INS305
Zemin Mekaniği I

Zeminlerde Tane Dağılımı ve Analizi

Doç. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

ZEMİN MEKANİĞİ

Haftalık Konular

Hafta 1:	Zeminlerin Oluşumu
Hafta 2:	Zeminlerin Fiziksel ve Endeks Özelliklerinin Tanımlanması ve Problem Çözümleri
Hafta 3:	Zeminlerin Fiziksel ve Plastisite Özelliklerine Yönelik Deneyler
Hafta 4:	Zeminlerde Tane Dağılımı ve Analizi
Hafta 5:	Zeminlerin Sınıflandırılması
Hafta 6:	Zemin Sınıflama Sitemleri Uygulamaları ve Karşılaştırmalar
Hafta 7:	Zeminlerde Su
Hafta 8:	Yeraltı Gerilmeleri; Zemin kütlesi nedeniyle oluşan gerilmeler
Hafta 9:	Yeraltı Gerilmeleri; Düşey yükleme ile oluşan zemin kütlesindeki gerilmeler
Hafta 10:	Zeminlerin Kompaksiyonu
Hafta 11:	Standart Proktor Deneyi ve Modifiye Proktor Deneylerinin Uygulaması
Hafta 12:	Sıkışma ve Konsolidasyon Teorisi
Hafta 13:	Konsolidasyon Deneyi
Hafta 14:	İleri Zemin Mekaniği Problem Çözümleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

HACİM AĞIRLIK PARAMETRELERİ - FAZ DİYAGRAMLARI

Bu hafta kapsamında aşağıda belirtilen deneyler yapılacak olup deneylere ait bilgi, abak ve formlar kitabınızda mevcuttur.

1. Elek Analizi
2. Hidrometre Analizi

DERS İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ LABARATUVARINDA YAPILACAKTIR.
Derse gelirken ilgili föy/abakları getiriniz.

INM308 ZEMİN MEKANİĞİ I

ZEMİNLERDE TANE DAĞILIMI VE ANALİZİ

ELEK ANALİZİ

Zemin malzemelerin tane boyu dağılımı, iyi derecelenmiş ve iyi derecelenmemiş olarak tanımlanır. Sedimantolojideki tanımlama ile mühendislikteki tanımlamaların amaçları değişik olduğundan, her birindeki tanımlamalar da değişiktir. Mühendislikte iyi derecelenmiş bir malzeme heterojendir ve her tane boyundan (çakıl, kum, kil, silt) az çok eşit oranda içermektedir. Sedimantolojide boylanma kullanılır. İyi boylanmış bir malzeme homojendir ve malzemeyi oluşturan taneler yaklaşık eşit boydadır.

Toprakların tane boyutlarının saptanması, toprakların sınıflandırılmasında, üniformluk ve derecelenme katsayılarının belirlenmesinde, zemin mekaniğinde, barajlarda çekirdek ve filtre malzemelerinin seçilmesinde önemlidir. Ayrıca, bir topraktaki tanelerin (çakıl, kum, silt, kil) yüzde miktarlarının belirlenmesi; toprağın diğer mühendislik özellikleri hakkında da önemli bilgiler edinilmesini sağlamaktadır. Bu özellikler; porozite, hidrolik iletkenlik, su tutma özellikleri, direnç/dayanım özellikleri, vb. dir. Herhangi bir toprak malzemesinin tane boylarının ve bu değişik boydaki tanelerin ağırlık oranlarını saptamak için yapılan çözümlemelere “elek çözümlemeleri” denir. Bu ise, iri elek çözümlemesi ve ince elek çözümlemesi diye iki evrede yapılır. Ayrıca, kil ve silt boyu tanelerin saptanması için de yaş çözümleme (hidrometre çözümlemesi) yapılır (Şekil 1). Elek ve hidrometre çözümlemeleri sonucunda malzemeyi oluşturan değişik boylardaki tanelerin ağırlık olarak yüzde miktarları belirlenir ve yarı-logaritmik kağıdın, logaritmik ekseninde “tane boyu”, aritmetik eksende ise “yüzde elek altı ağırlıkları” kullanılarak “Tane Boyu Dağılım Eğrisi” çizilir. Bu eğri kullanılarak malzemeyi oluşturan çakıl, kum, kil ve silt miktarları belirlenip, değişik amaçlı kullanımlar için toprak sınıflaması yapılır.

