

ELEK ANALİZİ DENEYİ TALİMATI

AMAÇ: Zemin numunelerinin, iri ve ince taneli kısımlarının ayrımını yapmak ve standartda belirtilen yöntemlerle tane çaplarının bulunması esasına dayanır. Ayrıca çakıl-kum boyutu, silt-kil boyutu yüzdeleri belirlenmektedir.

TARİFLER: Laboratuvar ortamına gelen numunelerin iri kısımlarının tanı çapı yüzdelerinin belirlenmesi için elek analizi (ıslak analiz) yapılmaktadır. İnce taneli kısımlarının tane çapı yüzdeleri ise hidrometre yöntemi ile belirlenmektedir. Aşağıda konu ile ilgili deney talimatları açıklanmıştır.

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1- Laboratuvara getirilen numune yarılama metodu ile iki parçaya bölünür ve en büyük tane çapı dikkate alınarak yeterli miktarda numune alınır.
- 2- Alınan malzeme etüvde 24 saat kurutulur.
- 3- Kuru malzeme tartılır ve değerlendirme föyüne kayıt edilir.
- 4- 2-24 saat arasında suda bekletilir
- 5- 200 nolu yıkama eleğinde temiz su ile yıkanır.
- 6- Yıkama eleğinde kalan malzeme yitirilmeden bir kaba yerleştirilerek kuruması için etüve yerleştirilir ve 24 saat süreyle kurutulur.
- 7- Etüvden çıkarılan malzeme desikatörde soğutulur. Tartma işleminden sonra deney değerlendirme föyüne kayıt edilir.
- 8- Tartılan malzeme standart elek serisinden elenir ve her elek üzerinde kalan malzeme 0.1 duyarlıkla tartılarak LAB-FRM-004 formuna kayıt edilir.

HİDROMETRE DENEYİ

AMAÇ: Zemin numunelerinin, ince taneli kısımlarının ayrımını yapmak ve standartda belirtilen yöntemlerle tane çaplarının bulunması esasına dayanır. Silt-kil boyutu yüzdeleri belirlenmektedir

TARİFLER: Laboratuvar ortamına gelen numunelerin iri kısımlarının tanı çapı yüzdelerinin belirlenmesi için elek analizi (ıslak analiz) yapılmaktadır. İnce taneli kısımlarının tane çapı yüzdeleri ise hidrometre yöntemi ile belirlenmektedir. Aşağıda konu ile ilgili deney talimatları açıklanmıştır.

DENEYİN YAPILIŞI :

- 1- 4 nolu elekten geçen malzemeden 200-250 g alınır ve etüvde 105 - 110°C de 24 saat bekletilir.
- 2- Kurutulan bu malzeme desikatörde soğutulur. 200 nolu elekten elenir ve geçen malzemeden 50 g alınır.
- 3- Alınan bu 50 g malzeme içerisine 4 gram dispersiyon verici madde eklenerek 7500 dev/dak kapasiteli ayırıştırma mikserine konur ve miksere 1/3 oranında saf su eklenerek 10 dakika süreyle karıştırılır.
- 4- Karışım, malzeme yitirilmeden 1000 ml kapasiteli mezür içerisine aktarılır ve karışım 1000 ml ye tamamlanır.
- 5- Mezürün ağzı lastik bir tıpa ile kapatılır ve homojen bir süspansiyon oluşana kadar sert bir biçimde çalkalanır; sonra baş aşağı çevrilir. Çalkalama işlemi durdurulur durdurulmaz mezür, düz bir yüzey üzerine oturtulur ve kronometre çalıştırılır. Hidrometre yüzme durumunun az altına gelene kadar süspansiyona daldırılır ve serbestçe yüzmeye bırakılır. Deney föyünde belirtilen aralıklarla hidrometre okumaları alınır. Bundan sonra hidrometre yavaşça süspansiyondan çıkarılır. Damıtık suyla yıkanır ve zemin süspansiyonu ile aynı sıcaklıkta tutulan damıtık su dolu diğer bir mezür içinde bekletilir.
- 6- Hidrometrenin süspansiyona daldırılması ve okumadan sonra çıkarılması sırasında süspansiyonun çalkalanmamasına özen gösterilmelidir. Hidrometrenin süspansiyona daldırılması ve süspansiyondan alınması işlemlerinin her biri, 10 saniyelik bir süre içerisinde yapılmalıdır.
- 7- Hidrometre okumaları en küçük okuma elde edilinceye yada süspansiyondaki en küçük tane çapını elde etmek için gerekli süre sonuna kadar sürdürülür. Bu süre genellikle 24 saattir. Son hidrometre okuması alınarak hesaplamaya geçilir.

LİKİT LİMİT DENEY TALİMATI

1) AMAÇ:İnce taneli zeminlerin farklı su muhtevalarındaki davranışlarının tespit edilmesine dayanır. Kıvam zemin tanecikleri arasında kohezyonun derecesini ve zemin kütlelerinin akıcı kıvama geldiği sayıya isabet eden su içeriğini belirten bir kavramdır.

2) MALZEME :

Araziden laboratuvara getirilen zemin numunesi havada kurutulur. Eğer gerekiyorsa, taneciklerin şekli değiştirilmeden lastik bir tokmakla havanda ezilir. Yarılama yöntemi ile numune ayrılır. Malzeme ince ve iri malzeme karışımı ise, önce 4 nolu elekten elenir, sonra 40 nolu elekten hazırlanarak aşağıda likit limit için 100-200 gram alınır.

TARİF:Zemin bünyesindeki su muhtevasının artmasından dolayı viskoz bir sıvı gibi davrandığı andaki su muhtevası likit limit olarak tanımlanmaktadır.

