

## ZEMİN MUKAVEMETİ: LABORATUVAR DENEY YÖNTEMLERİ

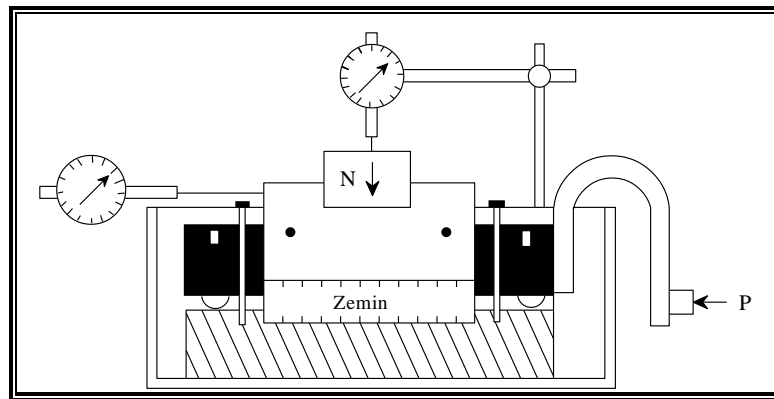
Arazide bir yapı temeli veya toprak dolgu altında kalacak, veya herhangi bir başka yüklemeye maruz kalacak zemin tabakalarının gerilme-şekil değiştirme davranışlarını ve kayma mukavemetlerini belirlemek için, bu tabakalardan numune almak ve bunları laboratuvarda deneye tabi tutmak amacı ile birçok deneysel yöntem geliştirilmiştir. Bunlar arasında, daha yaygın olarak kullanılan yöntemler:

- ✓ Kesme Kutusu Deneyi
- ✓ Serbest Basınç Deneyi
- ✓ Basınç Deneyi
- ✓ Laboratuvar Veyn ve Düşen Koni Deneyleridir.

Bu bölümde, yukarıdaki deney yöntemleri tek tek incelenecek ve her birinin kullanılması uygun zemin çeşitleri ile avantajlı ve dezavantajlı yönlerinin tartışılması yapılacaktır.

### KESME KUTUSU DENEYİ

Kesme kutusu deneyinde, zemin numunesi dikdörtgen veya dairesel kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir. Uygulanan bir kesme kuvveti altında, kutunun bir parçası sabit tutulurken diğer parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilmekte ve böylece numunenin ortasından geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanmaktadır.

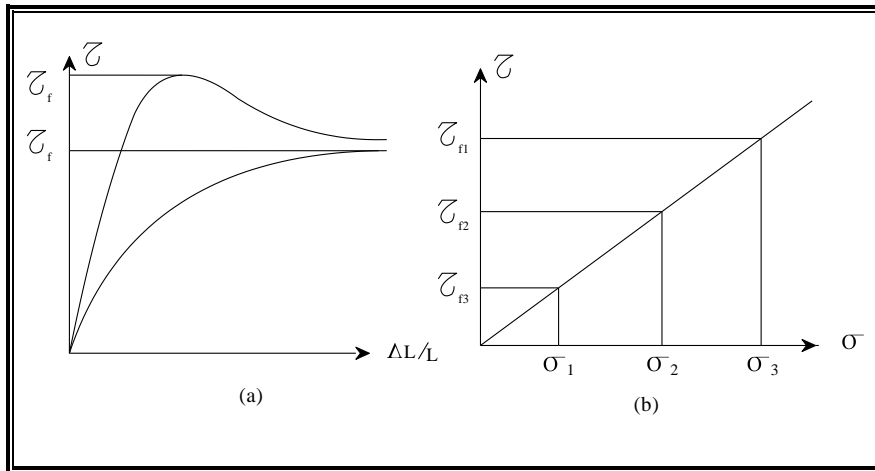


Şekil 1. Kesme Kutusu Deney Aleti

Şekil 1’de kesme kutusu deney düzeni şematik olarak gösterilmiştir. Numune üzerine normal gerilme uygulamak, ve böylece kesmeden önce zeminin konsolide olması ve kesme sırasında normal gerilmelerin kontrol altında tutulması mümkün olmaktadır. Bu deneyde, zemin önceden belirlenmiş (numunenin ortasından geçen) yatay bir düzlem boyunca kırılmaya (göçmeye) zorlanmaktadır.