Zeminlerde ince ve iri taneli zeminler karışık olarak bulunabileceği için tane çapları 76,2 mm ile 0,075 mm arasında olan kısım elek analizine tabii tutulurken, çapları 0,075 mm den küçük olan zeminlerde ıslak analiz (hidrometre ve pipet analizi) adı verilen yöntemler kullanılmaktadır.

Granülometri eğrisi belirlenmek istenen zemin kurutularak değişik çaplardan oluşan bir elek serisinden elenir. Standart olarak kullanılan Almanya ve Amerikan ASTM standartları tarafından verilen elek serileri bu deney için kullanılmaktadır (Tablo 1). Elek numaraları her bir inch kareye gelen delik sayısını göstermektedir. Örneğin 40 nolu elekte 1 inch karelik alanda 40 delik vardır.



Şekil 1. Elek seti ve hidrometre görünümü

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

- **Mekanik Ayırıcı;**
- **Etüv;** 105 ^{0}C'lik bir kapasiteye sahip olmalı
- **Havan;** Malzemenin, kümeleşmiş tanelerinin örselemeden ayrıştırılmasında kullanılacak havan ve ucu plastik kaplı tokmak,
- **Elek Sallayıcı;** Deneyde kullanılacak elek takımını standart bir hızda sallayacak elektrikli elek sallayıcı (Ro-top sieve shaker),
- **Terazi;** 500 gr kapasiteli ve 0,1 gr hassasiyetli olmalı,
- **Elek Takımı;** Deneyde kullanılacak elek takımı aşağıda verilmiştir: Elek No Açıklık (mm)
- **Hesap makinesi**

Tablo 1. Almanya ve Amerikan ASTM standartlarında kullanılan elek ve açıklıkları

ASTM		**DIN**	
Elek No	Elek Açılığı (mm)	Elek No	Elek Açılığı (mm)
4	4,75	4	5,00
10	2,00	10	2,00
20	0,85	20	0,800
40	0,425	40	0,400
60	0,250	60	0,250
100	0,150	100	0,200
140	0,106	140	0,100
200	0,075	200	0,071

YÖNTEM

Deneyde kullanılan standart örnek miktarı 450 – 500 gr kadardır. Zemini oluşturan tanelerin miktarı bu deneyde ağırlıklı olarak saptandığı için, zeminin bünyesinde bulunan suyun

hesaplamamalara dahil edilmesi gerekir. Havada kurutulmuş toprakta, tanelerin etrafını saran ve ince bir film tabakası halinde bulunan su "higroskopik nem" atılamaz. Bunun için, örneğin fırında kurutulması gerekir. Deney için, tüm deney örneğinin kurutulması yerine, deney örneğini temsil eden 50 gr kadar örnek alınarak fırında kurutulup, nem içeriği belirlenir ve burada "Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısı" hesaplanır.

Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısının Belirlenmesi

- Havada kurutulmuş ve kümelenmiş taneleri havan ve ucu lastik tokmak kullanılarak ayrıştırılmış deney örneğinden, mekanik ayırıcı kullanılarak 50 gr örnek alınarak bir kaba konulur. Toprak örneği kap ile birlikte tartılıp not edilir (Kap + Havada kurutulmuş örnek ağırlığı).
- Örnek kap ile birlikte fırına konularak 24 saat süreyle 105 ^{0}C'de kurutulur.
- 24 saat sonra örnek fırından alınarak, desikatörde 15 dakika kadar bekletilip soğuması sağlanır ve kap ile birlikte örnek tartılır (Kap + Fırında kurutulmuş örnek ağırlığı).
- Aşağıdaki eşitlik kullanılarak Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısı hesaplanır.

$$HDK = \frac{Fka}{Hka}$$

Fka **:** Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısı,
Hka **:** Örneğin Fırında Kurutulmuş Ağırlığı (gr),
HDK **:** Örneğin Havada Kurutulmuş Ağırlığı (gr),

DENEYİN YAPILIŞI

a. Zemin karıştırılarak ve bir süre beklenerek havada tamamen kurutulur.
b. Havada kurutulmuş örnekte mekanik ayırıcı kullanılarak 500 gr alınır.
c. Numune 5, 10, 20, 40,…….200 no'lu elek takımına konularak 15 dakika sallanır.
d. Tablo 2'e benzer bir çizelge hazırlanır.
e. Sırasıyla önce 5 no'lu elek üzerinde kalan örnek olmak üzere elek üstünde kalan numune elekle birlikte tartılıp, elek ağırlığı çıkarılarak her bir elek üzerinde kalan ağırlık bulunur. Aynı işlem 10 no'lu elekten başlanarak dizilen diğer tüm elekler için de yapılır.
f. Sonra elek üzerinde kalan ağırlık, toplam örnek ağırlığından (500 gr) çıkarılarak bu elekten gecen örnek ağırlığı bulunur ve % elek altı hesaplanır. Aynı işlem tüm elekler için tekrarlanır.

