

CEYHUNKENT TOPLU KONUTLARI (CEYHAN/ ADANA) İNŞA SAHASININ JET GROUT YÖNTEMİ İLE ISLAHI *

Improvement With Jet Grouting Method of Ceyhunkent Public Housing (Ceyhan / Adana) Construction Area

Nurgül ŞEFLEK
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Hasan ÇETİN
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Adana ili, Ceyhan ilçesinde inşa edilen Ceyhunkent toplu konutlarına yönelik zemin ıslah çalışması bu tezin çalışma konusunu kapsamaktadır. Ceyhan ilçesinin zemin özellikleri yapılacak olan toplu konut projesini olumsuz yönde etkilemekte olduğundan zemin iyileştirme yoluna gidilmiştir. Çalışmanın amacı, seçilen ıslah yöntemi ile zeminde meydana gelecek farklılıkların belirlenmesidir. Arazinin temel zeminden ve jet grout yöntemi ile iyileştirilmiş zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde gerekli zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. İlk olarak zemin sınıflamasında kullanılan Atterberg, özgül ağırlık ve tane boyu analiz deneyleri yapılmış olup sonrasında mühendislik parametrelerinin araştırılması açısından serbest basınç, kesme kutusu, konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Son olarak her iki zeminin gösterdiği dayanım ve oturma koşulları, oluşabilecek sıvılaşma riski ve yeraltı suyunun etkisi gözlenerek nasıl bir durum oluşabileceği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ceyhan ilçesi, zemin iyileştirmesi, enjeksiyon teknikleri, jet grout yöntemi, zemin ıslahı, sıvılaşma

ABSTRACT

Soil improvement is the study for Ceyhunkent public housing constructed in Ceyhan district, Adana is the subject of this study. The soil improvement has been needed due to the improper soil properties of Ceyhan district which would have negatively affected the public housing project. The aim of the study is to determine the differences in the engineering parameters after the application of the selected improvement method. Required soil mechanics experiments performed on disturbed and undisturbed samples taken both from the unimproved foundation soil and from the improved soil by the jet grouting method. Firstly, Atterberg, Limits, specific gravity and grain size analysis tests had been made for soil classification and then, the uniaxial pressure, shear box and consolidation tests were performed in order to determine the engineering parameters. Finally, strength and consolidation characteristics of both improved and unimproved foundation soils, their liquefaction and possibility at ground water effects have been determined.

Key Words: Ceyhan District, soil improvement, injection techniques, jet grout method, soil stability, liquefaction

*Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

Giriş

Şehir içerisinde ve gelişmekte olan endüstriyel bölgelerde mühendislik projeleri esnasında karşılaşılabilecek kötü zemini ıslah etmek, teknik ve ekonomik olarak en uygun ve en çok kullanılan çözümdür.

Priebe (1991)'e göre zemin iyileştirilmesi ile mevcut zeminin;

- Kayma mukavemeti artar,
- Gerilme-deformasyon modülü artar,
- Sıkışabilirliği azalır,
- Şişme ve büzülme potansiyeli kontrol altına alınır,
- Permeabilitesi azalır,
- Çevre koşullarına bağlı olarak fiziksel ve kimyasal değişimleri önlenir,
- Sıvılaşma potansiyeli azalır.

Zemin ıslahının temel ilkesi, zemin içerisindeki boşlukların azaltılması, bu boşlukların çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, böylece mevcut zeminin güçlendirilmesidir.

Zemin ıslah yöntemleri zemin cinsine göre ikiye ayrılır (Sağlamer, 1996):

1. Kohezyonlu zeminlerde uygulanan yöntemler: Amacı, kil zemin içerisinde nispeten rijit kolonlar oluşturmaktır.
2. Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan yöntemler: Amacı, kolon etrafındaki zemini sıkıştırmaktır.

