilecek zemin türüne göre yapsa da, bazıları da iyileştirme yöntemlerinin zemin üzerindeki etkilerine göre sınıflandırma yapmaktadır. Japan International Cooperation Agency (JICA, 1994), iyileştirme yapılacak yöntemleri uygulanabilecek zemin türlerine göre sınıflandırması Tablo 2.1.'deki gibidir;

Tablo 2.1. Zemin sınıflarına göre iyileştirme yöntemleri (JICA, 1994)

KULLANILAN YÖNTEM	UYGULANMA YÖNTEMİ
KİL ZEMİNLER İÇİN	
Zemini değiştirme	Mekanik yöntem
Ön yükleme	Yükleme altındaki kilin konsolidasyonuna dayanan yöntemler, düşey drenaj
Kum dren	
Kâğıt dren	
Vakum yöntemi	
Ozmotik basınç	
Sönmemiş Kireç kazık	
Kum sıkıştırma kazık yöntemi	Mekanik yöntem
Isı uygulaması	Kimyasal reaksiyon
Elektro-kimyasal enjeksiyon	Kimyasal reaksiyon
KUM ZEMİNLER İÇİN	
Kompaksiyon kazığı	Kazık veya vibrasyon ile yatay sıkıştırma, densifikasyon
Kum sıkıştırma kazığı	
Vibroflatasyon	
Patlatarak sıkıştırma	Patlatma veya şok dalgalarıyla düşey sıkıştırma
Elektrik şoku ile sıkıştırma	
Taş kolon	Düşey drenaj
Enjeksiyon	Boşlukları doldurmak
GEÇİCİ AMAÇLAR İÇİN	
Well point	Su tablası seviyesine düşürmek
Dondurma	Geçici boşluk suyunu doldurmak
ELKTRO-OSMOZ	
Elektro-osmoz	Elektriksel susuzlaştırma
DİĞER YÖNTEMLER	
Kum serme	Kum örtü
Ağ serme	Donatılandırma
Dinamik konsolidasyon	
Diğer iyileştirme yöntemler	

2.3. Zemin İyileştirmenin Amacı

Zemin iyileştirmelerin amaçları ve yöntemlerine göre seçimleri U.S. Army Corps of Engineers (1999) hazırlanmış olup Tablo 2.2.'daki gibi kullanılabilir.

Tablo 2.2. Zemin iyileştirmelerinin amacı (USACE, 1999)

AMAÇ	YÖNTEM
Konsolidasyon oturmalarını azaltmak	Ön yükleme, derin karıştırma, jet enjeksiyon, taş kolonlar, elektro-osmoz
Konsolidasyon oturmasının süresini azaltmak	şürşarjlı veya şürşarjsız drenler Kum ve çakıl kompaksiyon kazıkları
şevlerin stabilitesini artırmak	Çakıl drenler, jet enjeksiyon, zemin çivleme, derin karıştırma
Sızdırmazlık perdesi oluşturmak	Jet enjeksiyon, derin karıştırma
Erozyon direncini artırmak	Silindirle sıkıştırılan beton, katkı ile
Dispersif killeri iyileştirmek	Kireç katkısı, koruyucu filtreler
şişebilen zeminleri iyileştirmek	Kireç stabilizasyonu, suyu uzak tutmak
Çökebilen zeminleri iyileştirmek	Ön patlatma, vibro kompaksiyon
Sıvılaşmaya karşı güvenliği artırmak Deformasyonları azaltmak	Vibro kompaksiyon, taş kolonlar, patlatma, derin karıştırma, jet enjeksiyon
Farklı oturma durumuna maruz kalmış yapıların zeminlerinin iyileştirilmesi	Jet enjeksiyon, mini kazık,
Ani oturmayı azaltmak	Jet enjeksiyon, patlatma, derin karıştırma

2.4. Uygun Zemin Türü

Zemin iyileştirme yöntemleri her arazi yapısına göre farklılık göstermektedir. Bunun için her yöntem her zemine uygulanmayabilir. Zemin iyileştirme yöntemlerinin zemin özelliklerine göre uygulanması Tablo 2.3.'te verilmektedir.

Tablo 2.3. Uygun zemin türünün belirlenmesi (Sarsılmaz, 2017)

YÖNTEM	UYGUN ZEMİN TÜRÜ	AÇIKLAMA
Dinamik kompaksiyon	Her tür zemin	Uygulama esnasında sıkılaştırmanın oluşabilmesi için zeminin göreceli olarak geçirimli olması gerekir.
Vibro kompaksiyon	Temiz ve kohezyonsuz zeminler	İnce malzeme oranı %25'den fazla olan zeminlerde efektif değil
Taş kolon	Killer, siltler	Yumuşak konsolide kil, suya doymuş silt ve alüvyon zeminler
Ön yükleme + düşey dren	Silt, organik zemin	
Emdirme enjeksiyonu	Silt ve kumlar	Enjeksiyonun enjekte edilebilirliğine bakılmalıdır.
Çatlatma enjeksiyonu	Killi zeminler	Emdirmenin yapılamadığı zeminlerde
Kompaksiyon enjeksiyonu	Drene olabilen zemin	Çeşitli zemin tipleri için beklenen iyileşme durumu incelenmelidir.
Jet enjeksiyonu	Her tür zemin	Her tür zeminde oluşturulan kolonlar aynı dayanıma sahip olamaz.
Derin karıştırma	Yumuşak killer	Karada veya sualtındaki zeminde uygulanabilmektedir.
Jeotekstil donatılı istinat duvarları	Granüler zeminler	Bu yöntemlerde duvar arkasında oluşturulacak dolgu kontrol edilebilir.
Donatılı şevler	Granüler zemin	Bu yöntemlerde duvar arkasında oluşturulacak dolgu kontrol edilebilir.
Zemin çivilemesi	Sıkı granüler zemin	Granüler zeminde %15 ten fazla ince dane barındıran zeminlerdir.

2.5. Zemin İyileştirmelerinin Avantaj ve Dezavantajları

Her yöntemin büyük avantajlarının yanında dezavantajları da mevcuttur. Zemin iyileştirme yöntemleri arasında seçim yaparken bu avantaj ve dezavantajlar göz önüne alınmalıdır. Yöntemler için avantaj ve dezavantaj tabloları Tablo 2.4.'te şu şekilde verilmiştir (Sarsılmaz, 2017).

Tablo 2.4. Zemin iyileştirmelerinin avantajları ve dezavantajları (Idriss vd., 2008)

Dinamik kompaksiyon	
AVANTAJLARI Zemini sıkılaştırır. Yanal gerilmeyi artırır.	DEZAVANTAJLARI Yalnızca üst 10m için etkilidir. Geçirimsizlik azaldıkça yöntemin etkinliği azalır
Vibro kompaksiyon	
AVANTAJLARI Derin temellere bir alternatif olarak genellikle ekonomiktir. Zamandan tasarruf sağlar. YASS üstünde de altındada çalışma imkânı vardır.	DEZAVANTAJLARI Yalnızca kohezyonsuz zeminlerde etkilidir. 45m'ye kadar çalışma imkanı verir fakat az da olsa bazı durumlarda daha derin noktalara kadar iyileştirme gerekli olabilir.
Taş kolon	
AVANTAJLARI Zemini sıkılaştırır. Yanal gerilmeyi artırır. Zemin kitlesini donatılandırır.	DEZAVANTAJLARI Katı tabakalara penetrasyonu güçtür. Etrafındaki zeminde oturmalara neden olur. Çevresel atıklar için düşey kanal gibidir.
Ön yükleme ve düşey dren	
AVANTAJLARI Sadece ön yükleme göre konsolidasyon daha hızlıdır. Pahalı değildir.	DEZAVANTAJLARI Yapısal olarak zayıftır. Zemin konsolide oldukça drenajların etkinliği azalır.
Kompaksiyon enjeksiyonu	
AVANTAJLARI Zemini sıkılaştırır. Yanal gerilmeyi artırır. Zemin kitlesini donatılandırır. Dar alanlarda kolay uygulama sağlar.	DEZAVANTAJLARI Zeminde oluşturulan enjeksiyon kırılgen yapıdadır. Deprem etkisi ile kırılabilir. Sığ derinlikler için etkilidir. Enjeksiyon basıncı şişmeye sebep olabilir.

Tablo 2.4. Zemin iyileştirmelerinin avantajları ve dezavantajları (Idriss vd., 2008)
(Devamı)

Jet enjeksiyonu	
AVANTAJLARI İyileştirilmiş bölgedeki, depremden dolayı oluşan kayma birim şekil değiştirmeleri azaltır. İyileştirilmiş bölgedeki kayma dayanımını arttırır.	DEZAVANTAJLARI Hidrolik kırılma Zeminde oluşturulan zemin-çimento karışımı kırılğan yapıdadır. Deprem etkisi ile kırılmalar oluşabilir.
Derin karıştırma	
AVANTAJLARI 30m derinliğe kadar uygulanabilir ve yumuşak plastik killerden orta sıkı kum ve çakıl kadar geniş kullanım alanı vardır. Yöntem delme işlemi olduğu için titreşime duyarlı bölgeler için idealdir.	DEZAVANTAJLARI Karıştırıcı ekipmanın taşınma maliyetleri görece olarak yüksektir ve yöntem küçük alanlarda ekonomik değildir. Kalite kontrol yöntemleri standardize olmadığı için öznelidir.
Mekanik Stabilize Toprakarme İstinat Yapıları	
AVANTAJLARI Büyük ekipmanlara ihtiyaç duymadan basit ve hızlı imalata olanak sağlar. Sahada diğer alternatiflere oranla daha az hazırlık gerektirir. Ekonomiktir.	DEZAVANTAJLARI Çelik donatı korozyonu, ön yüz elemanı bozulması, jeosentetik veya jeogrid gibi donatıların çözünmesine karşı önlemler dizayn aşamasında alınmalıdır.
Donatılı Şevler	
AVANTAJLARI Daha dik şevleri güvenli bir şekilde oluşturmaya olanak sağladığı için şev üzerindeki kullanılabilir alanı arttırır.	DEZAVANTAJLARI Jeosentetik donatıların dolgu içerisinde ayrışması veya açıkta kalan donatıların güneş ışınları yüzünden bozulabilirler.
Zemin Çivileri	
AVANTAJLARI Palpnaş duvar kazılarını azaltır. Kullanılan beton miktarını azaltır. Daha esnek yapılar oluşturulabilir.	DEZAVANTAJLARI Yeraltı suyu drenaj sisteminin inşası zordur. Kentsel alanlarda sık bir şekilde oluşturulan donatılar etrafındaki yapılarla etkileşime girebilir.

2.6. Literatür araştırmaları

Beyaz (2007)'e göre yapılan çalışmada Denizli Gökpınar dolu savak ve eşik yerindeki zeminin jeolojik açıdan özellikleri incelenmiştir. Dolusavak ve eşik birimlerinin oturduğu zeminin taşıma gücü ve oturma hesapları için presiyometre ve çekme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları incelenerek yapılacak olan inşaattın toplam yükü ile zemin taşıma gücü karşılaştırılmıştır. Taşıma gücü yetersiz olan zeminlerin güçlendirilmesi ve alınacak önlemler hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgiler dâhilinde dolusavak kapaklarının oturduğu zemine imento enjeksiyonu yapılmalıdır. Mevcut durumdaki 4 m kalınlığında bulunan kilin üzerine ve oluşabilecek erozyonu engellemek için riprap malzemesi serilmelidir. Bu işlemler yapıldıktan sonra sıkıştırıldığından emin olunmalıdır. Sıkışma işlemi bittikten sonra beton dökülerek dolu savaktan gelecek yükü taşıması için sağlamlaştırılmalıdır. Ayrıca baraj gövdesi ve dolu savak arasındaki bölümün suyla temas olabilecek yerlere beton kaplaması yapılmış ve çakıl taşı ve bol miktarda ince daneli kilin, kalsitle farklı oranlarda karışması sonucu oluşmuş, kıvamı çok olan tortul kayaçların su ile teması engellenmiştir.