Not: Elek üzerinde kalan ve elek altına geçen ağırlıkların hesaplanmasında, "Higroskopik nem düzeltme katsayısı" kullanılarak fırında kurutulmuş ağırlık değerleri bulunmalıdır.

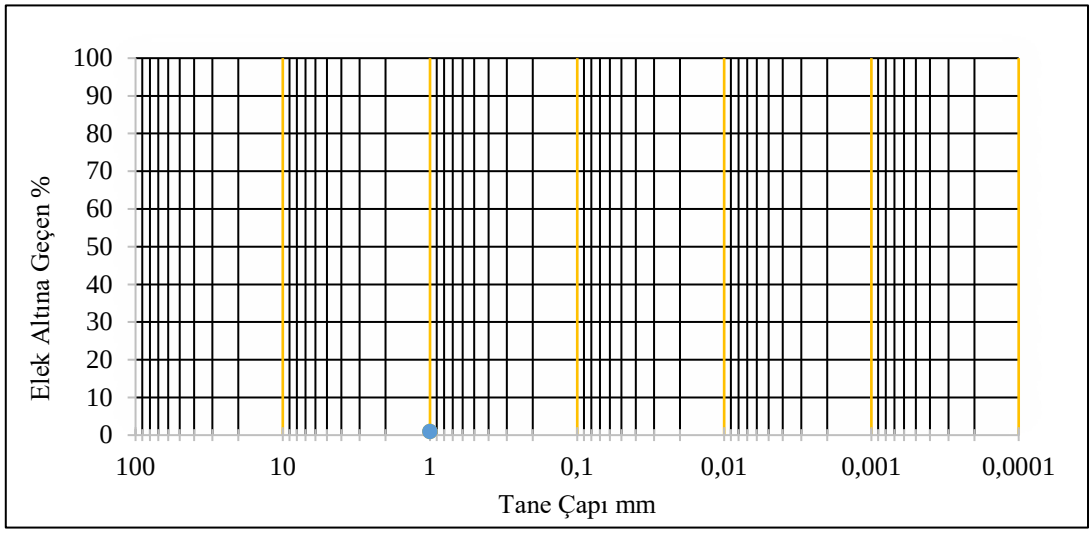
Tablo. Elek analizi formu

TANE BOYUT DAĞILIMI - ELEK ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı					

Deneyde Kullanılan Zemin Kütlesi (g)		Deney Metodu	

Gradasyon Özellikleri		Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Boş Elek Kütlesi (g)	Elek ve Zemin Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Zemin (g)	Kümülatif Elek Üstü (g)	Yüzde Kalan (%)	Yüzde Geçen (%)
% Çakıl									
% Kum									
% Silt									
% Kil									
D_{60} (mm)									
D_{30} (mm)									
D_{10} (mm)									
C_u									
C_g									
LL									
PL		Deney Sonrasında Hesaplanan Zemin Kütlesi							

