

ZEMİN MEKANİĞİ

BÖLÜM: 2 - ZEMİNİN YAPISI, TANE DAĞILIMI VE TEKSTÜRÜ

- Yerkabuğunun zemin olarak belirtilen katmanı, şekil ve büyüklük bakımından çok farklılık gösteren tanelerin birikmesi ile meydana geldiği için bunların arasında değişik hacimli boşluklar vardır. Bu boşluklarda genellikle hava ve su bulunur. Bu bakımdan zemin; **hava, sıvı ve katı** olmak üzere, üç farklı cismin karışımından meydana gelmiş bir materyal olarak gözönüne alınır.
- Basıncın etkisi altında kalan zeminin taneleri, boşluklara kayar ve bunun sonunda **zemin sıkışır**. Diğer taraftan zeminde tutulan suyun miktarı ve sızma hızı, tane ve agregaların büyüklüğü ile bunların arasındaki boşlukların hacmine bağlıdır. Bu bakımdan zeminin yapısı ve tane dağılımı, mekanik özellikler yönünden önemli bulunmaktadır.

- **2.1. Zeminin Yapısı (Stürüktür)**
- Zemin olarak belirtilen katman, şekil ve büyüklük yönünden farklılık gösteren mineral ve organik tanelerin, değişik şekillerde bağlanmaları ile meydana gelmiştir. Bir zemin kütlelerinin katı kısmına **iskelet** denir. Zemin kütlelerinin iskeletini meydana getiren tane ve agregaların düzenlenme desenine, diğer bir deyişle bunların birbirleri ile bağlanma durumu **yapı** olarak adlandırılır.
- Birbirlerine yapışmış tanelerden meydana gelen kütle **agrega** olarak nitelenir. Agregaların yuvarlak ve poroz olanları **granül** olarak belirtilir.

- **2.1.1. Tek taneli yapı**

Ayrı tanelerden meydana gelen zemin iskeleti, tek taneli veya basit yapı olarak belirtilir. Tek taneli yapı, genellikle kum ve çakıl gibi kaba taneli zeminlerde görülür (Şekil 2.1a). **Basit yapıdaki** tanelerin birleşme yüzeylerinde meydana gelen **sürtünme**, yerçekimine karşı dengeyi sağlar.

- **2.1.2. Balpeteği yapısı**

Sularda çökelen ayrı kökenli taneler, **moleküller arası kuvvetle** birbirlerine bağlanır. Bükülmüş küçük kiriş veya kemer şeklinde bir yapı gösteren bunların arasında, büyük boşluklar bulunur. Bu şekildeki yapı balpeteği olarak belirtilir (Şekil 2.1b).

2.1.3. Yumak yapı

Zeminin yumak şeklindeki yapısı, sularda çökelen ince taneli killerde görülür. Bu yapıda bulunan çok küçük kolloidal materyaller, yüzeylerindeki **elektrik** bakımından farklılık gösterdikleri için, flok denen grup veya agrega halinde bulunur (Şekil 2.1c). Söz konusu agregalar, kolloidal materyal çökmeden önce yani, süspansiyon halinde bulunduğu zaman meydana gelir.

- Zeminin iskeletini meydana getiren bal peteği ve yumak şeklindeki yapı, **birleşik** olarak da belirtilir. Birleşik yapısı olan zeminin iskeletinde oldukça büyük boşluklar bulunur. **Bu nedenle birleşik yapının yoğunluğu basit yapıya göre daha azdır.** Üst katmanlardan gelen ağırlıklarının neden olduğu basıncın büyük bir bölümü, kemer şekilde düzenlenmiş olan taneler tarafından taşınır. Bu yapıdaki zeminler, önemli miktarda **yük taşıma kapasitesi gösterebilir.** Birleşik yapısı olan zemin iskeleti, uzun bir zaman içinde sıkışır ve bu durumda kemer şeklindeki birimler ortadan kalkar.
- Birleşik doğal yapısı değişmeyen zeminler oldukça yüksek bir taşıma kapasitesi gösterebilir. Ancak bu karakteristik kazık çakma, dinamit darbesi ve aşırı vibrasyon gibi inşaat operasyonları sırasında kaybolur ve zemin yumuşak bir yapıya döner. Böyle durumlardaki zeminin mekanik özellikleri, yapısal değişiklik olmayan yerlerden alınan örneklerde belirtilir.