DENEYİN YAPILIŞI

- 1- Havada kurutulmuş ve 40 nolu elekten elenmiş numunedan 100 gram alınır ve içerisine damıtık su katılarak homojen bir macun kıvamına gelene kadar karıştırma işlemine devam edilir. Sonra desikatöre yerleştirilerek 24 saat süreyle beklenir. Desikatörden alınan numune yine 10 dakika süreyle karıştırılır .
- 2- Hazırlanan bu numune likit limit cihazının içerisine en büyük yüksekliği 1 cm olacak şekilde sıvanır.
- 3- Oluk açma bıçağı yardımı ile küreciğe sıvanmış olan malzeme iki eşit parçaya ayrılır ve cihazın kolu saniyede iki düşüş olacak şekilde çevrilerek yarı kısmın ortasındaki kapanma 13 mm oluncaya kadar bu işleme devam edilir. Kapanma istenilen boyu sağladığı andaki düşüş sayısı Kıvam Limitleri Deney Föyü (LAB-FRM-006)'ne kaydedilir.
- 4- Oluğun kapanmış olan kısmındaki malzemeden su muhtevasının tespiti için yaklaşık 10 gram malzeme alınır.
- 5- Aynı numune kullanılarak ve su muhtevası gittikçe arttırılarak madde 2-3-4 teki işlemler toplam olarak en az beş defa uygulanır. Seçilen düşüş sayılarının 10 ile 50 arasında eşit aralıklarla dağılmasını sağlayacak biçimde ayarlama yapılmalıdır. Deney kesinlikle su muhtevası arttırılarak

yürütülmelidir. Numunenin, su eklemek amacıyla likit limit kabından her çıkarılışında kap ve oluk açma bıçağı yıkanıp kurutulmalıdır.

HESAPLAMALAR: Her denemede elde edilen su muhtevasına karşı düşüş sayısı, yarı logaritmik bir grafik kağıdı üzerine işaretlenir. Bu işlem için , su muhtevası değerleri aritmetik ordinat eksenini boyunca, düşüş sayısı ise logaritmik olarak apsis eksenini boyunca işaretlenir. Elde edilen noktaları en iyi uyan doğru çizilir. Elde edilen "akış doğrusu" üzerinde 25 düşüş e karşılık gelen su muhtevası likit limiti verir.

PLASTİK LİMİT DENEY TALİMATI

AMAÇ:İnce taneli zeminlerin şekil verebilme özelliklerinin son bulduğu (kırılmaya çatlamaya başladığı) andaki isabet eden su içeriğini belirten kavramdır.

Zeminin plastik bir malzemeden yarı plastik bir malzemeye dönüştüğü andaki su muhtevası plastik limit olarak tanımlanmaktadır

MALZEME :Araziden laboratuvara getirilen zemin numunesi havada kurutulur. Eğer gerekiyorsa, taneciklerin şekli değiştirilmeden lastik bir tokmakla havanda ezilir. Yarılama yöntemi ile numune ayrılır. Malzeme ince ve iri malzeme karışımı ise, önce 4

nolu elekten elenir sonra 40 nolu elekten hazırlanarak aşağıda likit limit için 100-200 gram alınır.

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1- Likit limit için hazırlanmış olan ilk deney numunesinden yaklaşık 20 gram alınır. Alınan numune parmaklara yapışmayacak ve plastik küçük bir top biçimine gelene kadar cam bir plaka veya pürüzsüz bir yüzeyde iyice yoğrulur. Böylece hazırlanmış olan numune yaklaşık iki eşit parçaya bölünür. Bunlara top şekli verildikten sonra bir tanesine madde-2 de belirtilen işlemler uygulanır. Diğeri ise daha sonra denenmek üzere paslanmaz, hava geçirmez bir kap içerisine konur.
- 2- Küre şeklindeki numune, silindir bir makarna şeklini alana kadar, cam plaka ile al ayası arasında yuvarlanır. Numunenin çapı 3 mm ' ye düştüğü anda çatlama ve kopma belirmemişse, numune tekrar yoğrulur ve küre haline getirilir. Çapın tam 3 mm ye indiği anda, yuvarlanan zeminde çatlama ve dağılmalar görülene kadar bu işlem sürdürülür.
- 3- Dağılan numunenin parçaları toplanıp bir numune kabına konur ve su muhtevası belirlenir.
- 4- Yukarıdaki işlemler, başlangıçtaki numunenin ikinci yarısı için tekrarlanır.

SU İÇERİĞİ DENEY TALİMATI

AMAÇ: Doğal ortamındaki haliyle muhafaza edilmiş zemin numunelerinde doğal su içeriğini tespit amacıyla yapılan deneydir. Su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan standart metodun amacı, yaş zemin örneğini etüvde kurutarak içerdiği suyun kütlesini belirlemek ve bunu zeminin kuru kütlesinin yüzdesi olarak vermektir.

MALZEME:Örselenmemiş (UD) numunelerinde veya çok iyi şekilde korunmuş örselenmiş numunelerde uygulanabilir.

TARİFLER:Numuneler alındığı ortamdaki doğal nem özelliğini taşıması gerekir.

Tane çapına göre İnce taneli (içindeki tanelerin en az %50 veya fazlası 75 mikron elekten geçenler), Orta taneli (içerişindeki tanelerin en az %50 veya fazlası 75 mikron elek üzerinde kalan) ve İri taneli (içindeki tanelerin % 50 veya fazlası 4.75 mm lik elek üstünde kalan) malzeme gruplarına ayrılır.

DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyler, ince, orta ve iri taneli zeminlerde aşağıda belirtildiği gibi uygulanır.

İNCE TANELİ ZEMİNLER

Bir cam tartım şişesi veya metal kutu ("nem içeriği kabı") temizlenip kurutulduktan sonra kapağı ile birlikte 0.01 g duyarlılıkla tartılır (m_1). 10 g dan az olmayan bir zemin numunesi

ufalanıp gevşek olarak kabın içine konur ve kapatılır. Kap ve içindeki numune en yakın 0.01 g'a kadar tartılır (m_2).

Kap, kapağı açık olarak etüve konur ve 105 °C-110 °C sıcaklıkta kurutulur. Bünyesinde jips bulunması ihtimali olan zeminlerin numuneleri 80°C den fazla olmayan sıcaklıkta ve daha uzun bir süre tutularak kurutulur. Numunenin tam kurumuş kabul edilmesi için gereken kurutma süresi zeminin türüne ve numunenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. İlke olarak, numune, değişmez kütleyle erişene kadar kurutulur. (Etüvde kurutulan numune soğuduktan sonra tartılır ve tekrar etüve konarak 4 saat kuruduktan sonra soğutulup tartıldığında, bu iki tartım arasındaki fark numunenin başlangıçtaki (yaş haldeki) kütlesinin % 0.1'inden büyük değilse, numune değişmez kütleyle erişmiş sayılır. Çoğu durumda 16-24 saatlik kurutma süresi yeterlidir)

Numune etüvde iken kabın kapağı kapatılmaz; ancak kabın altına yerleştirilecek kapla birlikte etüvde tutulur.

