

**Geoteknik Ana Bilim Dalı**

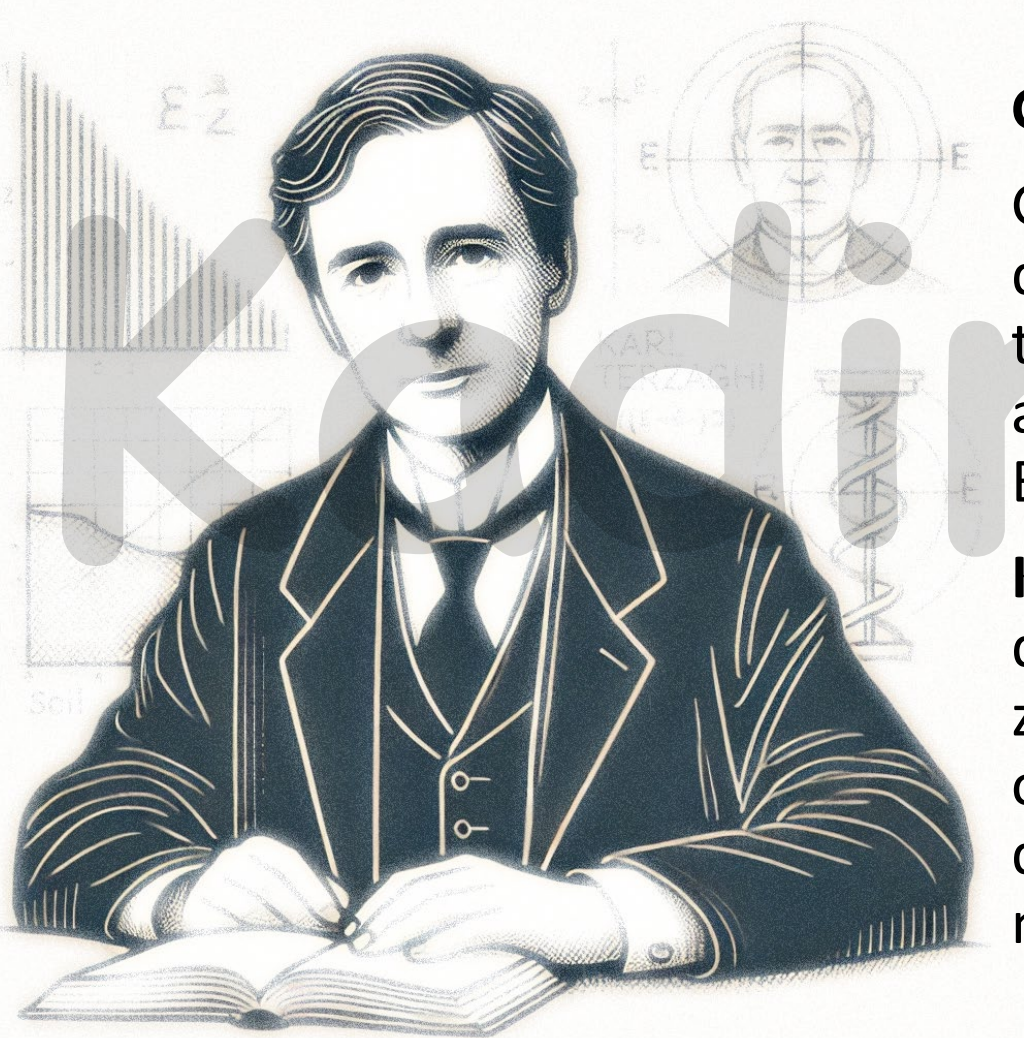
**"Zemin 101"**

**Dr. Öğr. Üyesi Kadir AKGÖL**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ**



# 1. Geotekniğe Giriş ve Tarihçesi



## Geoteknik Mühendisliğinin Tarihçesi

Geoteknik mühendisliği, binlerce yıldır yapılan gözlem ve deneyimlere dayanır, ancak modern anlamda bilimsel temellerinin atılması 20. yüzyılın başlarına dayanır. Bu alandaki en önemli isimlerden biri, "Zemin Mekaniğinin Babası" olarak bilinen Karl Terzaghi'dir.

**Karl Terzaghi ve Etkisi:** Terzaghi, zeminlerin mekanik davranışlarını inceleyen ilk mühendislerden biridir ve zemin mekaniği kavramlarını bilimsel temellere oturtmuştur. Efektif gerilme teorisi ile zeminlerin gerçek dayanımını anlamamızı sağlamış ve bu teori sayesinde modern geoteknik mühendisliği ortaya çıkmıştır.