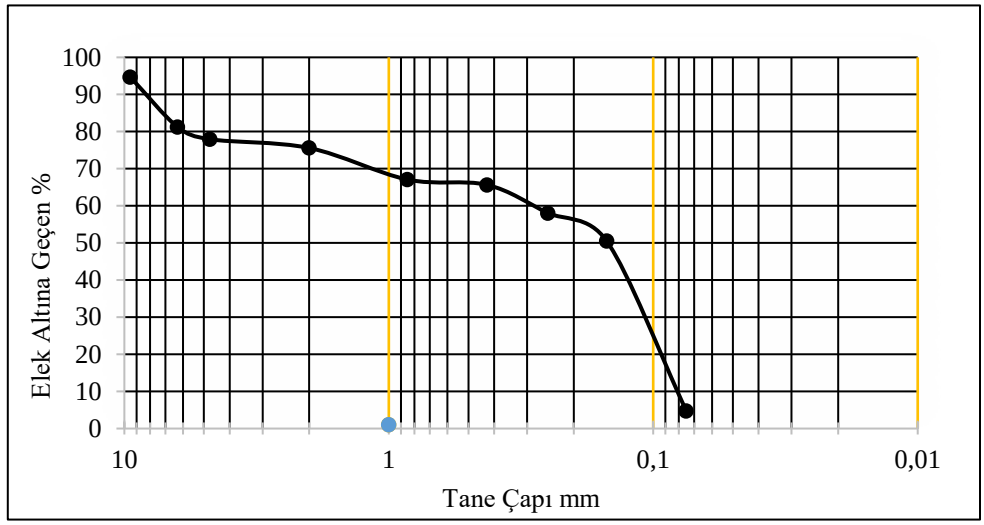


TANE BOYUT DAĞILIMI - ELEK ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı					

Deneyde Kullanılan Zemin Kütlesi (g)			Deney Metodu		

Gradasyon Özellikleri		Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Boş Elek Kütlesi (g)	Elek ve Zemin Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Zemin (g)	Kümülatif Elek Üstü (g)	Yüzde Kalan (%)	Yüzde Geçen (%)
% Çakıl		3/8"	9.5	594.40	635.30	40.90	40.90	5.310309	94.69
% Kum		1/4"	6.3	543.00	646.30	103.30	144.20	18.72241	81.28
% Silt		4	4.750	591.60	617.30	25.70	169.90	22.059205	77.94
% Kil		10	2.0	540.20	558.30	18.10	188.00	24.40924	75.59
D_{60} (mm)		20	0.850	432.40	498.00	65.60	253.60	32.92651	67.07
D_{30} (mm)		40	0.425	461.00	472.00	11.00	264.6	34.35471	65.65
D_{10} (mm)		60	0.250	438.70	497.20	58.50	323.1	41.95014	58.05
C_u		100	0.150	427.60	485.70	58.10	381.2	49.49364	50.51
C_g		200	0.075	423.70	776.10	352.40	733.6	95.24799	4.75
LL		Tava		383.00	419.60	36.60	770.2	100	0.00
PL		Deney Sonrasında Hesaplanan Zemin Kütlesi				770.20			



HİDROMETRE ANALİZİ

Bazı zeminleri eleklerden elemek ve çaplarına göre ayırmak zemin tanelerinin gözle görülemeyecek kadar küçük olmalarından dolayı mümkün olmamaktadır. Bu sebepten dolayı bu tür zeminlerin yani tane çapı 0,075 mm den küçük (200 nolu elekten geçen) zeminler için ıslak analiz (hidrometre, pipet) yapılmaktadır. Hidrometre analizi bu tür zeminlerin tane sınıflamasında yaygın olarak kullanılan bir deney yöntemi olup, esası Stokes' in yasasına dayanmaktadır. Stokes yasası, bir sıvı içerisinde çöken ve geometrik şekli küre olan tanelerin çökme hızları ile tane çapları arasında bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Buna göre tüm tanelerin aynı yoğunluğa sahip olacağı kabulü ile büyük boyutlu tanelerin daha hızlı küçük olanlarınsa daha yavaş çökeleceği bilinmektedir.

200 nolu elekten geçen miktar %10'dan az ise bu örnek üzerinde hidrometre deneyi yapmaya gerek yoktur. Tamamı 200 nolu elek altına geçen ya da, %10 dan fazla incesi bulunan zeminler için hidrometre deneyi yapılarak tane boyu dağılımı belirlenmelidir.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

- 10 nolu elek altından iri taneliler için 100 gr ince taneliler için 50 gr numune, (Amaç ve zemin özelliklerine göre 10 nolu elek yerine 4 Nolu (4,75 mm), 40 Nolu (425 mikron) veya 200 Nolu (75 mikron) elek üzerinde ayırma yapılarak deneye örnek hazırlanabilir.
- **250 mm'lik Beher;** sodyum hegzametafosfat ($(NaPO3)_6$) çözeltisinde zemini çözmede kullanılır,
- **% 4'lük sodyum hegzametafosfat ($(NaPO3)_6$);** 33gr sodyum hegzametafosfat ve 7 gr sodyum karbonat 1 lt suda çözülerek hazırlanır,
- **Cam Silindir;** 1000'mlt'lik (süspansiyon silindiri),
- **Termometre;** 0 – 50 ^{0}C arasında bölümlenmiş, 1 ^{0}C hassasiyetli
- **Hidrometre;** 151H yada 152 H, Süspansiyon yoğunluğunu gr/lt olarak gösterir,
- **Desikatör (Nem Tutucu);** Fırında kurutulmuş örnekleri soğuturken havanın neminden etkilenmemesi için kullanılır,
- **Su Banyosu;** Hidrometre analizinde kullanılmak üzere, 20 ^{0}C sabit sıcaklık sağlayabilecek kapasitede olmalı,
- **Spatula;** Örneği bir kaptan diğerine boşaltırken kullanılır,
- **Buharlaşma Kabı;** Hidrometre çözümlemesi sonucunda 200 nolu elek üstünde kalan örneği içerisine koyup fırında kurutmak için kullanılır,
- **Karıştırıcı (Mixer)**
- **Piset;**
- **Saat;**