Numune kuruduktan sonra etüvden çıkarılarak desikatöre konur ve soğumaya bırakılır. (Numune kutusunun ağzı kapakla kapatıldıktan ve tartımdan sonra gereğinden fazla bekletilmeyecekse desikatöre konulmasına gerek yoktur)

Numune oda sıcaklığına kadar soğuyunca kapağı kapatılan kap, içindeki numuneyle birlikte 0.01 duyarlıkta tartılır (m_3).

ORTA TANELİ ZEMİNLER

Temiz ve kuru bir kap, kapağıyla birlikte 0.1 g duyarlıkla tartılır (m_1). 300 g dan az olmayan bir zemin numunesi ufalanarak kabın içine gevşek bir şekilde konur ve kapak kapatılır. Kap, içindeki numuneyle birlikte 0.1 g duyarlıkta tartılır(m_2).

Numune, kabın kapağı açık olarak etüve konur ve 105 °C-110 °C de değişmez kütleyle ulaşılan kadar kurutulur. Gerekli kurutma süresi zeminin türüne ve numunenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Çoğu zeminler için 16-24 saatlik bir kurutma süresi yeterli olmakla birlikte, belirli tip zeminler ve çok ıslak veya büyük miktardaki numuneler daha uzun sürede kururlar. Kuruma süresi, etüvde kurutulmakta olan toplam malzeme miktarına da bağlıdır. Numune etüvde kurutulduğu sürece kabın kapağı kapatılmamalıdır. Numune kurutulduktan sonra etüvden çıkarılır. Kabın kapağı kapatılarak oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır. Soğuyan numune, kap ve kapağıyla birlikte en yakın 0.1 g a kadar tartılır (m_3).

İri Taneli Zeminler

Temiz ve kuru bir kap 1 g duyarlıkla tartılır(m_1). En az 3 kg zemin numunesi ufalanıp kabın içine gevşek olarak konduktan sonra kapak kapatılır. Kap içindeki numuneyle birlikte 1 g duyarlıkta tartılır (m_2).

Kap, kapağı açık olarak, kapağıyla birlikte etüve konur ve numune 105 °C de, değişmez kütleye erişene kadar kurutulur.

Numune kurutulduktan sonra etüvden çıkarılır, kabın kapağı kapatılır ve soğumaya bırakılır. Numune oda sıcaklığına kadar soğuyunca, kap, kapağı ve içindeki numune birlikte 1 g duyarlıkta tartılır (m_3).

ÖZGÜL AGIRLIK DENEYİ TALİMATI

AMAÇ: İnce-orta taneli zeminlerin tane birim hacim ağırlıklarının tespiti amacıyla yapılmaktadır.

MALZEME;Örselenmiş numune 8 nolu elekten (~2,5 mm) elenir ve 50 g malzeme alınır.

5) DENEYİN YAPILIŞI:

1. Piknometre sıcaklığı 105°C-110°C olan etüve atılarak kurutulur, desikatörde soğutulur ve 0,001 g hassasiyetle tartılır. (W_1)
2. Örselenmiş numuneden 8 nolu elekten (~2,5 mm) elenerek 50 g malzeme alınır. Bu malzeme 5-10 g malzeme elde edilene kadar yarılama yöntemi ile azaltılır. Elde edilen numune, sıcaklığı 105°C-110°C olan etüvde kurutulur ve içinde soğumaya bırakıldığı desikatörden, doğrudan piknometreye aktarılır şişe içerisindeki zemin ve kapağı ile birlikte tartılır. (W_2)
3. Şişe içindeki numuneyi örtecek şekilde, safsu eklenir ve vakumlu desikatöre yerleştirilerek vakum uygulanır. Bu işlem sırasında hava kabarcıklarının şiddetli köpürmemesine özen gösterilmelidir. Piknometre, numuneden hava çıkması durana kadar desikatörde bekletilir
4. Vakum kaldırılır ve desikatörün kapağı açılır ve numune bir çubukla karıştırılır veya şişe çalkalanır. Çubuğun piknometreden çıkarılmasından önce üzerine yapışmış olan zemin tanecikleri birkaç damla havası alınmış damıtık suyla yıkanır. Desikatörden kapağı kapatılır ve yeniden vakum uygulanır.
5. Piknometre, desikatörden çıkarılır ve damıtık su eklenerek doldurulur.
6. Kapağı kapalı durumundaki piknometre tartılır (W_3)
7. Şişenin içindeki malzeme boşaltılır ve damıtık su ile ağzına kadar doldurulur ve tartılır. (W_4)

STANDART PROKTOR DENEY TALİMATI

AMAÇ: Zemin numunesinin, belirli bir sıkıştırma enerjisinde maksimum kuru birim ağırlığını ve optimum su içeriğini bulmaktır.

DENEYDE KULLANILAN CİHAZLAR:

Metal Kalıp : İç apı 105 mm, iç yüksekliği 115.5 mm olan 1000 cm³ hacminde, silindir biçiminde kolayca çıkarılabilen bir taban plakası ile 5 cm yüksekliği olan bir yaka bulunur.

Metal Tokmak : 50 cm çapında dairesel bir tabanı olan, 2.5 kg ağırlığında tokmağın serbest düşüşünü 30.5 cm ye ayarlanabilen bir düzen olmalıdır.

Terazi : 1 g hassasiyetinde olmalıdır.

Elek ve tavaşı : 20 mm açıklıklı

Kriko : Zemini kalıptan çıkarma için

Su muhtevası ölçüm cihazlar : Etüv, rutubet kapları vb

DENEYİN YAPILIŞI;

1- Deney sırasında ezilmeye eğilimli (kireçtaşı, kumtaşı vb gibi) malzeme içermeyen zeminlerde yapılmalıdır. Deney yapılacak numune açık havada kurutulur ve 4 nolu elekten elenerek 5 kg lık bir kısmı deney için alınır.

