

İnce Daneli Zeminlerin Dinamik Özellikleri

^{*1}Mustafa Özsağır, ¹Ertan Bol, ¹Sedat Sert ve ²Kurban Öntürk

¹ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi. Türkiye

²Geyve Meslek Yüksek Okulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Sakarya Üniversitesi. Türkiye

Özet

Deprem etkisi altında zeminlerin ne tür bir davranış sergileyeceği mühendislik ve geoteknik açısından çok önemlidir. Son yıllarda Dünyada meydana gelen çeşitli depremlerden ve Türkiye’de de özellikle 1999 Kocaeli - Sakarya depreminden sonra zeminde meydana gelen yenilmeler dolayısıyla dinamik yük etkisi altında zeminlerin davranışı yoğun olarak incelenmeye başlanmıştır.

Dinamik yükler altında zeminde meydana gelen davranışlardan biri de sıvılaşmadır. Sıvılaşma konusu daha çok kumlu zeminlerde çalışılmış olmakla birlikte ince daneli zeminlerin de belirli koşullar altında sıvılaşabilir olduğu gözlemlenmiş ve bu alanda da çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada da kumlar kadar üzerinde çalışma yapılmayan ince daneli zeminlerin dinamik davranış özellikleri incelenmiştir. Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik Laboratuvarında hazırlanan farklı kil yüzdeleri içeren silt zeminler 100 kPa gerilme altında konsolide edilmiştir. Konsolidasyonunu tamamlayan numuneler dondurucuya konularak dondurulmuştur. Dondurulmuş numuneler dinamik üç eksenli kesme aletine yerleştirilerek uygun gerilme oranında dinamik deneyler yapıldıktan sonra statik olarak da kesilmiştir. Deney sonuçları değerlendirilmiş ve numunelerin dinamik özellikleri ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: ince daneli zeminler, dinamik davranış, siltli zeminler, sıvılaşma

Abstract

How will behavior the soil under earthquake effect? This is very very important for geotechnical engineering. Behavior of the soils under dynamic loadings started to investigate intensely after the last earthquakes in the World and especially 1999 Kocaeli-Adapazari earthquake in Turkey

One of the behavior of soils under dynamic loading is liquefaction. Liquefaction topic was usually working out in sandy soils but later fine soils may show liquefaction in certain circumstances idea is figured out as result of workings and investigators headed to this area. In this study fine silty soils dynamic behavior is investigated which is not worked as much as sand soils. Containing different clay percentage silty specimens prepared in Sakarya University Geotechnic Laboratory and consolidated under 100 kPa. After consolidation specimens put in the freezer for one day. Frozen specimens replaced to triaxial test system and applied dynamic loading on suitable strain rate and static loading. Test results evaluated and dynamic characteristics of specimens demonstrated.

Key Words: fine grain soils, dynamic characteristic, silty soils, liquefaction

1.Giriş

Geoteknik mühendisliğinde zeminin statik yükler altında davranışları sürekli incelenmekte olup bunun yanında özellikle deprem etkisiyle meydana gelen titreşimli, tekrarlı yükler etkisinde zemin davranışları da incelenmektedir. Zemindeki dinamik mukavemet kayıplarının ölçülmesi için zeminde meydana gelen deformasyonların ve boşluk suyu basıncında meydana gelen değişimlerin ölçülmesi gerekmektedir.

Kumlu ve killi zeminlerin dinamik yükler etkisinde davranışları son yüz yılda çokça incelenmiş olup bu zeminlerde ki yüklemelerin ne tür sonuçlar doğuracağı tahmin edilebilmektedir. Siltli zeminlerde ise bu kadar fazla çalışma yapılmamıştır ve bu nedenle son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalar artmaktadır. Deprem etkisiyle meydana gelen sıvılaşma davranışının daha çok doymuş kohezyonsuz zeminlerde meydana geldiği düşünülmekteydi fakat 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı zeminlerinde meydana gelen yenilmelerin siltli zeminlerde olduğu gözlemlenmiştir.[1] Bu sonuçlar araştırmacıları siltli zeminlerin incelenmesine yoğunlaştırmıştır.

