

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

**TAŞIMA ORANI VE KAYMA DAYANIMI
582YİM505**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ZEMİNLERDE cALİFORNİYA TAŞIMA ORANI TAYİNİ DENEYİ (CBR)	3
1.1.Deneyin Yapılışı	4
1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları Hazırlamak	4
1.1.2 Deney Numunesini Hazırlamak	4
1.1.3 Numuneyi Basınç Aletine Koymak ve Penetrasyon Değerlerini Ölçmek	5
1.1.4 Numune Yüzeyini Düzeltmek	5
1.1.5. Ters Yönde Penetrasyon Değeri Ölçmek	5
1.1.6 Numunenin Su İçeriğini bulmak	7
1.1.7. Temizlik	7
1.1.8 Hesaplamalar ve Deney Raporu Hazırlamak	7
UYGULAMA FAALİYETİ.....	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	15
2. ZEMİNLERDE ARAZİDE KAYMA DAYANIMININ KANATLI KESİCİ İLE SAPTANMASI DENEYİ (VEYN DENEYİ)	15
2.1.Deneyin Yapılışı	15
2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları Hazırlamak	15
2.1.2. Sondaj Kuyusunu Açmak.....	16
2.1.3. Kesiciyi Sondaj Çukuruna İndirmek	18
2.1.4. Zemine Kuvvet Uygulamak	18
2.1.5. Burulma Momenti Aletini Kurmak ve Çalıştırmak.....	18
2.1.6. Temizlik	18
2.1.7. Hesaplamaları ve Deney Raporunu Hazırlamak	18
UYGULAMA FAALİYETİ.....	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	23
MODÜL DEĞERLENDİRME	24
CEVAP ANAHTARLARI.....	26
KAYNAKÇA.....	27

AÇIKLAMALAR

KOD	582YIM505
ALAN	İnşaat Teknolojisi
DAL/MESLEK	Beton Çimento ve Zemin Teknolojisi
DERS MODÜLÜN ADI	Taşıma Oranı ve Kayma Dayanımı
MODÜLÜN TANIMI	Zeminlerde Kaliforniya taşıma oranı deneyi (CBR) ve zeminlerde arazide kayma dayanımının kanatlı kesici ile saptanması deneyinin (veyn) anlatıldığı öğrenme maliyetidir.
SÜRE	40/32 (+40/32 uygulama tekrarı yapmalı)
ÖN KOŞUL	Zemin Deneyleri -3 modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Zeminlerin dayanım deneylerini yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Taşıma oranı ve kayma dayanımı çalışmalarını tekniklerine ve standartlara uygun yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Zeminlerde California taşıma oranı tayini deneyini kuralına uygun yapabileceksiniz.2. Zeminlerde arazide kayma dayanımını kanatlı kesici ile kuralına uygun olarak saptayabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, laboratuvar Donanım: Elek serisi, metal kalıp, piston, tartı, palet bıçağı, kanatlı kesici sondaj aletleri, burulma momenti ölçme aletleri, bilgisayar ve donanımları, öğretim gereçleri vb.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenciler,

Ülkemiz coğrafi konumu gereği dünyanın en önemli deprem bölgelerinden birinde yer almaktadır. Yapılan yapıların (yol, baraj, hava alanı, metro, hastane, konut ve iş merkezi vb.) hepsi alt yapı yatırımlarıdır ve son derecede pahalı yatırımlardır. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi bu yapılarla ölçülmektedir. Öyleyse yapılarımızı uluslararası standartlarda ve kalitede yapmalıyız ki hem uzun ömürlü olsun hem de doğal afetlerde zarar görmesin veya minimum düzeyde etkilensin.

Alt yapı yatırımları son derece önemli ve yaşamsal değere sahiptir. Yukarıda örnek verilen tüm yapılar zemin üzerine inşa edilir. Dolayısıyla bizim için zemin son derece önemlidir. Zemin davranışları, çeşitleri, su miktarı, taşıma gücü vb. konular iyi bilinmelidir ki ona göre inşaat hesapları yapılabilsin ve önlemler önceden alınabilsin.

Dünyada zeminle ilgili çalışmalar çok önceleri başlamış olmasına rağmen yazılı kaynaklar birleştirilemediğinden bilgiler 20. yüzyıl kadar toplu olarak değerlendirilememiştir. Gelişen olaylar ve sanayileşen ülkeler zamanla zeminle ilgili kurumları kurmuşlardır. Örneğin, İsveç demir yolları 20. yüzyıl başlarında rayların altından kayan zeminlerin incelenmesini istemiş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Yine Norveçli ATTERBERG zeminlerin kıvamı üzerine çalışmalar yapmış ve bu bakımdan zeminlerin sınıflandırılması sistemini ortaya koymuştur. Bugünkü anlamıyla zemin mekaniğini TERZAGHI oluşturmuştur. Daha sonraları laboratuvarlar kurularak zemin deneyleri yeni cihazlarla yapılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ise DSİ ve KGM ilk zemin mekaniği laboratuvarlarını kurmuştur.

Zemin mekaniği laboratuvar deneylerini uygun şekilde yapmak son derece önemlidir. Çünkü elde edilen değerlere göre hesaplar yapılır ve yapılar inşa edilir. Dolayısıyla laboratuvar teknisyenliği dikkat isteyen önemli bir meslektir. Bu modülde sizlere zeminlerde dayanım deneylerinin nasıl yapıldığı teorik ve pratik olarak anlatılmıştır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti ile gerekli ortam sağlandığında, zeminlerde Kaliforniya taşıma oranı tayini deneyini kuralına uygun olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bu faaliyeti tam olarak kavrayabilmek için zeminin temel fiziksel özelliklerini ayrıca numunenin hazırlanması ve sıkıştırılması konusunu araştırınız.

1. ZEMİNLERDE CALİFORNİYA TAŞIMA ORANI TAYİNİ DENEYİ (CBR)

Bu deney, kesit alanı $19,35 \text{ cm}^3$ olan silindrsel bir pistonu belirli bir hızla zemine iterek elde edilen yük- penetrasyon bağlantısının (Kaliforniya taşıma oranı) bulunmasını kapsar

Penetrasyonun herhangi bir değeri için ölçülen yükün standart bir yüke oranı olarak tanımlanan CBR genellikle **2,5 mm**'lik penetrasyon için verilir. Ancak **5 mm**'lik bir penetrasyon için daha büyük bir değer çıkarsa büyük olan değer verilir.

Pistonun boyutları nedeniyle deney sadece tane büyüklüğü en çok 20 mm olan malzeme için uygulanır. Numunenin hazırlanışı, CBR deneyinde elde edilen sonuçları büyük ölçüde etkiler. Su içeriğinin oldukça yüksek olduğu kohezyonlu zeminlerde (CBR değeri %5 den küçük) bu deneyin doğru değerler vermediği görülmüştür. Dolayısı ile bu deney daha çok yolların ve hava alanlarının tabanını oluşturan zeminlerin oldukça kuru olduğu tropik bölgelerde uygulanmaya elverişlidir.