Akyol (2014) tarafından Denizli şehir merkezinde yapılaşmanın yoğun olduğu alanda yapılan çalışmada, zeminin jeolojik ve sismik hareketlerin kentleşmeye olan etkisi incelenmiştir. Çalışma boyunca yapılan deneyler; standart penetrasyon deneyi, kesme dalga hızı, zemin büyütme katsayısı ve titreşim periyodunun yapılaşmaya olan etkileri incelenmiştir. İnceleme yapılan alanın ve kuzey kesiminin dinamik ve jeolojik değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer farklı bölgede bu değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Kent merkezindeki yapılaşma ele alındığında olası bir depremde birçok yapı zemin ile rezonansa gireceği görülmektedir. Böyle bir olayı engellemek için zeminin ve yapıdaki doğal titreşim periyot değerlerinin kabul sınır değerleri içerisine getirilmesi gerekmektedir. Bunun için ise zeminde uygulanacak zemin iyileştirmesi veya zemini güçlendirmek faydalı olabilecektir.

Alkaya (2011)'e göre zeminde enjeksiyon uygulaması, su yapılarında sızıntı kontrolü için en iyi uygulamalardan birisidir. Enjeksiyon yapılacak yerdeki kayaların geoteknik özellikleri enjeksiyonun tasarımı doğrudan etkilemektedir. Bu alışmada Denizli Cindere barajında yapılan uygulamalar incelenmektedir. Denizli Cindere barajı genel olarak incelendiğinde perde enjeksiyonu ve kontak-konsolidasyon enjeksiyonu mevcut halde bulunmaktadır. Baraj gövdesi boyunca temel kayada yapılmış olan perde enjeksiyonu görülebilmektedir. Yapılan çalışmada barajda arazi çalışmaları ve yapılan işlerin

uygulamalı olarak incelenmesi gözlenmektedir. Bu çalışmada enjeksiyonda kullanılan enjeksiyon şerbeti, bu şerbeti oluşturan maddeler ve yapılan uygulamalar incelenmektedir. Yapılan incelemeler ve deneyler sonucunda DSİ tarafında belirtilen sınır değerlerinin altında bir uygulama yapıldığı görülmektedir. DSİ'nin önerdiği karışım maddeleri ve oranlarının bu baraj yapısındaki enjeksiyonlar için yeterli olduğu sonucuna varılarak, DSİ verilerine göre su sızdırmazlık ve su kaçağı olmayacağı belirlenmiştir. Mevcut barajda yapılan enjeksiyon verileri için zemin iyileştirme, enjeksiyon ve geçirimsizlik tavsiye edilmektedir.

Akbulut (1999) tarafından yapılan çalışmada daneli zeminlere karışım hazırlanarak enjeksiyon uygulaması yapılmaktadır. Hazırlanan bu karışım malzemeleri; çimento, çimento-silis dumanı, çimento-uçucu kül ve çimento-kil karışımları zemin iyileştirme yöntemlerinde karışım olarak kullanılmaktadır. Bu karışımların özellikleri belirlenerek zemin iyileştirmede enjeksiyon uygulaması olarak hazırlanmaktadır. Çalışmadaki enjeksiyon basıncı, karışım suyu oranları, dane çapı ve katkı maddelerinin miktarı ile zemin parametreleri laboratuvar ortamında enjeksiyon deneyleriyle gözlenmektedir. Elde edilen sonuçlarda bu uygulamaların yararlı olup olmadığına bakılmaktadır.

Küçükali (2008) yaptığı araştırmada Niğde Ulukışla-Gümüş demir yolu hattının 1000 metrelik bölümünde zemin oturmaları tespit edilmektedir. Lokasyon alanında yapılan zemin etüt verilerine göre oturmaların sebebi; Darboğaz Çayının sürüklemiş olduğu jips ve anhidritin kimyasallaşarak erimesi sonucu göçükler meydana gelmektedir. Zeminde meydana gelen oturmalar gözle görülmeden aniden oluşmaktadır. Bu ani oturmalar sefer güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Zeminde oluşan bu oturmaların önlenmesi amacıyla V şeklinde 125 adet 80 santimetre çapında 8 metre aralıklarla jet enjeksiyon yöntemi kullanılarak iyileştirme işlemi uygulanmaktadır. Lokasyon alanında yapılan bu iyileştirme işlemiyle temel altı zemindeki oturmaların önüne geçilerek zemin sağlamlaştırılmaktadır.

Beger (2019) yaptığı çalışmada lokasyon alanında iyileştirme ve güçlendirme işlemleri ele alınmaktadır. Batman Üniversitesi Batı Raman Kampüsünde 3 ayrı bölümde 5'er adet inceleme yapılmaktadır. Bu incelemeler; çalışma alanındaki zeminin başlangıçtaki jeoteknik özellikleri, zemin iyileştirme yapıldıktan sonraki jeoteknik özelliklerine bakılmaktadır. Bu işlemler sırasında yapılan zemin iyileştirme işlemleri ise çimento enjeksiyonu, kireç enjeksiyonu, epoksi enjeksiyonu, dinamik kompaksiyon uygulamaları yapılmaktadır. Zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanmasından sonra zeminin doğal haline göre zemin taşıma kapasitesine ve oturma miktarına bakılarak incelenmektedir.

Zorluer vd. (2003) yaptıkları çalışmada mermer fabrikalarından atık olarak çıkan mermer tozunu, iyileştirme malzemesinin içinde katkı maddesi olarak karıştırmaktadırlar. Zemin iyileştirme maddesi olarak meşelik kil kullanılmaktadır. Hazırlanan numuneler ana madde olan meşelik kilin içine katkı maddesi olarak mermer tozunu belirli bir oranda karıştırarak standart proctor deneyi ile hazırlanmaktadır. Hazırlanan bu numunelerin kullanımlarındaki şişme oranları odyometre deneyi ile belirlenmektedir. Yapılan bu deneyler sonucunda ise katkı maddesi olarak kullanılan atık mermer tozunun meşelik killerin şişme olasılıklarını etkilediği gözlenmektedir.

Kılıç vd. (2015) uygulamaları olarak yaptıkları bu çalışmada Trabzon-Gümüşhane arası yapılan bölünmüş devlet yolu projesinde ki 37+230 ve 37+960 km'leri arasında kalan 730 metre uzunluğunda tasarlanan Bağış Tüneli tasarlanmıştır. Yapılan araştırmalarda tünel çıkış bölümünde 209 metre uzunluğundaki alanda zemin iyileştirme yöntemlerinde açık kazı ve destek uygulaması yapılması ön görülmektedir. Tünel inşaatı kazısı öncesinde zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanması amacıyla konsolidasyon enjeksiyonu projeleri hazırlanmaktadır. Konsolidasyon enjeksiyonu projesine göre her kesitte 11 adet enjeksiyon kuyusu 1,5x1,5 metre düzeniyle sırasıyla açılmaktadır. Bu düzenli bir şekilde birbirini izleyen kesitlerde atlamalı olarak enjeksiyon karışımı refü basıncına göre 1/3-7/5 oranları arasında değişmektedir. Enjeksiyon sınırlaması tünel kesitleri içerisinde tavan uygulamasında 8 metre, omuz kısımlarında 10 metre ve yan bölümlerde 6m arasında uygulandığı gözlenmektedir. Zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan konsolidasyon enjeksiyonu uygulamasından sonra zeminin tamamen iyileştirildiği yapılan deneyler sonucunda görülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Dünya'nın yerkabuğundaki boşlukların kırılması sonucu ani meydana gelen titreşimlerin yeryüzünün yayılarak sarsılmasına deprem denir. Depremler engellenemeyen doğa hareketleridir (URL-1, 2008).

Geniş bir yer kabuğuna sahip olan dünya 12740 km çapında bir küredir. Yer kabuğu yüzeye doğru sırasıyla;

- Çekirdek (katı),
- Manto (yarı viskoz, yarı katı),
- Astenosfer (viskoz, akıcı),
- Litosfer (katı) katmanlarından meydana gelmektedir (İşçi, 2008).

Dünya'daki yaşam 80 km kalınlığa sahip Litosfer üzerinde olmaktadır. Litosfer yaklaşık 2000 C⁰ ' de bulunan yarı viskoz ve yarı katı durumda olan Astenosferin üzerinde yer almaktadır. Astenosferin yüksek sıcaklık ve yarı viskoz hali Litosferin tabakasının hareket etmesine sebep olmaktadır. Hareketlenmeler sonucunda meydana gelen tektonik kuvvetlerle fay yırtıkları oluşur ve bu fay yırtıklarında belirli zamanlarda ani hareketler görülmektedir. Belirli zamanlarda meydana gelen bu ani hareketlenmeler Litosfer tabakasında hasar verici depremleri ortaya çıkarmaktadır. Günümüzdeki ileri teknoloji de hala daha depremin erken tahmin edilmesi ve ertelenmesi mümkün olmamaktadır. Astenosferdeki yüksek sıcaklık ve yarı viskoz yapı yer kabuğunda parçalanmakta ve 'Levha'lara ayrılmaktadır. Şu anda 10'a yakın büyük levhanın ve çok sayıda da küçük levhaların olduğu bilinmektedir (İşçi, 2008).

Yer kabuğunda bulunan kıtalar Astenosfer üzerinde insanların hissedemeyeceği bir biçimde hareket etmektedir. Bu hareketler sonucunda kıtaların Astenosfer kısmındaki levhaların birbirine sürtünmeleri, çarpmaları ve birbirleri üzerine binmeleri yerkabuğunda depremleri meydana getirmektedir. Levhaların sürtünmeleri veya çarpmaları sonucu meydana gelen enerji bir hareket oluşturmaktadır. Bu harekette çok kısa bir süre içerisinde yer kabuğunda deprem sarsıntısı olarak hissedilmektedir. Yer kabuğunun en üst kısmı olan yeryüzünde bazen göz ile görülebilen fay çatlakları oluşmaktadır. Bu fay çatlakları bazen göz ile görülemeyen yüzey tabakalarının altında kalarak gizlenmiş bir şekilde bulunabilmektedir (İşçi, 2008).

Zemin özelliklerinin geliştirilmesi ile taşıma kapasitesinin artması ve oturmaların azalması olayına zemin iyileştirme adı verilir. Zemin iyileştirmeleri inşaat için uygun

olmayan zeminlerde uygulanmaktadır. Bu zeminler; suya doygun killer, gevşek kumlar, siltler ve organik zeminlerde yapılmaktadır. Boşluk oranının çok olması, yer altı su seviyesinin bulunması ve taşıma kapasitesinin yetersiz kalması zeminde iyileştirme yöntemlerine başvurulmayı ön görmektedir (Sarsılmaz, 2017)

Coğrafi konumu gereği Ülkemizde bazı dönemlerde meydana gelen depremler yapılarda yıkıcı sonuçlar oluşturmaktadır. Bu yıkıcı sonuçların çözümleri de kamu kurumları tarafından sağlanmaktadır.

TOKİ, depremlerden zarar gören yerlerde konut ve altyapıyı inşa etmekte ayrıca hasarlı binalarında yenilenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. TOKİ idaresinin afet durum yönetimi ve yeniden yapılaşma alanındaki faaliyetleri Doğu Anadolu Bölgesi fay hattında bulunan ve 1992 yılında meydana gelen Erzincan depremi ile aktif hale gelmiştir.

TOKİ, Doğu Anadolu Bölgesi fay hattında bulunan ve 1 Mayıs 2003'te meydana gelen Bingöl depreminde 19 projeyi hayata geçirmiştir.

Ege Bölgesinde Ege-Helen Hendeği fay hattında bulunan ve 19 Mayıs 2011'de meydana gelen Kütahya'nın Simav İlçesindeki depremde 928 konut depremzedeler için yapılmıştır.

Doğu Anadolu Bölgesi fay hattında bulunan ve 23 Ekim 2011 yılında meydana gelen Van depreminde 17.222 adet konut depremde evleri zarar göre ihtiyaç sahibi depremzedelere inşa edilerek verilmiştir.

Acıpayam İlçesindeki yerleşim alanı incelendiğinde batısı yüksek dağlar ve sarp yamaçlarla kuşatılmış olup, doğuya ve güneye doğru gidildikçe daha düşük seviyelerde yamaç molozu ve alüvyon niteliğinde kısmen daha az engebeli bir topografya hâkimdir. Zemin yapısı ise alüvyon bir yapıya sahiptir. Zemin kumlu, siltli ve çakıllı malzemelerden oluştuğu sondajlar koordinatlarıyla belirlenerek EK-2 de verilmektedir.

