

PERMEABİLİTE VE KONSOLİDASYON DENEYLERİ İLE ELDE EDİLEN PERMEABİLİTE KATSAYILARININ KARŞILAŞTIRILMASI

| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Sami ARSOY | Erdiñ KESKİN | Cüneyt YILMAZ |
| Doç. Dr. | Arş.Gör. | Arş.Gör. |
| Kocaeli Üniversitesi | Kocaeli Üniversitesi | Kocaeli Üniversitesi |
| Kocaeli, Türkiye | Kocaeli, Türkiye | Kocaeli, Türkiye |

ÖZET

Killi zeminlerin permeabilite katsayısı genel olarak Düşen Seviyeli Permeabilite deneyi yardımıyla bulunmakta olup oldukça uzun bir süre sonunda elde edilebilmektedir. Zaman baskısı olduğunda alternatif olarak, Konsolidasyon ve Üç Eksenli Kesme deneyleri yardımıyla daha kısa sürelerde belirlenebilmektedir. Bu çalışmada seçilmiş bir kil numunesinin permeabilitesi hem Düşen Seviyeli Permeabilite deneyi hem de Konsolidasyon deneyi ile bulunmuş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, permeabilite deneyi ile bulunan permeabilite katsayısının konsolidasyon deneyleri ile bulunan permeabilite katsayılarına oranla daha büyük olduğu ve boşluk oranının azalmasıyla permeabilite katsayısının beklendiği üzere azaldığı gözlemlenmiştir.

AMAÇ

Permeabilite katsayısı zeminlerin en çok farklılık gösteren ve diğer faktörlerden en çok etkilenen özelliklerinden biridir. Permeabilite katsayısı laboratuarda permeabilite deneyi, konsolidasyon deneyi ve üç eksenli kesme deneyi ile bulunabilmektedir. Bu yöntemlerin dışında elektriksel yöntemlerle permeabilite katsayısının tespitine yönelik çalışmalara da rastlanılmakta olsa da uygulamada kullanım bulmamaktadır (1).

Killerin permeabilite katsayısı oldukça düşük olup geleneksel olarak düşen seviyeli permeabilite deneyi ile ölçülmektedir. Bu metot, numunenin doyması beklendiğinden oldukça uzun sürelerde sonuçlar vermektedir. Alternatif olarak konsolidasyon deneyi ve üç eksenli kesme deneyleri yardımıyla da permeabilite katsayısı bulunabilmektedir. Konsolidasyon deney düzeneği, permeabilite deney düzeneği gibi geoteknik laboratuvarlarında daha yaygın olarak kullanılan bir cihazdır. Ayrıca konsolidasyon deneyi yapılarak permeabilite deneyine göre daha kısa sürelerde permeabilite katsayısı bulunabilmektedir. Zaman tasarrufu ve konsolidasyon deney düzeneğinin yaygın olarak kullanıldığı düşünüldüğünde, konsolidasyon deneyinin zaman baskısı olduğunda daha fazla tercih edilebileceği gözükmektedir.

Bu amaçla, killi bir zemin üzerinde hem konsolidasyon deneyi hem de düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılarak permeabilite katsayıları bulunmuş ve bu değerler irdelenmiştir.

ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Seçilen bir kil numunesi üzerinde ilk olarak, numunenin geoteknik özelliklerini belirlemek için elek analizi, hidrometre, özgül kütle, kompaksiyon deneyleri, malzemenin permeabilite katsayısının bulunması amacıyla hem düşen seviyeli permeabilite deneyi hem de konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Her iki deney sonucuna göre permeabilite katsayıları hesaplanmıştır.

Permeabilite zeminlerin en geniş aralıkta değişim gösteren özelliği olup laboratuvar ölçümleri sırasında güvenilirliği etkileyebilecek birçok faktör söz konusudur. Bunlardan bazılarını belirtmek gerekirse, numune içinde hava kabarcıkları hapsolmuş ve buna bağlı olarak doygunluk derecesi %100'den küçük olabilir veya numune farklı sıklıklarda olabilir (2). Zemin dokusu ise yine deney sonuçlarında önemli etkiye sahiptir (3). Bu tip durumlarda deney sonuçlarında önemli derecede değişiklikler gözlemlenebilir.