2.3. Tane Boyutunun Belirtilmesi

- Çoğunlukla zeminde, büyük (100 mm) ve çok ince (10^{-7} mm) boyutlu taneler beraber bulunur. Bu tanelerin şekli ve büyüklüklerine göre dağılımı, zeminin mekanik özellikleri ile mühendislik performansına önemli derecede etki eder.
- Zemindeki taneler arasında bir çekim kuvveti vardır. Bu kuvvet ile ince boyutlu taneler birbirine bağlanır. İnce boyutlu taneleri birbirine bağlayan kuvvete **kohezyon kuvveti** denir.
- Kohezyon kuvvetinin etkisi olduğu taneler kohezyonlu ve bunun etkili olmadığı taneler de ayırık olarak belirtilir. Kohezyon kuvvetinin etkili olduğu tane boyutu (0.002 mm, 0.005 mm) önemli bir sınır meydana getirmektedir.
- Söz konusu boyuttan daha büyük tanelerden oluşan bir zeminin kayma gerilmesi, sadece taneler arasındaki sürtünmeye bağlı olmasına karşılık, bu boyuttan küçük tanelerden meydana gelen zeminin kesme kuvvetine karşı gösterdiği gerilme, tamamen kohezyona bağlıdır.
- Diğer taraftan büyük ve küçük taneler bulunduran zeminin kayma gerilmesi, sürtünme ve kohezyonu kuvvetinin birlikte etkisi ile meydana gelir.

- Zemindeki taneler büyüklüklerine göre çakıl, kum, silt ve kil olarak sınıflara ayrılır. Amerika Arazi Geliştirme Bürosu, 0.005 mm den küçük zemin tanelerini kil olarak belirtmiş olmasına karşılık, Masshacushet Teknoloji Enstitüsü, 0.002 mm den küçük olanları kil olarak nitelemiştir (Şekil 2.2).
- Ancak kil olarak belirtilen tanelerinin bütünü mineral şeklinde değildir. Büyüklüğüne göre kil olarak belirtilen fakat su ile karıştırıldığı zaman plastik bir eğilime sahip olan taneler, kil mineralidir. Buna karşılık zeminde bulunan ve kil boyutunda olan kuartz, feldispar veya mika, su ile karıştırılınca plastik eğilim göstermez. Bu bakımdan 2-5 mikrondan küçük taneleri, kil boyutlu taneler olarak belirtmek daha uygun olur.
- Gerçek kil minerali genellikle 1 mikrondan küçüktür ve 2 mikron bunun üst sınırını meydana getirir.

2.3.2. Tanelerin boyutlarına göre gruplandırılması

- Zeminin fiziksel özelliklerine en çok tanelerin büyüklüğü etki eder. Bu bakımdan tane boyutu ile ilgili karakteristikler, zeminin mühendislik performansı yönünden sınıflandırılmasında da göz önüne alınır. Bir zemindeki tanelerin büyüklüklerinin doğrudan ölçülmesi olanaksız olduğu için bunların büyüklük grupları belirtilir. Zemindeki tanelerin büyüklüklerine göre gruplara ayrılmasında, uygulanan yöntem **mekanik analiz** denir. Mekanik analiz, ayırık ve kohezyonlu taneler için aşağıda açıklandığı gibi farklı şekilde uygulanır.
- **2.3.2.1. Elek analiz**
- Kohezyon kuvveti ile bağlı olmadığı için ayırık olarak bulunan, genellikle kum ve çakıl gibi, tanelerin büyüklük grupları, göz açıklığı (genişliği) farklı olan bir dizi eleklerden geçirilerek bulunur. Bu amaçla kullanılan elekler, belli büyüklüklerde göz açıklığı olacak şekilde delinmiş olan metal bir levha veya tel dokumadan yapılmıştır (Şekil 2.3).

Elek analizinin ayırık tanelere uygulanması zorunludur. Çünkü kohezyon ile bağı olan taneler, bu şekilde elekten geçtiği için boyutları belirtilemez. **Bu nedenle elek analizi ile 0.074 mm boyutundan büyük tanelerin büyüklük grupları elde edilir.**

- **2.3.2.2. Hidrometre yöntemi**

- Kohezyon kuvveti ile bağı olan tanelerin büyüklük grupları, elek analizi ile belirtilemez. Böyle tanelerin büyüklük gruplarını belirtmek için aralarındaki çekim kuvvetinin ortadan kaldırılması, diğer bir deyişle tanelerin bağımsız hale getirilmesi gerekir. Kohezyonlu tanelerin büyüklük grupları, su içindeki düşme hızlarına göre belirtilir.
- Söz konusu yöntem uyarınca belli bir boyuttan küçük tanelerin yüzde miktarı saptanır. Ancak 0.0002 mm boyutundan küçük taneler su içinde çökmez. Öte yandan 0.2 mm den daha büyük olanlar çöklerken, türbülans meydana gelir ve tanelerin çökme hızı değişir. Bu nedenle hidrometre analizi, genel olarak 0.0002-0.2 mm boyutları arasında bulunan tanelerin yüzde olarak miktarlarının belirtilmesinde kullanılır. Kohezyonlu tanelerin büyüklük gruplarını bulmak için uygulanan tekniğe **hidrometre analizi** denir.

