

JFM304 ZEMİN MEKANİĞİ

ZEMİNLERDE GERİLME KAVRAMI

(Arazi ve Laboratuvar Koşullarında)

Birim zemin elemanı katı iskeleti ile bu iskeletin kapladığı hacim içerisindeki boşluklarda bulunan su ve/veya havadan oluşmaktadır. Taneler arasındaki kuvvetlerin etkisi ile toplam hacimde değişiklikler gerçekleşebilir. Bu kuvvetlerin etkisi altında zemin partikülünün sıkışma özelliği ise katı tanelerin dizilimine bağlı olarak değişmektedir. Suyun sıkışmazlığı dikkate alınır, tamamen suya doygun zeminde sıkışma sadece ortamdan suyun uzaklaşması ile gerçekleşir. Kuru veya kısmen doygun zeminde ise boşluklarda belirli oranlarda hava bulunabileceğinden sıkışmaya bağlı hacim azalması daha kolay olabilecektir.

Zeminde dışarıdan etki eden normal gerilmelere zemin taneleri arasındaki kuvvetler, makaslama gerilmesine ise sadece katı iskelet karşı koyabilecektir. Zeminlerde yükleme koşullarına göre deformasyon gelişmesi de bu gerilmelerin durumuna göre gelişebilecektir.

Zeminin katı iskeletinden taneler arasına iletilen kuvvetlerin dağılımı Terzaghi (1923) tarafından incelenerek, Efektif Gerilme prensibi tanımlanmıştır. Bu prensip, tamamen suya doygun zeminlerde geçerlidir.

Normal Gerilme (σ)

Zemin elemanı içindeki herhangi bir düzlemde birim alana etki eden kuvvetin bu alanda dağılması ile oluşan gerilmedir.

Boşluk Suyu Basıncı (U)

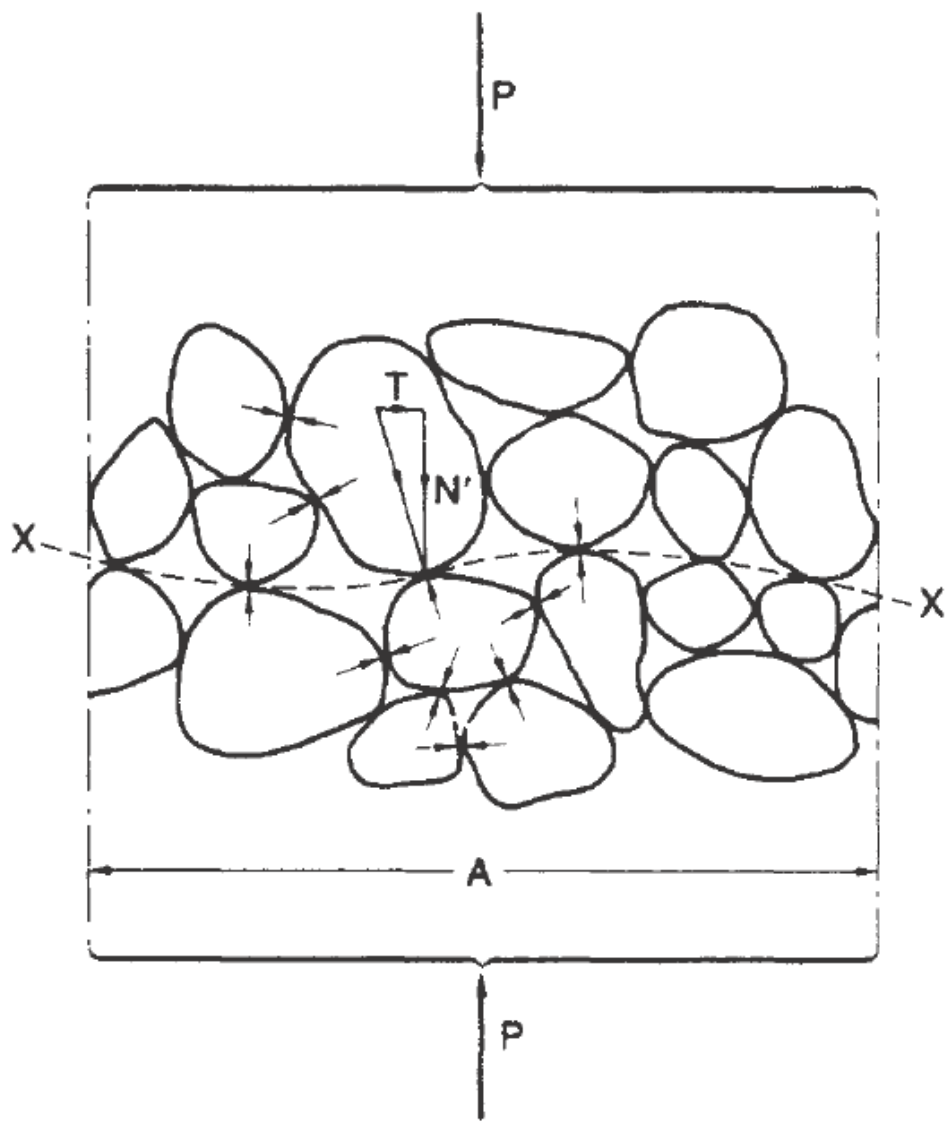
Zemin taneleri arasındaki boşluklarda bulunan suyun oluşturduğu basınç