# 1. Geotekniğe Giriş ve Tarihçesi

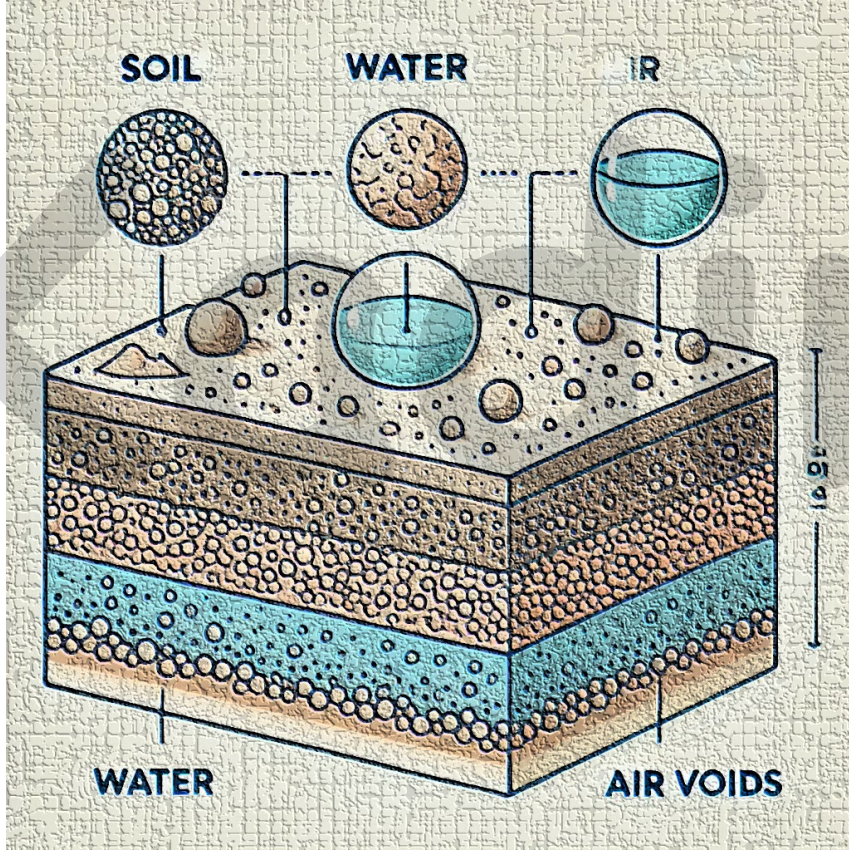
## Geoteknik Mühendisliğinin Tarihçesi

Terzaghi'nin İstanbul'daki çalışmaları, modern zemin mekaniğinin gelişiminde önemli bir yer tutar. Özellikle Boğaz'daki yapılarda uyguladığı teknikler, yerel mühendislik uygulamaları için büyük bir örnek oluşturmuştur.





## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği



Zemin, farklı büyüklükteki mineral tanelerinden, su ve hava boşluklarından oluşur. Geoteknik mühendisleri, zemini oluşturan bu bileşenlerin oranlarını ve özelliklerini inceleyerek zeminin yük taşıma kapasitesini, dayanımını ve sıkışabilirliğini belirlerler.

## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği

### Taneli ve Kohezyonlu Zeminler:

- Taneli Zeminler: Kum, akıl gibi kohezyonsuz zemin türleridir. Taneler arasındaki boşluklar nedeniyle su geçirgenliği yüksektir ve sıkışma oranı düşüktür.
- Kohezyonlu Zeminler: Kil gibi taneleri birbirine bağlayan kohezyon kuvvetine sahip zemin türleridir. Bu zeminler daha fazla sıkışabilir ve daha az su geçirgendir.

## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği

**Kohezyon**, zemin tanelerinin birbirine yapışmasını sağlayan içsel bir kuvvettir. Zemin mühendisliğinde özellikle kil gibi ince taneli, yüksek plastisiteli zeminlerde kohezyon önemli bir rol oynar. Bu kuvvet, zemin taneleri arasındaki elektrostatik ve kimyasal bağlarla oluşur ve zeminlerin kayma dayanımını artırır. Kohezyon sayesinde, zemin yapısal bütünlüğünü koruyarak dış yükler altında daha kararlı hale gelir.

Örnek olarak:

- Kum gibi kohezyonsuz zeminlerde tanecikler arası bağlar çok zayıftır, bu yüzden kohezyon değeri düşüktür veya yoktur.
- Kil gibi kohezyonlu zeminlerde ise taneler arasında kuvvetli bağlar vardır ve bu bağlar zeminin kendi içinde bütünlük sağlar.

## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği

### **Zeminlerin Yođunluđu ve Boşluk Oranı:**

Zeminlerin içindeki katı, sıvı ve gaz fazlarının oranları zeminin yoğunluğu ve boşluk oranını belirler. Zeminlerin sıkışma özelliği, boşluk oranı ve su içeriğiyle doğrudan ilişkilidir.

### **Atterberg Limitleri:**

Kohezyonlu zeminler için kullanılan bu sınırlar, zeminin katı, yarı katı, plastik ve sıvı durumlarını tanımlar. Atterberg limitleri, zeminlerin dayanıklılık ve işlenebilirlik özelliklerini belirlemede kullanılır.



## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği

Zemin mekaniği, zeminlerin yük altında nasıl davrandığını inceleyen bir bilim dalıdır. Zemin mekaniğinde en önemli kavramlardan biri, Karl Terzaghi tarafından geliştirilen efektif gerilme kavramıdır.

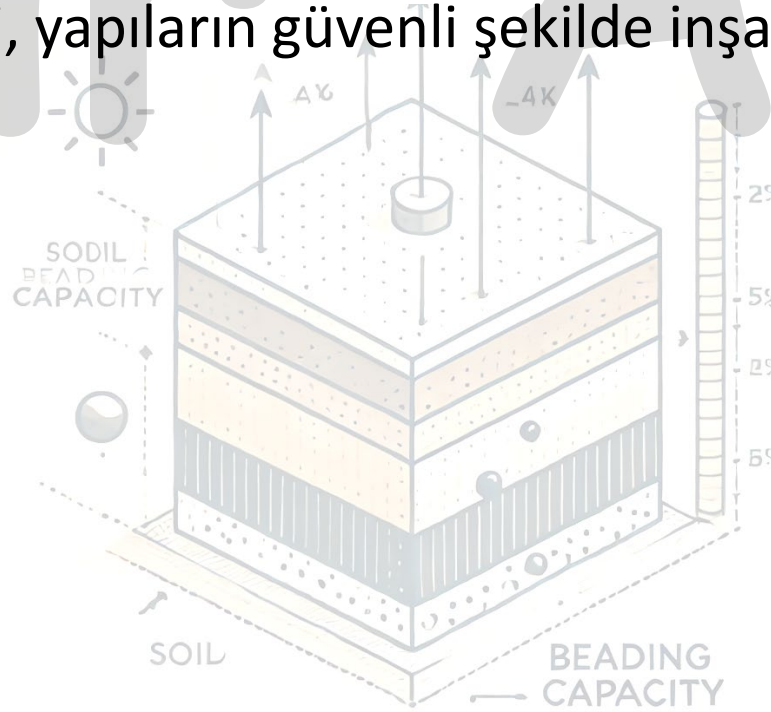
### **Efektif Gerilme Kavramı:**

- Terzaghi'nin efektif gerilme teorisi, zeminlerdeki toplam gerilmenin, boşluk suyu basıncı ile efektif gerilme bileşenlerine ayrılabilceğini belirtir. Efektif gerilme, zeminin dayanımını ve sıkışma özelliklerini belirleyen ana unsurdur.
- Örneđin, suya doygun bir zeminde, toplam gerilmenin önemli bir kısmı boşluk suyu basıncı tarafından taşındığından, zeminin dayanımı düşük olabilir. Ancak, boşluk suyu basıncı azaldığında efektif gerilme artar ve zeminin dayanımı da yükselir.