Rixner ve diğerleri (1986)'ya göre, diğer bir sınıflandırmaya yönelik zemin ıslah yöntemleri üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

1. Zemini geçici olarak iyileştirme teknikleri (Yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, ısıtma işlemleri ve elektro-osmoz yöntemleri)
2. Herhangi bir madde katmadan zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleri (Yüzey kompaksiyonu, patlatma ile sıkıştırma, vibro kompaksiyon ve dinamik konsolidasyon yöntemleri)
3. Çeşitli maddeler katarak zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleridir (kireç, çimento, bitüm gibi katkı maddeleri ile zeminin üniform bir şekilde karşılaştırılması, kireç kazıkları, zemin değiştirilmesi, ön yükleme, dikey drenlerin kullanılması, enjeksiyon ve jeotekstillerde stabilizasyon)

Zemin iyileştirme yöntemleri, uygulama derinliğine bağlı olarak da sınıflandırılabilir (Sağlamer, 1996). Bunlar:

1. Derin iyileştirme yöntemleri,
2. Yüzeysel iyileştirme yöntemleridir.
Dört temel enjeksiyon yöntemi bulunmaktadır
 - *Intrüzyon (bulamaç/dolgu/çatlatma) enjeksiyonu,*
 - *Permeasyon (kimyasal/emdirme enjeksiyon) enjeksiyonu;*
 - *Kompaksiyon enjeksiyonu (deplasman/sıkıştırma enjeksiyonu)*
 - Jet Enjeksiyonu

Yukarıda belirtilen yöntemlerden biri olan jet grout, bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır

Jet enjeksiyonu diğer adıyla Yüksek Basıncılı Enjeksiyon (jet grout), zemini bölgesel olarak taşıyarak çimentoyu zemine dönüştüren bir zemin güçlendirme

teknîğidir. Zeminin iyileştirilmesi veya yapı yüklerinin daha derindeki tabakalara aktarılması amacı ile kullanılmaktadır.

Jet grout yönteminde kolon oluşturulması için iki aşama bulunmaktadır.

- Delme aşaması,
 - Püskürtme aşamasıdır.
- Jet grout tekniği, enjekte edilen akışkanın sayısına göre üçe ayrılır. Bu sistemler; tek akışkanlı, çift akışkanlı ve üç akışkanlı olarak adlandırılmaktadır

Jet grout tekniğinin çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bunlar:

- Yeni yapılacak temellerin desteklenmesi,
- Tünel kazılarında duvarların desteklenmesi ve tünel zemininin iyileştirilmesi,
- Derin kazıklar,
- Dayanma yapıları,
- Var olan yapıların temellerinin desteklenmesi,
- Şev stabilitesinin iyileştirilmesi,
- Köprü ayaklarının desteklenmesi ve korunması,
- Kazı tabanından suyun gelmesinin önlenmesi,
- Zemin suyunun sızdırmazlığını önleyecek duvarlar,
- Zeminin oyulmaya karşı korunması,
- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncinin artırılmasıdır (Doğu, 2005).

Tezin amacı ise, enjeksiyonlu ve enjeksiyonsuz zeminden alınacak örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin zemin mekaniği deneylerine tabi tutulması, deneylerden elde edilen verilerin değerlendirilip sonuçların yorumlanmasıdır.

Sınıflama deneyleri olarak Atterberg (kıvam) limitleri, özgül ağırlık tayini, elek analizi deneyi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilere dayanılarak numune birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır. Mühendislik deneylerinden ise serbest basınç dayanım deneyi, keme kutusu ve konsolidasyon deneylerine tabi tutulmuştur.

Sözü edilen arazi Adana İli, Ceyhan İlçesi, Hürriyet mahallesi Ceyhan Belediyesine ait 29.L.I.a ve 29.L.I.b paftaları, 65 ada ve 144-145 parsellerinde bulunan, araziye inşa edilmesi planlanmış Ceyhunkent toplu konutlarına yönelik zemin ıslah çalışmaları kapsamında.