Bu zemin türlerinde yanal ve düşey yönde farklı şişmeler ve oturmalar gözlenebilmektedir. Arazide dikkat edilmesi gereken önemli alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar jeolojisini alüvyonun oluşturduğu morfolojik olarak eğimin %20'den fazla olduğu mevsimsel akış gösteren geniş dere yataklarının şevleridir. Bu şevler yer yer 3-4 metreye kadar yükselmektedir. Bu alanlarda yapılacak önlemsiz ve kontrolsüz kazılar stabilite problemlerini ortaya koyacaktır. Acıpayam genelinde heyelan, kaya düşmesi, krip gibi kütle hareketi ve su baskını tehlikesi yoktur. Bu zemin yapısına uygun zemin iyileştirme yöntemleri seçilerek homojen bir zemin üzerine üst yapı yapılması daha sağlıklı olacaktır.

TOKİ inşaatı, Güneybatı Anadolu da Denizli ili Acıpayam İlçesi Oğuz Mahallesinde yer alır. İnceleme alanı, 1/25000 ölçekli Denizli N22b.07b.1a.-N22b.07b.1d.-

N22b.07a.2a.-N22b.07a.2b.-N22b.07a.2c.-N22b.07a.2d.-N22b.02d.3c.N22b.2d.3d

paftalarında EK-3 te verildiği gibi yer almaktadır. İnceleme alanı genel olarak az engebeli bir topoğrafik yapı özelliği gösterir. Yöredeki yükseklikler 895 m ile 935 m arasında değişmektedir.

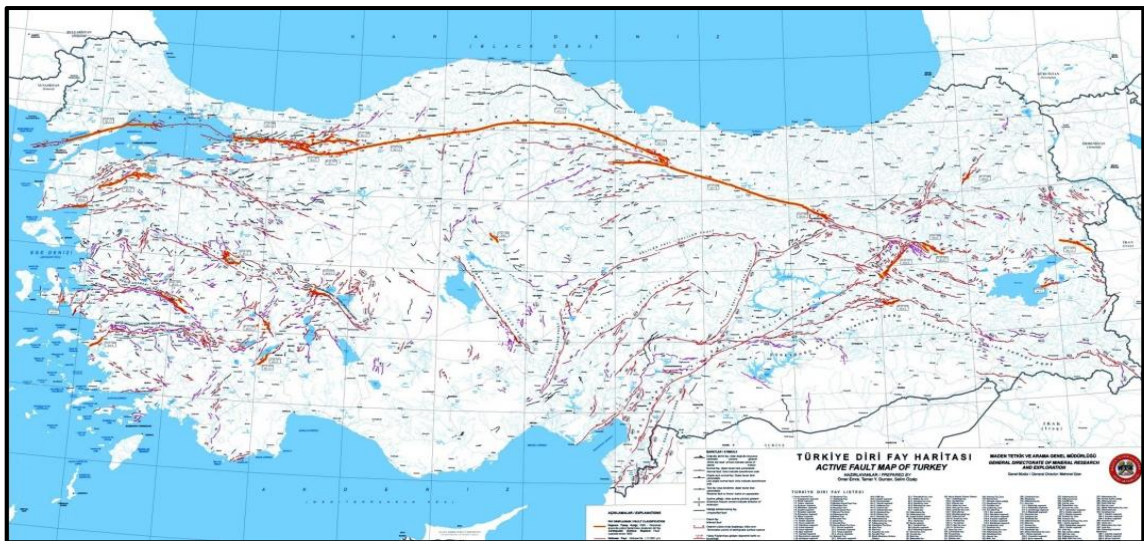
Acıpayam İlçesi, Ege Bölgesinde Denizli İlının güneydoğu kısmında yer almaktadır. Yüz ölçümü yaklaşık 1700 km²'lik bir alana sahiptir. Ege Bölgesinden Akdeniz Bölgesi'ne ve İç Anadolu Bölgesi'ne geçiş noktasında bulunmaktadır (Şekil 3.1). Doğusunda Burdur iline bağlı Tefenni, Yeşilova, Gölhisar, Çavdır ilçesi, batısında Tavas, kuzeyinde Serinhisar ve Çardak, güneyinde ise Çameli ve Köyceğiz ilçeleri ile sınırı bulunmaktadır.



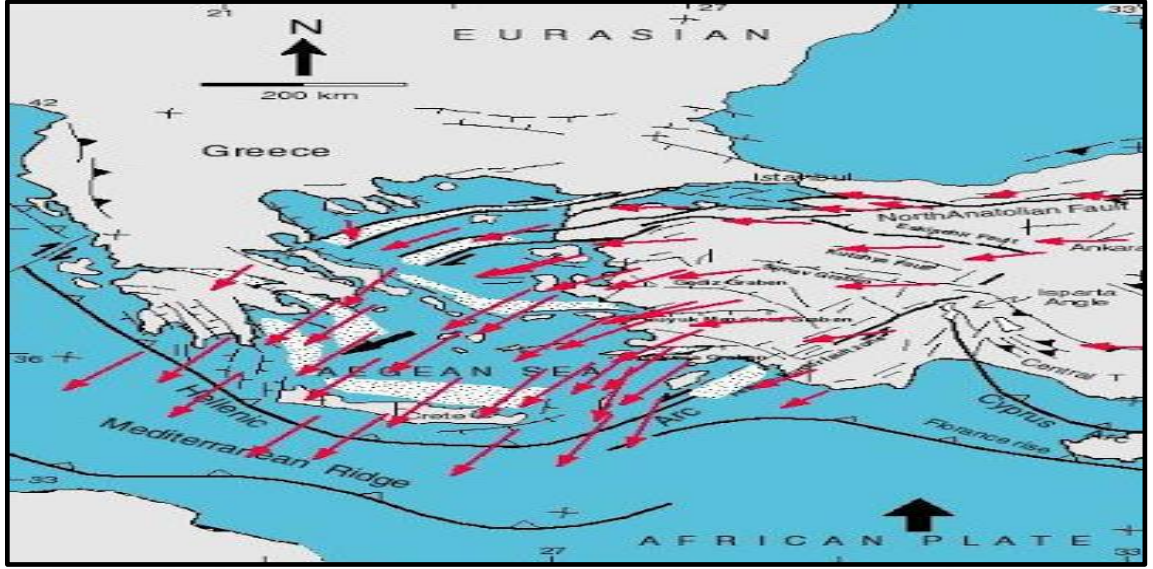
Şekil 3.1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Acıpayam İlçesi, Ege Bölgesi'nden Akdeniz Bölgesi'ne ve İç Anadolu Bölgesi'ne geçiş noktasında olması nedeniyle değişken bir iklime sahiptir. Kuzey doğu kısımlarında Göller bölgesi iklim özellikleri, güneye inildikçe Akdeniz iklim özellikleri boy göstermektedir. Bu iklime özelliklerinden dolayı yağışların bol olduğu bir kış yaşandığı gibi, soğuk olmayan bir kış yaşandığı görülmektedir (Sezer, 2003).

Acıpayam bölgesinin, jeolojik yapısı ve morfo-tektonik özelliği itibarıyla Portekiz'in batısındaki Asor adalarından başlayan ve Endonezya'ya kadar uzanan Avrasya'nın güney kenarı boyunca uzanan Alpin Kuşak 'ta yer tutmaktadır. Dünyanın en hızlı hareket eden ve en aktif sağ-yanal atımlı faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fay sistemi (Şekil 3.2.), Ege-Hellen Hendeği (Şekil 3.3.) ve bu hendeğin doğu kısmında yer alan Kıbrıs yayı ile toprağın aniden çökmesiyle oluşan Ege graben sistemini içeren Batı Anadolu saf makaslama denetimi altındadır. Anadolu yarımadasının hareketlenmeler sonucu batıya kayması, doğudan gelen hareketin batıda sıkışmasına, kuzey-güney yönlerindeki genişlemeye ve dolayısıyla da bölgedeki fay hatlarının aktif hale gelerek domino etkisi yaratıp birbirlerini kıpırdatmasına neden olmaktadır. Tarih boyunca depremlerin yoğunlaştığı fay hatlarına bakarsak, güneyde Afrika levhasının etkisi altında olan Ege-Hellen hendeği ve uzantısı olarak da görebileceğimiz Kıbrıs fay hattı, kuzey yönünde Kuzey Anadolu Fay Hattı, batıda Ege graben sistemi ve Marmara Denizi fayları etkili olmaktadır (Sezer, 2003).



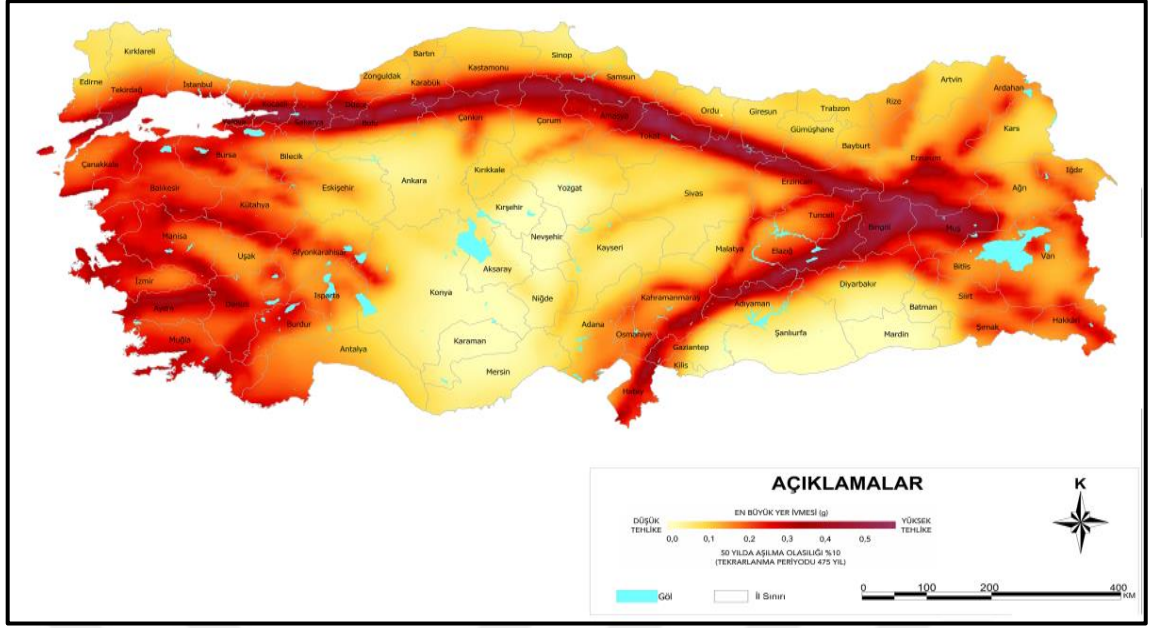
Şekil 3.2. Kuzey Anadolu fay hattı (URL-2, 1992)



Şekil 3.3. Ege-Hellen Hendeği (Köroğlu, 2020)

Alpin Kuşağı eski dönemlerde başlayıp hala devam eden hareketlere maruz kalmış ve günümüzdeki morfolojik yapı ortaya çıkmaktadır. Alpin Kuşağındaki tektonik hareketler günümüzde devam eden depremlerde hayati tehlikeyi devam ettirmektedir. Bölgede Neojen dönemine ait arazilerin çok fazla bulunması, deprem tehlikesinin boyutlarını da arttırmaktadır. Fay hatları ile özellikle büyük ölçekteki deprem arasında yakın bir bağ bulunmaktadır. Fay hatlarının enerjisinin tükenmesi ve depremlerin artık sonlanması mümkün olmadığından dolayı, depremler sırasındaki can ve mal kayıplarını en aza indirmek yapılacak çalışmalarla mümkün olabilecektir (Sezer, 2003).

2019 yılı Mart ayında meydana gelen 5,5 büyüklüğündeki Acıpayam depreminde 1,5 km uzunluğunda yüzey kırığı meydana gelmiştir. Denizi ilinin %95'lik kısmı 1. Derece deprem bölgesindedir. Geri kalan kısmı ise 2. Derece deprem bölgesidir. AFAD'ın yayınladığı deprem haritasında (Şekil 3.4. ve 3.5.) Denizli İlinin sismik açıdan tehlike altında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Türkiye deprem tehlike haritası (AFAD, Türkiye deprem haritası, 2019)



Şekil 3.5. Denizli deprem haritası (AFAD, 2017)

Lokasyon alanında zemin inceleme işlemleri sırasında yapılan sondajlar ve çıkan sondaj loğu değerlerine bakılarak temeller; çakıllı birimlere oturacaktır. Çakıllı zeminlerde

geçirgenlik fazla olduğundan dolayı zemindeki oturmaların çoğunluğu hemen gerçekleşir ve zamana bağlı zeminde meydana gelebilecek su seviye değişimlerine bağlı olarak küçük ek oturmalar meydana gelebilmektedir. Yapılan incelemeler ve hesaplar dâhilinde lokasyon alanındaki boş zeminde oturma miktarı $S_{max}=4,61\text{cm}$ olacağı hesaplanmış olmaktadır (Dünya Grup Jeoloji Mühendislik, 2017).