## 2. Zeminlerin Özellikleri ve Zemin Mekaniği

### Zeminlerin Sıkışma ve Taşıma Kapasitesi:

- Zeminlerin sıkışma özellikleri, yer altındaki katmanların davranışını etkiler ve yapılarda oturmaya neden olabilir.
- Zeminlerin taşıma kapasitesi, zemin türüne, nem içeriğine ve derinliğe bağlı olarak değişir. Taşıma kapasitesi, yapıların güvenli şekilde inşa edilebilmesi için önemlidir.



### 3. Zemin Gerilmesi ve Etkileri

#### **Zemin Gerilmesi Nedir?**

Zemin gerilmesi, zemin tabakalarının üzerindeki yüklerin zemine etkisiyle oluşan kuvvetleri ifade eder. Yapı yükleri zemine aktarıldığında, bu yükler zemin içinde gerilmeler meydana getirir ve bu gerilmeler zeminin taşıma kapasitesine bağlı olarak farklı şekillerde yayılır.



### 3. Zemin Gerilmesi ve Etkileri

#### **Toplam Gerilme ( $\sigma$ ):**

- Toplam gerilme, zemin yüzeyindeki tüm yüklerin etkisiyle oluşan gerilmedir ve yer çekimi ile yapı yükleri nedeniyle oluşur.
- Zemin içindeki her noktada, üzerindeki tüm toprak tabakasının ağırlığı bu noktaya toplam gerilme olarak etki eder.

### 3. Zemin Gerilmesi ve Etkileri

#### **Boşluk Suyu Basıncı (u):**

- Zemin taneleri arasındaki boşluklarda bulunan suyun oluşturduğu basınca boşluk suyu basıncı denir. Doygun zeminlerde bu basınç, yükün etkilerini doğrudan etkileyerek zeminin dayanımını düşürür.
- Boşluk suyu basıncı, özellikle yağmur ve yeraltı su seviyesindeki değişikliklerle artabilir ve zeminin taşıma kapasitesinde ani düşüslere neden olabilir.

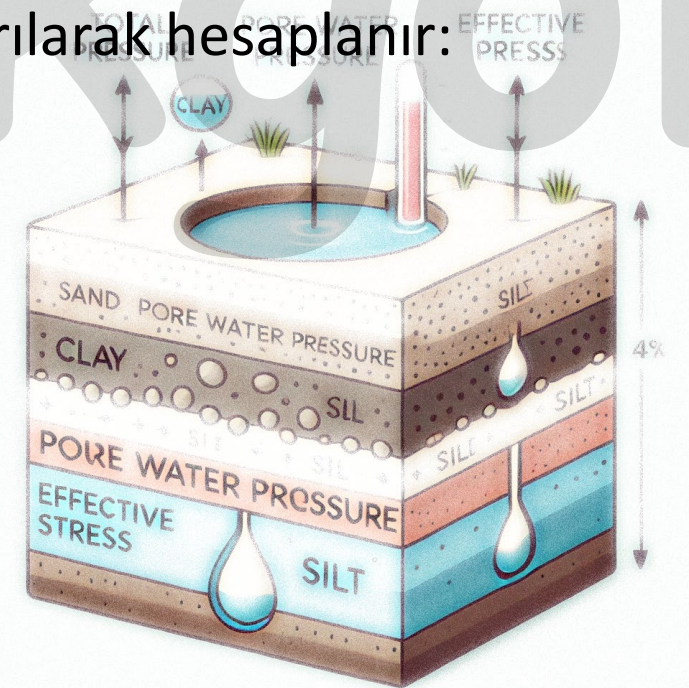
### 3. Zemin Gerilmesi ve Etkileri

#### Efektif Gerilme ( $\sigma'$ ):

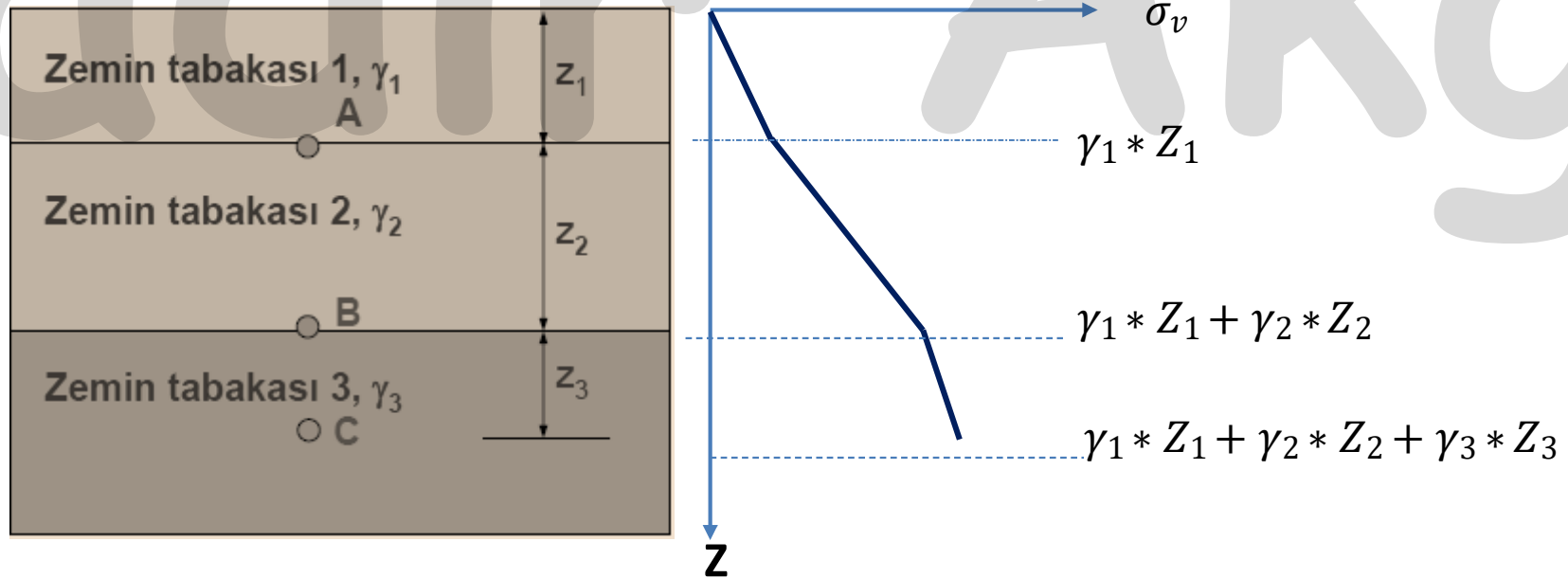
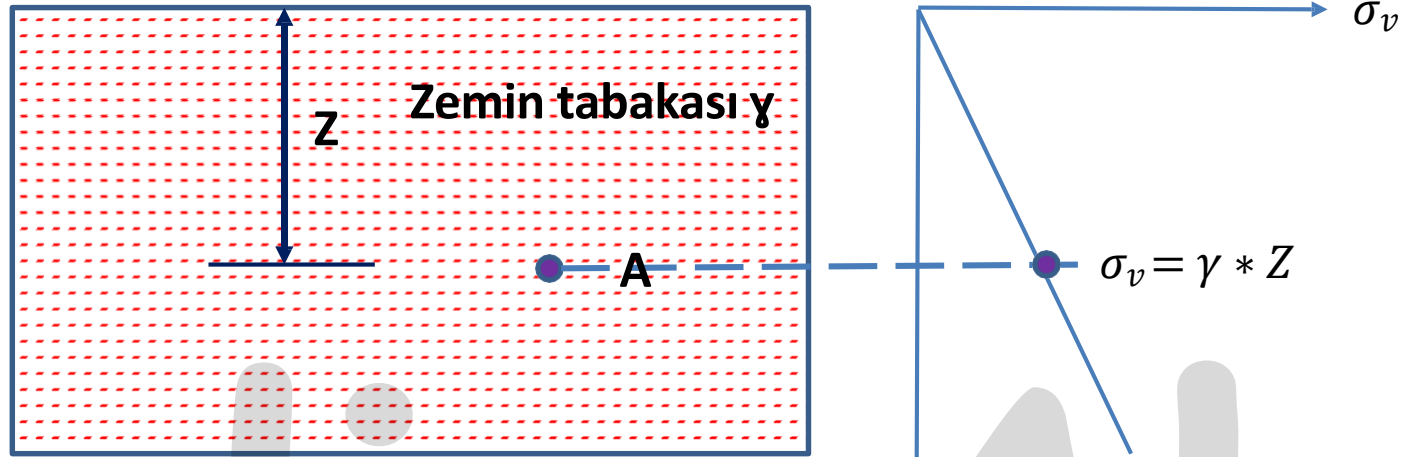
- Terzaghi tarafından geliştirilen efektif gerilme kavramı, zeminin yük taşıma kapasitesini belirleyen en önemli unsurdur. Efektif gerilme, zemindeki tanelerin birbirine uyguladığı gerçek basıncıdır ve dayanım özelliklerini doğrudan etkiler.
- Efektif gerilme, toplam gerilmeye boşluk suyu basıncı çıkarılarak hesaplanır:

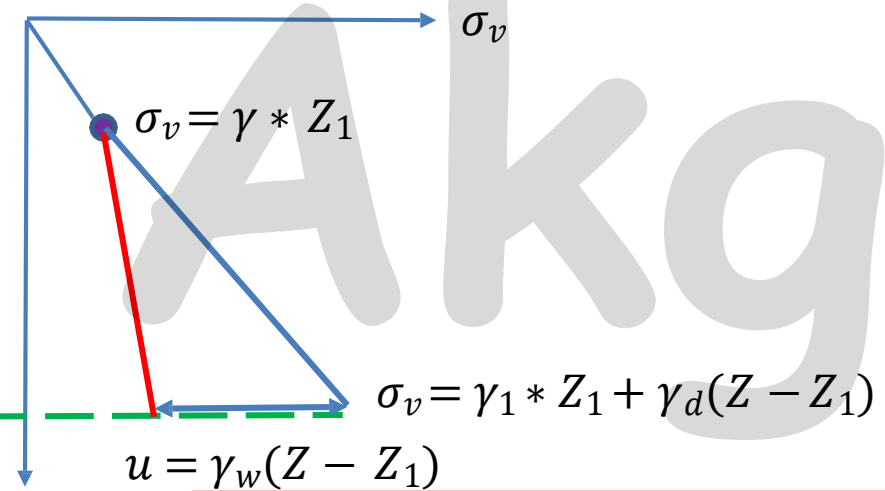
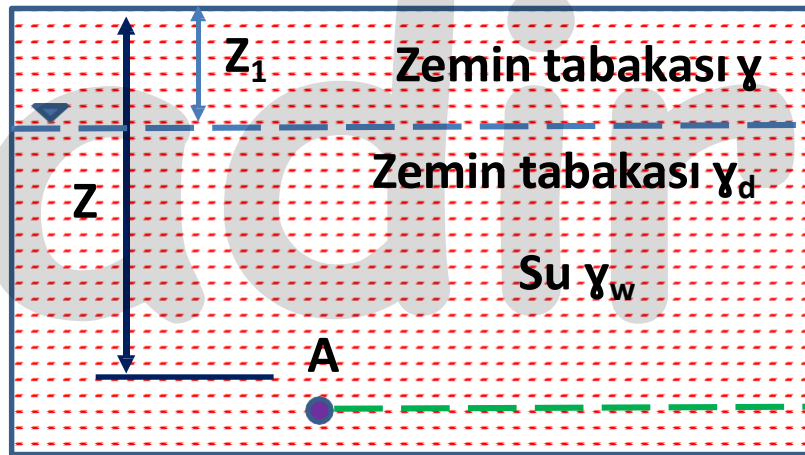
$$\sigma' = \sigma - u$$

burada  $\sigma$  toplam gerilme,  $u$  ise boşluk suyu basıncıdır.