Materyal ve Metot

Materyal

Zemin ıslahı amacıyla temel zeminden ve Jet grout yöntemi ile iyileştirilmiş zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler kullanılmıştır.

Saha çalışmalarında, 1/25.000'lik topoğrafik ve jeolojik haritalar, jeolog çekici, numune torbaları, numune alma cihazı, Shelby tüpleri, fotoğraf makinesi, numune alımı için parafin, balmumu, piknik tüpü, tülbent gibi malzemeler kullanılmıştır.

Alınan bu numunelerin indeks ve bazı mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde, elek ve hidrometre seti, Casagrande likit limit cihazı, plastik limit

plakası, piknometre ve ısıtıcı plaka, serbest basınç (tek eksenli) deney aleti, kesme kutusu deney aletleri, konsolidasyon cihazı ve kullanılması gereken rutin laboratuvar araç gereçler kullanılmıştır.

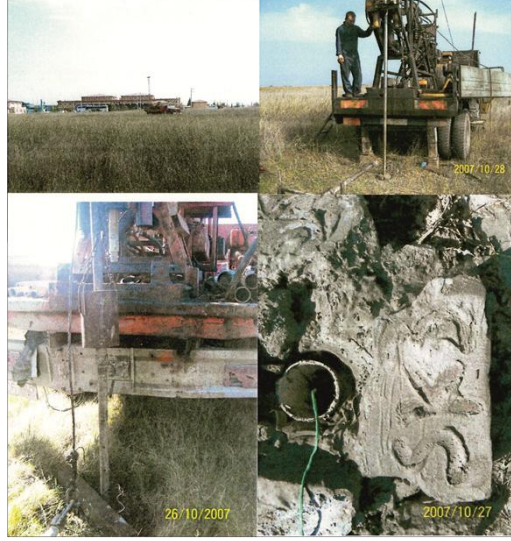
Metot

Bu yüksek lisans çalışması; arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada bölge ile ilgili ve kullanılan zemin ıslahı yöntemleri ile Jet grout yönteminin kullanılması yönündeki önceki araştırmalar incelenmiş olup, bölgenin jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. Belli lokasyonlarda SPT deneyi yapılan sondaj logları, oluşan loglar ışığında zemin kesitleri elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Jeolojik ve jeoteknik sorunların saptanmasından sonra zemin ıslah yöntemi belirlenmiş ve uygulamaya geçilmiştir. Buradan alınan numuneler Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarına getirilmiştir. Üçüncü aşamada ise araziden alınan numuneler üzerinde gerekli deneyler yapılmış, deney sonuçları elde edilmiştir. Son aşama olan büro çalışmalarında tüm bu çalışmalar derlenerek tez yazımına geçilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

İnceleme alanının jeolojisi göz önüne alındığında, gözlenen birimler Ceyhan Nehri'nin taşıdığı olduğu alüvyonal malzemenin çökelişi ile meydana gelmiştir. Bu birimlerin kötü boylanmış, tutturulmamış, çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerden oluşmaktadır.

Etüt alanı içerisinde derinliği 15-20-25 metre arasında değişen 10 adet zemin sondaj kuyusu açılmış, sondaj çalışmaları neticesinde geçilen jeolojik birimlerin tanımlanması yapılmıştır. Islah çalışmalarının sonucunda ise iyileştirilen kısımlarda 2 adet sondaj kuyu açılarak zemindeki değişimin gözlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 1. Sondaj çalışmalarının fotoğrafları

Yapılan çalışmada görüldüğü üzere üst yapıyı taşıyacak olan zemin profili güvenilir olmamakla birlikte yüksek yeraltı su seviyesi, 2. derece deprem bölgesinde yer alması, sıvılaşma potansiyelinin yüksek olması nedenleriyle zeminde iyileştirme yöntemine gidilmiş, bu iyileştirme yöntemlerinden jet grout yöntemi seçilmiştir.