Belirli bir normal gerilme altında, uygulanan kesme kuvveti ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler ölçülmekte ve Şekil 2a’da gösterilene benzer deneysel eğriler elde edilmektedir. Eğrilerin şekli zeminin cinsine ve başlangıç durumuna bağlıdır.

Deney sırasında ulaşılan en büyük kayma gerilmesi veya göçme kabul edilebilecek şekil değiştirmelere yol açan kayma gerilmesi zeminin belirli bir normal gerilme altında kayma mukavemetini vermektedir. Deney değişik normal gerilmeler altında tekrarlanarak Şekil 2b’de gösterildiği gibi zeminin mukavemet zarfını elde etmek mümkün olmaktadır. Yani farklı normal gerilme değerleri için ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) farklı kayma mukavemeti ( $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ ) değerleri bulunur ve bu değerler kullanılarak Şekil 2b’deki gibi bir zarf elde edilir. Bu zarf o zemine ait Mohr-Coulomb kırılma zarfını verir. Bu zarfın altında kalan gerilme değerlerinde göçme olmaz, ancak zarf üzerindeki her nokta limit durumu ifade eder. Zarfın üst tarafındaki bölge ise fiziksel olarak mümkün olmayan bir bölgeyi gösterir.



Şekil 2. Kesme Kutusu Deneyi Sonuçları

Bu deney düzeni ile, kesme sırasında zeminin drenajını kontrol etmek ancak yükleme hızını zeminin permeabilitesine göre ayarlamak ile mümkün olmaktadır. Permeabilitesi yüksek zeminlerde (kumlarda) drenajlı koşullar geçerli olurken, düşük permeabiliteli zeminlerde (killi gibi) normal yükleme hızlarında drenajsız, çok yavaş yükleme hızlarında drenajlı koşullar geçerli olmaktadır.

Dneye ait bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Bunlar;

- kesme sırasında oluşan boşluk suyu basıncı artışlarını ölçmenin mümkün olmaması,
- göçmeye ulaşmadan önceki gerilme seviyelerinde asal gerilme doğrultularının belirsiz olması,
- göçmenin daha önceden belirlenmiş bir düzlem boyunca olmaya zorlanması,
- kırılma düzlemi boyunca gerilme dağılımının üniform olmamasıdır.

Uygulamada, kesme kutusu deneyi daha çok kumların kayma mukavemetini saptamak için kullanılmaktadır. Kum zeminler için elde edilen kayma mukavemeti açısı  $\phi$  drenajlı yükleme durumları için olup, arazi koşulları ile uyumlu olduğu kabul edilebilir.

Kohezyonsuz numunelerde (kumlu) deney numunesinin arazi boşluk oranına (e) sahip olacak şekilde hazırlanmasına dikkat etmek gerekmektedir. Kohezyonlu (killi) numunelerde ise su muhtevası büyük önem taşır.

#### **Alan Düzeltmesi:**

Deney sırasında kayma gerilimsinin olduğu yatay düzlemde numune alanı sürekli olarak azalmaktadır. Bu nedenle alan düzeltmesi yapılmalıdır.

Düzeltilmiş alan=  $L_0 * (L_0 - \Delta L)$  olarak bulunur.

### Deney adımları:

- Laboratuvarımızdaki kesme kutusu deneyine ait numune boyutları 6 cm\*6 cm \* 2 cm'dir, yani kare kesitlidir (Şekil 3). Laboratuvarımızda olmamakla beraber dairesel kesitli deney aletleri de mevcuttur (Şekil 4).
- Killi bir zemin ile deney yapılacak ise, kesme kutusu kalıbı kullanılarak deney için üç adet numune hazırlanır ve birincisi deney aletine yerleştirilir.
- Numunenin alt ve üst tarafına poroz taşlar konulur. Yükleme için gerekli yükleme başlığı yerleştirilir.
- Belirli bir normal gerilme uygulanır.
- Deney başlatılır, hızlı deneyler için 0.5 mm'dak hız uygulanır; yani aletin bir dakikada numuneye 0.5 mm deplasman uygulaması sağlanır.
- Yatay-düşey deplasman ve yük okumaları alınır.
- Yük okumalarında sabit bir değere ulaşıncaya kadar veya %20 birim deformasyon değerine kadar deneye devam edilir.
- Deney sonunda deney aleti durdurulur, numune çıkarılır ve su muhtevası numunesi alınır.
- Okunmuş olan değerler kullanılarak grafikler çizilir. Alan düzeltmesi yapılmalıdır.
- Uygulanmış olan normal gerilme altındaki kayma mukavemeti değeri belirlenir.
- Deney farklı iki normal gerilme altında daha yapılır ve mukavemet zarfı çizilir. Zemine ait mukavemet parametreleri belirlenir.