Yapı temellerinde izin verilen en fazla oturma miktarları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.1 Temelerde en fazla oturma değeri (Skempton vd., 1956)

ZEMİN TÜRÜ	TEMEL TÜRÜ	EN FAZLA TOPLAM OTURMA (mm)
Kohezyonlu	Tekil	65
Kohezyonsuz	Radye	100
Granüler	Tekil	40
Granüler	Radye	65

3.2 Yöntem

3.2.1. Arazi incelemesi ve yapılan deneyler

İnceleme alanındaki zemin durumuna ayrıntılı bir şekilde bakılmıştır. Açılan temelerde yoğunluk deneyi nükleer cihazla yapıldıktan sonra plaka yükleme deneyleri yapılmıştır. Zemindeki oturmalar nedeni ile zeminden numune toplanarak laboratuvarında deney yapılmak için incelemeye alınmıştır. Yoğunluk deneyi ıslak yoğunluk, kuru yoğunluk ve boşluk oranlarını ölçmek için yapılmaktadır. Plaka yükleme deneyi ise zemindeki oturmanın ne kadar olacağı ve zemin iyileştirme yöntemi gerekip gerekmediğini belirlemede kullanılmaktadır.

Plaka yükleme deneyleri yapı yükünün zeminde yol açabileceği oturma miktarını, taşıma kapasitesini ve yatak katsayısının belirlenmesi için uygulanmaktadır. Plaka yükleme deneyinin uygulanacağı yerlerde yapı yükünün nereye geleceği önemlidir. Deneye başlanmadan önce yapının proje yükü belirlenmeli daha sonra deneye geçilmelidir. Proje yükünün yerini alçak olan jcb veya kamyon gibi materyaller lokasyon alında hazır bulundurulmalı ve plaka zemine yerleştirilmelidir. Zemine yerleştirilen plaka üzerine hidrolik silindir ve hidrolik kriko yerleştirilmektedir. Kurulumlar tamamlandıktan sonra

hidrolik silindire hidrolik kriko ile yük uygulanmaya başlanmaktadır. Plakaya uygulanan yükler proje yüklerine bağlı olarak belirli aralıklarla uygulanan yükler arttırılmaktadır. Her yük artırımında plakada meydana gelen oturma miktarları, geçen zaman ve uygulanan yük kayıt altına alınarak not edilir. Proje yüküne bağlı kalınarak her yük artırımında ölçümler dikkatli bir şekilde incelenerek zemindeki oturma işlemi sonlanana kadar beklenmelidir.

Lokasyon alanındaki plaka yükleme deneyi için verilen her yük ve her oturma miktarı lokasyon alanında kayıt altına alınmalı ve hesaplamalar yapılmalıdır. Taşıma gücü kapasitesi yatak kapasitesi daha sonra oturma-yük eğrisinden hesaplanmalıdır.

3.2.2. Laboratuvar Deneyleri

İnceleme alından alınan numuneler laboratuvara getirildikten sonra elek analizi yapılarak zemin sınıflandırılması yapılmaktadır. Yapılan inceleme ve deneyler sonucunda iyileştirme gerekli olmaktadır. Bu nedenle temellere dolgu malzemesi için PMT tayini yapılmıştır.

İyileştirme tayini için %25-%38-%63 oranında PMT'ler laboratuvarında incelenmektedir. PMT önce elek analizi yapılır. Daha sonra ise yoğunluğu belirlenir. Yoğunluğu belirlenen PMT'nin su emmesine bakılarak yassılığına bakılır. Los Angeles deneyinden sonra laboratuvarında tasarım edilen PMT'nin, proctor deneyi ile elde edilen sonuçlara göre temellere serimi için hazır edilir. Bu sonuçlar BHA'nın 2,23 ve su muhtevasının %8 olması beklenmektedir. Homojen bir temel haline gelerek oturma ve şişmeleri engellemek için bu değerler tasarım yapılırken göz önünde tutulur.

3.2.3. Zemin İyileştirme Uygulamaları

Temel alanına laboratuvarında tasarım yapılan PMT serilir ve sıkıştırılır. PMT serimi KT 1-5 bloğunda 13,080 cm, KT 2-10 bloğunda 8,700 cm ve KT 4-6 bloğunda 10,300 cm olarak uygulanmıştır. Bu sıkıştırma işlemi bittikten sonra nükleer cihazla yoğunluk tayini yapılır ve su muhtevasına bakılır. Sonuçlar istenildiği gibi çıktığı için yani BHA'nın en az yerinde %95'ini sağlaması gerekmektedir. Akabinde plaka yükleme deneyi yapılmıştır.

Plaka yükleme deneyinde proje yükünün 2,5 katı yük verilir, maksimum oturma ve yatak katsayısı belirlenir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Etüt alanında zemindeki ön bilgilendirmeleri almak için araştırma çukurları 2 metre ile 3,5 metre arasında açılarak zeminde ön bilgilendirmeler yapılmıştır. Araştırma çukurları EK-(4-14) te verilmiştir. Elde edilen sonuçlarda zeminin genel olarak siltli ve çakıllı olduğu gözlemlenmiştir. Siltli ve çakıllı olan bu zemin türü sert bir tabaka olmasından dolayı oturma ve göçme beklenmemektedir.

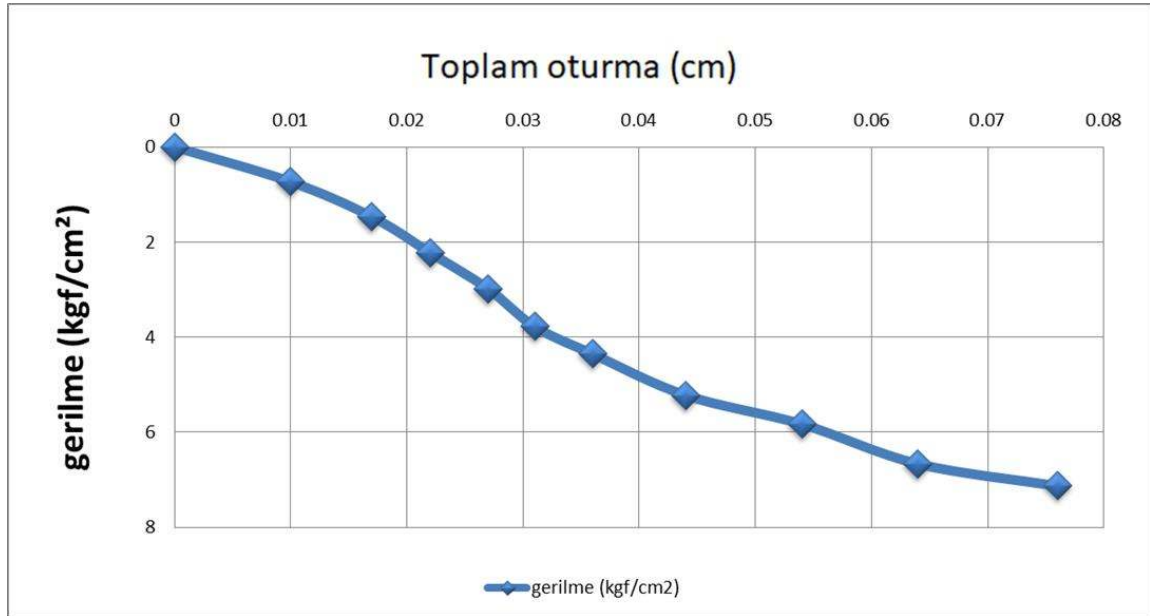
Etüt alanında 15,00 metre derinliğinde 20 adet sondaj kuyusu açılmış, zeminlerin cinsi ve tabaka durumları belirlenmiştir. Sondaj logları EK-(15-25)'te verilmiştir. Zemin etüdünde, sahada yeraltı suyu bulunmadığı ve zemin birimi çakıl olarak belirlendiği için sıvılaşma beklenmemektedir. Zemin sıvılaşması ve yer altı suyunun bulunmaması zeminde boşluk oranını zeminde en aza indirmektedir.

Lokasyon alanında EK-1'de bahsedildiği üzere bina oturma alanlarında dere yatağına geçen bölümlerinde zemin oturmalarına engel olmak için dolgu malzemesi temizlenmiştir. Temizlenen bu alanlarda temel yüklerinin üniform olarak yayılması için temel alanının her yerine PMT serilerek sıkıştırılma işlemi yapılmıştır.

Zemin iyileştirme işlemi PMT serilerek ve sıkıştırılarak tamamlanmıştır. PMT sıkıştırma işlemi sonrasında plaka yükleme deneyi yapılmıştır. Üç farklı bloktan (Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6) ayrı 2'şer noktadan plaka yükleme deneylerinin sonuçları (Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6) aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 birinci bölge

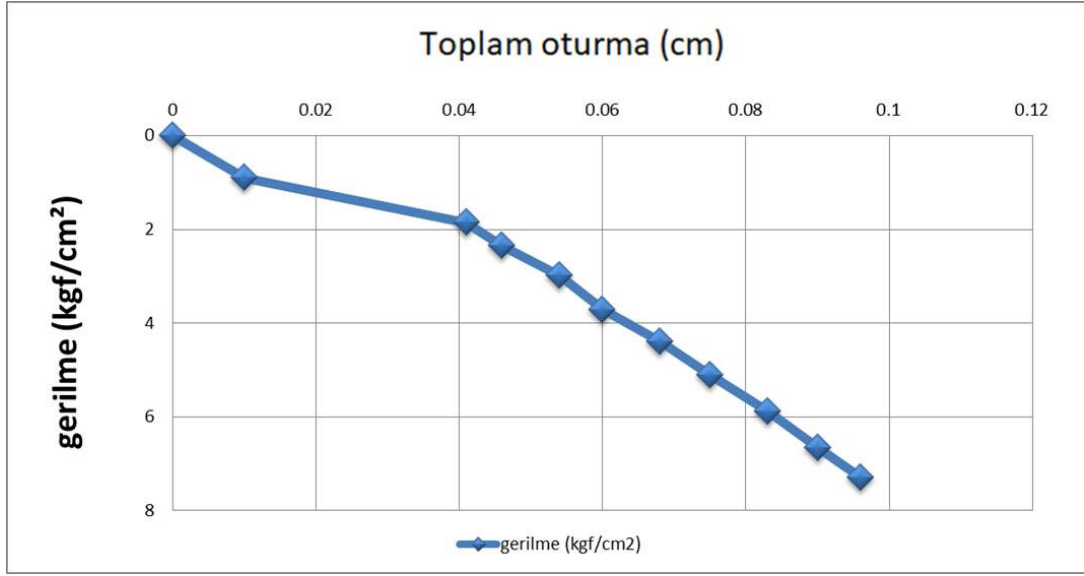
Deney Noktası Adı		KT 1-5				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	5,10	0,736	0,12	0,07	0,010	77,484
3	10,20	1,472	0,17	0,17	0,017	86,600
4	15,43	2,227	0,22	0,21	0,022	103,584
5	20,70	2,988	0,26	0,27	0,027	112,743
6	26,20	3,782	0,31	0,30	0,031	123,984
7	30,19	4,357	0,35	0,36	0,036	122,744
8	36,20	5,225	0,46	0,41	0,044	120,111
9	40,41	5,832	0,50	0,58	0,054	108,009
10	46,20	6,668	0,60	0,67	0,064	105,011
11	49,42	7,133	0,72	0,80	0,076	93,854

**Şekil 4.1.** Plaka yükleme deneyi KT 1-5 birinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ilk bölge analizinde; uygulanan yüklere göre 1. ve 2. saat okumalarında oturma miktarları mm olarak verilmiştir. 1. ve 2. saatteki oturma miktarları ortalama oturma miktarı cm cinsinden okunmaktadır. Deneydeki temel prensip yük-deplasman ilişkisine dayalıdır. Yükleme, zeminde göçme gerçekleşinceye kadar, yani plaka ani bir şekilde batmaya başlayana kadar devam eder. Zemin yatak katsayısı, birim oturmaya karşılık gelen gerilme olarak tanımlanabilir. Plakadaki gerilmenin artması ve oturma miktarının sabit kalmasının ardından ani bir göçme olmamıştır. Oturma miktarı ortalaması alınarak yatak kat sayısı belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,076 cm , yatak katsayısı ise 93,854 kgf/cm³ olarak alınmıştır.

