

ZEMİN MEKANİĞİ

BÖLÜM : 9 SIZMA KUVVETİ VE FİLTRELER

- Akan suların bir kuvvete sahip olduğu, taşıdığı katı maddelerden bilinmektedir. Bu sular ile taşınan katı maddelerin kütlesi, hidrolik eğime göre değişen akış hızına bağlıdır.
- Sahip olduğu enerjiyi en çabuk kaybedecek şekilde zeminin içinde hareket eden su, tanelere bir kuvvet uygular. Büyüklüğü hidrolik eğime bağlı olan bu kuvvet, sızma yönünde etkili olur. Bunun için yerçekimi doğrultusunda sızan su, taneleri sıkıştırıcı bir etki yapmasına karşılık ters yönde meydana geldiği zaman taneleri, hareket ettirmeye çalışır. Bu kuvvetin belli bir miktarından sonra ayırık taneli zeminlerde, akıcı kum veya borulanma denilen olay meydana gelir. Borulanmanın meydana geldiği zeminin stabilitesi bozulur ve aynı zamanda yük taşıyamaz bir duruma gelir.

9.1. Sızma Kuvveti

Sızma bölgesindeki zemin kütlesi, kendi ağırlığı ile sızma kuvvetine bağlı olan bir bileşke kuvvetin etkisinde bulunur. Zeminin tanelerini sürüklemeye çalışan **kuvvet, zeminin alanı ile sızma (hidrolik basıncın) çarpımına eşittir.**

$$F = \frac{\Delta h \gamma_w b}{b^2} = i \gamma_w$$

İlişkide:

F = Sızma kuvveti

Δh = Hidrolik yük kaybı

γ_w = Suyun hacim ağırlığı

b = Zemin kütlesinin boyu

i = Hidrolik eğim

Yukarıda verilen ilişkiden görüldüğü gibi **sızma kuvveti**, hidrolik eğim ile suyun hacim ağırlığının çarpımına eşittir.

9.2. Akıcıkum ve Borulanma

- Yerçekimi kuvvetine göre ters yönde etki eden sızma kuvveti, tanelerin efektif basıncı ile batık hacim ağırlığının azalmasına neden olur. Effektif basıncı sıfır olan kohezyonlu zeminin, kesme mukavemeti bulunmaz. Bu durumda katı bir görünümü olan zemin kütlesi, akışkan özelliği gösterir.
- Akıcıkum durumuna gelen zemin kütlesi yük taşıyamaz ve bunun üzerinde yürüyen insanlar aşağıya doğru çekildiğini algılar. Akıcıkumun emme kuvveti yoktur ve belirtilen durum, tamamen yerçekimi kuvvetinden ileri gelir. Gerçekte akıcı kum alanları, kararlı bir potansiyele sahiptir. Ancak bu alanların gerçek taşıma kapasitesine ulaştırılması için sızma kuvvetinin yukarıya doğru etkisinin ortadan kaldırılması gerekir. Sızma kuvveti, drenaj veya önceki bölümde açıklanan ve sızmaya karşı kullanılan yapılarla kontrol edilir.
- Yerçekimi kuvvetine göre ters yönde etkili olan sızma kuvveti zemin kütlesinin batık hacim ağırlığından daha fazla bir miktara ulaştıktan sonra, zemindeki ayırık taneler hareket eder. Bu olaya borulanma veya kaynama denir.

9.2.1. Kritik hidrolik eğim

Zemindeki taneleri sürükleyen sızma kuvvetinin hidrolik eğimi, önemli bulunmaktadır. Bu eğim, zemin mekaniğinde, **kritik hidrolik eğim** olarak belirtilir.

Zemin kütlelerinin batık hacim ağırlığı, kaldırma kuvvetine eşit olduğu durumda **borulanmanın başladığı** kabul edilir. Buna göre kritik hidrolik eğim aşağıda verildiği gibi belirtilebilir.

İlişkide:

$$i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{G - 1}{1 + e}$$

i_c = Kritik hidrolik eğim

γ = Zemin kütlelerinin yüksekliği

γ_{sat} = Zeminin batık hacim ağırlığı

γ_w = Suyun hacim ağırlığı

G = Zeminin özgül ağırlığı

e = Zeminin gözenek oranı

- Kritik hidrolik eğim; batık hacim ağırlık, özgül ağırlık ve gözenek oranı gibi parametrelere bağlıdır. Bu eğim tanelerin boyutuna bağlı olmadığı için, kaba çakıl ile ince kum tanelerinin, ayrı hidrolik eğimde hareket edeceği söylenebilir. Ancak kaba çakılın permeabilitesi yüksek olduğundan kritik hidrolik eğimin korunması için, Darcy kanununa göre oldukça fazla miktarda akış gerekir.
- Sızma kuvveti, hidrolik eğim ile orantılı olduğu için borulanma, hidrolik eğimini yüksek olduğu yerde görülür. Yani eş potansiyel çizgilerinin çok yakın olduğu yer borulanmaya duyarlı olmaktadır. Bu bölge, baraj zeminindeki sızmanın yukarıya doğru olduğu ve topuğun hemen yakınında bulunur.