Çalışma alanında uygulanan jet grout sistemlerden jet 1 sistemi kullanılmıştır. Hazırlanmış olan harç 400 bar mertebelerindeki yüksek basınçta ağızlıklardan püskürtülmekte, böylece zemin çimento/su karışı ile doldurulmaktadır. Çimento/ su karışımı oranı 1/1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Jet grout sistemine ait teknik ekipman

Zeminin İndeks ve Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi

Kıvam limitlerinin belirlenebilmesi için American Society of Testing Materials ASTM D 4318-00 (2003) standardına göre Casagrande likit limit cihazı kullanılmıştır.

Buna göre, enjeksiyonlu numunelerin ortalama LL: %44,36, enjeksiyonsuz numunelerin ortalama LL: % 47,86, enjeksiyonlu numunelerin ortalama PL: % 17,14, enjeksiyonsuz numunelerin ortalama PL: % 17,64, enjeksiyonlu numunelerin ortalama PI: % 27,89, enjeksiyonlu numunelerin ortalama PI: % 30,22'dir.

Leonards, 1962'ye göre teorik bir değerlendirme yapıldığında PI değerlerine göre iki numunenin de plastisite derecesi *plastik*, kuru *dayanımı orta-yüksek* dayanım çıkmaktadır.

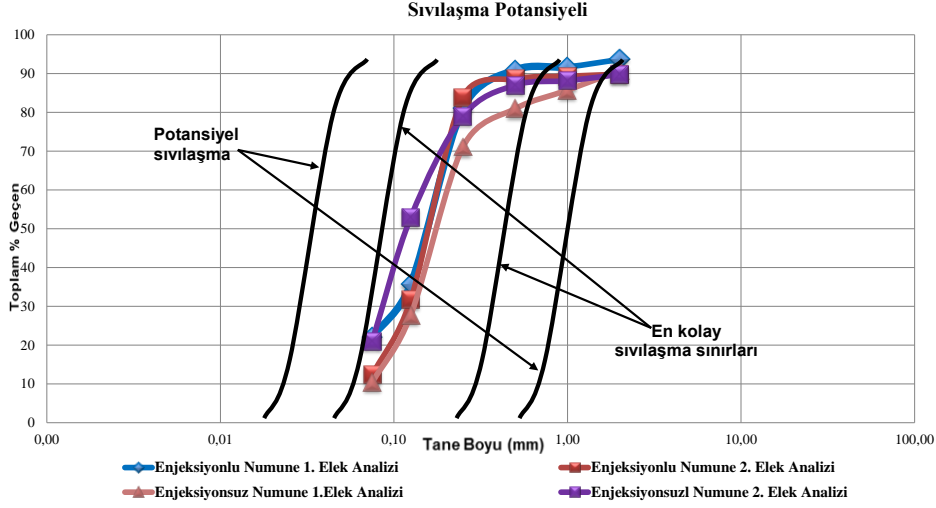
Casagrande plastisite diyagramı kullanılarak zeminin cinsi CL (orta plastisiteli) olarak bulunmuştur.

Araziden numunelerin enjeksiyonlu zeminin özgül ağırlığı:2,59, enjeksiyonsuz zeminin özgül ağırlığı:2,58 olarak bulunmuştur.

USCS zemin sınıflamasına göre tane boyu analizi sonucunda; enjeksiyonlu ve enjeksiyonsuz numunelerin. ilk deneyleri *düşük plastisiteli kil ve az kum*, İkinci deneylerde her ikisi de *kumlu düşük plastisiteli kil* olarak bulunmuştur.

Bölgede meydana gelebilecek sıvılaşma riskinin ve bu risk doğrultusunda uygun görülen iyileştirme yöntemi sonrası, iyileştirilmesi gerçekleştirilen zemin ile iyileştirme yapılmayan zeminin mühendislik özelliklerinin karşılaştırılması esas alınmış olup dayanım deneylerinden serbest basınç (tek eksenli) deneyi ve kesme kutusu deneyi yapılmıştır.