Çalışma kapsamında, deney numunelerinin optimum su muhtevasında hazırlanması istenmiş olup permeabilite deneyi yapılacak numunenin kalıba hangi su muhtevasında ve hangi sıklıkta sıkıştırılacağına kompaksiyon deneyi yapılarak karar verilmiştir. Bu amaçla numunenin optimum su muhtevası bulunmuş ve kuru numuneye optimum su muhtevası oranında su katılarak homojen bir şekilde numune karıştırılmıştır ve standart kompaksiyon enerjisi uygulanarak permeabilite kalıbına sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılan numune düşen seviyeli

permeabilite düzeneğine yerleştirilmiş ve numune doymun hale gelinceye kadar beklenmiştir. Numunenin doymun hale gelmesi 10 gün sürmüş olup daha sonra düşen seviyeli permeabilite deneyleri yapılmış ve elde edilen veriler kullanılarak numunenin permeabilite katsayısı hesaplanmıştır.

Konsolidasyon deneyine tabi tutulacak numunenin dokusu ile permeabilite deneyinde kullanılan numunenin dokularının aynı olması istenmiştir. Bunun için, konsolidasyon deneyi numunesi permeabilite deneyinden hemen sonra (konsolidasyon halkasının hidrolik kriko yardımıyla permeabilite numunesine yerleştirilmesi suretiyle) hazırlanmıştır. Bu şekilde permeabilite kalıbından biri üst ve biri alt kısımda olmak üzere doymun durumda toplam iki adet numune alınmış ve iki ayrı konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Bu örnekleme yöntemiyle zemin dokusunun ve doymunluğunun hem permeabilite deneyinde hem de konsolidasyon deneyinde pratik olarak aynı olması sağlanmıştır.

DENEY BULGULARI

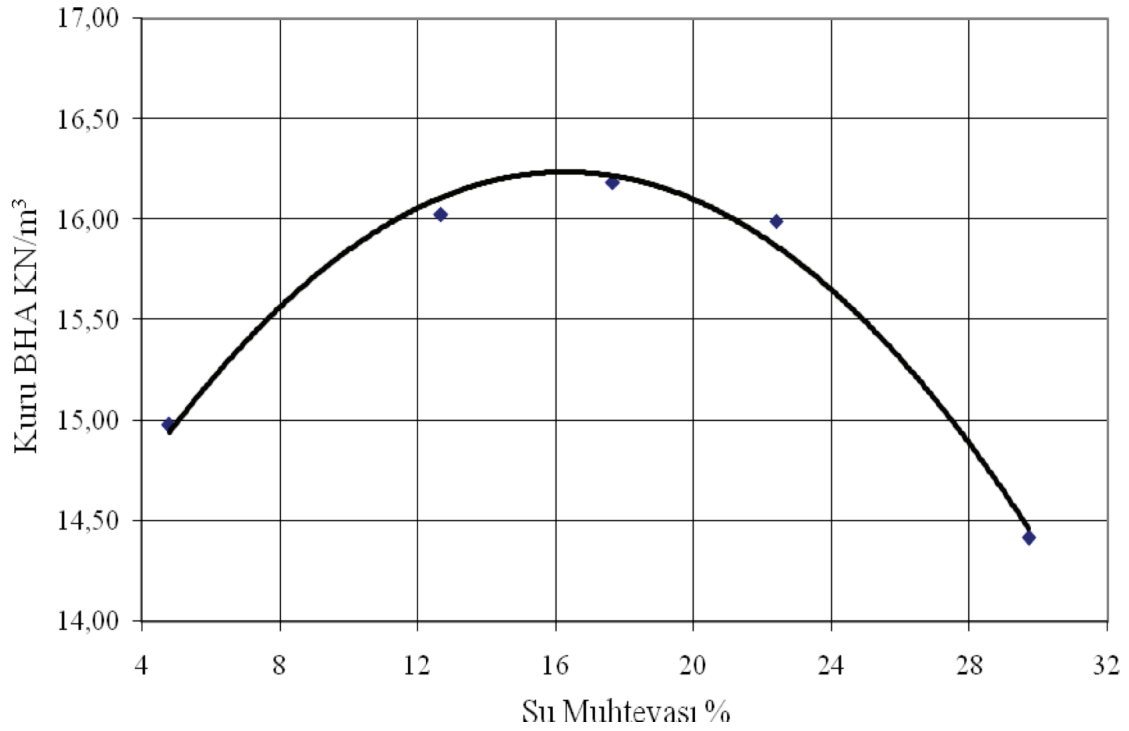
Deney numunesinin sağlıklı hazırlanabilmesi için rutin laboratuvar deneyleri öncelikle yapılmış olup numune standart proktor testinde maksimum kuru birim hacim ağırlık değerini verecek şekilde hazırlanmıştır.