Tablo 4.2. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ikinci bölge

Deney Noktası Adı		KT 1-5				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	6,20	0,895	0,12	0,07	0,010	94,196
3	12,80	1,847	0,45	0,36	0,041	45,616
4	16,30	2,353	0,50	0,42	0,046	51,144
5	20,67	2,983	0,59	0,49	0,054	55,247
6	25,70	3,709	0,65	0,55	0,060	61,822
7	30,40	4,388	0,73	0,63	0,068	64,525
8	35,40	5,109	0,80	0,70	0,075	68,125
9	40,71	5,876	0,87	0,79	0,083	70,793
10	46,10	6,654	0,93	0,86	0,090	74,343
11	50,55	7,296	0,98	0,94	0,096	76,000

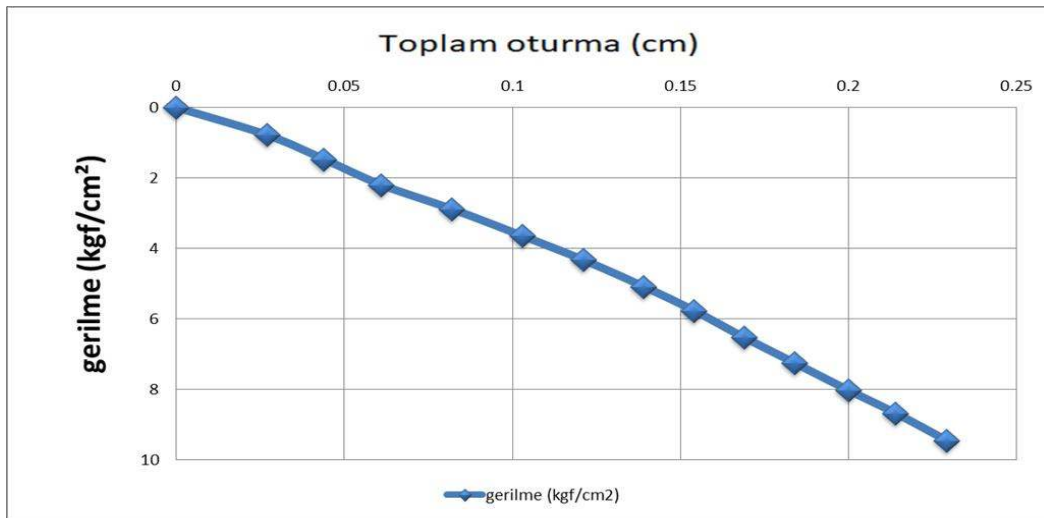


Şekil 4.2. Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ikinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 1-5 ikinci bölgede 1. ve 2. saat okumaları verilen yüke göre belirlenmiştir. En son uygulanan yük sonucunda ani çökmeler meydana gelmemiştir. Ortalama oturma miktarları alınarak yatak katsayıları belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,096 cm, yatak katsayısı ise 76,000 kgf/cm³ olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.3. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 birinci bölge

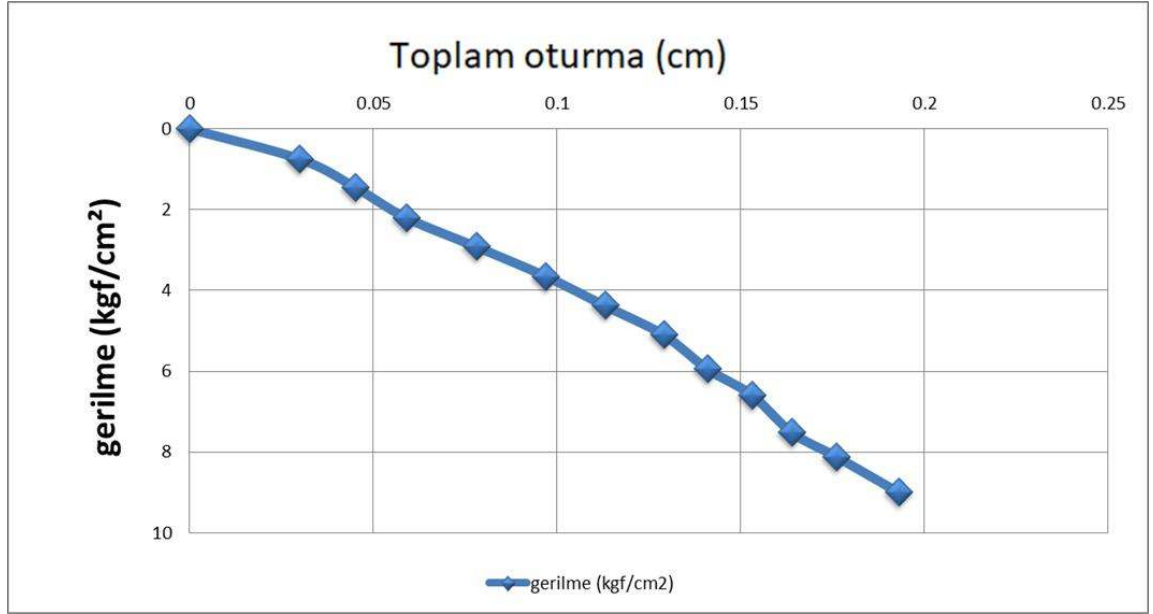
Deney Noktası Adı		KT 2-10				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	5,18	0,748	0,33	0,27	0,030	24,921
3	10,00	1,443	0,41	0,48	0,045	32,434
4	15,25	2,201	0,49	0,69	0,059	37,306
5	20,21	2,917	0,63	0,92	0,078	37,638
6	25,30	3,652	0,78	1,16	0,097	37,646
7	30,32	4,376	0,91	1,35	0,113	38,727
8	35,32	5,098	1,04	1,54	0,129	39,518
9	41,20	5,947	1,14	1,68	0,141	42,174
10	45,62	6,584	1,24	1,82	0,153	43,036
11	52,10	7,520	1,33	1,95	0,164	45,852
12	56,20	8,111	1,43	2,09	0,176	46,088
13	64,34	8,998	1,63	2,22	0,193	46,741

**Şekil 4.3.** Plaka yükleme deneyi KT 2-10 birinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ilk bölgede 1. ve 2. saat okumaları verilen yüke göre belirlenmiştir. En son uygulanan yük sonucunda ani çökmeler meydana gelmemiştir. Ortalama oturma miktarları alınarak yatak katsayıları belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,193 cm, yatak katsayısı ise 46,741 kgf/cm³ olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.4. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ikinci bölge

Deney Noktası Adı		KT 2-10				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	5,43	0,784	0,27	0,27	0,027	29,027
3	10,21	1,474	0,40	0,48	0,044	33,492
4	15,25	2,201	0,53	0,69	0,061	36,083
5	20,00	2,887	0,71	0,92	0,082	35,419
6	25,30	3,652	0,90	1,16	0,103	35,453
7	30,00	4,330	1,07	1,35	0,121	35,785
8	35,25	5,088	1,23	1,54	0,139	36,734
9	40,00	5,773	1,39	1,68	0,154	37,611
10	45,32	6,541	1,55	1,82	0,169	38,820
11	50,32	7,263	1,72	1,95	0,184	39,579
12	55,70	8,039	1,90	2,09	0,200	40,297
13	60,20	8,689	2,06	2,22	0,214	40,602
14	65,50	9,454	2,23	2,35	0,229	41,283

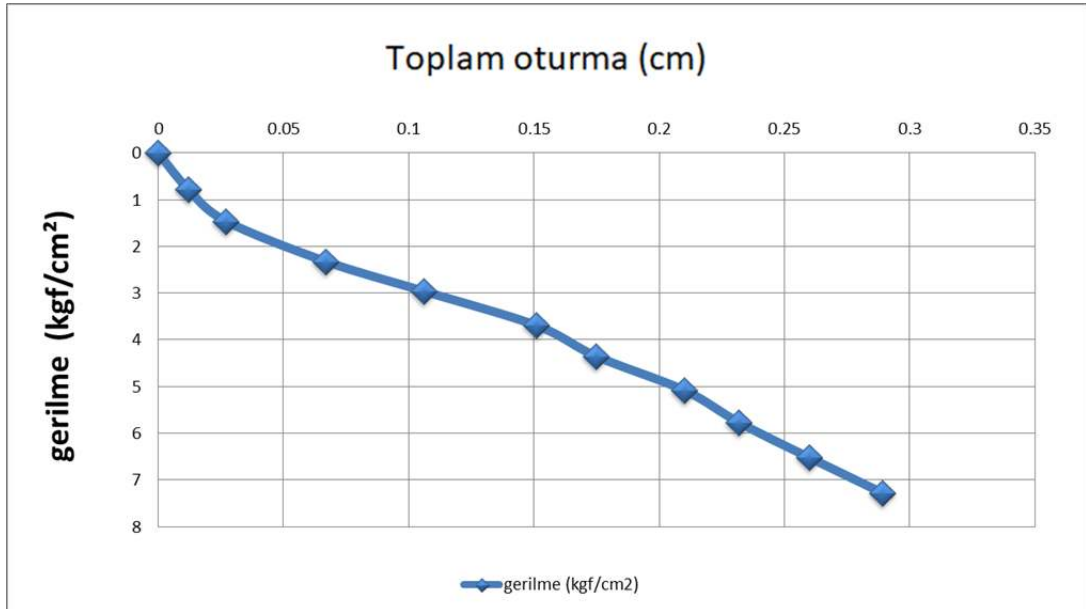


Şekil 4.4. Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ikinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 2-10 ikinci bölgede 1. ve 2. saat okumaları verilen yüke göre belirlenmiştir. En son uygulanan yük sonucunda ani çökmeler meydana gelmemiştir. Ortalama oturma miktarları alınarak yatak katsayıları belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,229 cm, yatak katsayısı ise $41,283 \text{ kgf/cm}^3$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 birinci bölge

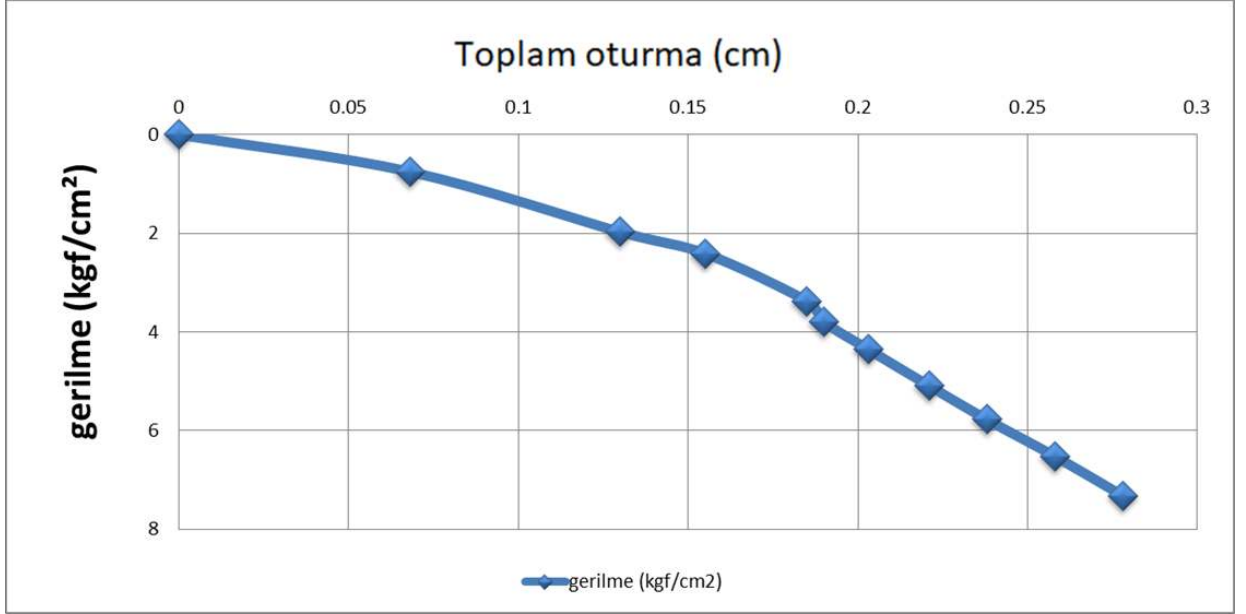
Deney Noktası Adı		KT 4-6				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	5,20	0,751	0,65	0,70	0,068	11,119
3	13,67	1,973	1,24	1,36	0,130	15,177
4	16,70	2,410	1,45	1,65	0,155	15,551
5	23,40	3,377	1,73	1,96	0,185	18,306
6	26,30	3,796	1,72	2,07	0,190	20,031
7	30,16	4,353	1,92	2,14	0,203	21,444
8	35,30	5,095	2,06	2,35	0,221	23,106
9	40,03	5,778	2,19	2,57	0,238	24,276
10	45,20	6,524	2,37	2,78	0,258	25,335
11	50,75	7,325	2,55	3,00	0,278	26,396