Ural ve arkadaşları [2] siltli zeminlerde sıvılaşmanın deneysel incelemesini yapmışlardır. Depremlerin çok değişkenli bir yapıya sahip olduğunu söyleyerek, deprem sonucu meydana gelen sıvılaşmanın kumlarda olan etkisinin kanıtlanabilir bir davranış olduğunu belirterek bunun yanında siltlerde meydana gelebilecek sıvılaşma davranışının henüz net olarak ne tür bir davranışa sahip olduğunun açıklanamadığını dile getirmişlerdir. Çalışmalarını farklı kil yüzdeleri ilavesi ile siltli zeminler üzerine dinamik üç eksenli deneylerle yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçları, ince taneli zeminlerin sıvılaşabileceği noktasında kullanılan kriterlerle kıyaslamışlardır [2].

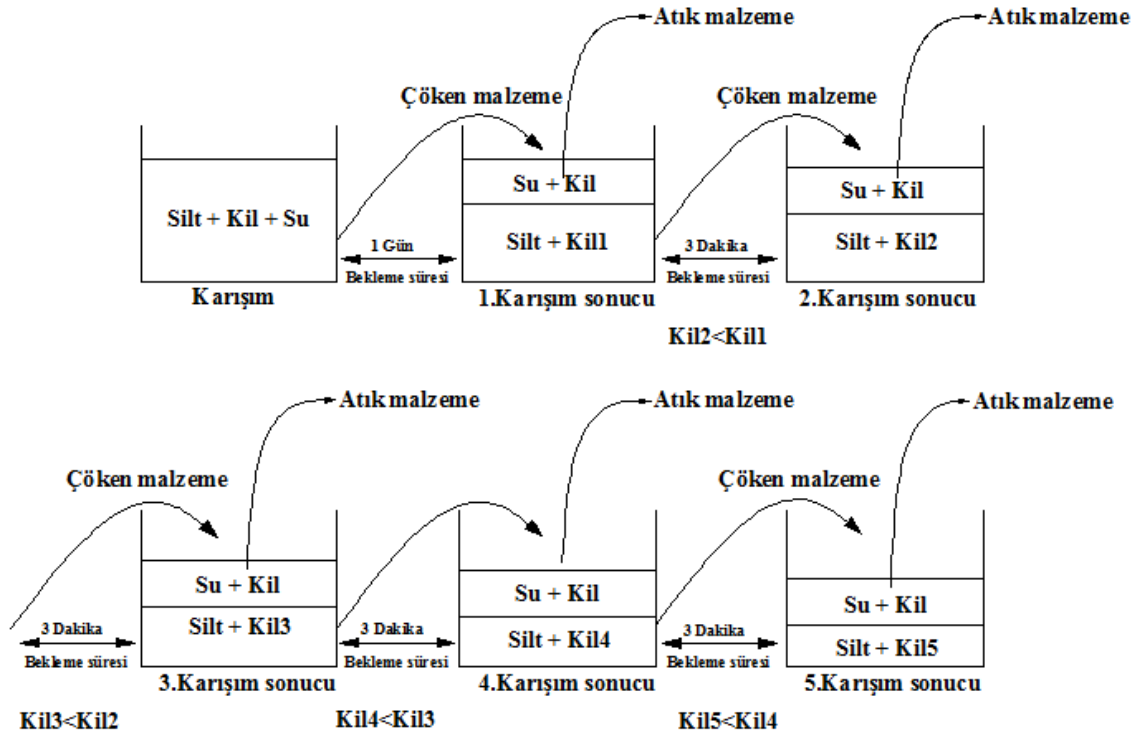
Ural çalışmasında Adapazarı için önemli bir konu olan zemin sıvılaşma davranışını incelemiştir. İncelemedeki amacı depremlerden önce zeminlerin göstereceği davranışları belirlemek ve belirlenen davranışlara göre deprem sırasında meydana gelebilecek sıvılaşmanın etkisinden zeminlerin az etkilenmesini sağlamaktır. İnce taneli zeminlerin sıvılaşma yeteneğini belirlemede kullanılan Çin Kriteri yönteminin çalışma konusundaki amacı tam olarak karşılayamadığı düşüncesi ile laboratuvarında üç eksenli deneyler yapmıştır. Yaptıkları çalışmalar ile sıvılaşma belirtisi gösteren ve göstermeyen numuneler arasında kıyaslama yapmıştır [3].