9.2.2. Stabilite sayısı ve Borulanmanın önlenmesi

Baraj zeminlerinin borulanmaya karşı kararlılığı, borulanmanın beklendiği yerdeki hidrolik eğim ile kritik hidrolik eğim karşılaştırılarak belirtilir. Borulanmanın beklendiği yerdeki hidrolik eğim, akım ağından belirtilir ve buna mevcut hidrolik eğim de denir.

Borulanma bölgesinin mevcut hidrolik eğimi, kritik hidrolik eğimden küçük olduğu durumda emniyetin olduğu söylenebilir. Zeminlerin borulanmaya karşı emniyeti aşağıda verilen eşitlikten elde edilen **stabilite sayısı** ile belirtilir.

$$F_s = \frac{i_c}{i_e}$$

ilişkide:

F_s = Stabilite sayısı

i_c = Kritik hidrolik eğim

i_e = Mevcut hidrolik eğim

Zeminin borulanmaya karşı emniyetini belirten stabilite sayısının 3-4 olması uygun olur.

Zemin kütlesinin borulanmaya karşı kararlılığını gösteren stabilite sayısı, bu kütlenin batık ağırlığını kaldırma kuvvetine oranlayarak da elde edilir.

$$F_s = \frac{w'}{u} = \frac{\frac{1}{2} \gamma_{sub} D^2}{\frac{1}{2} \gamma_w D h_a} = \frac{D \gamma_{sub}}{h_a \gamma_w}$$

İlişkilerde:

F_s = Stabilite sayısı

w' = Batık ağırlık

γ_{sub} = Batık hacim ağırlık

u = Kaldırma kuvveti

γ_w = Suyun hacim ağırlığı

D = Kritik sızma bölgesinin derinliği

h_a = Derinlik

9.3. Filtreler

- Zeminin içinde sızan su, ince taneleri taşır. Bunun bir sonucu olarak drenaj boruları tıkanır ve toprak baraj gövdelerinin mansap yüzeyinde oyulma meydana gelir. Zeminde sızan suyun taşıdığı taneler, sızma hızı ile orantılı olarak değişir.
- Zeminde sızan suyun, taneleri taşınması tamamen önlenemez ancak bunun miktarı azaltılabilir. Bu amaçla filtre kullanılır ve buna **koruyucu filtre** de denir. Toprak barajlarda filtre, kaya topuğun üstüne konur.

- Sızma kuvveti tarafından zemin tanelerinin sürüklenmesini önlemek amacıyla kullanılan filtreler, esas olarak sızma kuvveti ile sürüklenmeyecek derecede kaba tanelerden yapılır. Filtreyi oluşturan taneler arasında kalan boşlukların, zemin tanelerinin sürüklenmesini önleyecek kadar küçük olması arzu edilmekle birlikte, suyun sızmasına engel olmamalıdır. Bu bakımdan filtre yapılmasında aşağıda açıklanan koşulları yerine getirilen malzeme kullanılır.
- 1. Filtre malzemesinin arasındaki boşluklar, zemin tanelerini yerinde tutacak kadar küçük olmalıdır.
- 2. Filtre malzemesi, büyük bir sızma kuvveti ve hidrostatik basıncın meydana gelmesini önleyecek şekilde geçirgenlik göstermelidir.

Terzhaghi ve Casagrande adındaki araştışıcılar, filtre malzemesinin seğimi ile ilgili olarak yaptıkları deneylerin sonunda aşağıda belirtilen ölçüleri ortaya koymuşlardır.

1. Filtreyi oluşturan malzemenin D_{15} boyutu, zeminin D_{85} boyutunun dört veya beş katından daha küçük olmamalıdır.

$$\frac{D_{15\text{filtre}}}{D_{85\text{zemin}}} > 4 - 5$$

2. Filtreyi oluşturan malzemenin D_{15} boyutu, zemininin D_{15} boyutunun dört veya beş katından daha fazla olmamalıdır.

$$\frac{D_{15\text{filtre}}}{D_{15\text{zemin}}} < 4 - 5$$

Bu ölçüler daha çok filtreden, tanelerin geçmesini önleyecek derecede bir akışın olmasını sağlar. Yani sızma kuvvetini, taneleri sürükleyemeyecek bir düzeye düşürmek amacıyla göz önüne alınır. Bu durum dren filtrelerinin seçiminde önemli bulunmaktadır.

Bu koşulları sağlamak amacıyla, filtre olarak kullanılan malzemenin iyi derecelenmiş olması gerekir ve tane dağılımı eğrisinin temel malzemesinin **tane dağılımına paralel** bulunması istenir.