

# ZEMİN MEKANİĞİ

# BÖLÜM : 10 EFEKTİF VE BOŞLUK SUYU BASINÇLARI

Zemine uygulanan yük, taneler ile boşluklara iletilir ve bu unsurlarda bir gerilme ortaya çıkar. Gerilmenin etkisi altında olan boşluklardaki su sızar, sızan suyun miktarına bağlı olarak taneler boşluklara kayar ve bunun bir sonucu olarak zeminin kütlesi sıkışır. Zemine uygulanan yükün, tane ve su unsurlarının dağılımı, zeminin yüklere karşı davranışını ortaya koyar.

## 10.1 Toplam Basınç

Zeminin içerisindeki yatay bir yüzeye etki eden toplam basınç, tanelerin ağırlığı ile boşluklardaki su tarafından iletilen basıncın toplamına eşittir. Zeminin enine bir kesitinin üstündeki tanelerin ağırlığına göre bulunan basınç efektif ve boşluklardaki su tarafından iletilen basınç da boşluk (nötr veya gözenek) basıncı olarak ifade edilir.

Zemin içerisinde yatay olarak duran EE yüzeyini etkileyen toplam basınç, aşağıda verilen ilişkiye göre bulunur.

$$\sigma = \sigma' + u$$

İlişkide:

$\sigma$  = Toplam basınç

$\sigma'$  = Efektif basınç

$u$  = Boşluk suyu basıncı

### 10.1.1 Boşluk suyu basıncı

Yük altında bulunan zeminin boşlukları su ile dolu duruma ulaştıktan sonra gelen basıncı iletir.

Doymuş durumda olan ve şekil de verilen zemin kütlesinin içerisinde yatay olarak duran aa yüzeyine gelen boşluk basıncı, aşağıda verilen ilişkide bulunur.

$$u = h \gamma_w$$

İlişkide:

$u$  = Boşluk (gözenek) suyu basıncı

$h$  = Piyezometredeki suyun yüksekliği

$\gamma_w$  = Suyun hacim ağırlığı

Zeminin boşluklarını dolduran suyun bir yüzeye yaptığı basınç (nötr), boşluklara bağımsız olarak geldiği için taneler tarafından iletilen basıncın yayıldığı alandan daha büyük bir yüzeyde etki gösterir. Bu basıncın etkili olduğu alanın boyuna kesiti, şekil de verilen zemin kütlesinde, LL ile gösterilmiştir.

Kesme kuvvetine karşı mukavemet göstermeyen, diğer bir deyişle kesme gerilmesi olmayan boşluklardaki suyun basıncı, zeminin yük taşıma kapasitesi ile denge durumunu artırıcı herhangi bir etkide bulunmaz. Zeminin yük taşıma kapasitesi ve kayma gerilmesi, esas olarak taneler arasındaki sürtünmeye bağlıdır.

## 10.1.2 Efektif basınç

Zeminin kütlesi içindeki enine bir kesite taneler tarafından iletilen ve efektif olarak belirtilen basınç **tanelerin ağırlığını**, bu kesitin tane ve boşluklardan meydana gelen **alanına bölerek elde edilir**. Efektif basınç, zeminin ağırlığına göre bulunduğu için taneler arası gerilme olarak da belirtilir. Bu basınç, boşluk suyu basıncından farklı olarak tanelerin temas ettiği alana yayılır.

Boşlukları su ile dolu olan bir zeminin efektif basıncı düşey kuvvet (zeminin ağırlığından), boşluk suyu basıncı çıkartılarak bulunur.

Bir bölümü yeraltı suyunun içinde kalan zeminin efektif basıncı da aynı şekilde belirtilir, ancak taneden taneye iletilen kuvvet, Archimedes Prensibine göre azalır.

Yeraltı suyunun serbest yüzeyinden  $d$  kadar derinde olan ve şekil de gösterilen zeminin toplam basıncı, kuru kum ile doygun zeminin ağırlıklarının toplamına eşittir.

Şekil de gösterilen  $d$  derinliğindeki yüzeye gelen gözenek basıncı, aşağıda verildiği gibi yazılır.

$$u = \gamma_w (d - d_1)$$

İlişkide:

$U$  = Boşluk suyu basıncı

$\gamma_w$  = Suyun hacim ağırlığı

$d$  = Derinlik

$d_1$  = Kuru kumun derinliği

Boşluk suyu basıncı, boşlukların tamamen su ile dolu olması halinde meydana geldiği için yüklerin değişmesi hallerinde, statik denge koşulundaki değerine göre farklılık gösterir.