Özay ve arkadaşı [4] killi zeminlerin plastisitesinin dinamik mukavemet üzerindeki etkisinin göstermek amacı ile araziden piston numune alıcılarla örselenmemiş numuneler almışlardır. Alınan örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvarında dinamik üç eksenli deneyler yapmışlardır. Dinamik deneyleri 0,5 Hz sabitliğinde ve farklı genliklerde yapmışlardır. % 5 düşey boy değişimi değeri için, dinamik kayma gerilmesi oranı, çevrim sayısı ve N değişimleri oluşturmuşlardır. Deney sonuçlarına göre aynı kıvamda ve aynı oranda konsolide edilen numunelerden plastisitesi yüksek olan numunenin dinamik kayma gerilmesi oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.[4]

Kaya ve arkadaşları [5] Adapazarı zeminlerinin dinamik özellikleri belirlemek adına 17 Ağustos 1999 depremi sonra kent merkezinde sondaj çalışmaları yapmışlar ve alınan numuneler üzerinde deneyler yaparak zeminleri dinamik mukavemet özelliklerini belirlemişlerdir. Almış oldukları örselenmemiş suya doymuş silt, kil ve siltli kum numunelerini $f=0,1$ frekansında değişik dinamik kayma gerilmesi oranlarında deneylere tabi tutmuşlardır. Tekrar yük altında çevrim arttıkça şekil değiştirme ve boşluk suyu basıncının arttığı, numunelerin plastisitesinin artması ile mukavemetin arttığı sonuçlarına ulaşmışlardır. Adapazarı zeminlerinin düşük dinamik kayma gerilmesi oranlarında sıvılaştığını ve göçtüğünü söyleyerek, bu tür zeminlerde yapılaşma olmadan önce araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir [5].

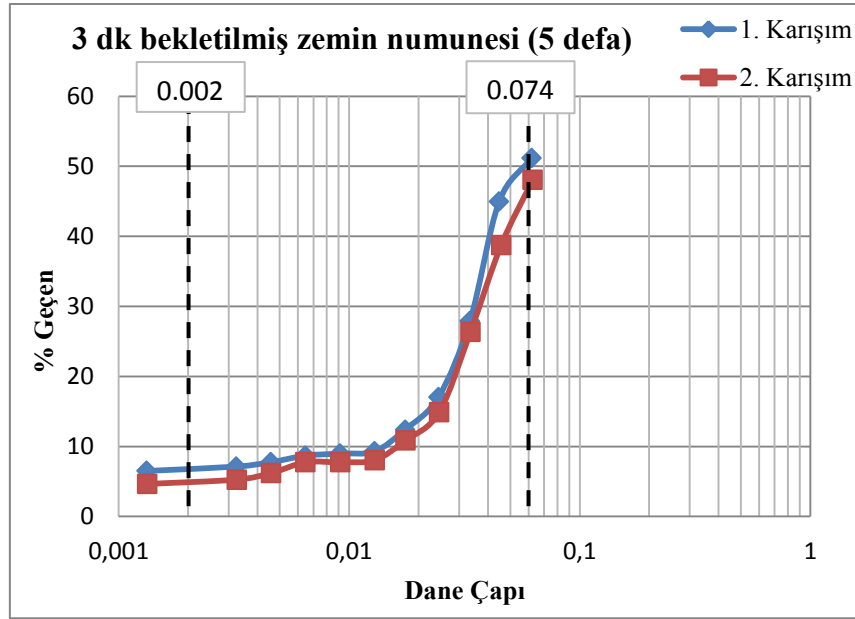
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Adapazarı zemininden alınan siltli zemin numuneleri kullanılmıştır. Adapazarı Yenigün mahallesinden alınmış zemin numunesi içerisindeki silt ile kili birbirinden ayırmak için çöktürme yöntemi kullanılmıştır. Çöktürme yöntemi ile kile nazaran daha ağır olan siltli zeminin dibe çökmesi ve üst kısımda suda asılı halde kalan killi kısmın ayrıştırılması hedeflenmiştir. Bu yöntemde, zemin numunesi boş bir kova içerisine koyulmuş ve üzerine su eklenerek karıştırılmıştır. Karışım bir gün bekletilerek dinlenmesi ve çökmesi sağlanmıştır. Tamamen çöken zemin numunesi 3 dakika ara ile 5 defa karıştırıcı ile karıştırılmış ve her karıştırma-bekleme süresi sonunda kovanın üst kısmındaki süspansiyon boşaltılmıştır. Bu sayede süreç sonunda kovaların dibinde mümkün olduğunca az kil oranına sahip siltli zemin elde edilmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra elde edilen zemin numunesine sınıflandırma amaçlı hidrometre ve likit limit deneyleri yapılmış ve elde edilen zemin sınıfı ile kil oranı belirlenmiştir. Söz konusu çöktürme yönteminin aşamaları Şekil 1’de gösterilmiştir.