1.1.Deneyin Yapılışı

1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları Hazırlamak

Bu deney için kullanılacak araç gereç aşağıdadır.

- Elekler: 5 ve 20 mm'lik elekler
- Silindirik metal kalıp: Çapı 15,2 cm, yüksekliği 12,7 cm, taban ve üst plaka 5 cm yüksekliğinde takıp çıkarılabilen yaka
- Metal disk ve sap: Numunenin statik sıkıştırılması için 15 cm çapında ve 5 cm kalınlığında 3 metal disk, disklere vidalanabilen bir sap
- Metal piston: Kesit alanı 19,35 cm², uzunluğu 25 cm olan silindirik piston
- Deney sırasında uygulanacak yükü, piston aracılığı ile zemine aktaran bir makine, bu makinenin yükü ölçen bir aygıtı olması ve yükü denetlenebilen bir hızla vermesi gerekir.
- Mikrometre: Piston penetrasyonunun ölçülmesini ve penetrasyon hızının denetlenebilmesini sağlayacak 0,01 mm bölüntülü, 25 mm kapasiteli göstergeli
- Ağırlık: İç çapı 5,24-5,4 cm, dış çapı 14,60-14,92 cm ve her birinin ağırlığı 2,27 kg olan halka biçiminde 3 ağırlık
- Metal tokmak: 5,1 cm çapında dairesel tabanı olan 4,5 kg ağırlığında, tokmağın sert düşüşü 45,8 cm'ye kadar ayarlanabilmelidir.
- Basınç aleti: Statik sıkıştırma için en az 50 cm² alanındaki iki yatay plakası arasında en az 30 cm'lik bir aralık bulunan ve 25000 kg kapasiteli
- Çelik çubuk: 13-20 mm çapında ve 38 cm uzunluğunda çelik bir çubuk
- Cetvel: 30x2,5x3 cm çelik cetvel
- Bir maket bıçağı
- Numunenin suda bekletilmesi sırasında yüzey hareketini ölçecek bir alet
- Terazi: 5 g duyarlılıkta 25 kg kapasiteli
- Su içeriğinin saptanması için gerekli aletler
- 15 cm çapında süzgeç kâğıdı

1.1.2 Deney Numunesini Hazırlamak

Deney 20 nu.lı elek altına geçen malzeme üzerinde yapılmalıdır. Deney, genellikle zeminin kazı anındaki doğal su içeriğinde yapılır ancak başka su içeriği değerlerinde de yapılması gerekebilir. Değişik su içeriklerinde deney yapılacağı zaman, numuneler açıkta kurutulmuş ve 5 mm'lik eleğin üstünde kalan toprakları ufalanmış zemine istenilen miktarda su ilave edilerek elde edilir. Bu gibi durumlarda zemini çok iyi karıştırmak ve imkân varsa sıkıştırma işleminden önce kapalı bir kap içerisinde 24 saat bekletmek gerekir.

Kullanılmakta olan sıkıştırma metotları aşağıdadır:

- Statik sıkıştırma; 1. metot, 2. metot
- Dinamik sıkıştırma; 1. metot, 2. metot, 3. metot

Numunenin suda bekletilmesi; CBR deney numunelerinin suda bekletilme işlemleri her zaman uygulanmaz ancak bazı koşullar altında böyle bir işleme başvurulması gerekebilir.

1.1.3 Numuneyi Basınç Aletine Koymak ve Penetrasyon Değerlerini Ölçmek

Kalıp, taban plakası takılmış ancak üst yüzeyi açık olarak içindeki numuneyle birlikte basınç aletinin plakası üzerine yerleştirilir. Numunenin üzerine gerekli görülen ağırlıklar konur. Penetrasyon pistonu, taşıma oranı % 30'un altında olan zeminler için 4,5 kg'lık bir yük, taşıma oranı % 30'dan yüksek olan zeminler için ise 22,5 kg'lık bir yük, numunenin yüzeyine oturtulur ve dakikada 1,20 mm'lik hızla zemine itilir. Yük okumaları 0,625-1,25-1,875-2,50-5,00-7,50-10-12,5 mm'lik penetrasyonlarda alınır.