**Şekil 4.5.** Plaka yükleme deneyi KT 4-6 birinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ilk bölgede 1. ve 2. saat okumaları verilen yüke göre belirlenmiştir. En son uygulanan yük sonucunda ani çökmeler meydana gelmemiştir. Ortalama oturma miktarları alınarak yatak katsayıları belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,278 cm, yatak katsayısı ise 26,396 kgf/cm³ olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.6. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ikinci bölge

Deney Noktası Adı		KT 4-6				
Plaka Çapı		30 cm			Plaka alanı	706,50 cm ²
Uygulanan Yük	Uygulanan Yük(kN)	Plakadaki Gerilme (kgf/cm ²)	1. saat okuması mm	2. saat okuması mm	Ortalama Oturma (cm)	Yatak Katsayısı (kgf/cm ³)
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
2	5,40	0,779	0,12	0,11	0,012	67,774
3	10,11	1,459	0,29	0,24	0,027	55,064
4	16,10	2,324	0,67	0,66	0,067	34,944
5	20,50	2,959	1,11	1,01	0,106	27,913
6	25,60	3,695	1,56	1,46	0,151	24,470
7	30,18	4,356	1,81	1,68	0,175	24,963
8	35,20	5,081	2,13	2,06	0,210	24,251
9	40,01	5,775	2,37	2,26	0,232	24,945
10	45,20	6,524	2,58	2,61	0,260	25,140
11	50,41	7,276	2,95	2,83	0,289	25,176



Şekil 4.6. Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ikinci bölge

Plaka yükleme deneyi KT 4-6 ikinci bölgede 1. ve 2. saat okumaları verilen yüke göre belirlenmiştir. En son uygulanan yük sonucunda ani çökmeler meydana gelmemiştir. Ortalama oturma miktarları alınarak yatak katsayıları belirlenmiştir. Ortalama oturma miktarı 0,289 cm, yatak katsayısı ise 25,176 kgf/cm³ olarak elde edilmiştir.

Plaka yükleme deneyleri 3 temel ve 6 adet yapılmıştır. KT 1-5 temelinde ilk ve ikinci bölge arasında 0,020 cm'lik oturma farkı vardır. Temel PMT serimi ve sıkıştırılmaları eşit dağılım yapılarak uygulandığı için temelin iki farklı bölgesinde ortalama oturma farkı yok denecek kadar azdır.

KT 2-10 temelinde ilk bölge ve ikinci bölge oturmalarında 0,036 cm'lik oturma farkı bulunmaktadır. Temelin her bölgesindeki PMT iyileştirme uygulaması doğru bir biçimde yapıldığı için aynı temelde iki farklı bölgedeki plaka yükleme deneyinde çok farklı oturma gözlenmemiştir.

KT 4-6 temelinde ilk bölge ve ikinci bölge plaka yükleme deneyi ortalama oturma miktarlarındaki fark 0,011 cm'dir. Laboratuvarın hazırlamış olduğu PMT iyileştirme uygulamasındaki oranların kusursuz olduğu ve sıkıştırma işleminin doğru yapıldığı aynı temelde iki farklı bölgede yapılan plaka yükleme deneyi sonuçlarında ortaya çıkmaktadır.

5. SONUÇ

Denizli ili 1. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Acıpayam ilçesinde 2019 yılı Mart ayında 5,5 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. 2019 yılı Ağustos ayında ise Bozkurt ilçesinde 6,0 büyüklüğünde deprem olmuştur. Denizli ilinin %95'i 1. Derece deprem bölgesi olduğu için lokasyon yerlerindeki inşaat yapımlarına çok önem verilmektedir. Bu amaçla imalat yerinde ilk olarak araştırma çukuru açılarak zemin hakkında ön bilgi sahibi olunmuştur. Araştırma çukuru açılması sonrasında elde dedilen sonuç zeminin alüvyon bir yapıya sahip olmasıdır. Zemin kumlu, siltli ve çakıllı malzemelerden oluşmaktadır.

Zemin raporu hazırlanmadan 15 metre derinlikte 20 adet sondaj yapılarak zeminin detaylı incelenmesi yapılmıştır. İnceleme alanında, temelin oturacağı jeolojik birim; killi çakıllı tespit edilmiştir. Kuru dere yatağı harici sahada yer alan temel zemini birimleri, bina yüklerini güvenle taşıyacak özelliğe sahiptir. Alanda herhangi sıvılaşma problemi beklenmemektedir. Proje kapsamında yapılan bütün kazılarda rastlanabilecek bitkisel toprak ve ayrılmış dolgu birimlerinin kesinlikle kaldırılması; temellerin don derinliğinin ve mühendislik özelliği olmayan zemin altına indirilerek homojen bir şekilde oturtulması gerekmektedir.

Kuru dere yatağının daha önceden doldurulması sebebiyle bu alan tamamen kaldırılarak laboratuvar tarafından yoğunluğu belirlenen PMT serilmiştir. Bu PMT serilmesinden sonra boşluk oranının azalması için sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Sıkıştırma işlemi akabinde laboratuvar tarafından plaka yükleme deneyi üç bloktan 2 ayrı noktada yapılarak oturma ve zemindeki göçme miktarları belirlenmiştir. Bu belirlemeler sonucunda KT 1-5 ilk bölgede 0,076 cm, KT 1-5 ikinci bölgede 0,096 cm, KT 2-10 birinci bölge 0,193 cm, KT 2-10 ikinci bölgede 0,229 cm, KT 4-6 birinci bölgede 0,278 cm, KT 4-6 ikinci bölgede 0,289 cm toplam oturma miktarları elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre (Skempton vd., 1956) granüler radye temel toplam oturma miktarı olan 6,5 cm'nin altında kalmış ve bina güvenliği sağlanmıştır.

KT 1-5 temelinde oturma farkı 0,020 cm'dir. PMT'nin boşluk oranının iyi bir şekilde ayarlanmış olması ve sıkıştırmanın tam olarak yapılması sonucunda aynı temelde iki farklı bölgesinde yapılan plaka yükleme deneyinde binadaki oturma problemi ortadan kaldırılmıştır.

KT 2-10 temelindeki oturma miktarı ise 0,036 cm'dir. İkinci temel uygulamasında ki zemin iyileştirme yönteminin doğru yapılması aynı temelde iki farklı alanda yapılan deney de oturma problemi standart sınırları içerisinde kalmıştır.

KT 4-6 temelinde oturma miktarı farkı 0,011 cm olarak belirlenmiştir. Üçüncü temelde de yapılan iyileştirme işlemi ve yapılan deneyler sonucu bina güvenliği oturma problemlerine karşı önlenmiştir.

Yapılan PMT laboratuvar analizi ve lokasyon alanındaki emin iyileştirme işlemleri sonucu kuru dere yatağı üzerine gelen temel oturma problemleri ortadan kaldırılmış ve bina güvenliği sağlanmıştır.



KAYNAKLAR

- AFAD, 2017. *Denizli Deprem Haritası*. Afet ve Acil Durum Yönetimi, <https://www.afad.gov.tr/afet-haritalari> (Erişim Tarihi:12.10.2019)
- AFAD, 2019. *Türkiye Deprem Haritası*. Afet ve Acil Durum Yönetimi, <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> (Erişim Tarihi: 01.02.2020)
- Akbulut, S., 1999. Enjeksiyon ile Granüler Zeminlerin Geoteknik Özelliklerinin İyileştirilmesi, Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Akdoğan, M., Erol, M., Ergün, U., 1996. Taş Kolonların Performansına Bir Vaka Analizi. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi*, İzmir, 370-381.
- Aksoy, S., Kızıroğlu, S., Kurtulmaz, E., 1994. Kütahya Şehir Geçiş Düşey Bant Dren Uygulaması. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi*, Ankara, 443-455.
- Akyol, E., Aydın, A., Alkan, M., Hazer, G., 2014. Sismik ve geoteknik parametrelerin yapılaşmaya etkisi: Denizli örneği. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi*, 36-46.
- Alkaya, D., Yeşil, B., 2011. Cindere barajı enjeksiyon uygulamaları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9-18.
- Ayan, E., 2009. Derin Zemin İyileştirme Yöntemleri ve Uygulamadan Örnekler, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Bakım, M., 2007. Enjeksiyon Yöntemleriyle Zemin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Beger, A., 2019. Enjeksiyon ve Kompaksiyon Prensibinde Sığ Derinlikler İçin Uygulanan Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman, Türkiye.

- Beyaz, T., Ünlü, N., Akgün, M., 2007. *Gökpınar Barajı Dolusavak ve Eşik Yapısı Temel Zemininde Yapılan Jeoteknik Çalışmalar*. DSİ 212. Şube Müdürlüğü. Denizli, Türkiye
- Chao, K., Chin, K., 1963. The study of improving bearing capacity of tapei silt by using quickline piles. *Proceedings Of The 2nd Asian Regional Conference In Soil Mechanics And Foundation Engineering*, Tokyo, 387-389.
- Çimen, Ö., Bakım, M., Durgunoğlu, H. T., 2008. Jet Grout Zemin İyileştirilmesinin Kullanıldığı Bir Vaka Analizi. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On İkinci Ulusal Kongresi*, Konya, 679-688.
- Dadaşbilge, O., 2016. Kazıklı Temellerin Tasarımı. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası*.
- Demiröz, A., 1991. Alaaddin Cami Temel Zemin İyileştirmesi ve Temel Takviyesi, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Durgunoğlu, H., Kulaç, H., Öge, K., 1998. Migros/Gimat Hipermarket ve Alışveriş Merkezi. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi*, İstanbul, 438-448.
- Düzceer, R., 2004. Sakhalın Doğalgaz ve Petrol İşletme Tesisi Kazık İşleri. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi*, İstanbul, 1-8
- Emirli., 2019. *Fore Kazık, Mini Kazık, Ankraj ve Zemin İyileştirme Yöntemleri*. Emirli İnşaat, <http://www.emirli.com.tr/fore-kazik/1> (Erişim Tarihi: 22.03.2019)
- Engineers, U. s., 1999. *Guidelines On Ground Improvement For Structures And Facilities*. Technical Letter, Washington,
- Ergün, U., 1996. Bir Ön Yükleme Uygulaması. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi*, Ankara, 834 - 835,
- Ersoy, U., 1985. *Zemin Mekaniği Uygulamalarında Geotekstillerin Kullanılması*. TMMOB İnşaat Mühendisliği Odası 8. Teknik Kongresi, Ankara, 173-187
- Gök, S., 2009. Basitleştirilmiş kazıklı radye hesabı. *İtdergisi*, 149-156.
- Han, J., 2015. Principles And Practice Of Ground Improvement. Wiley.