2- Metal kalıp, taban plakası takılmış olarak 1 g hassasiyetle tartılır (w_1). Kalıp beton döşeme gibi sert bir yüzey üzerine oturtulur ve nemli zemin mümkün olduğu kadar eşit ağırlıkta  tabaka halinde, her bir tabakaya 30.5 cm yükseklikten serbest düşüş yapan 2.5 kg lık tokmakla 25 darbe uygulayarak, kalıbın st yaka kısmı takılmış kalıbın içine

sıkıştırılır. Darbeler her tabaka yüzeyine eşit aralıkta dağılmalıdır. Kullanılan zemin miktarı kalıbı doldurmaya yetmeli, kalıbın yaka kısmı çıkarıldıktan sonra, kalıp üzerinde taşan zemin, elik bir cetvel yardımıyla kalıbın st seviyesi hizasında dikkatle düzeltilir. Kalıp ve zemin 1 g hassasiyetle tartılır (W_2).

3- Sıkıştırılmış zemin, kalıptan çıkarılıp büyükçe bir metal kaba konur. Bu zeminin tüm özelliklerini yansıtabilecek miktarda numune alınarak su muhtevası belirlenir.

4- Zeminin geriye kalanı, ufalanarak 4 nolu elekten geçirilir ve deneyin başında artmış olan numune ile karıştırılır. Böylece elde edilmiş numuneye %2-%3 oranında su eklenerek homojen hale gelene kadar karıştırılarak her defasında Madde-2 den 4 e kadar olan işlemler tekrar edilir.

5- Deney enaz beş değer verecek biçimde tekrarlanır ve kullanılan su muhtevaları maksimum kuru birim hacim ağırlığı (g_{kmaks}) veren optimum su muhtevasını içine alan sınırlar arasında değişmelidir.

SERBEST BASINÇ DENEY TALİMATI

AMAÇ: Temel zeminlerinin üzerine gelecek yk karşısında gösterecekleri direnci tanımlamak amacıyla yapılan deneylerdir. İnce taneli ve kohezyonlu zeminlerden alınan

örselenmiş (UD) ve örselenmemiş numuneler üzerinde deneyler yapılır. Bu deneyle zeminlerin sıkışma dayanımları hakkında kontitatif yaklaşımda bulunmak mümkündür. Numuneler tercihen 38mm çap, 76mm yükseklikte, çatlak (fisür) içermeyen kohezyonlu zemin olmalıdır.

MALZEME;

Deneyde kullanılacak numunenin minimum çapı 1.3inç (33 mm) olmalıdır. Ayrıca deney örneğinin çapı ile deneye sokulan malzemeyi oluşturan tanelerin çapı arasında da bir ilişki vardır. Numune çapı en büyük tane çapından 6 kat daha büyük olmalıdır. Örnek boyu ile çapı arasında da bir ilişki vardır. Çap/boy = $\frac{1}{2}$ olmalıdır.

TARİFLER:

Laboratuvarda, numunelerin hazırlanması esnasında üç eksenli deney için yeterli numunenin bulunmaması durumunda veya arazi çalışmaları esnasında kohezyonlu bir zeminin kayma direnci hakkında çok kısa bir zamanda fikir sahibi olmak isteniyorsa serbest basınç deneyinin kullanılması uygun olmaktadır. Bu deneyde zemin numunesine yanal basınç (hücre basıncı) uygulanmaz sadece eksenel doğrultuda yükleme yapılır. Eksenel yük artışları esnasında numunenin boyundaki kısalmalar kayıt edilir. Hesaplamalar sonunda gerilme – şekil değiştirme eğrisi elde edilir.

Gerilmenin en büyük değeri (göçmeye karşılık gelen şekil değiştirme seviyesi) zemin serbest basınç mukavemeti (q_u) değerini vermektedir. Numune üzerinde oluşan kayma düzleminin alt ve üst başlık ile kesişmemesi için boy/çap oranının $2 < h/d < 2.5$ olarak seçilmesi uygun olmaktadır. Bu deney kendi kendini dik olarak ayakta tutabilen özelliklere sahip zeminler üzerinde uygulanabilmektedir.

Bu nedenle kohezyonsuz zeminler için bu deney uygun değildir. Deney esnasında numunenin drenaj koşulları kontrol edilmediği için hızlı yükleme yapılarak zeminin drenajsız kayma mukavemetinin elde edildiği kabul edilmektedir; diğer bir ifadeyle numune çabuk kesildiği için konsolidasyonsuz drenajsız (UU) bir deney niteliği taşımaktadır.

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1- Numune presin alt platformuna merkezlenerek oturtulduktan sonra üst başlık numunenin üst yüzüne rahatça ve tam değecek şekilde indirilir. Boy değişimini ölçen saat alt ve üst başlıklar arasına yerleştirilerek sıfırlanır.
- 2- Yükleme , numunede dakikada %0,5-2 oranında boy kısalması oluşturacak şekilde yapılır, yük ve boy değiştirme okumaları istenilen aralıkta tekrarlanır.
- 3- Her durumda deney on dakikayı geçmemelidir. Deneye numune üzerinde kesilme meydana gelene kadar devam edilir. Fakat maksimum dayanımının belirlenemediği yumuşak killerde %20 birim boy kısalmasına kadar deney sürdürülür. Deney sona

erdiğinde numunenin kırılma düzlemi ve bunun açısı mümkünse ölçülür, kırılma şekli şematik olarak çizilir. Numune tartılarak su muhtevasının belirlenmesi için etüve konur.

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEY TALİMATI

1) AMAÇ : Bu deney her tip zemin için, kayma dayanımı parametrelerinin bulunmasını kapsar . Laboratuvar deney yöntemleri arasında üç eksenli basınç deneyi, en gelişmişlerinden biridir. Numuneler çapının tercihen 3,5 cm ile 11 cm arasında, yüksekliği ise çapın iki katı olan silindir numuneler üzerinde yapılır.

2) MALZEME :

Deneyde kullanılacak numunenin minimum çapı 1.3 inç (33 mm) olmalıdır. Ayrıca deney örneğinin çapı ile deneye tabi olan malzemeyi oluşturan tanelerin çapı arasında da bir ilişki vardır. Numune çapı en büyük tane çapından altı kat daha büyük olmalıdır Numune boyu ile çapı arasında da bir ilişki vardır. Çap / boy $\frac{1}{2}$ olmalıdır.