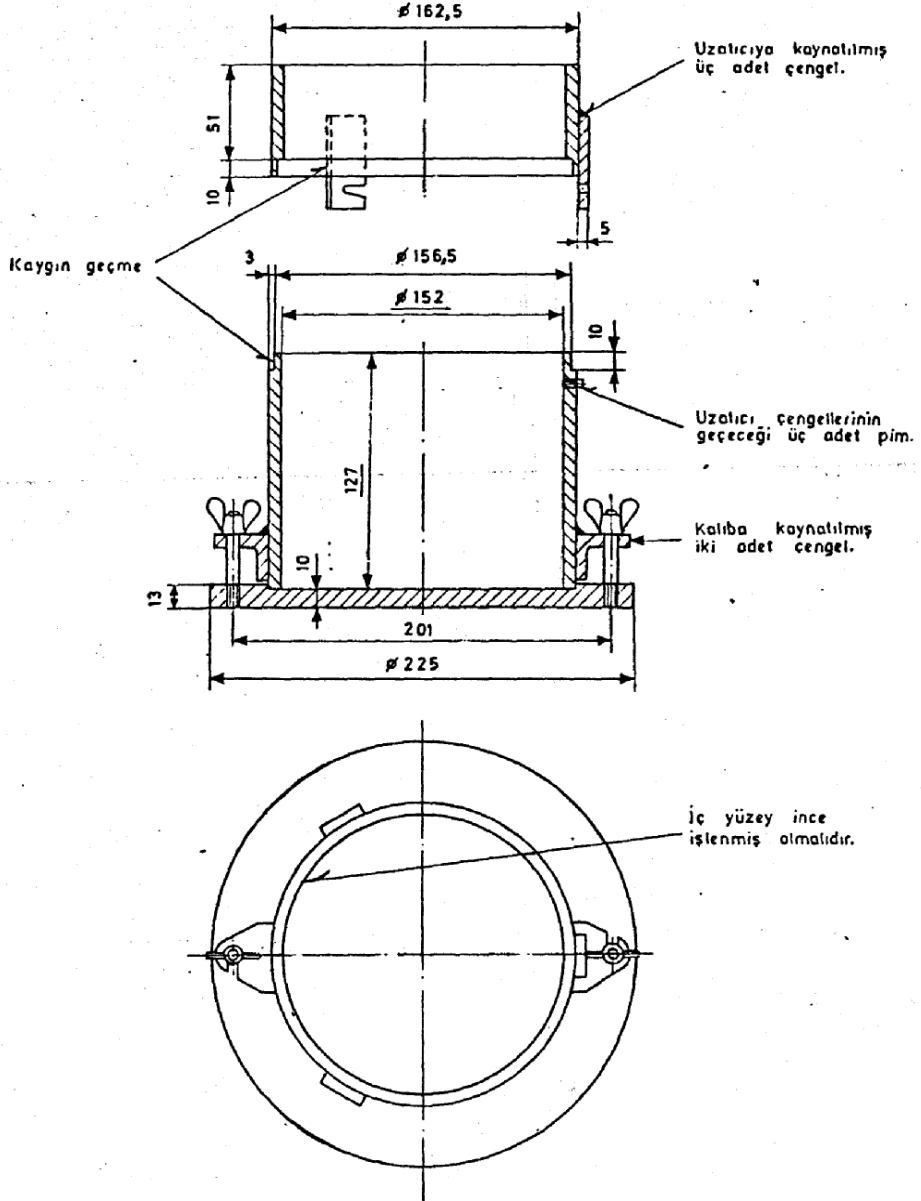
1.1.4 Numune Yüzeyini Düzeltmek

Piston kaldırılır ve numune yüzeyinde bırakmış olduğu girintiler doldurularak ve çıkıntılar çelik cetvelle kesilerek numunenin yüzeyi düzelir.

1.1.5. Ters Yönde Penetrasyon Değeri Ölçmek

Numunenin her iki ucu da denenecekse taban plakası kalıbın altından üst ucuna takılır ve kalıp, içindeki numuneyle birlikte ters çevrilir ve 3 numaralı işlemler numunenin diğer ucu için de uygulanır.

Ölçüler mm dir



NOT - Şekilde gösterilen alet yeterlidir; zorunlu işlevlerini yerine getirebilen başka bir alet de kullanılabilir. (Zorunlu boyutların altı çizilmiştir.)

Şekil 1.1: CBR deneyi için bir kalıp

1.1.6 Numunenin Su İçeriğini bulmak

Penetrasyon deneyleri tamamlandıktan sonra numunenin iki ucundaki yüzeylerin hemen altından her biri 350 g dolayında olan numuneler alınıp su içerikleri tespit edilir.

- w_1 : Yaş numune ağırlığı
 w_k : Kuru numune ağırlığı
 w : Su muhtevası (Zemin içindeki su ağırlığının/ zemin kuru ağırlığına oranıdır.)
 W_w : Su ağırlığı

$$\frac{w_1 - w_k}{w_1 - W_w} = \frac{W_w}{w_k} = w \text{ olduğuna göre (su içeriği)}$$

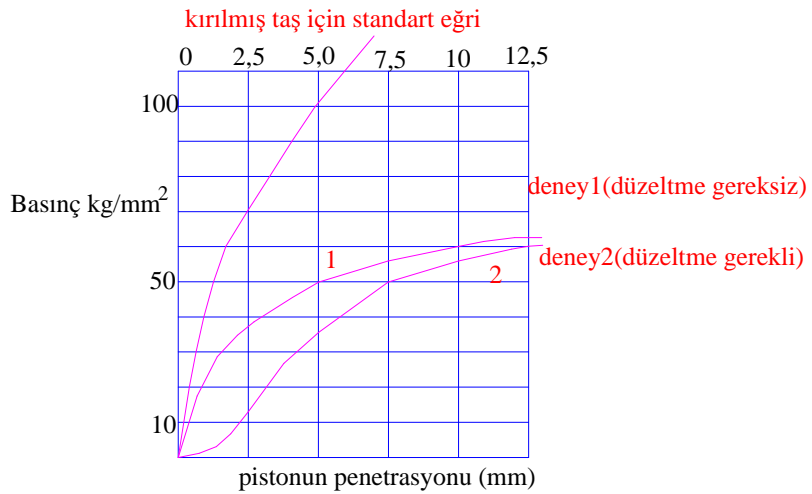
1.1.7. Temizlik

Deney bitirildikten sonra kullanılan araç gereçler usulüne uygun olarak temizlenir. Kullanılan ekipman laboratuvarında ilgili yerlerine yerleştirilir.

1.1.8 Hesaplamalar ve Deney Raporu Hazırlamak

➤ Yük- penetrasyon eğrisi

Penetrasyon değerleri ve bunlara karşılık olan piston yükleri bir grafik kâğıt üzerine işaretlenir ve elde edilen noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir. Bu eğri, normal olarak dışarıya doğru dışbükeydir, eğrinin başlangıç kesimi yukarıya doğru içbükeyse bir düzeltme yapmak gerekir. Eğimin en yüksek olduğu noktadan bir teğet çizilir (Şekil 1.2). Penetrasyon eksenini kesecek şekilde uzatılır. Bundan sonra eğri, teğetle penetrasyon ekseninin kesişme noktası ile çıkışacak biçimde sola kaydırılır. Bu CBR değerinin bulunacağı düzeltilmiş eğriyi verir.



penetrasyon mm	standart basınç kg/cm ²	DENEY 1				DENEY 2			
		yük kg	basınç kg/cm ²	D.basınç kg/cm ²	CBR %	yük kg	basınç kg/cm ²	D.basınç kg/cm ²	CBR %
0,625	-	322	16,6	-	-	20	1,05	-	-
1,25	-	516	26,5	-	-	73	3,7	-	-
1,825	-	650	33,4	-	-	164	-	-	-
2,5	70	745	38,3	-	54	295	15,2	26,6	38
3,75	-	865	44,5	-	-	534	27,5	-	-
5,0	105	959	49,2	-	47	730	37,5	43,4	41
7,5	-	1080	55,5	-	-	950	48,8	-	-
10	-	1173	60,4	-	-	1080	55,5	-	-
12,5	-	1220	62,7	-	-	1180	-	-	-

