

# ZEMİN MEKANİĞİ

# BÖLÜM : 7 SIZMA

Suyun, yerçekimi kuvvetinin etkisi ile zeminin içinde yaptığı harekete sızma denir. Toprak kanal ve rezervuarlardan meydana gelen sızma su miktarının azalmasına neden olmasının yanında zemindeki ayırık taneler sürüklendiği için borulanma meydana gelir ve bunun sonunda baraj gövdesi yıkılır. Diğer taraftan toprak baraj gövdelerinden sızan su, oyulma yapar.

## 7.1. Sızmanın Karakteristikleri

Sızma birçok yönden boru veya kanaldaki akışa benzer. Zeminin taneleri arasındaki boşluklarda sızan suyun parçacıkları birbirine paralel veya düzensiz olarak hareket eder. Sızma hızı ile kanalın şekli ve pürüzlülüğüne bağlı olarak meydana gelen bu karakteristikler, hidrolik biliminde olduğu gibi Reynolds sayısına göre laminar ve türbülanslı akış olarak belirtilir.

### 7.1.1. Sızma enerjisi

Sızmayı meydana getiren enerji, Daniel Bernoulli tarafından 1738 yılında hız, basınç yükü ve potansiyel (konum) yükün toplamı olarak belirtilmiştir. Hız yükü, sızma hızı karesinin yerçekimi ivmesinin iki katına oranına, basınç yükü, piezometredeki suyun yüksekliğine ve konum yükü de göz önüne alınan noktanın kıyas düzleminden yüksekliğine eşittir. Suyun akışını sağlayan ve sözü edilen yüklerin toplamı olarak belirtilen enerjiye hidrolik, hidrostatik veya toplam yük denir. Ancak zeminin içinde hareket eden suyun hızı çok düşük olduğu için hızı yükü ihmal edilir.

## 7.1.2. Yük kaybı

Yerçekimi kuvvetinin etkisi ile zeminin içinde hareket eden su ile kanalın çevresi arasında meydana gelen sürtünmeye bağlı olarak sızma hızı azalır. Zeminin boşlukları küçüldükçe ıslanan yüzey fazlalaştığı için sürtünme artar. Böylece suyun akışına karşı daha fazla bir direnç meydana gelir. Isıya dönüşen bu sürtünme, bir enerji kaybına neden olur. Buna yük kaybı denir. Diğer taraftan akan sıvıların parçacıklarının birbirine sürtünmesiyle yani viskozitesi ile de bir enerji kaybı ortaya çıkar. Ancak zemindeki suyun sıcaklığı genellikle 8°C - 11°C arasında bulunduğu için viskozitenin, sızma hızına önemli bir etki yapmadığı kabul edilir.

Sızma, hidrolik yük farkı olan noktalar arasında meydana gelir ve su, hidrolik yükün fazla olduğu noktadan az olduğu noktaya doğru hareket eder.

#### 7.1.4. Sızma hızı

Zeminin içinde hareket eden suyun hızı, taneler arasındaki **boşlukların hacmine** bağlı olarak değişir. Zeminin taneleri arasındaki boşluklar küçüldükçe sürtünme artar ve bunun bir sonucu olarak **sızma hızı azalır**. Bu nedenle boşlukları büyük olan zeminden sızan suyun miktarı, küçük olandan daha fazladır.

Zeminin içinden sızan suyun miktarı, taneler arasında bulunan ayrı boşlukların hacminin yanında, sızma yollarının devamlılığına da bağlı kalmaktadır. Zemin içerisinde laminar olarak akan suyun hızı, Fransız hidrolik mühendisi Henry Darcy tarafından 1856 yılında, kendi adı ile bilinen bir kanunla belirtilmiştir.

Darcy kanunu, laminar akış için geçerlidir. Reynolds sayısı, **birden küçük** olduğu zaman **laminar** bir sızma meydana gelir. Zeminde hareket eden suyun Reynolds sayısı aşağıda verilen ilişkiye göre saptanır.

$$R_n = \frac{vD\gamma_w}{\mu}$$

İlişkide:

$R_n$  = Reynolds sayısı

$v$  = Sızma hızı, cm/sn

$D$  = Tanelerin boyutu, cm

$\gamma_w$  = Suyun hacim ağırlığı, gr/cm<sup>3</sup>

$\mu$  = Suyun viskozite katsayısı, gr/cm,s

Genellikle kumlu, siltli ve killi zeminlerdeki sızma laminar olarak meydana gelir. Ancak kaba kum, çakıl ve ince taşlı zeminlerde sızan su, türbülanslı hareket yapabilir. **Türbülanslı sızma** hızı, permeabilite katsayısı ile hidrolik eğimin 0.65'inci kuvvetinin çarpımına eşittir.

$$V=ki^{0.65}$$

Yerçekimi kuvvetinin etkisi ile zeminin içinde hareket eden suyun hızı düşük olduğu için, genellikle **sızmanın laminar olduğu kabul edilir**. Buna göre zeminin belli bir alanından birim zamanda sızan suyun miktarı, sızma hızı ile kesit alanın çarpımına eşit olur.