- Hausmann, M., 1990. Enginnering princplas of ground modification. *Mc Graw-Hill Publishing Company*.
- Idriss, I., Boulanger, R. W., 2008. Soil Liquefactio During Eartquakes, Master Thesis. Eartquake Engineering Research Institute, California, United States of America.
- İşçi, C., 2008. *Journal Of Yasar University*, <http://joy.yasar.edu.tr>. (Erişim Tarihi:02.20.2020)
- JICA., 1994. Soil İmprovement Techniques. *Japan İnternational Cooperation Agency*, 106.
- Kayabalı, K., Mollamahmutoğlu, M., 2006. Geoteknik mühendisliği ilkeler ve uygulamalar. *Gazi Kitabevi*.
- Kemaloğlu, F., Sayraç, A., Özaydın, K., & Yıldırım, S., 2008. Yalova İli Altınova İlçesi Tavşanlı Beldesinde Tersane İnşaatı. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On İkinci Ulusal Kongresi*, Konya, 715-718.
- Kılıç, N., Sayın, A., Başer, O., 2015. Tünel Girişinde Zemin İyileştirmesi: Bağışlı Tüneli Örneği. *Ulusal Jeoleji Sempozyumu*, Trabzon, 10-17.
- Koerner, M., 1997. Designing with geosynthetics. *3th Edition Prentice Hall*.
- Koerner, R. M., 1986. Designig with geosynthetics. *Prentice-Hall*.
- Köroğlu, M. A., 2020. Türkiye'nin Sismotektoniği.
<https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/insaatmuhendisligi/editor/DersSayfaları/DepremMuhGir/t%C3%BCrkiyenin%20depremselli%C4%9Fi.pdf>.
(Erişim Tarihi:02.02.2020)
- Kutzner, C., 1996. Grouting of rock and soil. A. A. *Balkema*.
- Küçükali, N., 2008. Demiryolu Altyapısının Jet Enjeksiyon Yöntemi İle İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Leonards, G. A., 1980. Dynamic compaction of granuler solis. *Jounal Of Geotechnical Engineering Division*, 35-44

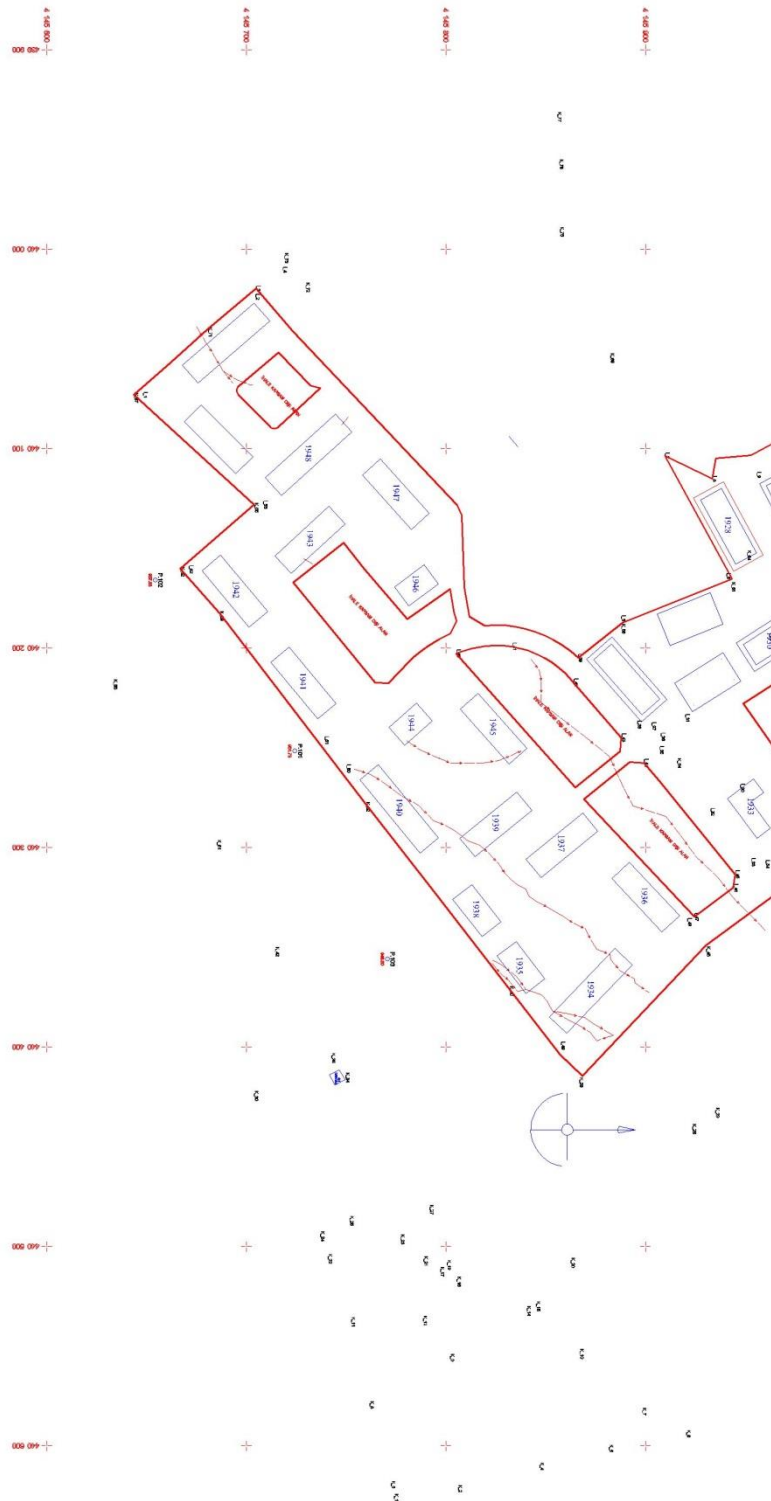
- Maag, E., 1938. *Über Die Verfestigung Und Dichtung Des Baugrundes*. Zurich: Lecture To Federal Technical University.
- Melegari, C., 1997. Seminar on jet grouting. *CI-Premier Pte*.
- Menard, L., Boise, Y., 1975. Theoretical and practical aspects of dynamics consolidation. *London Geot*, 3-18.
- Mutman, A., Kavak, A., 2010. Dinamik Kompaksiyon Uygulaması. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On Üçüncü Ulusal Kongresi*, İstanbul, 723-728.
- Mutman, U., 2007. Düşük Basınçlı Çimento Enjeksiyonu ile Zemin Özelliklerinin İyileştirilmesi, Doktora Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.
- Mühendislik, D. G., 2017. *Denizli İli Acıpayam İlçesi Oğuz Mahallesi 1919/1929/1930/1931 Ada Zemin Araştırma Raporu*. Ankara: T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı.
- Nonveiller, E., 1989. Grouting theory and practice. *Elsevier*
- Okyay, S., 1987. *Yüksek Basınçlı Enjeksiyon*. Dahili Rapor.
- Özaydın, K., 2011. Zemin mekaniği. *Birsan Yayınevi*.
- Özener, A., 2001. Geotekstil Donatılı Şevlerin ve İstinat Yapılarının Tasarım, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Özkan, H., 2006. Enjeksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*.
- Pektaş, C., Yılmaz, H. R., 2012. Muhtelif Katkı Malzemeleri ve/veya Donatı Kullanımı ile Yapılan Zemin İyileştirme (Stabilizasyon) Yöntemlerinin Teorik ve Deneysel Olarak Ayrıntılı Bir İrdeleme ve Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Sağlamer, A., 1996. *Arazi Deneylerinin Geoteknik Tasarımda Kullanılması*. İzmir: Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Konferansı. 267-271

- Sağlam, A., Yılmaz, E., 1998. Samsun-Çarşamba Havaalanı İnşaatında Pist Temel Zeminin Yükleme Yöntemiyle İyileştirilmesi. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi*, İstanbul, 512-520.
- Sarsılmaz, O. M., 2017. Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Sınıflandırılması, İncelenmesi, Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Sezer, İ. L., 2003. Çivril-Denizli Deprem Yöresinde Deprem Aktivitesi ve Riski. *Ege Coğrafya Dergisi*, 93-102.
- Skempton, A. W., MacDonald, D. H., 1956. Structural and building division meeting. *Proceedings Of The Institution of Civil Engineers*, 727-768.
- Toğrol, E., 2009. Kazık temeller. *Birsan Yayınevi*.
- Tunç, A., 2002. Yol mühendisliğinde geoteknik ve uygulamaları. *Atlas Dağıtım*.
- Tunçdemir, F., 2004. Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniğiyle İyileştirilmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 59-64.
- Tunçdemir, F., 2007. Kompaksiyon enjeksiyonuna teorik ve pratik yaklaşım. *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi* 4069-4080.
- URL-1., 2008. *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi*.
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/> , (Erişim Tarihi: 02.20.2020)
- URL-2., 1992. *MTA*. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/dirifay> , (Erişim Tarihi: 03.03.2020)
- USACE., 1999. *U.S. Army Corps of Engineers*. Washington D.C.: USACE.
- Uzun, B., 1995. Temel Mühendisliğine Giriş. *Derya Kitabevi*.
- Yıldırım, H., Durgunoğlu, A. T., 2008. Mabeyinci Arif Paşa Yalısı. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On İkinci Ulusal Kongresi*, Konya 759-768.
- Yıldırım, S., 2004. Zemin incelemesi ve temel tasarımı. *Birsan Yayınevi*.

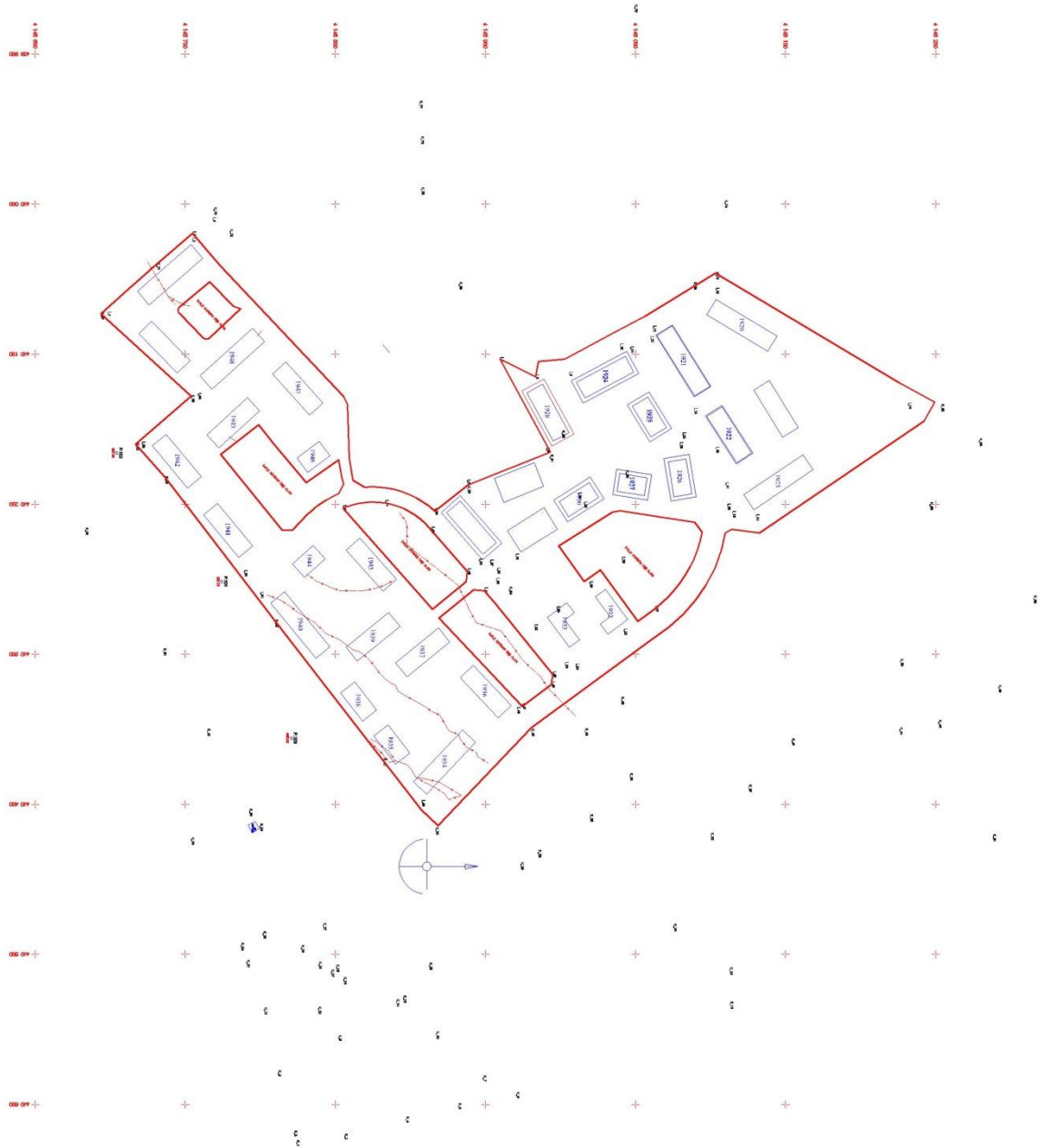
Zorluer , İ., Usta, M., 2003. Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi. *Türkiye IV Mermer Sempozyumu* Afyon, 305-311.



Ek 1.