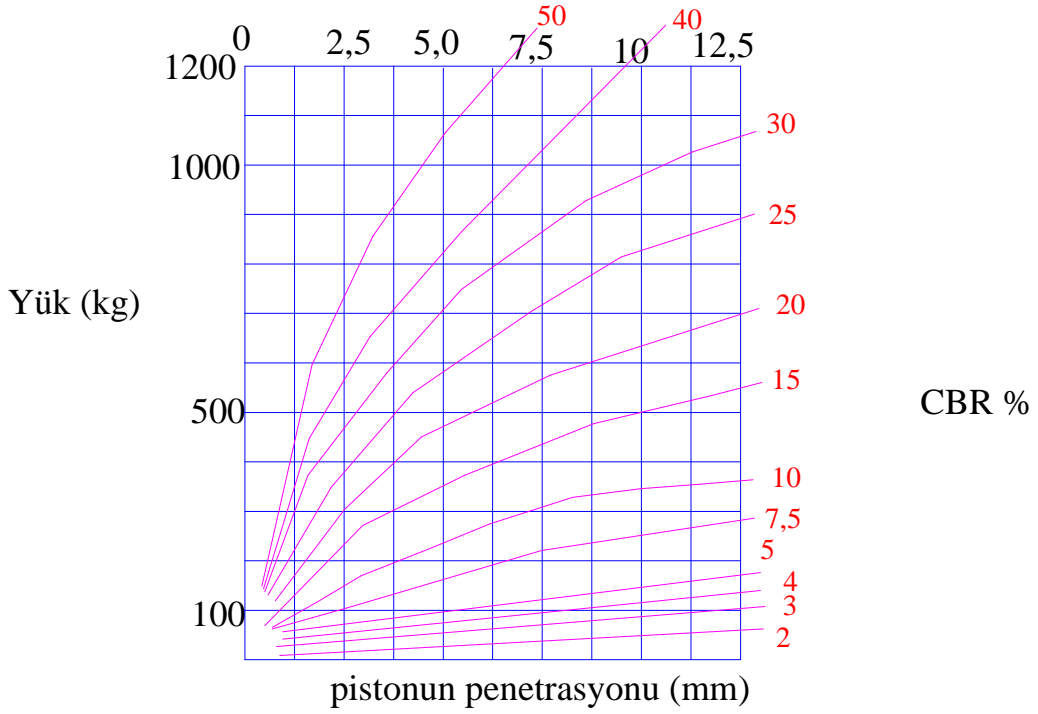
Şekil 1.3: CBR deney sonuçları örneği

➤ **Kaliforniya taşıma oranı hesaplaması**

%100 CBR değerine karşılık olan standart yük- penetrasyon şu değerlerle tanımlanır: 1,25 mm'lik penetrasyonda 860 kg 2,5 mm'de 1360 kg 5,0 mm'de 2040 kg, 7,5 mm'de 2585 kg, 10 mm'de 3130 kg ve 12,5 mm'de 3590 kgf. Belirli bir penetrasyonu sağlayan yükün aynı penetrasyonu standart eğri üzerinde sağlayan yüke oranı, o penetrasyondaki CBR değeri olarak tanımlanır.

CBR değeri 2,5 mm'lik ve 5,0 mm'lik penetrasyonlarda hesaplanır ve elde edilen bu iki değerden büyük olanı zeminin CBR değeri olarak kabul edilir.

Yük- penetrasyon eğrisini Şekil 1.3'teki çeşitli CBR değerleri için çizilmiş eğrilerin bulunduğu bir grafik kâğıdı üzerine çizmek büyük kolaylık sağlar. Bu durumda CBR değeri, herhangi bir hesaplama gerekmeksizin doğrudan okunabilir.



Şekil 1.4: CBR deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan standart yük penetrasyon eğrisi

➤ **Suda bekletilmiş numunelerin kuru birim ağırlığının hesaplanması:**

Zeminlerin yaş birim hacim ağırlığı (γ_n) aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

Statik metotla veya titreşimle sıkıştırılmış numuneler için şu formül kullanılır:

$$\gamma_n = 0,000431 W_1 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

Burada W_1 : Kalıbı doldurmak için gerekli zemin ağırlığı (g)

Dinamik metotla sıkıştırılmış numuneler için şu formül kullanılır:

$$\gamma_n = 0,000431 (W_3 - W_2) \text{ (t/m}^3\text{)}$$

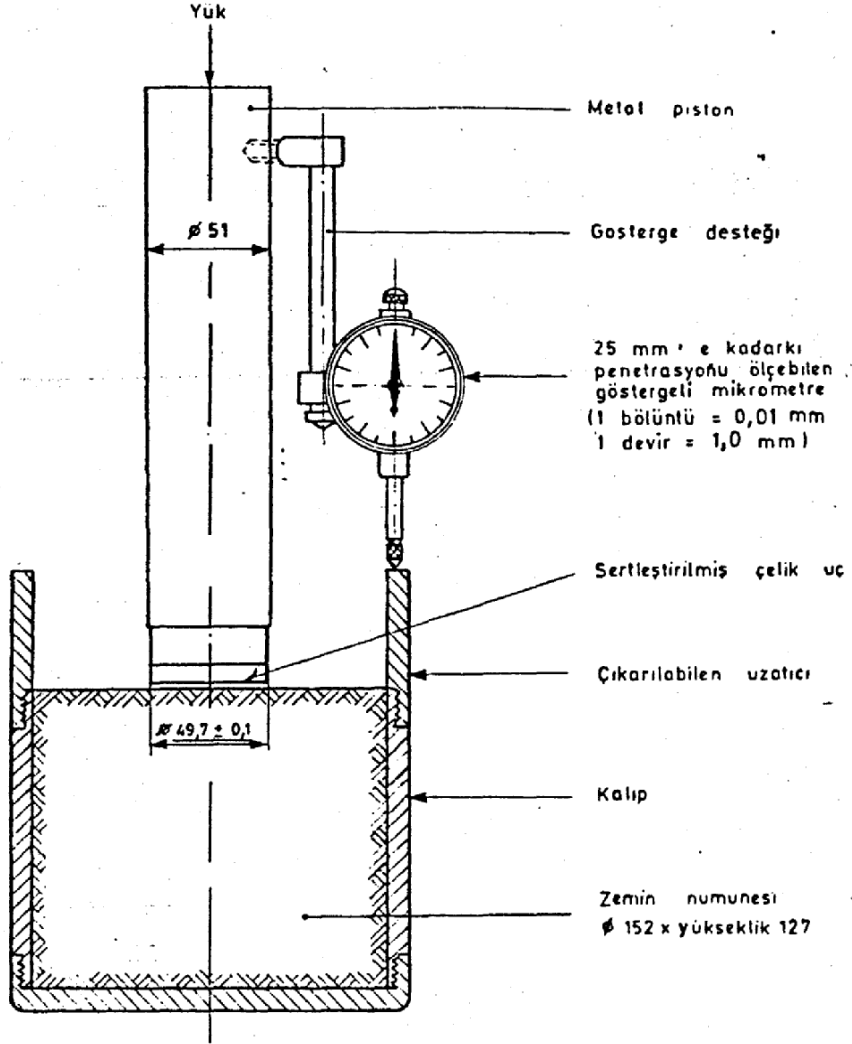
Burada W_2 : Kalıpla taban plakasının ağırlığı (g)

W_3 : Kalıp, taban plakası ve kalıptaki zeminin ağırlığı (g)