DENEYİN YAPILIŞI

Hidrometre Çözümlemesi

a. Deneye başlarken zemin kütlesindeki 10 No'lu (2,00 mm) elek üzerinde tutulan parçacıkları ile, 10 No'lu elekten geçen parçacıklar belirlenmelidir. Bu aşamada 10 nolu elek altına iri taneliler için 115 gr ince taneliler için 65 gr zemin geçecek şikilde örnek deneye tabii tutulur..
b. 10 no'lu elek altına geçen kum, silt ve kil boyutundaki taneler birbirinden tam olarak ayrılmış durumda değildir. Bunun için, çözücü kullanılarak tanelerin birbirinden ayrılması sağlanır. Benzer durum 10 nolu elek yerine 4 Nolu (4,75 mm), 40 Nolu (425 mikron) veya 200 Nolu (75 mikron) elek üzerinde kalan zemin kullanılıyorsa da geçerlidir.
c. Deney için ayıraç kullanılarak iri taneliler için 100 gr ince taneliler için 50 gr zemin alınır ve 125 ml % 4'lük $(NaPO3)_6$ içerisine dökülür. Örnek bu çözelti içerisinde 16 saat bekletilerek kil ve silt boyutundaki tanelerin tamamen ayrışması sağlanır. 16. saat sonunda çözelti karıştırıcı ile bir dakika karıştırılıp 1000 ml'lik süspansiyon silindirine dökülür (çözelti kabı, piset kullanılarak saf su ile iyice temizlenmelidir) ve saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır.
d. Daha sonra silindirin ağzına elin içi kapatılarak, 1 dakika süre ile çalkalanıp tam süspansiyon haline getirilip silindir daha önceden hazırlanmış olan 20 ^{0}C'deki sabit sıcaklıktaki su banyosu içerisine yerleştirilir.
e. Bu işlemden hemen sonra; hidrometre, süspansiyon silindiri içerisine daldırılarak 1. dakikadaki ilk okuma yapılır. Bu şekilde okumalar; 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120 ve 240. dakikalar ile 8, 24 ve 48. saatlerde yapılarak hidrometre okumaları alınarak Tablo 3' de ilgili alanlar doldurulur.. Bu ölçüm zamanları deney yapan kişiye göre ayarlanabilir.

Not: *1, 2 ve 4. dakikalarda yapılan hidrometre okumalarında sonraki okumalarda okumadan hemen sonra, hidrometre süspansiyon silindirinden çıkarılarak bir sonraki okumaya kadar saf su ile dolu bir mezur içerisinde bekletilir.*

f. Hidrometre okumalarının yapıldığı zamanda süspansiyonun sıcaklığı da ölçülerek Tablo 3'de ilgili sütuna kaydedilir. Böylece belirli zaman aralıklarında süspansiyon yoğunluk değişimleri ölçülüp, Stokes Yasası'na göre belli tane boylarında süspansiyonda kalan yüzde miktarları ve bu yüzde miktarlarına karşılık gelen tane çapları ile ilgili eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

Not: *Hidrometre okumaları, menisküs olayı ile hidrometre cidarı üzerinde yükselen su seviyesinde yapılmalıdır. Yapılan bu okuma değeri ilgili çizelgeye "İlksel Hidrometre Okuması (R')" olarak kaydedilir. Gerçek Hidrometre Okuması (R) ise R' değerine menüsküs değeri eklenerek bulunur.*

Düzeltmede kullanılan değer, sıvı seviyesi ile menisküs tepe okuması arasındaki farktır. Bu fark, her hidrometre için sabit olup, hidrometre berrak bir suya konularak kolayca belirlenebilir.