5) TARİFLER:

Laboratuvarda kayma dayanımı parametrelerinin bulunmasında en yaygın olarak kullanılan deney tipi üç eksenli deneyidir. Bu deney esnasında yanal ve eksenel gerilmeler uygulanmak suretiyle arazideki yükleme izlerine yakın yüklemeler yapılmaktadır . Eksenel yükleme esnasında drenaj şartları kontrol edilebilmektedir (CU) deney tipinde boşluk suyu basıncı ölçümleri, (CD) deney tipinde hacim değişimleri ölçülebilmektedir. Üç eksenli deneyi üç farklı durum için gerçekleştirilebilmektedir.

1- Konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) veya (QU)

UU = Unconsolidate- Undrained

QU =Quick Undrained

2- Konsolidasyonlu-drenajsız (CU)

CU = Consolidation- Undrained

3- Konsolidasyonlu-drenajlı (CD)

CD = Consolidation- drained

1 –(UU) : Konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli deneylerinde hücre basıncı ve deviatörük gerilmenin uygulanması sırasında deney boyunca konsolidasyona ve drenajına müsaade edilmez. Bu durumda numune içerisinde boşluk suyu basıncının doğmasına neden olmasından dolayı değerlendirmelerin toplam gerilme esasına göre yapılması uygun olmaktadır.

DENEYİN YAPILIŞI

1 – (UU) DENEYİ:

- Deneye tabi tutulacak numune ilk önce tartılır; boyu, çapı ölçülerek kayıt edilir.
- Numunenin birim ağırlığı tesbit edilir ve deney föyüne kayıt edilir
- Kullanılacak membranin sağlamlık kontrol yapılır
- Numunenin alt ve üstüne deliksiz (poröz olmayan) plaka konur ve üst kısmına tekrar başlık yerleştirilir.
- Özel aparat yardımıyla membran numune üzerine geçirilir ve lastik halkalar takılır.
- Hücrenin alt ve üst contası kontrol edilerek yerine yerleştirilir ve bağlantılar iyice sıkılır, bu sırada bağlantı çubuklarının düşey olmasına dikkat edilir.
- Sırası ile mil ve eksenel deformasyon ölçüm saati takılır. Yükleme ringi ve hız göstergesi ayarlanır.
- Hücre basıncı vermek için yağ-su sistemli yan ünite çalıştırılır. Yukarıda bulunan su tankından eklenerek numunenin üzeri tamamen örtülünceye kadar hücre doldurulur. Sonra musluk ve havalandırma vanası kapatılır.
- Basınç istenen değere ayarlanır
- Üç eksenli deney cihazı çalıştırılarak numune kesmeye başlanır kırılma meydana gelinceye kadar (çıt sesi gelene kadar veya ring okumalarının sabit kaldığı noktaya kadar) devam edilir. Bahsedilen bu iki durumun
- gerçekleşmemesi durumunda numunedeki boy kısalması toplam boyun %20 sine ulaştığı anda deney kesilir.
- Eksenel deformasyon ölçen saatin her on ilerlemesinde, yük halkası üzerindeki saat okunur.
- Deneyin sona ermesinden sonra öncelikle hücredeki basınç boşaltılır ve suyun hücreden boşalması beklenir.
- Hücre içindeki basınç ve su tamamen boşaltılmadan hiçbir şeye dokunulmaz.
- Motor aşağı doğru çalıştırılarak yükleme ring'i kaldırılır, mil çıkarılır, hücre sökülür ve numune alınır. Numunenin suyla temasına izin verilmeden membran numune üzerinden çıkarılır.
- Numune tartılır, etüve konur, hesaplamalara geçilir.

KESME KUTUSU DENEY TALİMATI

AMAÇ: Kesme kutusu deneyi, genellikle kumların kayma mukavemetinin saptanması için kullanılır. Zemin numunesi dikdörtgen veya dairesel kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir.

TARİFLER:

Zeminlerin kayma mukavemetinin bulunmasına ait deneyler iki grupta toplanabilir.

- i) Direkt kesme deneyleri : Direkt kesme, Veyn deneyi
- ii) İndirekt kesme deneyleri: Üç eksenli basınç ve serbest basınç deneyi Kesme kutusu deneyinde zemin numunesinin yerleştirildiği kısım, ortasından ikiye bölünmüş, planda kare kesitli madeni bir kutudur. Numune yerleştirilmeden önce alt kesme kutusunun alt ve üst kısmına poröz taş yerleştirilir. Numunenin belli bir normal gerilme altında kayma mukavemeti tespit edilmek istenirse, direkt kesme cihazı altındaki yük askısına ağırlıklar yerleştirilerek numune üzerine gelecek gerekli basınçlar sağlanır. Yük askısına konan her ağırlık numune üzerine on katı olacak

şekilde etkimektedir. Kesme kutusunun alt yarısı bilyeler üzerine oturtulmuş olup belirli bir üniform hızla yatay olarak ileriye doğru itilir. Kesme kutusunun diğer yarısı çelik yük halkasına dayanmakta olup bu halkanın deformasyonları okunur ve buradan hesaplamalar ile kesme kuvveti bulunur.

Numunenin konsolidasyona bırakılması durumunda ve kesme olayının devamı boyunca meydana gelen hacim değişimlerini ölçmek için yükün uygulandığı üst kapağın düşey hareketini kaydedecek bir saat (komparatör) alete tespit edilir. Drenajlı deneylerde numuneye giren veya çıkan su poröz taşlardan ve delikli madeni levhadan geçer. Drenajsız deneylerde delikli tip yerine deliksiz levhalar kullanılır. Bununla beraber drenaj yolunun kısalığı nedeniyle drenajsız deneylerin yalnız düşük permeabiliteli zeminlerde yapılması mümkün olmaktadır. Killer ve kumlar için yaygın olarak kullanılan kesme kutusu boyutu genellikle 6x6 cm² olup numune kalınlığı 2 cm dir.