Örselenmemiş olarak alınan numunenin ön konsolidasyon basıncının ve konsolidasyon sınıflanmasının (Aşırı Konsolidasyon Oranı, OCR) elde edilmesi açısından konsolidasyon deneyi yapılmıştır.



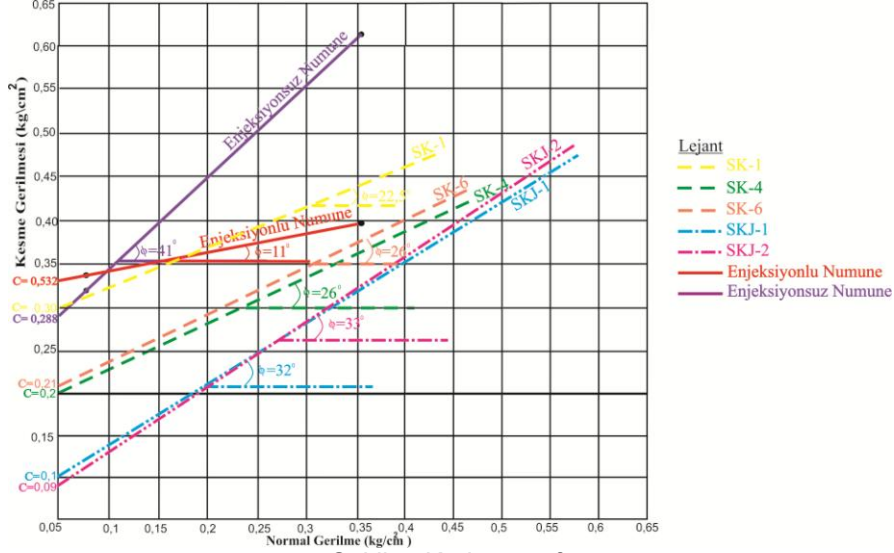
Şekil 3. Elek analizi ile oluşturulan sıvılaşma potansiyeli grafiği

Sondaj kuyularından elde edilen SPT değerlerine $N1_{(60)CS}$ göre çevrimli kayma gerilmesi oranı (CSR) ile birlikte çizilen sıvılaşma potansiyelini belirleyen grafiklerdir. SPT değerlerinden $N1_{(60)CS}$ değerleriyle orantılı olarak sıvılaşma direnci (CRR) artış göstermektedir. 7 büyüklüğünde bir deprem ve yüksek yeraltı suyunun göre parabolik bir grafik elde edilmiştir. Bu grafiğin alt kısmı sıvılaşmanın olmadığı, üst kısmı ise sıvılaşmanın olduğu bölgeyi temsil eder. Değerlerin çoğu üst bölgede olup, sıvılaşma riskinin fazla olduğunu işaret etmektedir.

İyileştirilmiş zemine ait birinci deneyde serbest basınç değeri $6,120 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Kohezyonu ise (C) $3,060 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. İyileştirilmiş zeminde yapılan ikinci serbest basınç deneyi sonucunda elde edilen grafik sonucuna göre serbest basınç değeri $4,991 \text{ kg/cm}^2$, C yani kohezyonu ise $2,496 \text{ kg/cm}^2$ 'dir.

Enjeksiyonsuz numune üzerinde gerçekleştirilen ilk serbest basınç dayanım değeri $3,135 \text{ kg/cm}^2$, kohezyon değeri de $1,568 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Enjeksiyonsuz numune üzerinde yapılan ikinci serbest basınç deneyi değeri ise $3,003 \text{ kg/cm}^2$, C değeri $1,502 \text{ kg/cm}^2$ 'dir.