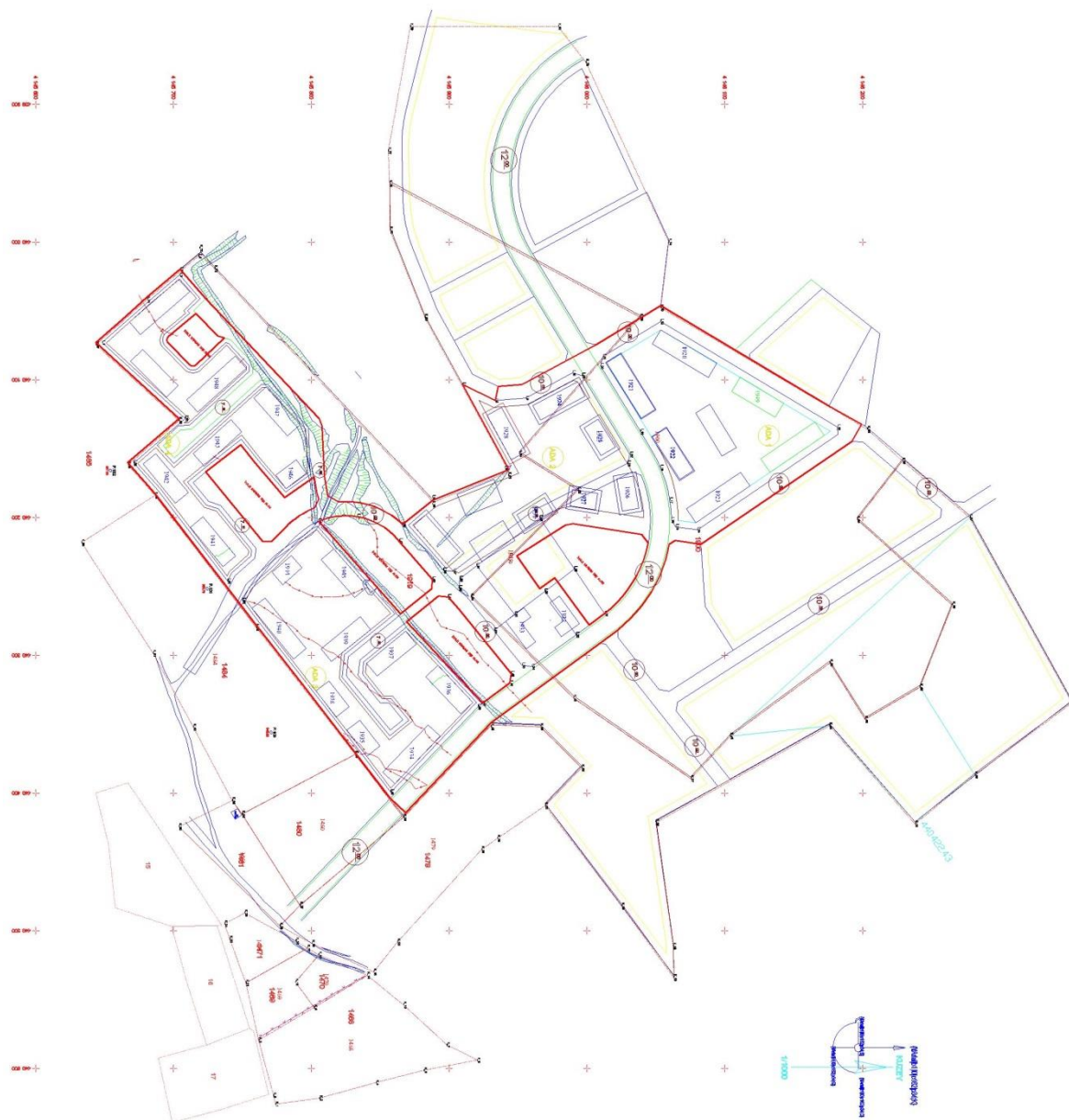
Ek 1.



Ek 2.

SONDAJ KUYULARININ KOORDİNATLARI		
NOKTA NO	Y	X
SK-1	440112.203	4146943.944
SK-2	439842.620	4146909.690
SK-3	439600.303	4147004.656
SK-4	439477.910	4146801.631
SK-5	439552.206	4146446.395
SK-6	439814.751	4146616.464
SK-7	440317.321	4145864.913
SK-8	440113.899	4145724.242
SK-9	440011.576	4145946.439
SK-10	440232.271	4145990.362
SK-11	439980.976	4146210.505
SK-12	439835.683	4146166.690
SK-13	439856.989	4146028.541
SK-14	440092.302	4146060.177
SK-15	440209.324	4146247.036
SK-16	440352.624	4146310.725
SK-17	440340.994	4146152.056
SK-18	440463.942	4146046.553
SK-19	439811.748	4145937.527
SK-20	439692.100	4145912.365

Ek 3.



Ek 4.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-1
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 5.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-2
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 5.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-3
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 6.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-4
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 7.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-5
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 8.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-6
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 9.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-20
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 10.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	AÇ-21
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi bitkisel çakıl içerikli toprak örtü
1,0 m			0,20 m
2,0 m			Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 11.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	Ş.AÇ-1
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
1,0 m			
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 12.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	Ş.AÇ-2
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
1,0 m			
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 13.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	Ş.AÇ-3
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
1,0 m			
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 14.

İli	Denizli	Pafta no	Denizli
İlçesi	Acıpayam	Ada no	Denizli
Beldesi	Acıpayam	Parsel no	Denizli
Mahallesi	Oguz	Çukur no	Ş.AÇ-6
Derinlik	YASS	Litoloji	Açıklama
0	YOK		Kahverengimsi renkli killi kumlu çakıllı birim
1,0 m			
2,0 m			
2,5 m			
3,0 m			
3,5 m			

Ek 15.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU																
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI														
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM														
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 1								
YASS		---				SONDÖR										
YAPILAN DENEYLER																
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elekt	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm									
0		Bitkisel Toprak														
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R									
2																
3																
4																
5																
6						--	--	--								
7						--	--	--								
8						--	--	--								
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim				--	--	--								
10																
11						--	--	--								
12						--	--	--								
13						--	--	--								
14						--	--	--								
15						--	--	--								
16																

Ek 16.

				JEOTEKNİK SONDAJ LOGU											
PROJE ADI	ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI														
PROJE YERİ	OGUZ MAH. ACIPAYAM														
DERİNLİK	15 M			KUYU NO	SK 2										
YASS	---			SONDÖR											
YAPILAN DENEYLER															
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı	
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm									
0		Bitkisel Toprak													
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim		R	R	R									
2															
3				R	R	R									
4															
5				R	R	R									
6															
7				--	--	--									
8															
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--									
10															
11				--	--	--									
12															
13				--	--	--									
14															
15				--	--	--									
16															
															
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									
				--	--	--									

Ek 17.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU																
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI														
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM														
DERİNLİK		15 M					KUYU NO		SK 3							
YASS		---					SONDÖR									
YAPILAN DENEYLER																
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı	
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0		Bitkisel Toprak														
1																
2		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim		R	R	R										
3				R	R	R										
4				R	R	R										
5																
6				--	--	--										
7				--	--	--										
8				--	--	--										
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--										
10				--	--	--										
11				--	--	--										
12				--	--	--										
13				--	--	--										
14				--	--	--										
15				--	--	--										
16																

Ek 18.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU															
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI													
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM													
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 4							
YASS		---				SONDÖR									
YAPILAN DENEYLER															
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm									
0		Bitkisel Toprak													
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim		R	R	R									
2															
3				R	R	R									
4				R	R	R									
5															
6			--	--	--										
7			--	--	--										
8			--	--	--										
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim	--	--	--										
10			--	--	--										
11			--	--	--										
12			--	--	--										
13			--	--	--										
14			--	--	--										
15		--	--	--											
16															

Ek 19.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU																		
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI																
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM																
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 5										
YASS		---				SONDÖR												
YAPILAN DENEYLER																		
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı	
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
0		Bitkisel Toprak																
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R											
2																		
3				R	R	R												
4																		
5				R	R	R												
6				--	--	--												
7				--	--	--												
8				--	--	--												
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--												
10				--	--	--												
11				--	--	--												
12				--	--	--												
13				--	--	--												
14				--	--	--												
15				--	--	--												
16																		

Ek 20.

					JEOTEKNİK SONDAJ LOGU												
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI															
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM															
DERİNLİK		15 M			KUYU NO		SK 6										
YASS		---			SONDÖR												
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	YAPILAN DENEYLER												
					SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0		Bitkisel Toprak															
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R										
2																	
3					R	R	R										
4				R	R	R											
5																	
6				--	--	--											
7				--	--	--											
8				--	--	--											
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--											
10				--	--	--											
11				--	--	--											
12				--	--	--											
13				--	--	--											
14				--	--	--											
15				--	--	--											
16																	

Ek 21.

					JEOTEKNİK SONDAJ LOGU												
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI															
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM															
DERİNLİK		15 M			KUYU NO		SK 7										
YASS		---			SONDÖR												
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	YAPILAN DENEYLER												
					SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0		Bitkisel Toprak															
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R										
2																	
3					R	R	R										
4					R	R	R										
5																	
6				--	--	--											
7				--	--	--											
8				--	--	--											
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--											
10				--	--	--											
11				--	--	--											
12				--	--	--											
13				--	--	--											
14				--	--	--											
15				--	--	--											
16																	

Ek 22.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU																	
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI															
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM															
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 11									
YASS		---				SONDÖR											
YAPILAN DENEYLER																	
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
0		Bitkisel Toprak															
1																	
2		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R										
3					R	R	R										
4																	
5					R	R	R										
6					--	--	--										
7					--	--	--										
8					--	--	--										
9			Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim			--	--	--									
10						--	--	--									
11						--	--	--									
12						--	--	--									
13						--	--	--									
14						--	--	--									
15						--	--	--									
16																	

Ek 23.

				JEOTEKNİK SONDAJ LOGU													
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI															
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM															
DERİNLİK		15 M		KUYU NO		SK 16											
YASS		---		SONDÖR													
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS Numune S.	YAPILAN DENEYLER													
				SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı	
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
0		Bitkisel Toprak															
1																	
2		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim		R	R	R											
3				R	R	R											
4				R	R	R											
5																	
6				--	--	--											
7				--	--	--											
8				--	--	--											
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim		--	--	--											
10				--	--	--											
11				--	--	--											
12				--	--	--											
13				--	--	--											
14				--	--	--											
15				--	--	--											
16																	

Ek 24.

JEOTEKNİK SONDAJ LOGU															
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI													
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM													
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 14							
YASS		---				SONDÖR									
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS Numune S.	YAPILAN DENEYLER											
				SPT Darbe Sayısı			Elek Analizi	Kıvam Limitleri	Doğal B.H.A Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı		
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm									
0		Bitkisel Toprak													
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim		R	R	R									
2															
3			R	R	R										
4			R	R	R										
5															
6			--	--	--										
7			--	--	--										
8			--	--	--										
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim	--	--	--										
10			--	--	--										
11			--	--	--										
12			--	--	--										
13			--	--	--										
14			--	--	--										
15			--	--	--										
16															

Ek 25.

				JEOTEKNİK SONDAJ LOGU														
PROJE ADI		ACIPAYAM OGUZ TOKİ İMAR PLANI																
PROJE YERİ		OGUZ MAH. ACIPAYAM																
DERİNLİK		15 M				KUYU NO		SK 13										
YASS		---				SONDÖR												
YAPILAN DENEYLER																		
m	Zemin Profili	Açıklamalar	YASS	Numune S.	SPT Darbe Sayısı			Elek	Analizi	Kıvam	Limitleri	Doğal B.H.A	Su	Muhtevası	Kohezyon	İçsel Sürtünme	Zemin Sınıfı	
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm											
0		Bitkisel Toprak																
1		Killi Siltli Kumlu Çakıllı Birim			R	R	R											
2																		
3							R	R	R									
4																		
5							R	R	R									
6						--	--	--										
7						--	--	--										
8						--	--	--										
9		Killi Siltli Kumlu İri Çakıllı Birim				--	--	--										
10						--	--	--										
11						--	--	--										
12						--	--	--										
13						--	--	--										
14						--	--	--										
15						--	--	--										
16																		

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Ünal Bahadır BAYLAN
Doğum Yeri ve Yılı : ERZURUM - 1988



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Denizli Cumhuriyet Lisesi	2005
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2020

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
Atsız Mühendislik ve İnşaat / Denizli	01/2018-Devam
Baylan Beton ve Yapı Test Laboratuvarı / Denizli İnşaat Mühendisi ve Şirket Sahibi	01/2016 – 12/2017
Baylan Mühendislik ve İnşaat / Denizli İnşaat Mühendisi ve Şirket Sahibi	08/2014 - 12/2015
Atasoy Yapı Denetim / Denizli Kontrol Elemanı	09/2013 - 04/2014

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

1.