**Yüklerin Değişmesi:** Yapılardan gelen yükler boşluk suyunun basıncını artırır. Basınç altındaki boşluklarda bulunan su, dışarıya sızar ve bunun bir sonucu olarak oturma olarak adlandırılan hacim değişikliği meydana gelir. Öte yandan toprak baraj gölündeki, suyun birden çekilmesi ve kazılar sırasında meydana gelen yük azalmaları, boşluklarda bulunan suyun basıncının değişmesine neden olur.



## 10.2. Kapilar Suya Etkili Faktörler

Zeminde bulunan kapilar su, aşağıda açıklanan faktörlere göre farklılık gösterir.

**Sıcaklık:** Suyun yüzey gerilmesi, sıcaklık ile ters orantılı olarak değişir. Böylece sıcaklık düştükçe yüzey gerilme artar ve kapilar potansiyel azalır. Diğer bir deyişle zeminin sıcaklığı azaldıkça, suyu çekme kuvveti fazlalaşır.

**Erimiş Tuzlar:** Zemindeki suda bulunan erimiş tuzlar, yüzey tansiyonunu artırmasına karşılık kapilar potansiyelin azalmasına neden olur. Bu bakımdan alkali topraklar ile deniz kıyısına bitişik zeminlerde fazla miktarda kapilar su bulunur.

**Nem Miktarı:** Zeminin boşluklarındaki su (şekil a) azaldığı zaman, hava ile suyun birleştiği yüzeyin yani menisküsün eğriselliği artar. Buna bağlı olarak söz konusu yüzeyin çapı küçülür (şekil b).

Zeminin boşluklarındaki su ile havanın birleştiği yüzeyin çapı küçük olduğu zaman, **kapilar potansiyel azalır**, fakat zemin daha fazla su çeker. Bu nedenle ıslak bir zemin, kuru durumundan daha az su alır.

Tane Boyutu: Zemindeki ince tanelerin yüzeyi ile bunların birbirine değdiği alan, eşdeğer ağırlıktaki kaba tanelerden daha fazladır. Bu durumda, aynı nem içerisindeki ince tanelerin arasında, kaba olanlara göre daha az su bulunur.

İnce tanelerin birleşme yerlerinde tutulan kama şeklindeki su, az olduğu zaman menisküsün büküklüğü artar. Bunun bir sonucu olarak ince taneli zeminlerin kapilar potansiyeli düşer fakat buna karşılık su tutma kapasitesi artar.

Zeminin Sıkışması: Zemin sıkıştığı zaman, taneler birbirine yaklaşır ve boşlukların hacmi küçülür. Bu durumda boşluklardaki suyun hava ile temas ettiği yüzeyin büküklüğü azalır. Doygun duruma gelen zeminin boşluklarındaki suyun menisküsü ortadan kalkar ve böylece kapilar potansiyel, negatif değerden sıfıra yükselir.

Zemin tanelerinin değme yerleri çoğaldığı zaman, buralarda tutulan kama şeklindeki su azalma gösterir. Ancak bu durumda su yüzeyinin yükselmesi artar. Bu değişme sonunda zeminin kapilar potansiyeli azalır.

Değme Açısı: Zeminin mineralojik yapısı tamamen ıslanmayı engellediği durumda, menisküs ile tanelerin arasında meydana gelen değme açısı sıfırdan büyük olur.

Tanelerin birbirine değme alanı arttığı zaman, menisküsün büküklüğü azalır. Bu nedenle zeminin kapilar potansiyeli, sabit nem içerisinde değişiklik gösterir. Değme açısı sıfırdan büyük olan zemin, taneleri tam ıslanmayan zeminden daha az su çekme gücü gösterir.

## 10.4. Don Etkisi

Zeminin sıcaklığı sıfır derecenin altına düşünce, boşluklardaki su donar. Bu durumdaki zemine sızan su, donduğu zaman bitişikteki boşluklara doğru ilerler. Donan suyun hacmi yaklaşık 1/10 kadar arttığı için karayolu ve havaalanlarındaki kaplamalarda kabarmalara neden olur. Yüzeyin yük taşıma kapasitesi düşer ve hizmet süresi azalır.