Zeminin kuru birim hacim ağırlığı:

$$\gamma_k = \frac{100}{100 - w} \quad w: \text{Zeminin su içeriğidir. (\%)}$$

Ölçüler mm dir

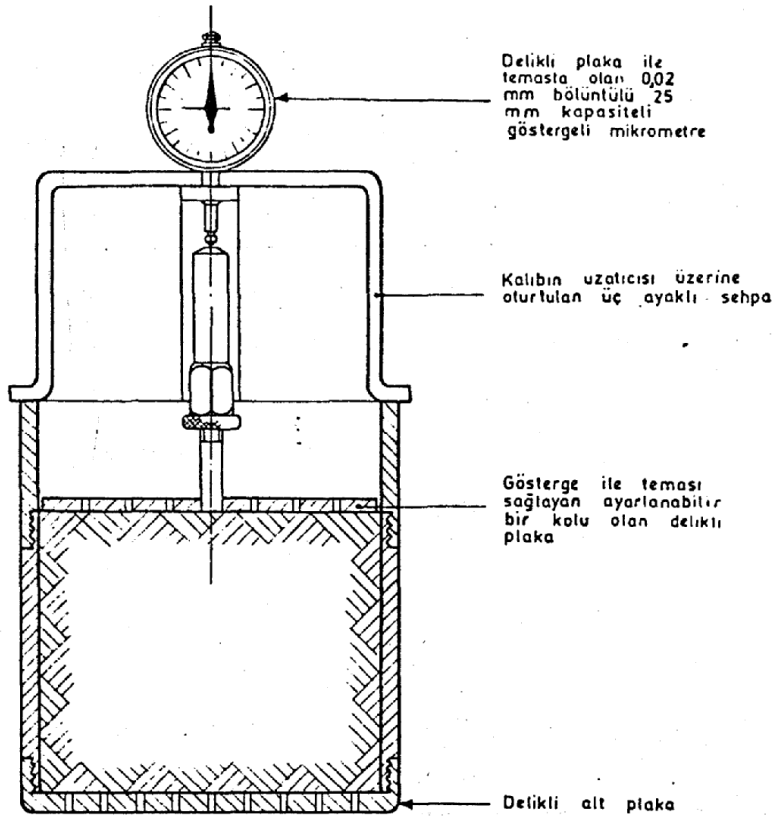


NOT - Şekilde gösterilen alet yeterlidir; zornun işlevlerini yerine getirebilen başka bir alet de kullanılabilir (Zornun boyutların altı çizilmiştir.)

Şekil 1.5: CBR deneyi

➤ **Sonuçların sunuluşu:**

Kaliforniya taşıma oranı % 30'a kadar değerler için % 1 yakınlıkla % 30 ile % 100 arasındaki değerler için % 5 yakınlıkla, % 100'den büyük değerler için % 10 yakınlıkla verilir. Sıkıştırma metodu ile ilgili ayrıntılar, zeminin kuru birim hacim ağırlığı, deneyden sonraki su içeriği ve suda bekletilmişse bu bekletilme süresi ayrıca belirtilmelidir. Genellikle, deney sonuçları numunenin alt ve üst ucu için ilgili su içerikleri ile birlikte, ayrı ayrı verilir. Ancak sonuçlar, ortalama taşıma oranından %10'dan daha az bir sapma gösteriyorsa sonuçların ortalaması verilir.



NOT - Şekilde gösterilen alet yeterlidir; zorunlu işlevlerini yerine getirebilen başka bir alet de kullanılabilir.

Şekil 1.6: CBR deneyi için suda bekletilen numunenin yüzey hareketini ölçmeye yarayan alet

UYGULAMA FAALİYETİ

- 20 nu.lı elek altına geçen malzemeye CBR deneyi yapınız. Elde edilen sonuçlara göre gerekli hesaplamaları yaparak deney raporu hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Deney için kullanılacak araç gereçleri önceden hazırlayınız.➤ Deney numunesini hazırlayınız.➤ Sıkıştırma yöntemlerinden birini kullanınız.➤ Numuneyi basınç aletine koyup penetrasyon değerlerini ölçünüz.➤ Numune yüzeyini düzeltiniz.➤ Ters yönde penetrasyon değeri ölçünüz.➤ Numunenin su içeriğini bulmak için numune (alttan ve üstten) alınız.➤ Usulüne uygun su içeriğini belirleyiniz.➤ Deney bittikten sonra kullanılan araç gereç temizliğini yapınız➤ Deney bittikten sonra hesaplamaları yapınız ve deney raporunu hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Piston kaldırılır ve numune yüzeyinde bırakmış olduğu girintiler doldurularak ve çıkıntılar çelik cetvelle kesilerek numunenin yüzeyi düzlenir.➤ Numunenin her iki ucu da denenecekse taban plakası kalıbın altından üst ucuna takılır ve kalıp, içindeki numuneyle birlikte ters çevrilir ve 3 numaralı işlemler numunenin diğer ucu içinde uygulanır.➤ Penetrasyon değerleri ve bunlara karşılık olan piston yükleri bir grafik kâğıt üzerine işaretlenir ve elde edilen noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir.➤ CBR değeri 2,5 mm'lik ve 5,0 mm'lik penetrasyonlarda hesaplanır ve elde edilen bu iki değerden büyük olanı zeminin CBR değeri olarak kabul edilir.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney için kullanılacak araç gereçleri önceden hazırladınız mı?		
2. Deney numunesini hazırladınız mı?		
3. Sıkıştırma yöntemlerinden birini kullandınız mı?		
4. Numuneyi basınç aletine koyup penetrasyon değerlerini ölçtünüz mü?		
5. Numune yüzeyini düzelttiniz mi?		
6. Ters yönde penetrasyon değeri ölçtünüz mü?		
7. Numunenin su içeriğini bulmak için numune (alttan ve üstten) aldınız mı?		
8. Usulüne uygun su içeriğini belirlediniz mi?		
9. Deney bittikten sonra kullanılan araç gereç temizliğini yaptınız mı?		
10. Deney bittikten sonra hesaplamaları ve deney raporunu hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () CBR deneyinin amacı zeminin taşıma değerini bulmaktır.
2. () Deney 20 nu.lı elek altına geçen malzeme üzerinde yapılmalıdır.
3. () Numunenin hazırlanışı, CBR deneyinde elde edilen sonuçlarını etkilemez.
4. () Su içeriğinin oldukça yüksek olduğu kohezyonlu zeminlerde (CBR değeri %5'ten küçük) bu deneyin doğru değerler vermediği görülmüştür.
5. () CBR deney numunelerinin suda bekletilme işlemleri her zaman uygulanır.
6. () Penetrasyon değerleri ve bunlara karşılık olan piston yükleri bir grafik kâğıt üzerine işaretlenir ve elde edilen noktalar arasından düzgün bir eğri çizilir. Bu eğri, normal olarak dışarıya doğru dışbükeydir.
7. () CBR değeri 2,5 mm'lik ve 5,0 mm'lik penetrasyonlarda hesaplanır ve elde edilen bu iki değerden büyük olanı zeminin CBR değeri olarak kabul edilir.
8. () Mikrometre, hava sıcaklığını ölçen bir cihazdır.
9. () Kullanılmakta olan sıkıştırma metotları, statik sıkıştırma ve dinamik sıkıştırma değildir.
10. () Eğrinin başlangıç kesimi yukarıya doğru içbükeyse bir düzeltme yapmak gerekir.
11. () Deney, genellikle zeminin kazı anındaki doğal su içeriğinde yapılır.
12. () CBR deneyi ile zeminlerin tane çapı dağılımını tespit etmek kolaydır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti ile gerekli ortam sağlandığında zeminlerde arazide kayma dayanımının kanatlı kesici ile saptanması deneyini kuralına uygun yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bu faaliyeti tam olarak kavrayabilmeniz için zeminlerde örselenmiş-örselenmemiş numunelerin elde edilişi ve taşınması konuları hakkında araştırma yapınız.