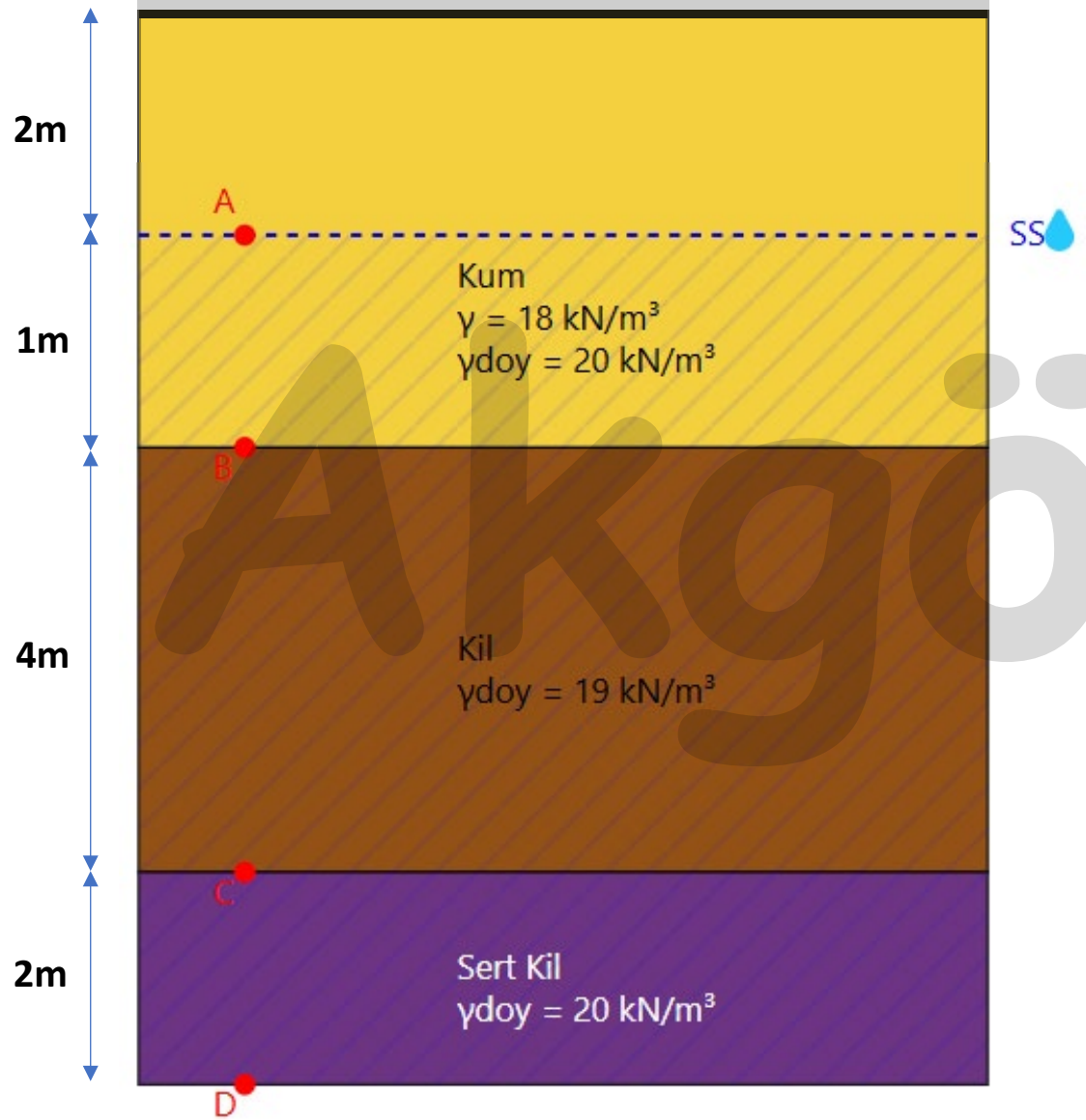




$$\sigma'_v = \gamma_1 * z_1 + (\gamma_d - \gamma_w) * (z - z_1)$$

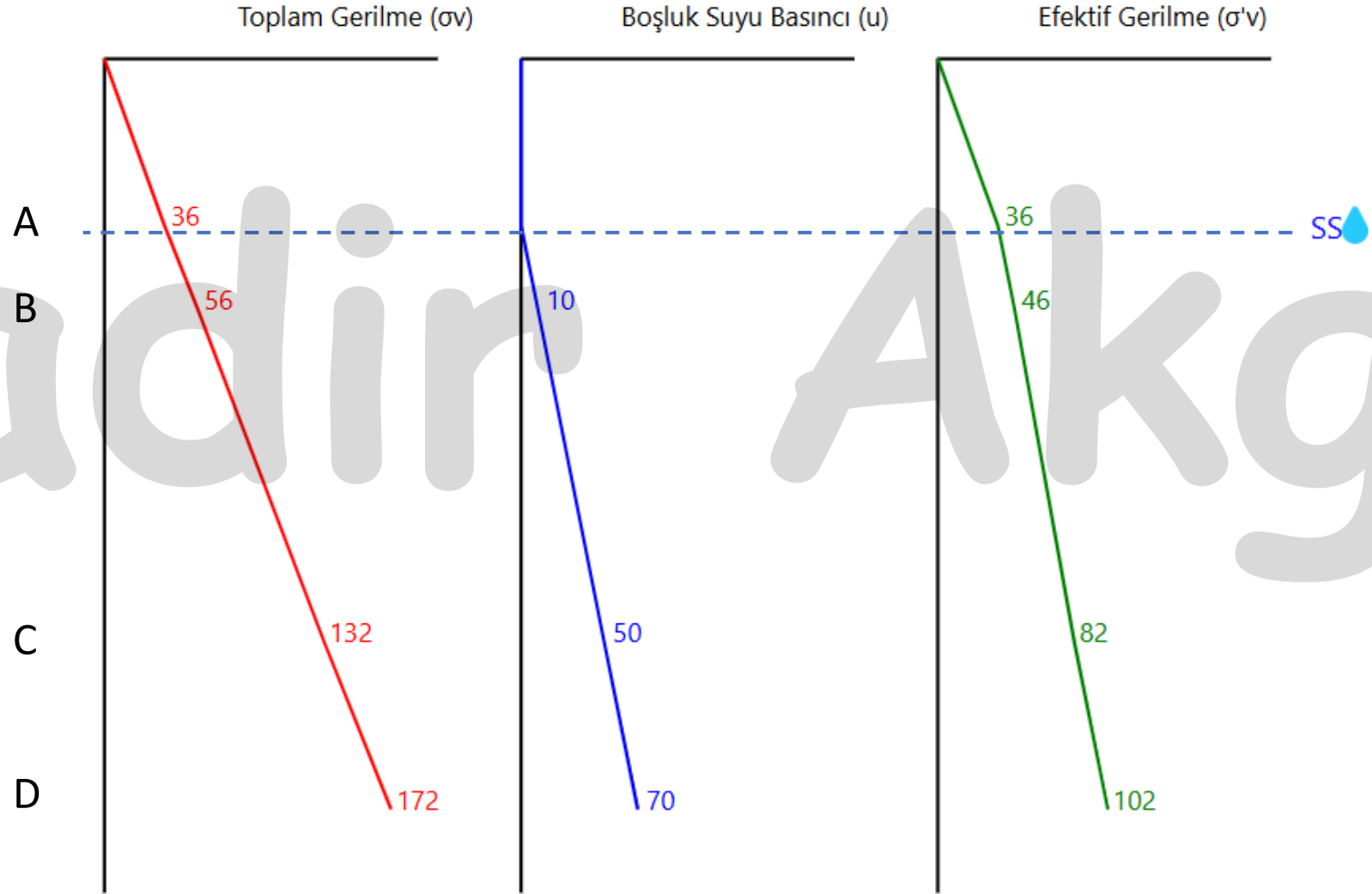
## Örnek Soru:

Zeminlere ait birim hacim ağırlıkları şekilde verilmiştir. A, B, C, D noktalarında ve tabandaki toplam gerilme, efektif gerilme ve boşluk suyu basınçlarını hesaplayarak, derinliğe göre gerilme diyagramlarını çiziniz.