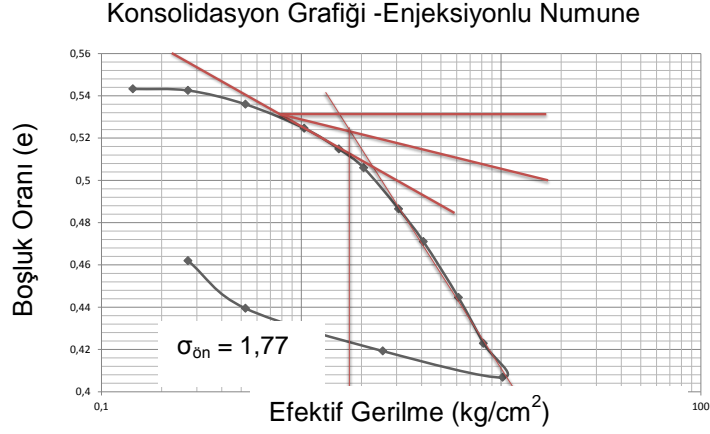
Çalışma kapsamında yapılan kesme kutusu deneyinde CU yöntemi uygulanmıştır. Numune önce konsolidasyon gerilmeleri altında konsolide edilmiş, konsolidasyon işlemi bittikten sonra numune yenilene kadar hızlı yükleme işlemi gerçekleştirilmiştir. ((CU) testi: Bu deney tipinde normal kuvvet uygulanır ve kesme başlamadan önce numunedeki oturmanın durması beklenir. Bu nedenle bir gün boyunca numunenin konsolide olması sağlanır ve ertesi gün kesme deneyine başlanır) geldiği düşünüldüğünden hesaplamalarda doygun birim hacim ağırlıklar (γ_d) kullanılmıştır.



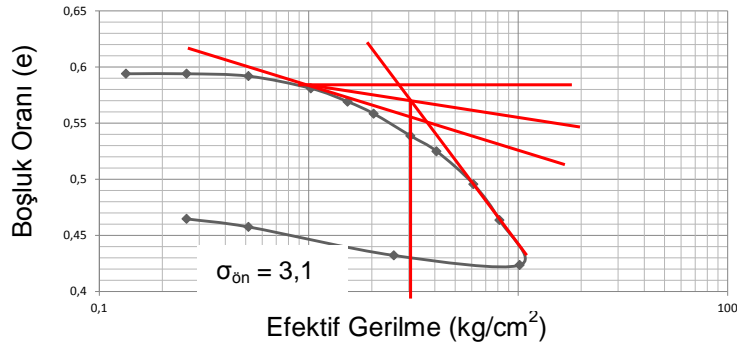
Bu grafiğe göre iyileştirilmiş zemin yani dolu numune olarak gösterilen zeminin kohezyonu $0,532 \text{ kg/cm}^2$, içsel sürtünme açısı 11° olarak, iyileştirme yapılmayan zemine ait grafikte C: $0,288 \text{ kg/cm}^2$, Φ : 41° olarak belirlenmiştir. İçsel sürtünme açıları incelendiğinde iyileştirme yapılmayan numunede yüksek olması numune içindeki kum oranının daha yoğun olmasıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Numunenin alındığı birime göre içsel sürtünme açısı farklılık gösterirken, iyileştirme yapılmayan zemine ait numunenin alındığı zemin içerisinde kum oranı daha yüksektir. Böylece Φ açısının da yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Enjeksiyonsuz zeminde yapılan sondaj lokasyonlarından SK-1, SK-4, SK-6'dan ve iyileştirilmiş zemindeki SKJ-1, SKJ-2 sondaj kuyularından 2,5-3 metre derinliğinden alınan UD numunelerinden kesme kutusu deneyi yaptırılmış, bunların sonucunda enjeksiyonsuz zeminde açılan SK-1 sondaj kuyusundan elde edilen verilerde C: $0,3 \text{ kg/cm}^2$, Φ açısı $22,5^\circ$, SK-4 kuyusundaki numune sonucu C: $0,2 \text{ kg/cm}^2$, Φ açısı 26° , SK-6'daki değerler ise C: $0,21 \text{ kg/cm}^2$, Φ açısı 26° olarak bulunmuştur. Enjeksiyonlu zeminde ise SKJ-1'de C: $0,1 \text{ kg/cm}^2$, Φ açısı 32° , SKJ-2'de C: $0,09 \text{ kg/cm}^2$, Φ açısı 33° olarak belirlenmiştir.