2. ZEMİNLERDE ARAZİDE KAYMA DAYANIMININ KANATLI KESİCİ İLE SAPTANMASI DENEYİ (VEYN DENEYİ)

Bu deney, killi zeminlerin, drenajsız koşullarda, kayma direncini ölçmek için laboratuvarda veya arazide yapılan bir deneydir. Alet (sonda) birbirine dik olarak birleştirilmiş 4 metal plakadan oluşur.

Laboratuvar sondasının çap ve yüksekliği 1-2 cm, arazi sondasının çap ve yüksekliği ise 10-20 cm kadardır. Laboratuvar sondası için örnek alıcı (tüp) içinde bulunan örselenmemiş zemin örneğine veya düzlenmiş zemin yüzüne gerek vardır. Sonda zemine batırılır, sonra döndürme momenti uygulanarak zemin, bir silindirin alt üst ve yan yüzleri boyunca kesilir.

Arazide deney yapmak için açılmış bir sondaj deliğine ihtiyaç vardır veya çakmalı tiplerde, sonda koruyucunun içinde zemine çakılır, sonra döndürme momenti uygulanır, zemin kesilir. Kesme anında uygulanan döndürme momenti, bir ölçme düzeni ile ölçülür. Döndürme momentini ölçmek için genellikle döndürmeye karşı lineer, elastik davranan, kalibre edilmiş yaylar kullanılır.

2.1. Deneyin Yapılışı

2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları Hazırlamak

Kanatlı kesici: Yüksek nitelikte paslanmaz çelikten yapılmış (Arazi sondasının çap ve yüksekliği ise 10-20 cm kadardır.)

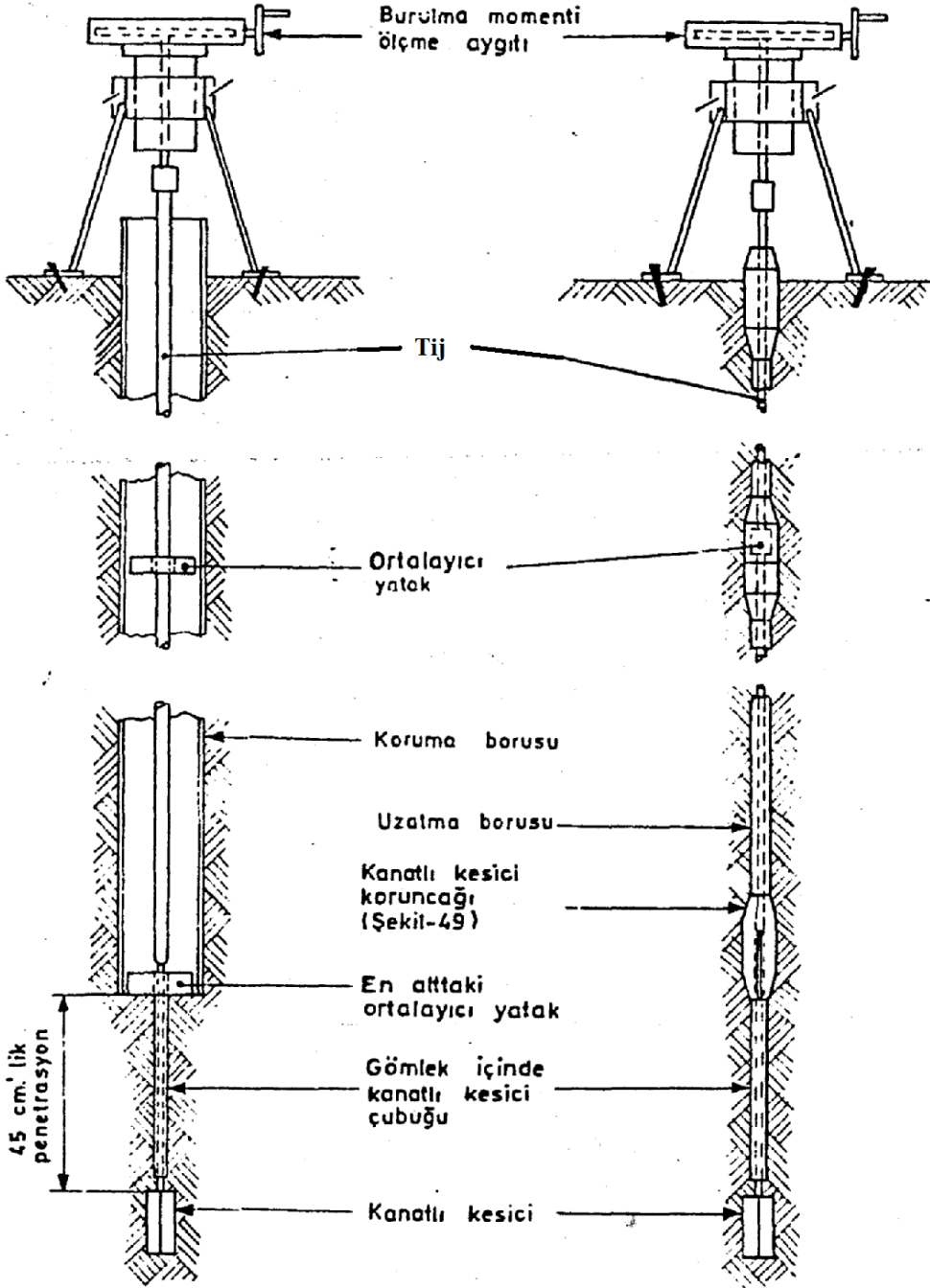
Tijler: Boyları 90 cm dolayında ve eksenel kuvvetlere dayanabilecek sağlamlıkta olmalıdır.

Yatak: Sondaj borusu içinde çubukların tam ortadan geçmesini sağlayacak nitelikte olmalıdır.

Tork aleti: Bu aygıtın yerden yüksekliği ayarlanabilmeli ve aygıt istenilen durumda uzatma çubuklarına kenetlenmelidir. Aygıt 0-7 kg arasındaki burulma momentlerine %1 duyarlıkta ölçebilmelidir.