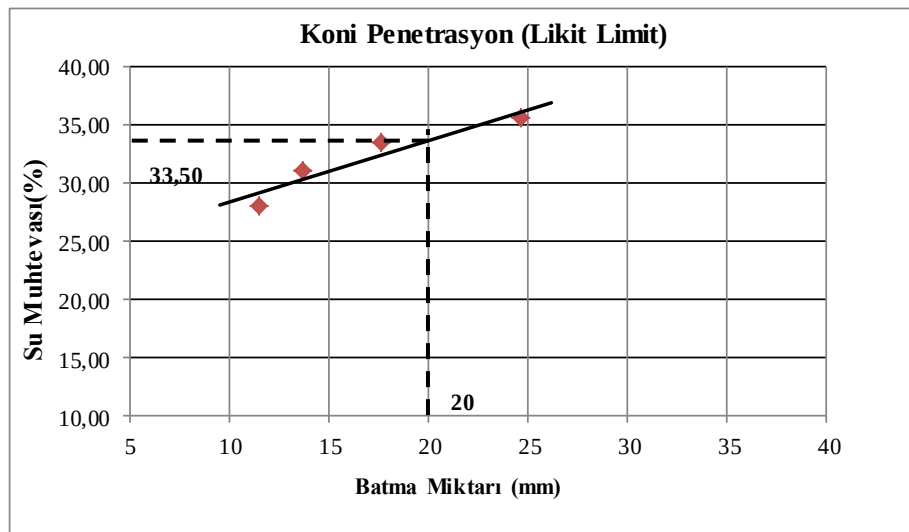
Şekil 1. Çöktürme tekniği aşamaları

Beş aşama sonucunda elde edilen zemin numunesine hidrometre deneyleri uygulanmış ve sonuçları aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir. Çöktürme yöntemi sonucu elde edilen numuneye uygulanan hidrometre deneyleri sonucunda içerisinde %5-8 civarında kil bulunan silt bir malzeme elde edilmiştir. İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için uygulanan hidrometre deneyi sonucu Şekil 2’de gösterilmiştir. Yapılan iki ayrı deney sonucu grafik üzerinde gösterilmiş olup sonuçlara bakıldığında yöntemin başarılı olduğu söylenebilir.