Direkt kesme deneyi üç gruba ayrılabilir :

- 1- (UU) testi : Bu tip deneyde, numune kesilmeye başlamadan önce, normal kuvvet uygulanır. Eğer zemin kohezyonlu ve doymuş ise ilave boşluksuyu basınçları oluşabilir. Analoji yapılacak olursa üç eksenli (UU) testi gibi tarif edilebilir

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1) Numune kabının boyutları ölçülür ve LAB-FRM-012 föyüne kaydedilir.
- 2) Deney örselenmemiş numune üzerinde yapılacaksa, numunenin kenarları dikkatle tıraşlanarak kutunun cidarıyla tam temas edecek şekilde yerleştirilir. Örselenmiş numunede yapılıyor ise, poroz taş üstüne 0.5 inç kalınlığında bir tabaka teşkil edecek

- 3) şekilde dökülür. Yerleştirme tokmağı yardımıyla istenen birim ağırlıkta enerji verilerek sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi hafif darbeler şeklinde olmalıdır.
 - 4) Normal yük tatbiki için, alt kısımdaki ayar denge kolu yatay hale getirilerek istenilen ağırlık yük askısına yerleştirilir.
 - 5) Kesme kutusunun parçaları birbirine bağlanır.
 - 6) Deney yapılmak için hazırlanan numune, kabı ile birlikte tartılır.
 - 7) Kesme kutusunun altına altı süzgeç kağıtlı poroz taşı yerleştirilir.
- Örselenmiş numunede yapılan deneyde, kapla geri kalan zemin tartılır. İlk ağırlıkla bunun arasındaki fark sarf edilen zemini verir. Numune örselenmemiş ise, kesme kutusunun ilk ağırlığı ve numune ile birlikte ağırlığı arasındaki fark numune ağırlığını verir.
- 8) Numunenin üzerine süzgeç kağıtlı poroz taşı konur.
 - 9) Üzerindeki yükü her tarafa eşit dağıtabilmesi için kalıp ve yük, tevzi bilyesi ile yerleştirilir.
 - 10) Kesme kutusu alete yerleştirilir.
 - 11) Birinci deneyde istenilen normal yük tatbik edilir. Eğer deney konsolidasyonlu ise bu yük altında konsolidasyonun tamamlanması beklenir, değilse kesme için hazırlığa başlanır.
 - 12) Yatay ve düşey deplesmanları okumak üzere ekstansometreler bağlanır. Düşey deplesmanı okuyacak ekstansometre çökme ve kabarmayı okuyacak şekilde bağlanır. İlk okumalar LAB-FRM-011 Formuna yazılır.
 - 13) Kesme yükü verilmeye başlanır.
 - 14) Bu işlemler istenen veya eşit aralıkta en az iki defa daha tekrarlanır.

KONSOLİDASYON DENEYİ TALİMATI

AMAÇ: Yapılarda zeminin yük altında sıkışmasından kaynaklanan oturmalar önemli problemler oluşturur. Konsolidasyon deneyinin amacı bir zeminin yük altındaki zamana bağlı konsolidasyonu sırasındaki davranışını belirleyen özelliklerini (oturma parametrelerini) laboratuvarıda “ödometre” testi olarak da adlandırılan konsolidasyon deneyi ile tayin etmektir.

TARİFLER:

Konsolidasyon, düşük geçirgenlikli, suya tamamen doymuş bir zeminde, gözenek suyunun bir kısmının drene olmasından kaynaklanan, yavaş gelişen bir hacim küçülmesi sürecidir. Bu süreç, toplam gerilmedeki bir artışın neden olduğu aşırı gözenek suyu basıncı tamamen dağılıncaya kadar devam eder. En basit konsolidasyon durumu, sıfır

yanal deformasyon koşulunda gerçekleşen tek yönlü konsolidasyondur.

Konsolidasyonun tersi olan şişme süreci ise, negatif aşırı gözenek suyu basıncı altında bir zeminin hacminde yavaş bir biçimde meydana gelen artıştır. Konsolidasyon sürecinin herhangi bir safhasındaki hacim değişiminden dolayı zeminin yüzeyinde oluşan düşey deplasman, konsolidasyon oturması olarak adlandırılır. Konsolidasyon oturması, doymuş bir kil üzerinde yapı inşa edildiğinde veya bir kil tabakasını örten bir zemin katmanı içinde

yeraltı su seviyesi daimi ve kalıcı olarak düşünüldüğü zaman ortaya çıkabilir. Diğer taraftan, doymuş bir kil içerisinde kazı yapıldığında da, kazı tabanındaki kilin şişmesi nedeniyle, oturmanın tersi olan kabarma meydana gelir. Önemli ölçüde yanal deformasyonun olduğu durumlarda, konsolidasyon oturmasının yanı sıra, drenajsız koşullarda, zeminin deformasyonundan kaynaklanan bir ani oturma da olacaktır. Ani oturma, elastik teoriden elde edilen sonuçlardan yararlanılarak tahmin edilebilir. Konsolidasyon oturmasının büyüklüğünün ve hızının önceden belirlenmesi için ise konsolidasyon teorisine başvurulması gerekmektedir.

Konsolidasyonun gelişmesi, sahada, gözenek suyu basıncının zaman içindeki değişimini kaydetmek için zemine piyezometreler yerleştirilerek izlenebilir. Oturmanın büyüklüğü, yapının üzerinde veya zeminde alınacak uygun referans noktalarının kotları hassas nivelman çalışması ile kaydedilerek ölçülebilir

KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİNİN LABORATUVARDA ÖLÇÜLMESİ:

Deney, disk biçiminde bir numune üzerinde yapılır. Deney numunesi iki gözenekli taş arasında metal bir halkanın içine yerleştirilir. Numunenin üzerindeki gözenekli taş metal halkanın içine girebilecek büyüklükte olup, numuneye uygulanacak basınç, bu gözenekli taşın üzerine yerleştirilen bir metal yükleme başlığı ile aktarılır. Düzeneğin tamamı üstü açık, içi su ile doldurulan bir hücrenin içine yerleştirilir. Deney numunesindeki gözenek suyu, deney sırasında bu hücreye drene olur. Numunenin yerleştirildiği halka sıfır yanal birim deformasyon boşalımının oluşmasını sağlar. Bu durumda yanal efektif gerilmenin düşey efektif gerilmeye oranı, K_0 , hareketsiz toprak basıncı katsayısıdır. Düşey basınç altındaki numunenin sıkışması yükleme başlığı üzerine yerleştirilen bir komparatör ile ölçülür. Zeminlerin tek yönlü konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan laboratuvar deneyi, standartlaştırılmış bir prosedürdür.