## Örnek Soru:



## 4. Zeminlerin Taşıma Kapasitesi

Zeminlerin taşıma kapasitesi, üzerine gelen yükleri güvenli bir şekilde taşıyabilme kapasitesini ifade eder. Temelin güvenli ve ekonomik bir tasarımını sağlamak için, zeminin taşıma kapasitesi hesaplanır.

### **Taşıma Kapasitesi Katsayıları:**

- Zemin taşıma kapasitesi, zemin dayanım özelliklerine ve güvenlik katsayılarına göre belirlenir. Zeminin kesme dayanımı ve sıkışabilirliği taşıma kapasitesi üzerinde doğrudan etkilidir.
- Yüzeysel temeller için taşıma kapasitesi, zeminin kayma dayanımına ve oturma limitlerine bağlı olarak hesaplanır. Derin temellerde ise taşıma kapasitesi hesaplanırken kazık veya keson temelin yerleştirildiği zeminin özellikleri dikkate alınır.

## 4. Zeminlerin Taşıma Kapasitesi

### **Yüzeysel ve Derin Temelerde Taşıma Kapasitesi:**

- **Yüzeysel Temeller:** Genellikle yer yüzeyine yakın yerleştirilen bu temelerde, zemin taşıma kapasitesini belirlemek için zemin tabakalarının sıkışabilirliği ve kayma dayanımı kullanılır.
- **Derin Temeller:** Kazık veya keson temeller gibi derine yerleştirilen temelerde, taşıma kapasitesi zeminin derinliklerinde daha yüksek dayanım özellikleri sunar. Derin temelerde zemin profilinin yanı sıra kazıkların zeminle sürtünmesi de hesaplanır.

## 4. Zeminlerin Taşıma Kapasitesi

Kazık Temeller ve Keson Temeller, derin temel türleri olarak adlandırılır ve genellikle yüksek taşıma kapasitesine ihtiyaç duyulan ya da yüzeydeki zemin tabakalarının yetersiz olduğu durumlarda tercih edilirler.

**Kazık temeller**, zemine derinlemesine yerleştirilen uzun ve ince yapı elemanlarıdır. Taşıyıcı yükleri daha derin, taşıma kapasitesi yüksek zemin katmanlarına aktararak yapının stabilitesini sağlar.

**Keson temeller** ise zemine geniş, kutu ya da silindir biçiminde yerleştirilen kapalı temel yapılarıdır. Kazıklara kıyasla daha geniş çapta oldukları için geniş alanlara yayılı olarak yük aktarabilirler. Keson kelimesi, genellikle su altında ya da suya yakın projelerde kullanılan, büyük ve ağır yapılar için tercih edilen bu temellere atıfta bulunur. Keson temeller inşaat esnasında su basıncına dayanıklıdır ve suya batırılarak yerleştirilir.

## 5. Oturma Analizleri

Oturma, zemine uygulanan yükler sonucunda zeminin sıkışarak dikey yönde yer değiştirmesidir. Oturma analizleri, yapının yerleşimi sırasında oluşabilecek oturmaların yapısal hasara yol açmasını önlemek amacıyla yapılır.

### **Anlık ve Konsolidasyon Oturması:**

- **Anlık Oturma:** Yüklerin uygulanmasıyla hemen gerçekleşen oturmadır. Genellikle kohezyonsuz zeminlerde veya su içeriği düşük zeminlerde gözlenir.
- **Konsolidasyon Oturması:** Kohezyonlu zeminlerde, suyun zemin boşluklarından yavaşça dışarı çıkması sonucu meydana gelir. Konsolidasyon oturması, zamanla yavaş yavaş gerçekleşir ve uzun sürede tamamlanabilir.