2.1.2. Sondaj Kuyusunu Açmak

- **Sondaj yeri seçimi:** Deney yapılacak arazide muhtelif bölgelerde arazinin durumuna, eğimine, üzerindeki doğal duruma göre yapının temelinden uzak noktalar seçilir.
- **Sondaj sayısı:** Zeminin özelliğine ve ihtiyaca göre belirlenir (en az 2).



Şekil 2.1: Sondaj kuyusunda kullanılan kanatlı sonda

Şekil 2.2: Yere çakılan türdeki kanatlı kesici

- **Sondaj derinliği:** Sert zeminlerde 3-5 metreye daha yumuşak zeminlerde 6-7 metreye kadar burguyla sondaj yapılabilir. 7 metreden fazla derinlikte burguyu çıkarmak için sehpa kurulur.

2.1.3. Kesiciyi Sondaj Çukuruna İndirmek

Kanatlı kesici, uzatma çubuklarıyla birlikte, önceden delinmiş ve genellikle bütün derinliği boyunca koruma borusu ile donatılmış sondaj kuyusuna indirilir. Kanatlı kesici indirilirken çubuk bağlantılarının sıkı kalmasına özen gösterilmelidir. Çubukların eksen doğrultusundan sapmalarını önlemek için yeterli sayıda ortalayıcı yatak yerleştirilmelidir. Bu yataklar arasındaki uzaklık, çubukların sağlamlığına bağlı olarak 3 m ile 9 m arasında olmalıdır.

2.1.4. Zemine Kuvvet Uygulamak

Kanatlı kesici kuyunun dibine oturduktan sonra, döndürülmeden ve sürekli bir hareketle, örselenmemiş zemine itilir. Kesicinin zemine itilme miktarı, kuyu çapının 3 katı olmalıdır.

2.1.5. Burulma Momenti Aletini Kurmak ve Çalıştırmak

Burulma momenti ölçme aygıtı, en üstteki çubuğun üzerine geçirilip istenilen yüksekliğe ayarlanır ve bu çubuğa kenetlenir. Aletin tabanı yere sağlam bir biçimde saptırılır. Ölçme göstergesi, alettaki boşluklar alındıktan sonra, sıfıra getirilir.

Bundan sonra kanatlı kesici, zemin kesilene değin döndürülür. Deney boyunca çubukları döndürme hızı saniyede 0,1°- 0,2° (dakikada 6°-12°) sınırları arasında olmalıdır. Göstergenin maksimum değeri, zemini kesmek için gerekli burulma momentini verir.

2.1.6. Temizlik

Deney bitirdikten sonra kullanılan araç gereç usulüne uygun olarak temizlenir. Kullanılan ekipman laboratuvarında ilgili yerlerine yerleştirilir.

2.1.7. Hesaplamaları ve Deney Raporunu Hazırlamak

Zeminin kanatlı kesiciyle ölçülen drenajsız kayma dayanımı S_u řu formülden hesaplanır:

$$S_u = \frac{100.M}{K} \text{ (kg/ cm}^2\text{)}$$

Burada:

M : Zemini kesmek için gerekli tork (kg.m)

K : Kanatlı kesicinin biçimine ve boyutlarına bağlı bir katsayı (cm³)

Kanatları dikdörtgen biçimde olan bir kesici için kayma dayanımı, silindir biçimindeki kesme yüzeyinin uçlarında ve çevresi üzerinde üniform kabul edilecek olursa:

$$K = \frac{\pi D^2 H}{2} \left(1 + \frac{D}{3H}\right)$$

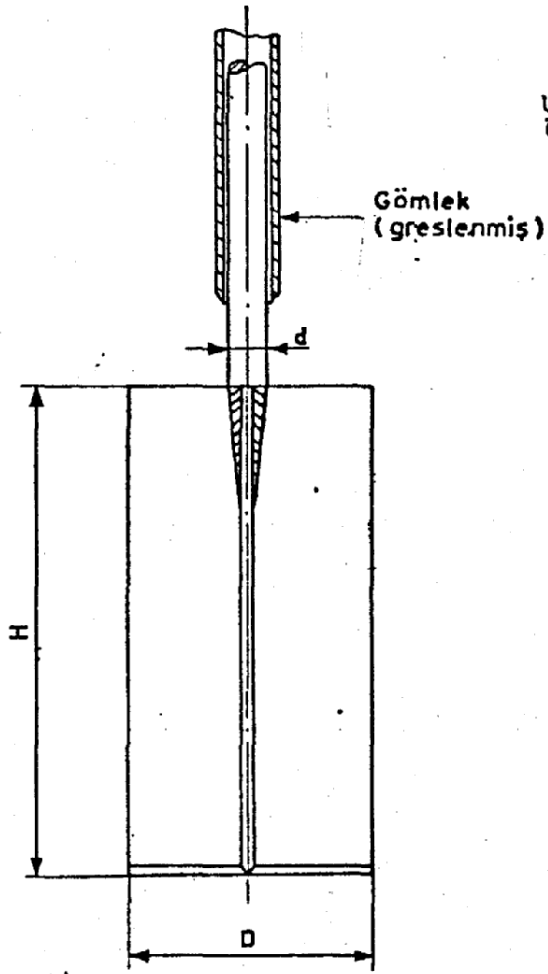
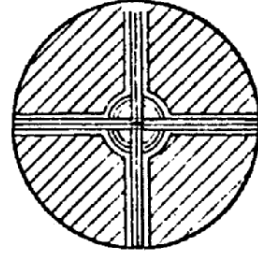
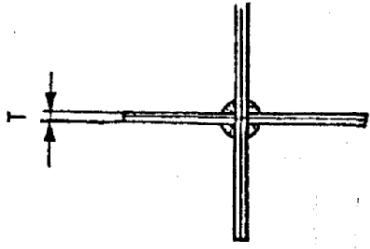
Burada:

D : Kanatlı kesicinin eni (cm)

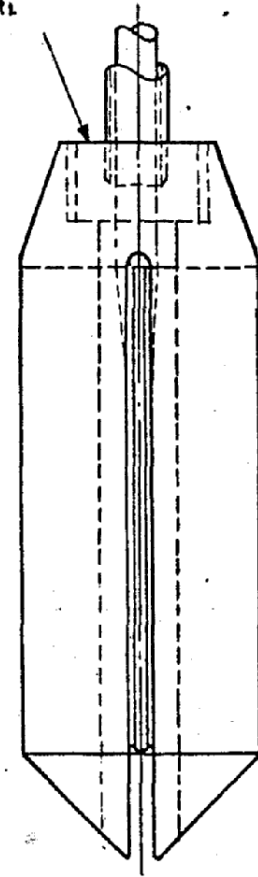
H : Kanatlı kesicinin boyu (cm)