Efektif Normal Gerilme (σ')

Kesit düzleminde sadece zemin iskeletinde oluşan gerilme

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

$$\sigma' = \sigma - u$$



$$\sigma' = \frac{\Sigma N'}{A} \quad \sigma = \frac{P}{A}$$

$$P = \Sigma N' + uA$$

$$\frac{P}{A} = \frac{\Sigma N'}{A} + u$$

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

Zemin Ağırlığına Bağlı Oluşan Efektif Düşey Gerilme (Arazi)

Su tablasının yüzeye çok yakın veya yüzeyde olduğu eğimsiz arazideki bir zemin kütlelerinde; toplam düşey gerilme (yatay düzleme etkiyen normal gerilme) yi belirleyelim. “z” derinliğinde toplam gerilme katı ve su/havanın toplam ağırlığının birim alandaki ifadesi olacaktır.

$$\sigma_v = \gamma_{sat} \times z$$

Zemin taneleri arasındaki boşluklar birbirileri ile bağlantılı ise (devamlı), boşluk suyu basıncı hidrostatik şekilde gelişecektir.

$$U = \gamma_w \times z$$

Aynı seviyedeki efektif düşey gerilme;

$$\sigma_v = \sigma_v - U = (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times z = \gamma' z$$

Eşitliği ile hesaplanır. γ' , zeminlerde efektif birim ağırlığı ifade etmektedir.