## 5. Oturma Analizleri

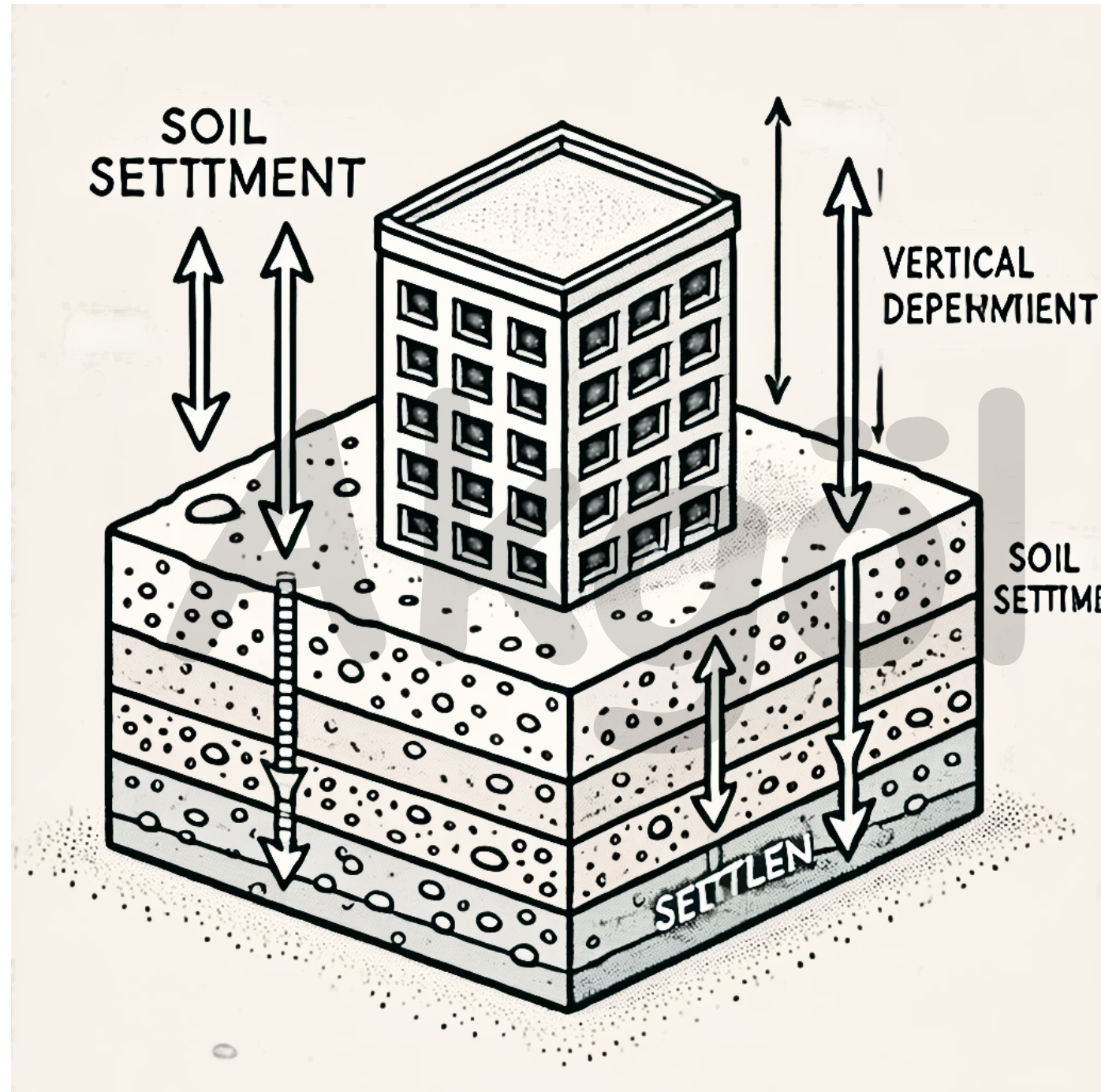
### **Farklı Oturma ve Yapı Stabilitesi:**

- Farklı oturma, yapının farklı noktalarında farklı miktarda oturma meydana gelmesidir ve bu durum yapısal sorunlara yol açabilir. Temel tasarımında oturma analizleri, bu tür farklı oturmaların önlenmesi için önemlidir.
- Özellikle yüzeysel temellerde, yapı yüklerinin zeminde homojen olarak dağıtılması ve zeminin oturma oranının düşük tutulması hedeflenir.

## 5. Oturma Analizleri

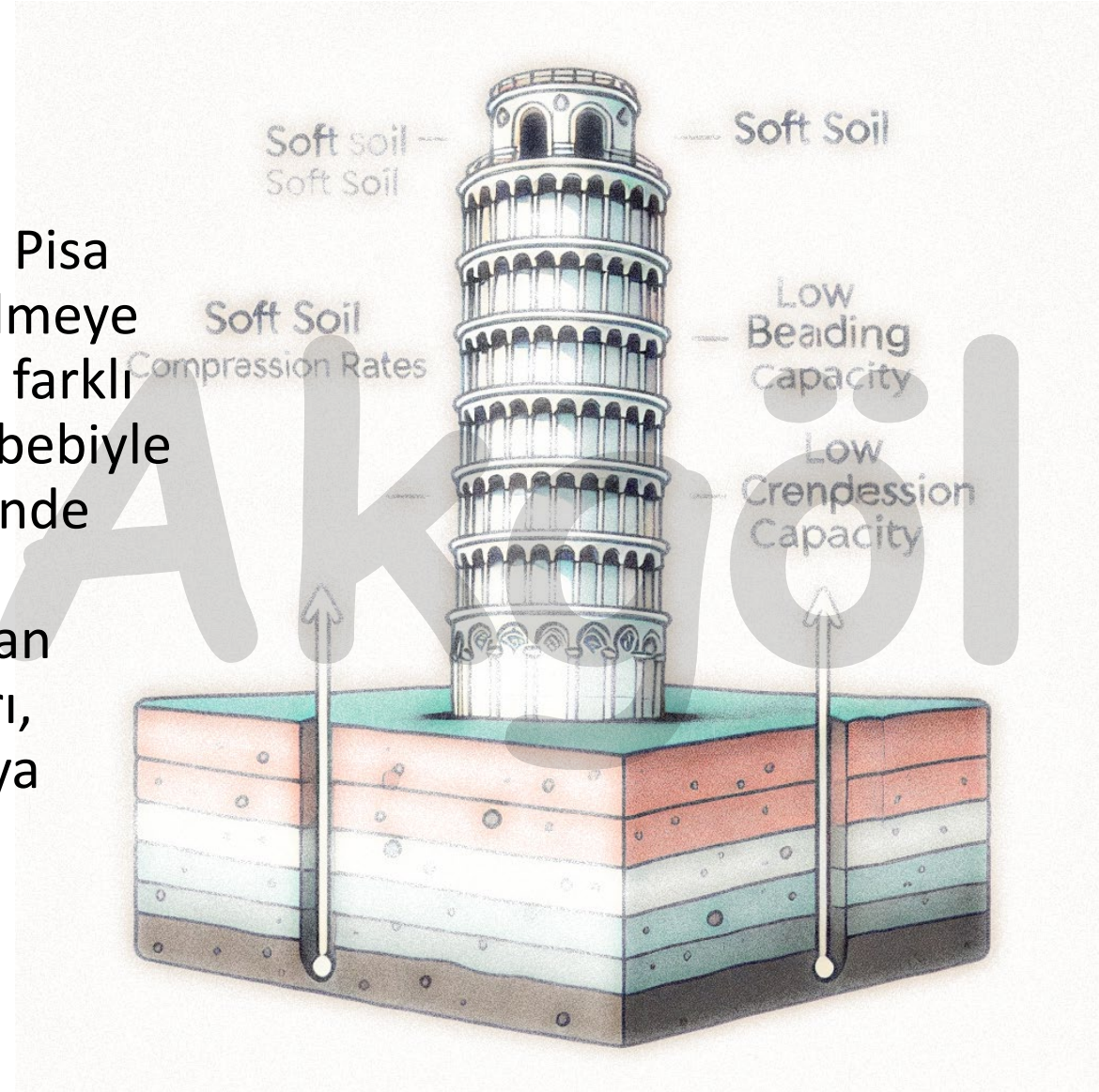
### Oturma Hesapları:

- Oturma hesapları, yapının ağırlığı altında zemin tabakalarında oluşan deformasyonları belirler. Zemin sıkışabilirliği, su içeriği ve yük büyüklüğü oturma miktarını etkiler.
- Pratik olarak bir zemin katmanı için oturma miktarı, zemin modülü ve yük büyüklüğüne göre hesaplanabilir. Bu analizlerde yüzeysel ve derin temeller için oturma kriterleri dikkate alınır.