Öncelikle deneyde kullanılan kil numunesinin zemin sınıfının belirlenmesi amacıyla elek analizi ve kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda likit limit değerinin 56, plastik limit değerinin 26 olduğu tespit edilmiştir. Elek analizi ve kıvam limitleri yardımıyla birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre sınıflandırma yapılmış ve zemin sınıfı CL (düşük plastisiteli kil) olarak bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1.Elek analizi ve kıvam limitleri deneylerinden elde edilen sonuçlar

| | |
|-----------------------------|------|
| Likit Limit (%) | 56 |
| Plastik Limit (%) | 26 |
| Plastisite İndisi (%) | 30 |
| Kum Yüzdesi (%) | 13,4 |
| Silt Yüzdesi (%) | 8,5 |
| Kil Yüzdesi (%) | 78,1 |
| Birleştirilmiş Zemin Sınıf. | CL |
| Özgül Ağırlık | 2,61 |

Permeabilite kalıbına sıkıştırılacak numunenin optimum su muhtevasında sıkıştırılması amacıyla numuneye standart kompaksiyon deneyi yapılmıştır. Bu deney sonucunda numunenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı $16,25 \text{ kN/m}^3$, optimum su muhtevası % 16,5 olarak bulunmuştur. Şekil 1’de standart kompaksiyon deneyi grafik halinde verilmiştir.



Şekil 1. Standart kompaksiyon deney sonucu

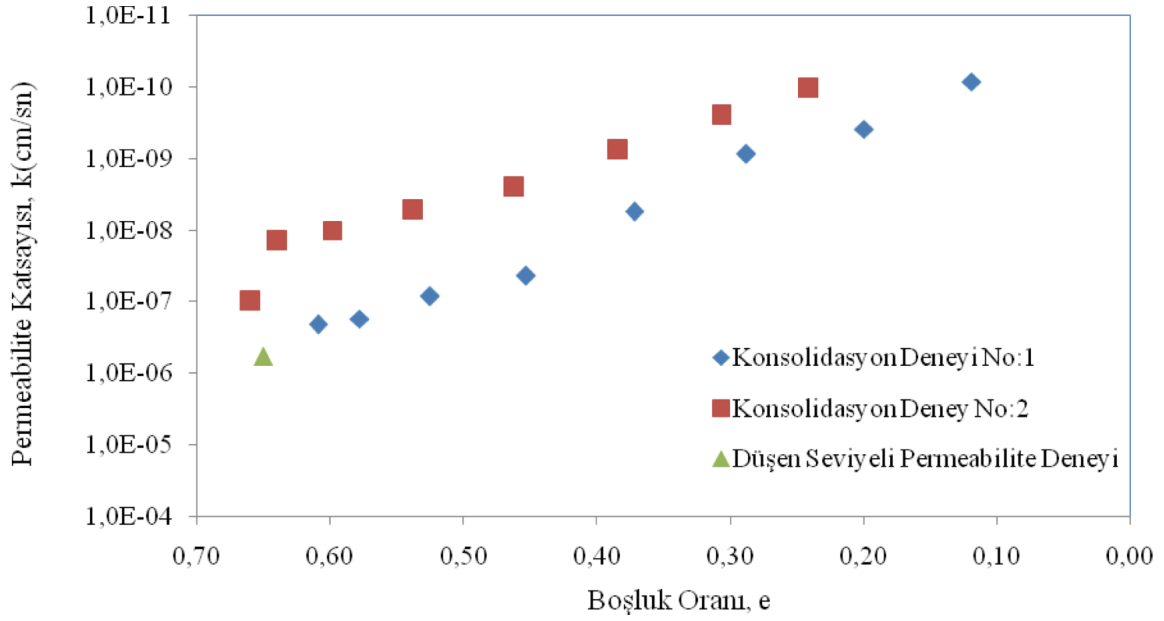
Düşen seviyeli permeabilite deneyi sırasında çeşitli zamanlarda okumalar alınmış ve permeabilite katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan permeabilite katsayısının ortalaması alındığında ortalama permeabilite katsayısı $5,71\text{E-}7 \text{ cm/sn}$ olarak belirlenmiştir. Deney boyunca alınan okumalar ve hesaplanan permeabilite katsayıları Tablo 2’de verilmiş olup bu değerler numunenin doyurulması aşamasındaki değerleri içermemektedir.