ZEMİNİN TEK BOYUTLU KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ:

Yukarda tanıtilan konsolidasyon aleti ve hücresi ile yapılan deney, örselenmemiş, suya doymuş veya hemen hemen doymuş haldeki, disk biçiminde bir zemin numunesinin, yanal deformasyonu önlenerek düşey ve eksenel bir gerilme uygulandığında, gözenek suyunun alt ve üst yüzeylerinden drene olması ile sıkışması sırasında eksenel sıkışma miktarlarını belirli zamanlarda ölçmek suretiyle o zeminin konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesini sağlar. Deney sonucunda, zeminin sıkışma miktarının basınca ve zamana bağlı olarak tanımlanmasına imkan veren iki parametre bulunur.

Hacimsel sıkışma katsayısı, m_v , (cm^2/kgf),

Konsolidasyon katsayısı, c_v , (cm^2/s).

DENEYİN YAPILIŞI:

Numunenin Deneye Hazırlanması :

Konsolidasyon halkası ile bir saat camı veya küçük bir metal tepsi iyice temizlenip kurulandıktan sonra 0.1 g duyarlılıkla ayrı ayrı tartılır. Halkanın içi silikon gresiyle hafifçe yağlanır.

Numune laboratuvara, numune alma tüpü içinde veya blok halinde getirilmiş olabilir. Numune tüp içinde ise, kırıko yardımıyla tüpten az bir miktar çıkartılarak zeminin türü belirlenir. Bu deneyde ince silt ve killer “A” türü zeminler, az miktarda kil içeren, iri silt ve kumlar içerisinde çok miktarda taş veya katı parçacıklar bulunan (taşlı kil, marn ve tebeşir gibi) zeminler ve numune tüpünden çıkarılırken kırılan veya çok deforme olan zeminler ise “B” türü zeminler olarak anılacaktır. Üniform kumlar ve kaba siltlerde bu deney uygulanmaz.

Numunenin tüpten taşan kısmı bir tel, kıl testere veya ince ağızlı bir bıçakla tüpün ağzına paralel olarak kesilir. “A” türü zeminlerde konsolidasyon halkasının yüksekliğinden az uzun bir numune parçası tüpten dışarıya itilerek çıkarılır ve iki yüzeyi birbirine paralel disk şeklinde bir numune elde edilecek şekilde kesilir.

Blok numunelerden de, konsolidasyon halkasının boyutlarından az büyük, iki yüzeyi birbirine paralel disk şeklinde bir numune bıçak veya kıl testere yardımıyla kesilir.

Deney numunesini hazırlamak için kesici ağızlı konsolidasyon halkası kullanılır. Konsolidasyon halkasının kesici ağzı, tüpten veya bloktan kesilerek alınmış olan disk şeklindeki numunenin üzerine bastırılarak yerleştirildikten sonra, halkanın dışında kalan numune özenle traşlanır. Konsolidasyon halkası numuneye yavaş ve düzgün bir şekilde bastırılarak geçirilirken, numune, halkanın dışında kesici ağzı sıyrılabilceği incelikte bir miktar kalıncaya kadar traşlanır. Bu şekilde, halka numuneye tamamen geçirilip, numunenin alt ve üst yüzeyleri halkanın alt ve üst uçlarından dışarıya taşıncaya kadar traşlamaya devam edilir. Son olarak, numune, halkanın alt ve üst düzlemlerine gelene kadar traşlanarak düzlenir.

Numune hazırlanırken kurumamasına, nem içeriğinin değişmemesine dikkat edilir. İstenirse, traşlanan parçalardan bir miktar alınarak zeminin özgül ağırlığı belirlenir.

“B” türü zeminlerden konsolidasyon numunesi hazırlanırken, numunenin deneye elverişli bir bölümünün, numune tüpünden direkt olarak konsolidasyon halkasının içine itilmesi daha iyi sonuç verir. Bu tür zeminlerde, tüpteki numunenin çapının konsolidasyon halkasının iç çapına olabildiğince yakın olmasında yarar vardır.

Hazırlanan numune (içinde bulunduğu konsolidasyon halkası ile birlikte) önceden tartılmış olan bir saat camı veya küçük bir metal tepsi üzerine koyularak bekletilmeden tartılır. Numunenin kalınlığı ölçülür.

Deney numunesi, konsolidasyon halkası içinde, “Konsolidasyon Hücresinin Deneye Hazırlanması” başlığı altında anlatıldığı gibi, konsolidasyon hücresine yerleştirilir. (Numune ile alt ve üst gözenekli diskler arasına süzgeç kağıdı konabilir. Yumuşak, hassas ve normal konsolide olmuş zeminler için süzgeç kağıtları nemlendirilebilir. Sert zeminler, özellikle aşırı konsolide olmuş zeminler için süzgeç kağıtları kuru olmalıdır.)

Yükleme

Deney süresince numuneye kademeli olarak, her kademedede bir öncekinin iki katına çıkartılarak artırılan yükler uygulanır. Genellikle , bu yükler numunede aşama aşama aşağıda belirtilen gerilmeleri oluşturacak şekilde hesaplanarak seçilir:

<u>Kgf/cm²</u>	<u>kPa</u>
4,0	400
8,0	800
16,0	1600
32,0	3200

<u>Kgf/cm²</u>	<u>kPa</u>
0,1	10
0,25	20
0,5	50
1,0	100
2,0	200

Uygulanacak ilk basınç (gerilme) zeminin cinsine bağlı olup, aynı zamanda numunenin şişmesini de önleyebilecek büyüklükte olmalıdır. İlk uygulanacak basıncın belirlenmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

- **Katı zeminler** :Uygulanacak ilk basınç , numunenin alındığı noktadaki efektif düşey gerilmeye eşit olmalıdır. Bu amaçla, yukarıda verilen basınç değerlerinden, numuneye alındığı yerden etkiyen efektif basınca yakın olan bir değer seçilebilir.

