

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI

Zemin Mekanikği Laboratuvarında genel olarak zemin mekaniği araştırmaları ve model deneyleri yapılmaktadır.

CİHAZLAR

1. Kesme Kutusu Deneyi

Zeminlerin kayma direncini ve içsel sürtünme açısını belirlemek için kullanılan temel bir laboratuvar testidir. Özellikle kumlu ve kohezyonsuz zeminlerde tercih edilir.

Deneyin Amacı

- Zemin numunesinin belirli bir düzlem boyunca kaymaya zorlanarak kayma direnci ve kayma açısı (ϕ) gibi mekanik özelliklerinin belirlenmesi.
- Genellikle kohezyonsuz zeminler (kum, çakıl) üzerinde uygulanır ancak kum-kil karışımı zeminlerde de kullanılabilir.

Deneyin Uygulanışı

- Numune, iki parçalı rijit bir kutu içine yerleştirilir. Bu kutunun üst kısmı sabit tutulurken alt kısmı yatay yönde hareket ettirilir.
- Bu hareketle zemin, önceden belirlenmiş bir düzlem boyunca kaymaya zorlanır.
- Deney sırasında zemine normal gerilme uygulanır ve bu gerilme altında kesme kuvveti artırılarak zemin kırılmaya zorlanır.



Kesme kutusu deney aleti

2. Elek Analizi Deneyleri

Elek analizi, zemindeki tanelerin farklı boyutlara göre ayrılmasını ve tane boyu dağılımının belirlenmesini sağlayan laboratuvar deneyidir.

Niçin Yapılır?

- Zeminin tane yapısını ve granülometri eğrisini ortaya koymak
- Zemin sınıfını belirlemek
- Dolgu, drenaj, yol malzemesi gibi mühendislik kullanımları için uygunluğu değerlendirmek

Deneyin Amacı

- Tane boyu dağılımını belirlemek
- Zemin sınıflandırmasını yapmak (USCS / AASHTO)
- Gerekirse uniformluk ve derecelenme katsayılarını (C_u , $C_{\square}$) hesaplamak

Deneyin Yapılışı

1. Numune kurutulur ve tartılır.
2. Elek seti büyükten küçüğe doğru dizilir, en alta tava yerleştirilir.
3. Numune üst eleğe dökülür.
4. Elek seti eleme makinesinde veya elde 10–15 dakika elenir.
5. Her elekte kalan miktar tartılır ve kaydedilir.
6. % biriken ve % geçen değerler hesaplanır.
7. Granülometri eğrisi çizilir.

Sonuçlar

- Eleklerde kalan ve geçen toplam yüzdelere
- Granülometri eğrisi
- Zemin sınıfı (USCS/AASHTO)



Farklı özelliklere sahip elekler

3. Üç Eksenli Basınç Deneyleri

Üç eksenli deney aleti, zeminlerin kayma dayanımını ve deformasyon özelliklerini belirlemek için kullanılan gelişmiş bir laboratuvar cihazıdır. Bu cihaz, özellikle yapı temelleri, barajlar, tüneller ve dolgu alanları gibi mühendislik projelerinde zemin davranışını simüle etmek için kritik öneme sahiptir.

Üç Eksenli Deneyin Temel Özellikleri

- Amaç: Zemin numunesine üç yönde gerilme uygulanarak kayma dayanımı, elastik modül, Poisson oranı gibi parametrelerin belirlenmesi.
- Numune: Genellikle silindirik (38 mm, 50 mm, 70 mm veya 100 mm çapında) örselenmemiş veya laboratuvarında hazırlanmış zemin numuneleri kullanılır.
- Gerilme Uygulaması:
 - Düşey gerilme (σ_1): pistonla uygulanır.
 - Yatay gerilmeler (σ_2 ve σ_3): hücre basıncı ile sağlanır.
- Drenaj Koşulları: Deneyler üç farklı drenaj durumuna göre yapılır.
- UU (Unconsolidated Undrained): Konsolidasyon yok, drenaj yok.
- CU (Consolidated Undrained): Konsolidasyon var, drenaj yok.
- CD (Consolidated Drained): Konsolidasyon var, drenaj var.