Şekil 3. Kesme kutusu deney aleti

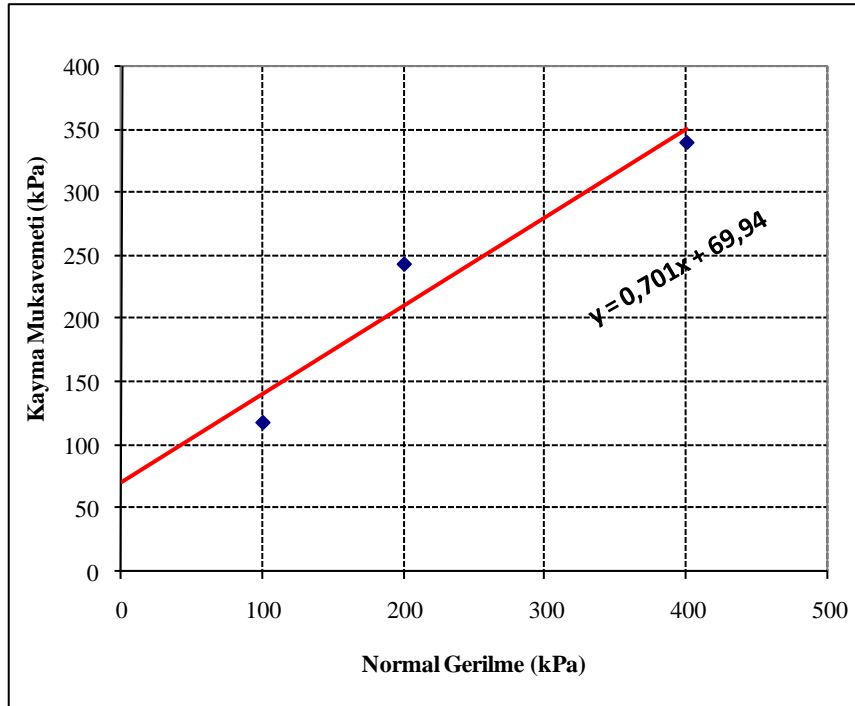


Şekil 4. Dairesel kesitli kesme kutusu deney numunesi

Örnek:

$\sigma$ , kN/m <sup>2</sup>	$\tau$ , kN/m <sup>2</sup>
100	118,00
200	243,23
400	339,33

Bu değerler kullnılarak kırılma zarfı çizilebilir.



Şekil 5. Normal Gerilme – Kayma Mukavemeti Grafiği

- ✓ Deneý sonuçlarından elde edilen Normal Gerilme( $\sigma$ ) ile Kayma Mukavemeti ( $\tau$ ) grafiđi Őekil 5'te görülmektedir. Deneý sonucunda elde edilen noktalar arasından en uygun dođru geçirildiđi takdirde söz konusu dođrunun denkleminde dođruya ait aı,  $\phi$ , ve y ekseninin kestiđi nokta, c deđeri elde edilir.
- ✓ Kesme kutusu deneýi yapılan örnek numunenin mukavemet parametreleri olarak kohezyon değeri  $70 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı ise 35 derece olarak bulunmaktadırdır. Bu mukavemet değerlerinin drenaj Őartlarına bağlı olarak deđiŐeceđi unutulmamalıdır.

**Kaynaklar:**

zaydın, K., *Zemin Mekaniđi*, İstanbul

zalp, A., *İnŐaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi*, K.T.

iniciođlu, S.F., *Zemin Mekaniđi Ders Notları*, A.

Kumbasar, V., Kip, F., *Zemin Mekaniđi Problemleri*, İstanbul