## 7.2. Permeabilite Katsayısı

**Permeabilite katsayısı**, *birim hidrolik eğim altında birim zemin alanından sızan su miktarı* olarak tanımlanır ve çoğunlukla hız boyutu (cm/dak veya cm/sn) ile belirtilir. Zemindeki sızma, sadece boşluklarda meydana geldiği için tanelerin kapsadığı alanın, sızma hızına herhangi bir etkisi yoktur. Bu bakımdan permeabilite katsayısı ve hidrolik eğime göre ifade edilen sızma hızı, boşluk ve tanelerin alanına göre belirtildiği için yaklaşım veya alansal hız olarak da nitelenir.

Bir zeminin boşluk alanına göre belirtilen permeabilite katsayısına, **perkolasyon (süzülme) katsayısı** denir. Perkolasyon katsayısı permeabilite katsayısından büyüktür ve bu permeabilite katsayısı poroziteye bölünerek elde edilir. Ancak sızma ve yeraltı suyunun akışları ile ilgili problemlerde genellikle permeabilite katsayısı göz önüne alınır.



Değişken seviyeli permeametre nin kabına doğal yapısı bozulmamış zemin örneği yerleştirildikten sonra, cam boru içerisine su konur. Cam boruda alçalan suyun miktarı, su seviyesinin düşme hızı ile cam borunun alanının çarpımına eşittir. Bu miktar aynı zamanda zemin örneğinden sızan suyun miktarını verir. Zemin örneğinden sızan suyun miktarı belli olduktan sonra, Darcy kanununa göre permeabilite katsayısı aşağıda verildiği gibi belirtilebilir.

$$k = 2.3 \frac{a.L}{A(t_1 - t_2)} \log \frac{h_1}{h_2}$$

$k$  = Permeabilite katsayısı

$a$  = Cam borunun alanı

$L$  = Sızma yolunun uzunluğu

$h_{1,2}$  = Cam borudaki suyun yükseklikleri

$A$  = Zemin örneğinin alanı

$t_{1,2}$  = Sızma süresinin başlangıcı ve sonu

**Permeabilite katsayısı ile tane büyüklüğü** arasındaki ilişkiyi belirtmek amacı ile oldukça yaygın çalışmalar yapılmıştır. Hazen adındaki araştırmacı temiz kumun permeabilite katsayısını efektif çapa göre aşağıdaki ilişki ile ifade etmiştir.

$$k = D_{10}^2$$

İlişkide:

k = Permeabilite katsayısı, cm/s

D = Efektif çap, mm

Permeabilite katsayısı zeminin **porozitesi** ile doğru orantılı olarak değişir. Porozite tanelerin şekli ve büyüklüğü ile ilgilidir. Bu nedenle **çakıl, kilden daha fazla geçirgendir.**

### 7.3. Katmanlaşmış Zeminin Permeabilitesi

Katmanlaşmış zeminlerdeki sızma hızı yatay ve düşey doğrultularda farklılık gösterir. Böyle zeminlerin permeabilite katsayıları, katmanlara paralel ve düşey doğrultudaki sızma için belirtilir.

**Yatay permeabilite katsayısı:** Göz önüne alınan zemin kütlesine yatay doğrultuda belli bir süre içinde giren su, katmanlardan aynı sürede sızan miktarların toplamına eşittir.

**Düşey permeabilite katsayısı:** Zemin kütlesine düşey doğrultuda giren su, sırası ile bütün katmanlardan geçer. Bu katmanlardan belli bir hidrolik eğim altında sızan suyun hızı ve miktarı değişiklik göstermez.

## 7.4. Sızma Miktarının Belirtilmesi

Yerçekimi kuvvetinin etkisi ile zeminin içinde hareket eden suyun miktarının belirtilmesinde, sızma hızı değişmediği zaman hidrolik biliminde kullanılan devamlılık ilişkisi göz önüne alınır. Buna göre laminar akış için sızma miktarı, sızma hızı ile kesit alanın çarpımına eşittir.

$$Q = Av = Aki = Ak \frac{h}{L}$$

İlişkide:

Q = Sızma miktarı

A = Alan

v = Sızma hızı

k = Permeabilite katsayısı

i = Hidrolik eğim

Zeminin içinde hareket eden suyun hızı, hidrolik eğime bağlı olarak değiştiği zaman, sızma miktarı üç boyutlu akışlara göre yani diferansiyel ilişkiler ile belirtilir.