İnce Elek Çözümlemesi

a. 48. saat'in sonunda hidrometre okuması tamamlandıktan sonra, sedimantasyon silindirindeki toprak ve su 200 no'lu eleğe dökülür ve su ile iyice yıkanır.
b. Yıkama işlemi ile silt ve kil boyundaki çamur 200 no'lu elekten geçecek, 0,075 mm'den büyük taneler ise bu elek üzerinde kalacaktır.
c. Elek üzerindeki toprak taneleri bir kaba alınır (Evaporasyon Kabı) ve 110 C'de 24 saat süre ile fırında kurutulur.
d. Fırından alınan örnek desikatör içerisinde 15 dakika bekletilerek soğuması sağlanır.
e. Örnek tartılarak ince elek çözümlemesinde kullanılacak olan fırında kurutulmuş örnek ağırlığı bulunur. Bu tartım işlemi ile ayrıca silt ve kil boyundaki malzemenin yüzde miktarları da hesaplanabilir.
f. Kurutulmuş örnek 20, 40, 60, 100, 140 ve 200 no'lu eleklerden oluşan elek takımına konulup sallayıcıda 15 dakika sallanır.
g. Her eleğin üzerinde kalan örnek ağırlıkları tartılarak eleklerden geçen toplam ağırlıklar ile bunların yüzde miktarları ayrı ayrı belirlenir.

HESAPLAMALAR

Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısı:

$$HDK = \frac{Fka}{Hka}$$

Fka : Higroskopik Nem Düzeltme Katsayısı,

Hka : Örneğin Fırında Kurutulmuş Ağırlığı (gr),

HDK : Örneğin Havada Kurutulmuş Ağırlığı (gr),

Elek Çözümlemeleri:

Elek çözümlemesi elek analizinde anlatılan yönteme göre yapılır. Ancak İnce elek çözümlemesinde, 10 no'lu elek altındaki örnekten belli bir miktar alınıp çözümleme

yapıldığından; bu eleklerden geçen örneğin yüzde miktarı bulunurken, 10 no'lu elekten geçen toprağın yüzde miktarı esas alınarak hesaplama yapılmalıdır.

Tablo 7'de hidrometre analizi için deney föyü ve Tablo 8'de ise 200 nolu elek altına geçen % miktarı baz alınarak hesap yapılmış bir deney örneği sunulmuştur.

Hidrometre Çözümlemesi:

a. Tane Çapı (D) :

Süspansiyonda kalan yüzde miktarına karşılık gelen tane boyunun hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s - 1) * \rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}, \quad \textbf{Tablo için;}\ D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$$

Burada;

D: Süspansiyonda kalan yüzde miktarına karşılık gelen tane boyu,

K: Deneyde kullanılan örneğin tane özgül ağırlığına bağlı olarak saptanan bir katsayı (Tablo 5'den okunur),

L: Etkin derinlik. Düzeltilmiş hidrometre okumalarına karşılık Tablo 6'dan okunan değer (151H no'lu Hidrometre için),

T: Hidrometre okumasının yapıldığı zaman (dak),

η: Suyun Viskozitesi,

a. Kümülatif Yüzde Geçen (P):

151H için aşağıdaki eşitliklerden biri kullanılır.

$$P = \frac{G_s}{M * (G_s - 1)} * 1000 * P_{200} * (R_d)$$

$$P = \frac{G_s}{M * (G_s - 1)} * 100 * (R_d)$$

152H için aşağıdaki eşitlik biri kullanılır.

$$P = \frac{Ra}{M} * 100$$

G_s: Deneyde kullanılan zeminin özgül ağırlığı,

M: Deneyde kullanılan zeminin kuru kütlesi (gr),

Rd: Düzeltilmiş hidrometre okuması,

P_{200}: 0.075 mm'den geçen (%),

a:152H düzeltme faktörü (Table 1)

TABLE 1 Values of Correction Factor, α, for Different Specific Gravities of Soil Particles[A]

Specific Gravity	Correction Factor[A]
2.95	0.94
2.90	0.95
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.03
2.45	1.05

[A]For use in equation for percentage of soil remaining in suspension when using Hydrometer 152H.