İki numune üzerinde konsolidasyon deneyi ASTM (American Society of Testing Materials) D 2435-03 (2003) standartlarına göre yapılmıştır Enjeksiyonlu ve enjeksiyonsuz numunelere ait ön konsolidasyon basınç grafikleri aşağıda yer almakta olup ön konsolidasyon basıncı, konsolidasyon derecesi (OCR) ve konsolidasyon sınıflaması bulunmuştur.



Şekil 5. Enjeksiyonlu numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği



Şekil 6. Enjeksiyonsuz numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği

Çizelge 1. İki zemine ait ön konsolidasyon basınçları, OCR değerleri ve konsolidasyon sınıflamaları

	Enjeksiyonlu numune	Enjeksiyonsuz numune
Ön Konsolidasyon basıncı ($\sigma_{ön}$) (kg/cm²)	1,77	3,1
OCR	5,902	10,708
Konsolidasyon sınıflaması	Aşırı konsolide	Aşırı konsolide

Projede zeminin taşıyabileceği maksimum güç olan taşıma gücü ve emniyet gerilmesi hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında daha sonra yaptırılan kesme kutusu deneyi verileri kullanılmış olup, iki zemin arasındaki taşıma

gücü farkının ortaya konması sağlanmıştır. Aşağıda taşıma gücü formülü yer almaktadır (Terzaghi, 1943).

$$q_f = (k_1 \times C \times N_c) + (\sigma_v \times N_q) + (k_2 \times \gamma_n \times B \times N_\gamma) \quad \sigma_v = \gamma_n \times D_f$$

Normal zeminde taşıma gücü 23,99 kg/cm², iyileştirilmiş zeminde 50.17 kg/cm² olarak görülmektedir. Yapılan iyileştirme sonucunda zeminin taşıma gücünün artmış olduğu görülürken, iyileştirmenin başarılı olduğu görülmektedir.

Emniyetli taşıma gücünü bulmak için normal zeminlerde nihai taşıma gücü 3'e bölünmektedir. Fakat heyelanlı, faylı, eklemli ve karmaşık bölgeler gibi zayıf yerlerde nihai taşıma gücünü 5'e bölmek gerekmektedir. Bu bölge de deprem gibi sismik aktivitenin yüksek olabileceği, sıvılaşma riskinin görülebileceği ve zayıf zemin karakterine sahip bir yer olması nedeni ile güvenlik kat sayısı 5 olarak alınmış, taşıma gücü bu sayıya bölünüp emniyetli tarafta kalınarak zemin emniyet gerilmesi elde edilmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

❖ İnşa sahasında yapılan 10 adet sondaj çalışmasının yanında iyileştirme yapıldıktan sonra 2 adet daha sondaj kuyusu açılmıştır. Ceyhan bölgesinin jeolojisi genç sediman olan alüvyonal birim olması nedeni ile sondaj lokasyonlarında bitkisel topraktan sonra siyah renkli kil, gri renkli gevşek yapılı kum, kumlu kil-killi kum seviyesinden sonra yeşil-gri-sarımsı renkli kil birimi geçilmiştir. 15-20-25 metre civarlarında açılan sondaj kuyularında arazi deneylerinden SPT (Standart Penetrasyon deneyi yapılmış olup, elde edilen verilerden sıvılaşma potansiyeli saptanmıştır.