- **Sert zeminler:** Uygulanacak ilk basınç , numunenin alındığı noktada etkimekte olduğu hesaplanan efektif düşey basınçtan bir miktar daha az olmalıdır. Bunun için de yukarıdaki basınç dizisinden uygun bir değer seçilerek numuneye uygulanabilir.
- **Yumuşak zeminler:**Uygulanacak ilk basınç, numuneye yerinde etkiyen efektif düşey basınçtan oldukça az olmalıdır. Çok yumuşak, hassas killere uygulanacak ilk basıncın 0,1 kgf/cm² gibi düşük bir değerde olması gerekebilir.

Ölçümler

Deneye başlamadan önce göstergenin az bir miktar şişmeyi de ölçebilecek, ancak kapasitesinin çoğu sıkışmaları kaydedecek biçimde ayarlanmasında

yarar vardır. Bunun için gösterge, ayağının yukarıya doğru hareket etmesi için bir pay bırakılarak ayarlanır.

Yukarıda belirtildiği gibi belirlenen ilk basıncı uygulamak için gereken yük miktarı, deney numunesinin dairesel yüzey alanına göre hesaplanır. Bu yükü numuneye uygulamak için , 9:1, 10:1 ve 11:1 kaldıraç kolu oranlarından en uygun olanı seçilir ve ağırlık askısı bu oranı sağlayan bağlantı noktasına asılır.

Göstergenin başlangıç okuması LAB-FRM-008 formuna kaydedilir. İlk yük ağırlık askısına yerleştirilir. Kaldıraç kolu destek civatası döndürülerek aşağıya indirilir ve kaldıraç kolunun serbest kalması sağlanır. Yükün numuneye aktarıldığı an gösterge ibresinin harekete geçişinden anlaşılır. Aynı anda kronometre çalıştırılır, belirli süreler sonunda göstergeden sıkışma okumaları alınır. Bu okumaların , yükün uygulandığı andan itibaren 0, ¼ , ½, 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 300, 500. 1440 dakika sonunda alınması, deney sonunda konsolidasyon katsayısını belirlemek amacıyla çizilecek oturma-zaman eğrisinde noktaların düzenli aralıklarla ve kolaylıkla yerleştirilmesini sağlar. Ancak, çok hızlı sıkışan zeminler için basıncın uygulanmasından hemen sonra daha sık okuma alınması gerekebilir. Zaman-sıkışma eğrisinin yeterli hassasiyetle çizilmesini sağlamak kaydıyla, okumalar değişik zaman aralıklarında da alınabilir.

Yükün uygulanmasından sonra, mümkün olduğunca zaman geçirmeksizin, konsolidasyon hücresi su ile doldurulur. Hücrenin su ile doldurulmasından dolayı numunede şişme meydana geldiği takdirde, numuneye uygulanan basınç, yukarıda verilen basınç dizisindeki bir üst değere yükseltilmelidir. Basıncın artırılmasına rağmen şişme devam ederse veya basıncın uygulanmasından kısa bir süre sonra sıkışma hemen hemen durursa, basınç bir kademe daha artırılır ve gösterge okumalarına yeniden başlanarak yukarıda önerilen süreler dolduğunda okumalar alınır.

Konsolidasyon hücresine su konulmasından sonra veya şişme görülerek basınç artırıldığında numune konsolide olmaya devam ederse, gösterge okumaları sürdürülür. Deneye devam edilirken, alınan sıkışma okumaları, basıncın uygulanmasından

okumanın alındığı ana kadar geçen sürenin kareköküne veya logaritmasına karşı grafiğe geçirilir. Bu eğrinin biçiminden, daha sonraki okumaların ne kadar sık aralıklarda alınmasının uygun olacağına karar vermekte yararlanılabilir.

Deney devam ederken LAB-FRM-008 formuna işlenen okumalardan birincil sıkışmanın tamamlandığı anlaşılınca kadar numune üzerindeki basınç değiştirilemez. (Birincil konsolidasyon normal olarak 24 saat içerisinde tamamlanmış olur. Bazı aşırı sıkışabilen fakat geçirimsiz zeminler için bu sürenin 48 saat kadar uzatılması gerekebilir. Bazı zeminlerde, birincil konsolidasyon 24 saatten çok daha kısa süre içinde tamamlanabileceğinden, aynı gün içerisinde birden fazla basınç kademesinin uygulanması mümkün olabilir).

Birincil konsolidasyon tamamlandığında zaman ve sıkışma okumaları alınır. Deney sırasındaki maksimum ve minimum oda sıcaklıkları da LAB-FRM-008 formuna kaydedilir.

Numuneye etkiyen basıncı 2 katına çıkarmak üzere ağırlık askısına gereken miktarda ağırlık ilave edilir. (İlave edilen ağırlık askıdaki ağırlık miktarına eşit olacaktır). İlk basınç altında uygulanan sıkışma göstergesi okuma işlemi aynı usulde tekrarlanır.

Deneye, yeterli sayıda (en az dört) yükleme kademesi uygulanarak devam edilir. Numuneye uygulanacak en yüksek basınç, zemine örtü tabakalarının ve tasarlanan yapının toplam yükünden dolayı yerinde etki edecek olan efektif düşey basınçtan daha büyük olmalıdır.

YÜKÜN BOŞALTILMASI:

Son yükleme aşaması tamamlandıktan sonra numune üzerindeki yük kaldırılır ve konsolidasyon hücresi aletin üzerinden alınır. Numune, konsolidasyon halkası ile birlikte hücreden çıkartılır. Süzgeç kağıtları alındıktan sonra, numune, halkadan çıkartılmaksızın, ağırlığı belirlenmiş olan bir saat camı (veya metal tepsi) üzerine konup etüve yerleştirilir.

Numune sabit ağırlığa erişinceye kadar (4 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasında %0,1' den büyük fark görülmeinceye kadar) etüvde kurutulur.

Yükün boşaltılması sırasında numunenin kabarma özelliklerinin belirlenmesi isteniyorsa, yükler, yükleme kademesine uygun olarak kaldırılır. Okumalar yükleme sırasında izlenen zaman aralıklarıyla formuna kaydedilir.

LİKİT LİMİT DENEY SETİ



UD NUMUNESİ



ELEK ANALİZİ



PLASTİK LİMİT DENEYİ



KUM KONİSİ DENEY SETİ



PROCTOR DENEYİ





KONSOLIDASYON

UÇ EKSENİ