Üç Eksenli Deney Aletinin Bileşenleri

Bileşen	Açıklama
Deney hücresi	Numunenin yerleştirildiği basınca dayanıklı silindirik kap.
Basınç kontrol ünitesi	Hücre basıncını ve arka basıncı ayarlamak için kullanılır.
Piston ve yükleme sistemi	Düşey yük uygulamak için motorlu veya manuel sistem.
Deformasyon ölçüm cihazları	Düşey ve yatay deformasyonları hassas şekilde ölçer.
Veri toplama sistemi	Gerilme ve deformasyon verilerini kaydeder ve analiz eder.

Elde Edilen Veriler

- Gerilme-gerinim eğrileri
- Kayma dayanımı parametreleri (c ve ϕ)
- Zemin davranış türü (gevrek, plastik, sertleşen vs.)
- Konsolidasyon ve drenaj etkileri



Üç eksenli deney aleti

4. Serbest Basınç Deneyi

Kohezyonlu zeminlerin (özellikle kil) herhangi bir yanal basınç uygulanmadan, yalnızca eksenel yük altında gösterebildiği dayanımı ifade eder. Bu deney, zeminin yük taşıma kapasitesini ve stabilitesini belirlemede kullanılır.

Tanım

- Serbest basınç deneyi, zemine yalnızca düşey yönde yük uygulanarak, yanal destek olmaksızın numunenin dayanımının ölçülmesidir.
- Bu deney, üç eksenli basınç deneyinin özel bir hali olarak düşünülebilir; çünkü yanal basınç uygulanmaz.
- Özellikle kil oranı yüksek kohezyonlu zeminlerde uygulanır. Kum gibi kohezyonsuz zeminlerde uygulanması mümkün değildir.

Deneyin Yapılışı

- Silindirik zemin numunesi hazırlanır ve dikey yük uygulanır.
- Numunenin boyundaki kısalma, gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ve dayanım sınırı gözlemlenir.
- Deney sonucunda tek eksenli basınç dayanımı indeksi elde edilir.

Önemi

- Zemin güvenliği: Yapıların oturacağı zeminin yük taşıma kapasitesini belirler.
- Mühendislik verileri: Temel tasarımlarında, şev stabilitesi analizlerinde ve dayanma yapılarında kritik rol oynar.
- Pratiklik: Üç eksenli basınç deneyine göre daha hızlı, ucuz ve kolaydır.



Serbest basınç deneyi aleti

5. Konsolidasyon Deneyi

Zemin konsolidasyon deneyi, özellikle ince taneli kohezyonlu zeminlerde (kil) uygulanan ve zeminin zamana bağılı oturma davranışını inceleyen bir laboratuvar deneyidir. Bu deney, yapıların temelleri altında oluşacak oturma miktarını ve hızını tahmin etmek için kritik öneme sahiptir.

Amaç

- Zeminlerin sıkışabilirlik özelliklerini belirlemek
- Konsolidasyon katsayısı (C_v) ve sıkışma indekslerini (C_c , C_s) hesaplamak
- Yapı yükleri altında oturma miktarı ve süresini tahmin etmek

Deneyin Yapılışı

1. Numune Hazırlığı

- Doğal, örselenmemiş kil numunesi alınır.,Numune genellikle oedometer hücresine yerleştirilir.

2. Yükleme

- Numune üzerine artan kademeler halinde dikey yük uygulanır.
- Her yük kademesinde zaman–oturma ilişkisi kaydedilir.

Veri Toplama

- Oturma miktarı, yükleme süresine bağılı olarak ölçülür.
- Yük kaldırıldığında **geri boşalma (rebound)** da incelenir.



Konsolidasyon deney aletleri

6. Proktor Deneyleri

Proktor deneyi, bir zeminin kompaksiyon (sıkışma) özelliklerini belirlemek için yapılan laboratuvar deneyidir. Deney, belirli bir enerji altında zeminin su muhtevası–kuru birim hacim ağırlığı ilişkisini ortaya koyarak optimum su muhtevası (OWC) ve maksimum kuru birim ($\gamma_{k,max}$) hacim ağırlığı değerlerini belirler. Bu değerler, sahada uygulanacak sıkıştırma işlemleri için hedef değerlerin belirlenmesinde kullanılır. Standart ve modifiye proktor deneyleri olarak 2 farklı şekilde yapılır.