Tablo 7. Hidrometre Deney Föy

TANE BOYUT DAĞILIMI - HİDROMETRE ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı			Deney Metodu		

Kalibrasyon ve Örnek Özellikleri		**Organik Madde için Ön İşlem**	
Hidrometre No.		Ön işlem	
Menisküs Düzeltmesi, C_m	0.0008	İlk kuru toprak kütlesi, m_o, (g)	
Sıcaklık ve Dağıtıcı Düzeltmesi, R'_o, *Bkz.* Tablo	0.0037	Ön işlemden sonra kuru kütle, m (g)	
Efektif Derinlik, L, *(Bkz. Tablo)*		Kayıp, m_o - m (g)	
Deneyde Kullanılan Kuru Kütle, M (g)		Yüzde Kayıp (%)	
0.075 mm'den Geçen (%), P_{200}		$K = \left(\frac{30\mu}{(G_s-1)}\right)$ *yada* ***Bkz. Tablo***, **ASTM D422**	
Zeminin Tane Özgül Ağırlığı, G_s		$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)*\rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}$, ***Tablo için***; $D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$	
Su Sıcaklığı, T (^oC)		$P = \frac{G_s}{M*(G_s-1)} * 1000 * P_{200} * (R_{d)}$	
Suyun Viskozitesi, η (g.sn/cm²)	$9.68*10^{-6}$		

DENEY VERİSİ

Tarih	Zaman	Geçen zaman, t (dk.)	Sıcaklık. T (^oC)	Hidrometre Okuması, R'_h	$R_h = R'_h + C_m$	Efektif Derinlik, L (mm)	$R_d = R'_h - R'_o$	D'den küçük % K (%)	Tane Çapı, D (mm)	Kümülatif (%) Geçen

Deneyi Yapan:		Kontrol eden:	Doç. Dr. İnan KESKİN

**Menisküs düzelmesi, ASTM 151 H tipi hidrometre için 0.0008 olarak belirlenmiştir. ** Deney ^oC için sıcaklık + dağıtma düzeltmesi için bkz. İlgili Tablo*

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ZEMİN MEKANİĞİ LABARATUVARI

Tablo 8. Hidrometre Deney Örneği

TANE BOYUT DAĞILIMI - HİDROMETRE ANALİZİ					
Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı			Deney Metodu		

Kalibrasyon ve Örnek Özellikleri		**Organik Madde için Ön İşlem**	
Hidrometre No.		Ön işlem	
Menisküs Düzeltmesi, C_m	0.0008	İlk kuru toprak kütlesi, m_o, (g)	
Sıcaklık ve Dağıtıcı Düzeltmesi, R'_o, *Bkz.* Tablo	0.0037	Ön işlemden sonra kuru kütle, m (g)	
Efektif Derinlik, L, *(Bkz. Tablo)*		Kayıp, m_o - m (g)	
Deneyde Kullanılan Kuru Kütle, M (g)	40	Yüzde Kayıp (%)	
0.075 mm'den Geçen (%), P_{200}	89	$K = \left(\frac{30\mu}{(G_s-1)}\right)$ *yada* ***Bkz. Tablo***, **ASTM D422**	
Zeminin Tane Özgül Ağırlığı, G_s	2.45	$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)*\rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}$, ***Tablo için***; $D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$	
Su Sıcaklığı, T (^oC)	22		
Suyun Viskozitesi, η (g.sn/cm²)	$9.68*10^{-6}$	$P = \frac{G_s}{M*(G_s-1)} * 1000 * P_{200} * (R_d)$	

DENEY VERİSİ

Tarih	Zaman	Geçen zaman, t (dk.)	Sıcaklık. T (^oC)	Hidrometre Okuması, R'_h	$R_h = R'_h + C_m$	Efektif Derinlik, L (mm)	$R_d = R'_h - R'_o$	D'den küçük % K (%)	Tane Çapı, D (mm)	Kümülatif (%) Geçen
10.03.2023	11:20	0	22	1.028	1.029	8.9	1.025	0.01421	#SAYI/0!	83.760431
10.03.2023	11.21	1	22	1.026	1.027	8.9	1.023	0.01421	0.04239251	77.0862931
10.03.2023	11:22	2	22	1.024	1.025	9.2	1.021	0.01421	0.03047705	70.4121552
10.03.2023	11.25	5	22	1.022	1.023	9.2	1.019	0.01421	0.01927538	63.7380172
10.03.2023	11:30	10	22	1.020	1.021	9.2	1.017	0.01421	0.01362975	57.0638793
10.03.2023	11.35	15	22	1.018	1.019	9.2	1.015	0.01421	0.01112865	50.3897414
10.03.2023	11:50	30	22	1.016	1.017	9.2	1.013	0.01421	0.00786914	43.7156034
10.03.2023	12:20	60	22	1.015	1.016	9.2	1.012	0.01421	0.00556432	40.3785345
10.03.2023	13:20	120	22	1.014	1.015	9.4	1.011	0.01421	0.00397711	37.0414655