Tablo 2.Doyurulan numunede düşen seviyeli permeabilite deneyi verileri ve hesaplanan permeabilite katsayıları

| Saat/Gün | Su Seviyesi (cm) | Süre (dk) | k (cm/sn) |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 11:13 /Cuma | 113 | - | |
| 13:35/Cuma | 107,3 | 144 | 6,300E-07 |
| 14:10/Cuma | 105,8 | 35 | 7,050E-07 |
| 16:51/Cuma | 102 | 161 | 3,982E-07 |
| 17:25/Cuma | 98,7 | 34 | 1,695E-06 |
| 18:29/Cuma | 96,8 | 64 | 5,323E-07 |
| 18:52/Ctesi | 65,2 | 1463 | 4,734E-07 |
| 11:23/Pazar | 51,3 | 991 | 4,241E-07 |
| 14:41/Pazar | 49,1 | 198 | 3,880E-07 |
| 14:52/Pazar | 114,8 | - | |
| 09:15/Ptesi | 84,2 | 1103 | 4,926E-07 |
| 10:39/Ptesi | 82,3 | 84 | 4,762E-07 |
| 13:26/Ptesi | 77,8 | 167 | 5,901E-07 |
| 16:35/Ptesi | 71,2 | 189 | 8,221E-07 |
| 18:12/Ptesi | 67,4 | 97 | 9,911E-07 |
| 09:35/Salı | 52,4 | 923 | 4,780E-07 |
| 12:02/Salı | 50,8 | 147 | 3,697E-07 |
| 14:45/Salı | 48,8 | 163 | 4,319E-07 |
| 18:07/Salı | 46,6 | 202 | 4,003E-07 |
| 10:25/Çarşamba | 37,4 | 978 | 3,941E-07 |
| 15:05/Çarşamba | 35,4 | 280 | 3,440E-07 |
| 09:47/Perşembe | 27,7 | 1122 | 3,832E-07 |
| | | Ortalama | 5,710E-07 |

Konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak her yük kademesi için permeabilite katsayıları hesaplanmış olup ulaşılan değerler ve düşen seviyeli permeabilite deneyi ile elde edilen değerlerle birlikte Tablo 3 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Permeabilite deneyinde okuma zamanının deney sonucuna olası etkisini belirlemek için 10 dk. ile 1500 dk. arasında değişen zamanlarda düşen seviyeli permeabilite deney okumaları alınmış olup alınan okumalarla hesaplanan permeabilite katsayıları okuma zamanının bir fonksiyonu olarak Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere 200 dakikalık bekleme süresinden uzun sürelerde hesaplanan permeabilite katsayıları birbirine yakın olmaktadır.