YÜKLEME KOŞULLARINA BAĞLI OLARAK EFEKTİF GERİLMENİN DEĞİŞİMİ

Suya doymuş zemine dışarıdan yapay yükler, kazı ve dolgu işleri yanında doğal sebepler (erozyon, jeolojik yük vb) ile düşey normal gerilmeye oluşan değişiklikler sonucunda (yatay deformasyon olmaması hali) tüm deformasyon düşeyde gerçekleşir. Su tablasının yatay olması durumunda boşluk suyu basıncı kesit alanı boyunca sabittir (Statik Boşluk Suyu Basıncı " U_s "). Düşey gerilme artınca taneler sıkışma eğilimine girmeye eğilimli olup, suyun sıkışmazlığı ve zeminin kuşatılmış olması nedeni ile tanelerin yeniden düzenlenmesi mümkün olmayacaktır. Bu durum ancak suyun ortamdan suyun uzaklaşması ile mümkün olabilmektedir. Tanelerin hareket edememesi durumunda toplam gerilmeye artışı ile boşluk suyu basıncındaki artış eşdeğer olmalıdır. Bu durumda boşluk suyu tüm düşey gerilmeyi karşılamak durumunda kalmalıdır. Boşluk suyu basıncındaki artışa bağlı olarak zemin kütlesi içinde su tablasında hidrolik eğimdeki artışa paralel olarak zemin yapısındaki kırık, boşluk olan kısımlara doğru suyun hareketi mümkün hale gelebilmektedir (Drenaj). Bu durum, başlangıç gerilme koşullarına dönene kadar geçerli olacaktır. Statik değerin üstündeki boşluk suyu basıncı "Aşırı Boşluk Suyu Basıncı-excess pore water pressure U_e " olarak ifade edilmektedir. Drenajın sürekli olması durumunda aşırı boşluk suyu basıncı azalmaya başlayarak "Dağılma-dissipation" gerçekleşir. Aşırı boşluk suyu basıncının sıfır olduğu durumda "Drenajlı" koşul gerçekleşir. Aşırı boşluk suyunun bulunduğu koşul ise "Drenajsız" olarak adlandırılır. Dikkat edilmesi gereken husus ise; drenajlı kavramında tüm suyun ortamdan uzaklaşmasının gerekmediğidir. Boşluklarda static su basıncı dışında artı basıncın gelişmemesi de drenajlı kapsamına alınabilmektedir. Zeminin geçirimsizlik özelliklerine bağlı olarak sıkışabilmesi genel olarak "Konsolidasyon" olarak ifade edilmektedir.