10.03.2023	11:20	1140	22	1.013	1.014	9.4	1.010	0.01421	0.00129034	33.7043966
Deneyi Yapan:						Kontrol eden:		Doç. Dr. İnan KESKİN		
**Menüsküs düzelmesi, ASTM 151 H tipi hidrometre için 0.0008 olarak belirlenmiştir. ** Deney °C için sıcaklık + dağıtma düzeltmesi için bkz. İlgili Tablo*										
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ZEMİN MEKANİĞİ LABARATUVARI										

Tablo 4: Süspansiyon sıcaklık düzeltmesi (Mt)

Derece (^{0}C)	Derece (^{0}F)	Düzeltme Faktörü	Derece (^{0}C)	Derece (^{0}F)	Düzeltme Faktörü
14,0	57,2	-0,9	**24,0**	75,2	0,8
14,5	58,1	-0,8	**24,5**	76,1	0,9
15,0	59,0	-0,8	**25,0**	77,0	1,0
15,5	59,9	-0,7	**25,5**	77,9	1,1
16,0	60,8	-0,6	**26,0**	78,8	1,3
16,5	61,7	-0,6	**26,5**	79,7	1,4
17,0	62,6	-0,5	**27,0**	80,6	1,5
17,5	63,5	-0,4	**27,5**	81,5	1,6
18,0	64,4	-0,4	**28,0**	82,4	1,8
18,5	65,3	-0,3	**28,5**	83,3	1,9
19,0	66,2	-0,2	**29,0**	84,2	2,1
19,5	67,1	-0,1	**29,5**	85,1	2,2
20,0	68,0	0,0	**30,0**	86,0	2,3
20,5	68,9	0,1	**30,5**	86,9	2,5
21,0	69,8	0,2	**31,0**	87,8	2,6
21,5	70,7	0,3	**31,5**	88,7	2,8
22,0	71,6	0,4	**32,0**	89,6	2,9
22,5	72,5	0,5	**32,5**	90,5	3,0
23,0	73,4	0,6	**33,0**	91,4	3,2
23,5	74,3	0,7	**33,5**	92,3	3,3
			34,0	93,2	3,5

Tablo 5: Hidrometre analizinde tane çapının hesaplanmasında kullanılan tane özgül ağırlığına bağlı olarak saptanan katsayı tablosu (K).

	Toprak Tanelerinin Özgül Ağırlığı								
Sıcaklık (^{0}C)	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0,01510	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01511	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,13960	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01474	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,12940	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01274	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

Tablo 6: Düzeltilmiş hidrometre okumalarına karşılık etkin derinlik

Hidrometre 151 H		Hidrometre 1521 H			
Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)
1,000	16,3	0	16,3	-	-
1,001	16,0	1	16,1	31	11,2
1,002	15,8	2	16,0	32	11,1
1,003	15,5	3	15,8	33	10,9
1,004	15,2	4	15,6	34	10,7
1,005	15,0	5	15,5	35	10,6
1,006	14,7	6	15,3	36	10,4
1,007	14,4	7	15,2	37	10,2
1,008	14,2	8	15,0	38	10,1
1,009	13,9	9	14,8	39	9,9
1,010	13,7	10	14,7	40	9,7
1,011	13,4	11	14,5	41	9,6
1,012	13,1	12	14,3	42	9,4
1,013	12,9	13	14,2	43	9,2
1,014	12,6	14	14,0	44	9,1
1,015	12,3	15	13,8	45	8,9
1,016	12,1	16	13,7	46	8,8
1,017	11,8	17	13,5	47	8,6
1,018	11,5	18	13,3	48	8,4
1,019	11,3	19	13,2	49	8,3
1,020	11,0	20	13,0	50	8,1
1,021	10,7	21	12,9	51	7,9
1,022	10,5	22	12,7	52	7,8
1,023	10,2	23	12,5	53	7,6
1,024	10,0	24	12,4	54	7,4
1,025	9,7	25	12,2	55	7,3
1,026	9,4	26	12,0	56	7,1
1,027	9,2	27	11,9	57	7,0
1,028	8,9	28	11,7	58	6,8
1,029	8,6	29	11,5	59	6,6
1,030	8,4	30	11,4	60	6,5