2.3.3. Tane dağılımı

- Zemindeki tanelerin büyüklüklerinin değişimine, **tane dağılımı** veya tanelerin derecelenmesi denir. Zeminde bulunan kum ve çakıl boyundaki yani ayırık tanelerin büyüklük grupları, elek analizi ve ince (kohezyonlu) tanelerin de su içinde çökme yani ıslak analiz yöntemine göre büyüklük grupları, yukarıda açıklandığı şekilde belirtilir.
- Zemini meydana getiren tanelerin büyüklüklerinin değişimi şekil ile gösterilerek belirgin bir duruma getirilir. Elek ve ıslak analiz yöntemlerine göre bulunan daha ince tanelerin yüzde miktarı, bu koordinatın eşit aralıklarla bölümlendirilmiş olan akseni ve tanelerin çapı da logaritmik ekseninde alınır.

- Tane dağılım eğrisinin karakteristiği, zeminin birleşimindeki tanelerin büyüklüklerinin değişimini gösterir. Zeminin fiziksel özelliklerine en çok etki eden tanelerin büyüklüğüne göre zeminler, mühendislik yönünden yeknesak veya iyi derecelenmiş olarak gruplandırılır. Değişik boyutlu tane bulunduran zeminler iyi, tek boyuta yakın tanelerden meydana gelen zeminlerde yeknesak veya kötü derecelenmiş olarak belirtilir.
- Zemini meydana getiren tanelerin büyüklük bakımından gösterdiği değişiklik diğer bir deyişle tane dağılım eğrisinin karakteristiği, efektif çap, yeknesaklık katsayısı ve eğrilik katsayısı olmak üzere üç parametre ile belirtilir.

- **Effektiv ap (D_{10}):** Bir zemindeki tanelerin ağırlıkça % 10 unun sahip olduğu en buyk çap, effektiv olarak belirtilir. Tane dağılım eğrisinden bulunan bu çapın düşük olması, zeminde oldukça fazla miktarda ince tanelerin bulunduğunu gösterir. Buna karşılık effektiv çapın yüksek olması zeminde az miktarda ince tanelerin bulunduğunu belirtir.
- **Yeknesaklık Katsayısı (C_u):** Bir zemini oluşturan tanelerin ağırlıkça % 60 ının sahip olduğu en buyk çapın, effektiv çapa oranına yeknesaklık katsayısı denir.
- Yeknesaklık katsayısının yüksek olması, zemindeki tanelerin küçükten büyüğe kadar iyi bir şekilde dağıldığını yani zeminin iyi derecelendiğini göstermesinin yanında, en büyük tane boyutu ile ilgili bilgide verir.
- **Eğrilik Katsayısı (C_c):** Zemindeki tanelerin büyüklük bakımından gösterdiği değişimin belirtilmesinde kullanılan bu katsayı, tanelerin ağırlıkça % 30 unun sahip olduğu en büyük çapın karesinin effektiv çap ile yeknesaklık katsayılarının çarpımına bölünmesi ile elde edilir.
- Yeknesaklık katsayısı 4-6 arasında ve eğrilik katsayısı da 1-3 olan zeminler, iyi derecelenmiş olarak belirtilir.

2.4. Zeminin Bünyesi (Tekstürü)

- Zemini meydana getiren ve şekil ile büyüklük yönünden çok değişiklik gösteren tanelerin dağılımı farklı bir görünüm verir. Zemin özelliklerine tanelerin boyutu kadar şeklide etki eder. Düz ve yuvarlak tanelerden meydana gelen zemin, köşeli tanelerden oluşan zemin kadar sert bir durum göstermez. Bununla birlikte tekstür terimi, genellikle **tanelerin büyüklük karakterini** belirtir.

- **2.4.1. Tekstür sınıfı**

- Zeminler çok büyük bir çoğunlukla **kum, silt ve kil** olarak belirtilen tanelerin karışımından meydana gelmiştir. Zeminin fiziksel özelliklerini belirten bu unsurların, eşit miktarlarda bulunması hemen hemen olanaksızdır. Bunun için zeminler söz konusu tanelerin yani katı unsurlarının, miktar olarak gösterdiği farklılığı belirtecek şekilde tekstür yönünden değişik sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflardaki bazı zeminlerin, alt sınıflara da vardır. Tekstürü farklı olan zeminler fiziksel özellikler yönünden farklılık gösterir.

- **Tın:** Yaklaşık olarak aynı miktarlarda kum, silt ve kil boyutlu tanelerden meydana gelen zemin, tın olarak belirtilir. Böyle bir zemin, parmakların arasında sıkılınca yumuşak ve kumlu bir duyum verir ve düz bir yüzey ile oldukça plastik bir yapı gösterir. Kuru durumdaki tın elde sıkılınca, tutulabilecek şekilde birleşir.
- **Çakıllı veya Taşlı Tekstür:** Yukarıda belirtilen tekstür sınıflarındaki zeminlerde % 8-10 kadar çakıl veya taş parçası bulunduğu zaman farklı bir görünüm ve duyum değişir. Böyle zeminlerin tekstür sınıfının önüne çakıllı ve taşlı sıfatı eklenir (çakıllı killi tın, taşlı siltli tın).

Kaynakça:

- Okman, C. 2013. ZEMİN MEKANİĞİ. Ankara Ün. Ziraat F. Yayın No:1596, Ders Kitabı: 548, Ankara