Not: Kanatlardaki olası çarpıklıkları veya aşınmaları erken saptamak için bu boyutların belirli aralarla denetlenmesi gerekmektedir. Kanatlı kesicinin boyunun enine oranı 2/1 olduğu durumlarda K'yı veren denklem şöyle basitleştirilebilir.

$$K = 3,67 D^3$$



Şekil 2.3: Kanatlı kesici ile çubuk bağlantısı



Şekil 2.4: Kanatlı kesici korunacağı

UYGULAMA FAALİYETİ

- Çevrenizde killi zemin bulunan uygun bir arazide kaya direnci (Veyn) deneyi yapınız. Gerekli hesaplamaları yaparak deney raporunu hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Deney için kullanılacak araç gereçleri önceden hazırlayınız➤ Sondaj kuyusu açınız.➤ Kesiciyi sondaj çukuruna indiriniz.➤ Kanatlı kesici indirilirken çubuk bağlantılarının sıkı kalmasına özen gösteriniz.➤ Çubukların eksen doğrultusundan sapmalarını önlemek için yeterli sayıda ortalayıcı yatak yerleştiriniz.➤ Zemine kuvvet uygulayınız➤ Kesicinin zemine itilme miktarının, kuyu çapının 3 katı olmasına dikkat ediniz.➤ Burulma momenti aletini kurunuz.➤ Burulma momenti aletini çalıştırınız.➤ Deney bittikten sonra kullanılan araç gereçlerin temizliğini yapınız.➤ Deney bittikten sonra hesaplamaları ve deney raporunu hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kesicinin zemine itilme miktarı, kuyu çapının 3 katı olmalıdır.➤ Deney boyunca çubukları döndürme hızı saniyede 0,1°- 0,2° (dakikada 6°-12°) sınırları arasında olmalıdır➤ Kanatları dikdörtgen biçimde olan bir kesici için kayma dayanımı, silindir biçimindeki kesme yüzeyinin uçlarında ve çevresi üzerinde üniform kabul edilecek olursa; $K = \frac{\pi D^2 H}{2} \left(1 + \frac{D}{3H}\right)$ formülünü kullanınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney için kullanılacak araç gereçleri önceden hazırladınız mı?		
2. Sondaj kuyusu açtınız mı?		
3. Kesiciyi sondaj çukuruna indirdiniz mi?		
4. Kanatlı kesici indirilirken çubuk bağlantılarının sıkı kalmasına özen gösterdiniz mi?		
5. Çubukların eksen doğrultusundan sapmalarını önlemek için yeterli sayıda ortalayıcı yatak yerleştirdiniz mi?		
6. Zemine kuvvet uyguladınız mı?		
7. Kesicinin zemine itilme miktarının, kuyu çapının 3 katı olmasına dikkat ettiniz mi?		
8. Burulma momenti aletini kurdunuz mu?		
9. Burulma momenti aletini çalıştırdınız mı?		
10. Deney bittikten sonra kullanılan araç gereçlerin temizliğini yaptınız mı?		
11. Deney bittikten sonra hesaplamaları ve deney raporunu hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. () Bu deney, killi zeminlerin, drenajsız koşullarda, kayma direncini ölçmek için laboratuvarında veya arazide yapılan bir deneydir.
2. () Kesme anında uygulanan döndürme momenti, bir ölçme düzeni ile ölçülür.
3. () Örselenmemiş zemin doğal yapısı bozulmuş zemindir.
4. () Kanatlı kesici kuyunun dibine oturduktan sonra, döndürülmeden ve sürekli bir hareketle, örselenmemiş zemine itilir.
5. () Çubukların eksen doğrultusundan sapmalarını önlemek için ortalayıcı yatak kullanılmasa da olur.
6. () Kesicinin zemine itilme miktarı, kuyu çapının 3 katı olmalıdır.
7. () Ölçme göstergesi, aletteki boşluklar alındıktan sonra sıfıra getirilir.
8. () Kanatlardaki olası çarpıklıklar veya aşınmalar deney sonucunu etkilemez.
9. () Sert zeminlerde 3-5 metreye daha yumuşak zeminlerde 6-7 metreye kadar burguyla sondaj yapılabilir.
10. () Göstergenin maksimum değeri, zemini kesmek için gerekli burulma momentini verir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

1. Bir yol inşaatı sırasında yol alt yapısının birbirinden uzak iki noktasından alınan örselenmemiş numuneler üzerinde CBR deneyi yapılmıştır. Aşağıda verilen deney sonuçlarına göre zeminlere ait Kaliforniya taşıma oranlarını bulunuz.

penet-rasyon mm	standart basınç kg/cm ²	DENEY 1				DENEY 2			
		yük kg	basınç kg/cm ²	D.basınç kg/cm ²	CBR %	yük kg	basınç kg/cm ²	D.basınç kg/cm ²	CBR %
0,625	-	320	-	-		22	-	-	
1,25	-	515	-	-		75	-	-	
1,825	-	651	-	-		160	-	-	-
2,5		748	-			298			
3,75	-	855	-	-		535	-	-	
5,0		935	-			732			
7,5	-	1082	-	-		952	-	-	
10	-	1175	-	-		1080	-	-	
12,5	-	1225	-	-		1180	-	-	-

Tablo 2.1: CBR deney sonuçları

2. Bir yumuşak kil üzerinde yapılan veyn deneyinde;

Mb: 14,6 kg'lık

Bir burulma momenti tatbik olunduğunda kayma meydana gelmiştir. Kilin kayma mukavemetini bulunuz. “Veyn”in çapı 10 cm yüksekliği 20 cm’dir.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Zeminlerde Kaliforniya taşıma oranı tayini (CBR) deneyini kuralına uygun yaptınız mı?		
2.	Deney bittikten sonra kullanılan araç gereçlerin temizliğini yaptınız mı?		
3.	Deney bittikten sonra hesaplamaları ve deney raporunu hazırladınız mı?		
4.	Zeminlerde arazide kayma dayanımının kanatlı kesici ile saptanması (veyn deneyi) deneyini kuralına uygun yaptınız mı?		
5.	Deney bittikten sonra hesaplamaları ve deney raporunu hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru
11	Doğru
12	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru

KAYNAKÇA

- CAN H., A. GÜNTEKİN, M. ASLAN, D. DEMİRAN, **Alt Yapı Laboratuvarı**, MEB, İstanbul, 1992.
- KUMBASAR V., F. KİP, **Zemin Mekaniği Problemleri**, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 1985.
- TAYMAZ Haydar, **Yapı Bilgisi II**, MEB, İstanbul, 2001.
- TS 1900, **İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri**, Ankara, 1987.
- UZUNER Ali Bayram, **Temel Zemin Mekaniği**, Teknik Yayınevi, Ankara, 1996.