Deneylerin Yapılışı

Numunenin hazırlanması

- Fırında kurutulmuş ve 4,75 mm (No:4)'den elenmiş zemin numunesi hazırlanır.

Su muhtevasının ayarlanması

- Zemine belirli oranlarda su ilave edilir (her deney için farklı su içeriği).

Kalıbın hazırlanması

- Standart/modifiye Proktor kalıbı kullanılır ve tabanı takılır.

Kompaksiyon

- Toprak kalıba **3/5 tabaka** hâlinde yerleştirilir.
- Her tabaka **2.5kg/4.5 kg tokmak** ile **30cm/45cm** yükseklikten **25 darbe** uygulanarak sıkıştırılır.

Kalıbın tartılması

- Sıkışmış zeminin toplam ağırlığı ve hacmi kullanılarak **ıslak birim hacim ağırlığı** hesaplanır.

Su muhtevası tayini

- Numuneden bir kısım alınarak su muhtevası deneyine gönderilir.

Kuru birim hacim ağırlığının hesaplanması

- Farklı su içerikleri için elde edilen değerler hesaplanır ve grafik oluşturulur.

Grafik yorumlama

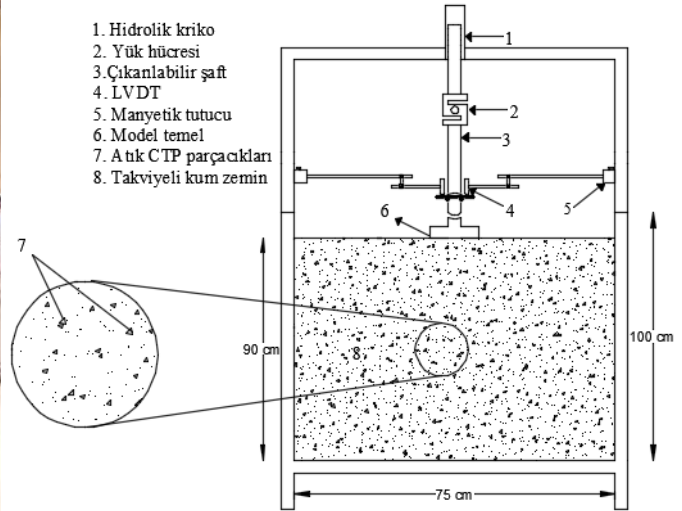
- Kuru birim hacim ağırlığı – su muhtevası grafiğinden:
 - **Optimum su muhtevası (OWC)**
 - **Maksimum kuru birim hacim ağırlığı ($\gamma_{k,max}$)** bulunur.



Otomatik standart/modifiye proktor deney aleti

7. Model Deneyleri/Temel Yükleme Düzeneği

Model deneyler yapılması için laboratuvar ortamında yarı sonsuz ortamın sağlandığı 75x75x100 cm boyutlarındaki kare kesitli bir kum tankı kullanılmaktadır. Deney tankının iskeleti, çelik profillerden imal edilmiş olup, ön ve arka yüzeyi 8 mm kalınlığındaki temperlenmiş camdan, yan yüzeyler ile alt taban ise, 3 mm kalınlığındaki çelik malzemeden yapılmıştır. Kum zemin, yağmurlama yöntemiyle 90cm yüksekliğe kadar yerleştirilebilmektedir. Laboratuvar ortamında yarı sonsuz ortamın sağlanabileceğinin temel genişliğinin (B) tank genişliğine oranının 1/5'i olma durumunun önceki çalışmalarda belirlenmiştir (Sawwaf, 2010; Bağrıaçık ve Laman, 2011; Gör, 2019). Temeller, hidrolik sistem yardımıyla yükleme hızı ortalama 1.5 mm/dk olacak şekilde yüklenebilmektedir. Deney esnasında datalogger aracılığıyla alınan veriler sayısal veri olarak bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.



Model deneyleri yapma ünitesi

İletişim

Zemin Mekaniği Laboratuvarı Dahili Numara: 5434

Birim Sorumluları	Dahili Numara	E-mail Adresi
Doç. Dr. Hüseyin Suha AKSOY	5409	saksoy@firat.edu.tr