# Pisa Kulesi

Geoteknik mühendisliğinde ünlü bir vaka olan Pisa Kulesi, yapıldığı yumuşak zemin nedeniyle eğilmeye başlamıştır. Bu eğilme, zemin katmanlarındaki farklı sıkışma oranları ve düşük taşıma kapasitesi sebebiyle oluşmuştur. Bu örnek, geoteknik mühendisliğinde zemin özelliklerinin ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Pisa Kulesi'nin zeminine yapılan müdahaleler ve zemin güçlendirme çalışmaları, geoteknik biliminin önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

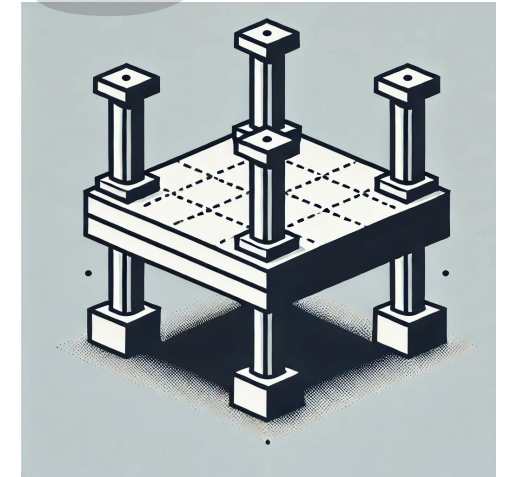
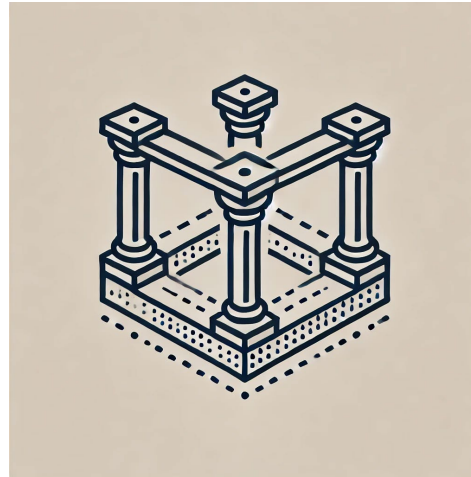
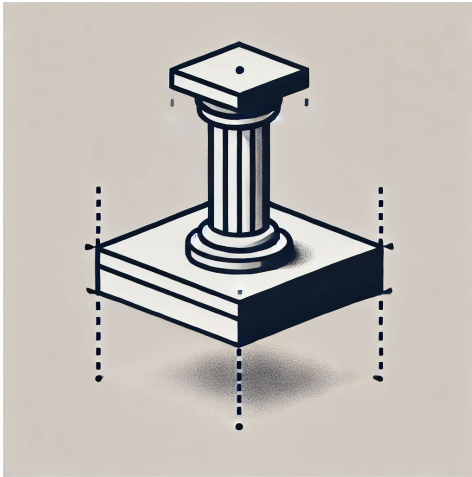




## 6. Geoteknik Uygulamalar ve Yapı Etkileşimi

### Yüzeysel Temeller:

- Yüzeysel temeller, zeminin yüzeyine yakın yerleştirilen temellerdir ve zemin tabakalarının taşıma kapasitesine bağlı olarak kullanılır. Genellikle tek katlı veya düşük katlı yapılar için uygundur.
- Tekil (pad) temeller, sürekli temeller ve radye (mat) temeller. Bu temel türleri, zeminin yüzeyine yayılı olarak yük taşırlar ve yüzeysel tabakaların taşıma kapasitesinden faydalanırlar.



## 6. Geoteknik Uygulamalar ve Yapı Etkileşimi

### Derin Temeller:

- Derin temeller, yükleri daha derin katmanlara iletmek için zeminin derinliklerine yerleştirilir. Bu temel türleri, yüksek taşıma kapasitesine ihtiyaç duyan yapılar veya zayıf yüzeysel zeminlerde tercih edilir.
- Kazık temeller ve keson temeller. Derin temeller, ağır yapılar veya köprüler gibi yüksek dayanım gerektiren projelerde tercih edilir.



## 6. Geoteknik Uygulamalar ve Yapı Etkileşimi

Yapı-zemin etkileşimi, yapı yüklerinin zemine aktarılması ve bu yüklerin zemin tarafından nasıl taşındığını inceler. Bu etkileşim, yapı güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir.

### **Taşıma Kapasitesine Etki:**

- Yapı yüklerinin zemine iletilmesi, zemin taşıma kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Eğer zemin, yapı yükünü taşımak için yeterli dayanımı sunamıyorsa oturma ve hatta göçme gibi sorunlar oluşabilir.
- Özellikle yüksek binalarda, yük aktarımı ve zemin üzerindeki gerilme dağılımı dikkatle hesaplanmalıdır.

## 6. Geoteknik Uygulamalar ve Yapı Etkileşimi

### **Oturma ve Farklı Oturma Sorunları:**

- Yapı-zemin etkileşiminde, yükler zemine aktarıldıkça zemin sıkışabilir ve oturma meydana gelebilir. Farklı oturmalar yapıda eğilme ve burulma gibi problemlere yol açabilir.
- Özellikle yüzeysel temellerde, farklı oturma riskleri göz önünde bulundurularak yüklerin eşit şekilde dağıtılması sağlanmalıdır.

## 6. Geoteknik Uygulamalar ve Yapı Etkileşimi

### **Şev Stabilitesi ve Zemin Güçlendirme Teknikleri:**

- Şev stabilitesi, eğimli zeminlerin taşıma kapasitesini korumasını sağlamak için yapılan analizlerdir. Şev kaymalarının önlenmesi için çeşitli güçlendirme teknikleri uygulanabilir.
- Zemin güçlendirme yöntemleri arasında drenaj, kompaksiyon, kazık yerleştirme ve geosentetik malzemelerle stabilizasyon gibi uygulamalar yer alır.