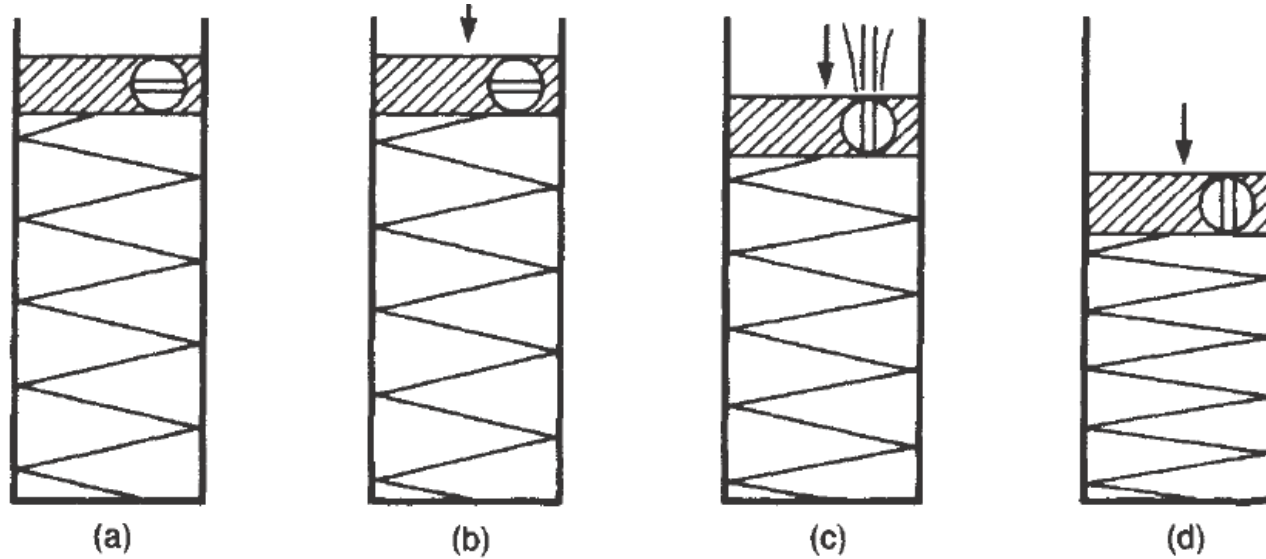
YAY SIKIŞMASI BENZEŞİMİ

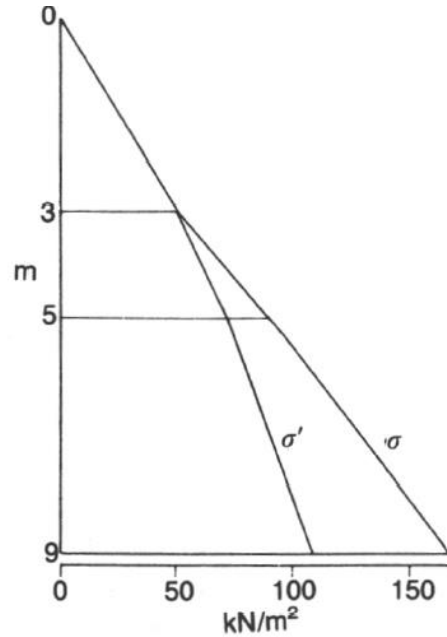
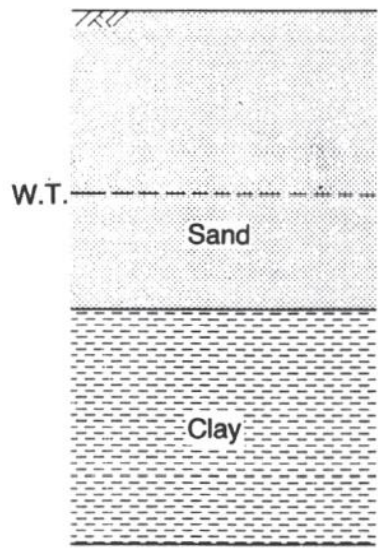
Tek boyutlu konsolidasyonda tamamen su ile dolu sabit hacimli bir silindirdeki yayın sıkışması benzeşimi ile efektif gerilme ifade edilebilir. (a) da piston ve yayın sıkışmadan önceki konumu görülmektedir. Bu durumda ortamda herhangi bir sızma veya sürtünme ihmal edilebilir düzeydedir. Yay zemin iskeletini, silindirdeki su boşluk suyunu ve valfin çapı da geçirimsizliği ifade etmektedir. Silindirin kendisi de yanıl deformasyonun bulunmadığını ifade eder.

Bu ortama dışarıdan bir kuvvet uygulanması durumunda (b); valfin kapalı olması sürecinde suyun sıkışmazlığına bağlı olarak yayda herhangi bir sıkışma gerçekleşmeyecektir. Yaya aktarılmayan yük ise boşluk suyu tarafından karşılanacaktır (Drenajsız koşul).

Valf açılırsa silindirin çapı boyunca etki eden gerilmeye bağlı olarak suyun dışarı çıkması gerçekleşecektir (c). Bu sayede yük altında piston hareket ederek yayın sıkışması olası olacaktır. Harekete bağlı olarak da yük artık yayın kendisine de aktarılacaktır. Buna bağlı olarak da boşluk suyu basıncı göreceli olarak azalmaya başlayacaktır.

Yayın sıkışması sonucunda piston sabit bir konumda kalabilecektir (d). Bu durumda drenajlı koşul gerçekleşmiş olur. Herhangi bir yükleme aşamasında yay tarafından taşınan yüke bağlı "Efektif Gerilme" meydana gelir. Silindirdeki su "Boşluk Suyu Basıncı", pistondaki yük ise "Düşey Toplam Gerilme" olarak ifade edilir.





Depth (m)	σ_v (kN/m ²)	u (kN/m ²)	$\sigma'_v = \sigma_v - u$ (kN/m ²)
3	$3 \times 17 = 51.0$	0	51.0
5	$(3 \times 17) + (2 \times 20) = 91.0$	$2 \times 9.8 = 19.6$	71.4
9	$(3 \times 17) + (2 \times 20) + (4 \times 19) = 167.0$	$6 \times 9.8 = 58.8$	108.2

Buoyant unit weight of sand = $20 - 9.8 = 10.2 \text{ kN/m}^3$

Buoyant unit weight of clay = $19 - 9.8 = 9.2 \text{ kN/m}^3$

At 5 m depth: $\sigma'_v = (3 \times 17) + (2 \times 10.2) = 71.4 \text{ kN/m}^2$

At 9 m depth: $\sigma'_v = (3 \times 17) + (2 \times 10.2) + (4 \times 9.2) = 108.2 \text{ kN/m}^2$