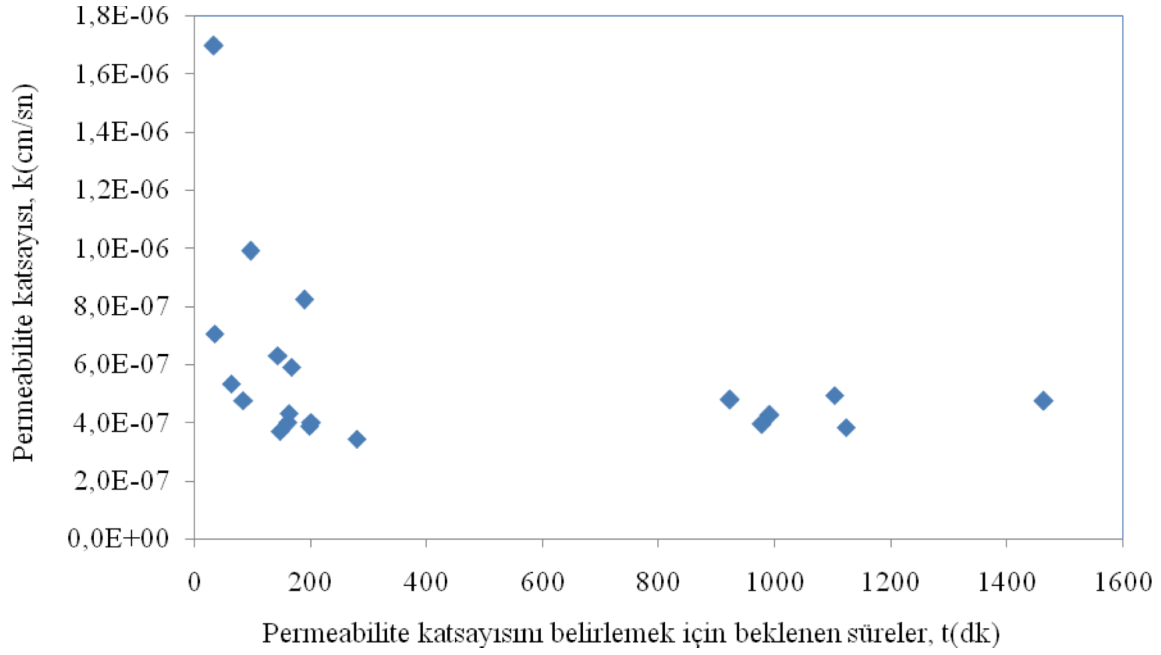


Şekil 2. Düşen seviyeli permeabilite ve konsolidasyon deney verilerinden elde edilen permeabilite katsayılarının grafik halinde gösterimi

Şekil 3 ve Tablo 3'te görüldüğü gibi konsolidasyon deneyi sırasında değişik yük kademelerinde boşluk oranının azalması ile permeabilite katsayısında azalmalar meydana gelmiştir. Bu sonuç literatürle paralellik sergilemektedir (4).

Tablo 3. Düşen seviyeli permeabilite ve konsolidasyon deney verilerinden elde edilen permeabilite katsayılarının tablo halinde gösterimi

| Konsolidasyon Deney No:1 | | Konsolidasyon Deney No:2 | | Düşen Seviyeli Permeabilite | |
|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------------------------|----------|
| e | k(cm/sn) | e | k(cm/sn) | e | k(cm/sn) |
| 0,61 | 2,062E-07 | 0,66 | 9,818E-08 | 0,65 | 5,71E-07 |
| 0,58 | 1,726E-07 | 0,64 | 1,437E-08 | | |
| 0,52 | 8,408E-08 | 0,60 | 1,007E-08 | | |
| 0,45 | 4,360E-08 | 0,54 | 5,310E-09 | | |
| 0,37 | 5,525E-09 | 0,46 | 2,498E-09 | | |
| 0,29 | 8,649E-10 | 0,38 | 7,629E-10 | | |
| 0,20 | 3,848E-10 | 0,31 | 2,467E-10 | | |
| 0,12 | 8,364E-11 | 0,24 | 1,040E-10 | | |



Şekil 3. Değişik bekleme sürelerinde hesaplanan permeabilite katsayılarının

SONUÇ

Çalışma sonunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

- Permeabilite deneyinde bulunan permeabilite katsayısının konsolidasyon deneylerinde bulunan permeabilite katsayılarına oranla daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden konsolidasyon deneyiyle permeabilite katsayısı belirlenirken daha dikkatli olunması gerektiği ve önem arz eden işlerde standart yöntemin kullanılması önerilmektedir.
- Permeabilite deneyinde çok kısa tutulan okuma zamanı, deney sonucunu yüksek gösterme eğiliminde olduğu ve 200 dakikadan daha uzun süren okumaların yaklaşık aynı sonucu verdiği gözlemlenmiştir.
- Boşluk oranının azalmasıyla permeabilite katsayısının beklendiği üzere azaldığı gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 106M231, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (KBAP) 2007/17 nolu projelerin dolaylı olarak sağladığı destekle tamamlanmış olup yazarlar TÜBİTAK ve Kocaeli Üniversitesine teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

1. Vanapoli S.K., Garga V.K., Brisson P., “A modified permeameter for determination of unsaturated coefficient of permeability”, *Geotech Geol Eng* (2007) 25:191–202
2. Benson, C.H., Daniel, D.E., “Influence of clods on hydraulic conductivity of compacted clay”, *Journal of Geotechnical Engineering*, A.S.C.E, Vol.116, No.8, pp. 1231-1248, 1990
3. Mitchell, J., K., “Fundamentals of Soil Behavior”, University of California, Berkeley, USA, 1993
4. Lambe, T. W., Whitman, R. V., “Soil Mechanics”, Wiley, New York, 1969.