❖ Yeraltı suyunun içinde bulunan sülfat oranı bina temeline olan etkisinin araştırılması amacıyla ölçülmüş, sülfat değerinin normal sınırlarda olduğu ve betona herhangi bir etkisinin olmayacağı tespit edilmiştir.

❖ Temel sistemi için yüzeysel drenaj sistemi oluşturulmuş, buna uygun temel ve taşıyıcı sistem belirlenerek önce iyileştirmeye gidilmiş, sonra dikdörtgen temel uygulaması yapılmıştır.

❖ İyileştirilmiş zemin ile iyileştirme yapılmayan zemin üzerinde gerçekleştirilen SPT (Standart Penetrasyon Deneyi) sonuçları kıyaslandığı takdirde toplam darbe sayılarında (N30) değerlerinde bir artış olduğu gözlenmiştir.

❖ Yapılan indeks sınıflamalarına göre zemin tipi CL olarak belirlenmiş, zeminde mukavemet artışı, yoğunluk artışı, permeabilitenin azalması geçirimsizliğin sağlanması, mukavemetin artışı, oturmaların azaldığı bunların sonucunda taşıma gücünün arttığı belirlenmiştir.

❖ Jet grout kolonların zeminle uyumluluğunu ve kolon taşıma gücünün belirlenebilmesi için kolonlar üzerinde arazide yerinde yükleme deneyleri yapılmalıdır. Bu şekilde daha net ve güvenilir sonuçlara ulaşılabilmektedir.

❖ Sıvılaşma analizleri sonucunda bölgede sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiş, iyileştirme yapılarak bu risk en aza indirilmeye çalışılmıştır.

❖ Yapılacak üst yapıların temellerinin desteklenmesi, yüksek YASS'ne oranla kazı tabanından suyun gelmesini ve yapının bu sudan etkilenmesini önlemek amacı ile, sıvılaşma potansiyeline karşı direncin artırılması, oluşacak deprem gibi sismik aktivitelerin yapılara zarar vermesini en aza indirmek amacı ile iyileştirme yöntemlerinden bir olan jet grout yöntemi seçilmiş ve arazide bu yöntem uygulanarak iyileştirme yapılmıştır.

❖ Jet grout yöntemi çok farklı zemin (kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde) koşullarında ve çok geniş uygulama alanlarında uygulanabilmekte ve gerek maliyet gerekse zaman açısından diğer zemin iyileştirme yöntemlerine geçerli bir alternatif olmaktadır.

❖ Jet grout yöntemi ile diğer zemin iyileştirme arasındaki en büyük fark elde edilecek zemin parametreleri ve maliyetin işin başlangıcında tahmin edilebilmesidir.

Kaynaklar

ASTM D 2435-03, 2003. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 238-247.

ASTM D 4318-00, 2003. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 582-595.

DOĞU, O., 2005. Jetgruting Tekniği ile Zemin Islahı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 128s.

LEONARDS, G.A., 1962. Foundation Engineering, McGraw-Hill Book Company, New York, 1136 pp.

PRIEBE, H. J., 1991. 'Vibro Replacement- Design Criteria and Quality Control', Deep Foundation Improvements: Design, Contruction and Testing. ASTM STP 1089, American Society for Testing and Materyals, Philadelphia, pp. 62-73.

RIXNER, J. J., KRAEMER, S. R. and SMITH, A. D., 1986. Prefabricadet Vertical Drains: vol. 1 Engineering Guidelines, FHWA/RD-86/168, FHWA, Springfield, Vierginia.

SAĞLAMER, A., 1996. Temel İnşaatı II Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul (yayımlanmamış).

TERZAGHI, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.

Teşekkür

Çalışmalarımnda bana her türlü desteği gösteren, değerli önerileri ile başarı göstermemi sağlayan ve gerekli imkânları sunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan ÇETİN'e teşekkür ederim.