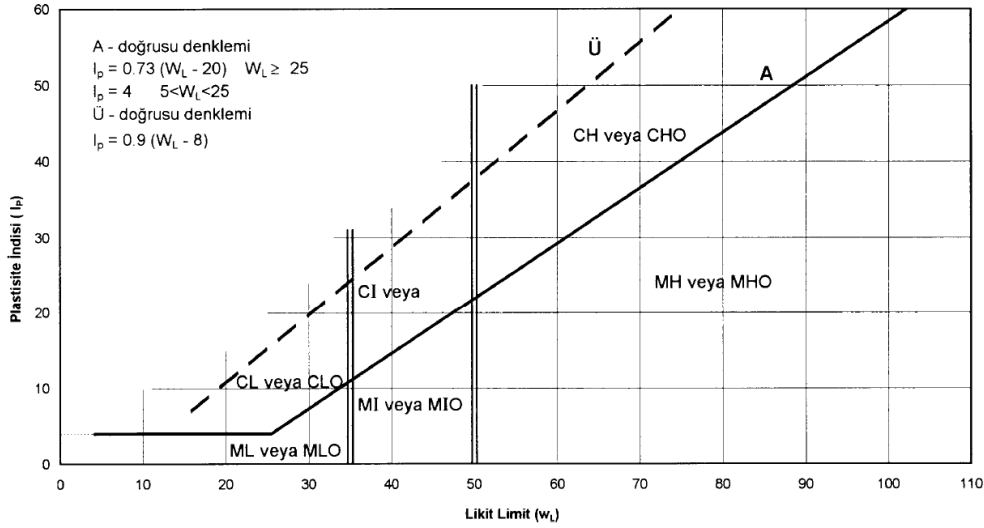
Şekil 2. Silt ağırlıklı zemin numunesi hidrometre deneyi sonuçları

Çöktürme yöntemi sonucunda elde edilen numunenin zemin sınıfını belirleyebilmek için Atterberg limiti (koni penetrasyon) deneyi yapılmış ve sonucu Şekil 3'deki grafikte gösterilmiştir. Kıvam limiti deneyi sonucuna göre silt ağırlıklı zemin numunesinin likit limit değeri %33,5 olarak bulunmuştur. Plastik limit deneyleri de yapılmaya çalışılmış olup denemeler sonunda numunenin NP (plastik olmayan) olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3. Atterberg limiti deneyi sonucu

Sınıflandırma için yapılabilecek koni penetresyon (likit limit) ve plastik limit deneyleri sonucu TS1500/2000 standardı içerisinde bulunan plastisite kartına konularak elde edilen zeminin sınıfı belirlenmiştir. Likit limit değeri 33 ve NP (plastik olmayan) zemin şekil 3'teli plastisite kartına konulduğunda ML zemin sınıfına girmektedir.



Şekil4. Plastisite Kartı TS1500/2000

Sonuç

Adapazarı'nda araziden alınan ince taneli zemin numunelerinden kil ve silti birbirinden ayırt etmek için çöktürme yöntemi kullanılmış ve istenen oranda bu zeminlerde killi kısım ayrıştırılmıştır. Mikser yardımı ile 5 defa karıştırılıp üst tabakada toplanan zemin numunesi ayrıştırıldıktan sonra alt kısımda çökelen zemin numunesine hidrometre deneyi uygulanmış ve içerisinde % 5-8 arsında kil bulunan ince taneli zemin numunesi elde edilmiştir. Elde edilen numuneler numune hazırlama tekniklerinden en uygunu olarak görülen bulamaç yöntemiyle hazırlanmıştır. Daha sonra 100 kPa yük altında boşluk suyu sükunete erene kadar konsolide edilmiştir. Konsolide edilen numuneler bir gün buzlukta beklendikten sonra üç eksenli deney aletine yerleştirilerek önce %95 doygunluğa ulaşması sağlanmış ardından konsolide edilerek 0.5 Hz frekansında dinamik yük uygulanarak kesilmiş ve zemin davranışı incelenmiştir. Bu deney prosedürü 3 farklı kil oranında ki numunelere uygulanmış ve çıkan sonuçlar mukayese edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] BOL E., “Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Adapazarı 2003
- [2] URAL N., ÖNALP A, ve BOL E, Siltlerde Sıvılaşmanın Deneysel İncelenmesi
- [4] URAL N., İnce Taneli Zeminlerde Kıl Oranının Sıvılaşmaya Etkisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi Doktora Tezi, Mart 2008
- [4] ÖZAY R. ve ERKEN A., Killerde Plastisitenin Dinamik Kayma Gerilmesi Oranına Etkisi; İTÜ Dergisi/d mühendislik Cilt:2, Sayı:1, 55-63 Şubat 2003
- [5] KAYA Z, IRISAWA T, ERKEN A, Adapazarı Zeminlerinin Dinamik Davranışı, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, 21-22 Ekim 2002, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir