

TRAKYA FORMASYONU SİLT TAŞLARININ ZEMİN ÖZELLİKLERİ, (AYAZAĞA-İSTANBUL)

Soil Properties of Trakya Formation Siltstones, (Ayazaga-Istanbul)

Erkan BOZKURTOĞLU¹, Merve YAZICI² ve Mesut İŞ³

ÖZET

Bu incelemede türbiditik karakterde istif olan Trakya Formasyonu içerisindeki silttaşı fasiyesinin atmosfer etkisi ile yerinde ayrışması sonucu ayrık malzeme özelliği sunarken fiziksel özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Silttaşlarının ayrışma ile çakıl boyutundan kil boyutuna doğru ufalanması sırasında kayalık hacimce çoktan aza doğru çakıl, kum, silt ve kil şeklinde ufalanmaktadır. Çökel istif bu durumu ile CL sınıfında zemin özelliğinde, düşük plastisite ve katı – yarı katı kıvamdadır. İstifin fiziksel özellik değerleri çakıl boyutundan kil boyutuna doğru azalır ve kil boyutunda son derece küçük değerler sunar. Çökel istifin minimum ve maksimum boşluk oranında istiflenmesi durumunda fiziksel özellikleri ile dane boyutu arasında bağımlılar belirlenmiş ve dane, kuru, doğal birim hacim ağırlık boşluk oranı, porozite, doygunluk derecesi değerleri ile dane çapı arasında üstel, su içeriği ile dane çapı arasında ise eksponansiyel eşitliğin geçerli olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, the change of physical properties of siltstones, which is a facies of turbidity characteristic formation named Trakya, by in-situ atmospheric effect, was investigated. The disintegration of siltstone from gravel to clay by disintegration occurs in descending volume percentage order as gravel, sand, silt and clay. The sediment deposition has a CL class soil property and exhibit low plasticity, solid or semisolid state. The physical property values of the sediment decrease from gravel to clay and approach very small numerical values for clay. Equations are determined for sediment deposition when the sedimentation occur in maximum and minimum void ratio and it is found that while power functions are valid between the sediment dimension and specific, dry, natural unit weights, porosity, void ratio and saturation degree, an exponential function is valid between the sediment dimension and water content.

GİRİŞ

Kayaçların bünyesinde başta atmosferik etmenler olmak üzere çeşitli etmenlerin etkisi ile fiziksel ve kimyasal ayrışma olayları gelişir. Ayrışma etkisi sonucunda kayaçların bünyesinde zayıflık zonları oluşur, fiziksel, mekanik özellikler ile kayaç kimyası değişmeye başlar ve sonuçta kayaç yerli yerinde ayrık çökel istif özelliği sergileyerek zemin (ayrık kayaç) gelişimi gösterirler. Bu çalışmada İstanbul ilinde geniş yayılım sunan, türbiditik çökel istif olan ve ayrışma olaylarından kolayca etkilenen Trakya formasyonunun silttaşı seviyesi incelenmiştir. Çalışmanın amacı, silttaşlarının yerinde ayrışma etkisi sonucunda ayrık çökel istifi oluşturması sonucunda bu istifin zemin özellikleri ile fiziksel özelliklerindeki değişimin ne olacağını belirlenmesidir. Bu amaçla İTÜ kampüs alanından silttaşı örnekleri alınmış, fiziksel özellik değerlerinin belirlenmesi için; çakıl boyutundaki kayaç örnekler TS 699 standardına uygun deneye tabi tutulmuştur. Silttaşlarının ayrık çökel kesimlerine ait fiziksel özellik değerleri ise ayrık çökelin elek analizi deneyi sonrası birbirini izleyen 2 elek arasında kalan malzeme üzerinde, çökel istifin minimum ve maksimum boşluk oranı değerinde istiflendirilmesi sonucunda yapılan ölçümler ile belirlenmiştir. Silttaşlarının ayrık çökel malzemeyi oluşturması neticesinde fiziksel özelliklerdeki değişimin dane çapı ile ilişkisi, birbirini izleyen 2 elek göz açıklığının ortalama değerlerine göre tanımlanmıştır.

¹İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü e-mail: erkan@itu.edu.tr

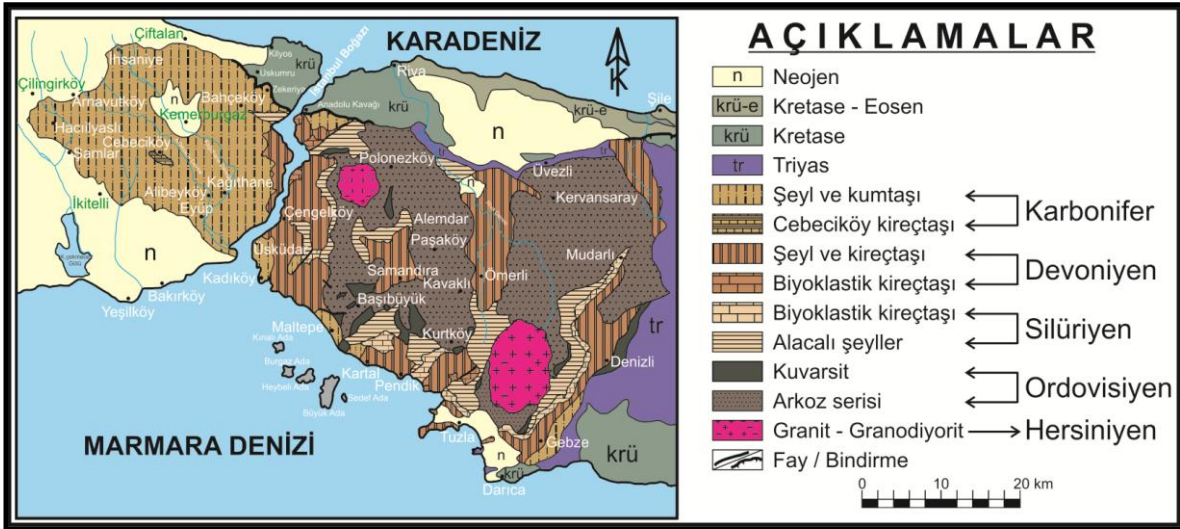
²Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği e-mail: merve_yazz@hotmail.com

³Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği e-mail: mesutis@gmail.com

Değerlendirmeler fiziksel özelliklerin dane çapı ile değişiminin üstel ve eksponansiyel eşitlikler ile ifade edilebileceğini ve çökel istifin minimum ile maksimum boşluk oranında istiflenmesi durumunda da fiziksel özellik değerlerinin 1.09 ile 1.42 kat değişebileceğini göstermiştir.

Jeoloji

Trakya Formasyonu İstanbul Paleozoöği'nin üst birimini oluşturur ve çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın batı yakasında yüzeylenir (Şekil 1). Alt Karbonifer yaşlı ve grovak, şeyl ardışımından oluşan bir birimdir. Birim fosfat yumruları içeren çört tabakalarıyla başlar ve üzerine ardalanmalı olarak şeyl, kiltası, kumtaşı, grovak, türbiditik kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı gibi klastik bir istif gelir ve Cebeciköy kireçtaşı birimine yanal yönde dereceli olarak geçer. Açık gri yeşilimsi, kahve, boz ve kurşuni renkli birim andezit, diyabaz, dayk ve silleri ile kesilmekte, atmosferik etkiler sonucu açık kahve ve kirli sarımsı olmaktadır. Tabaka kalınlıkları kumtaşı ve grovaklarda 5 – 50 cm, şeyl ve silttaşlarında 1 – 25 cm arasında değişmektedir. Kalınlıklar yer yer kumtaşlarında 60, silttaşlarında 30 cm'yi geçmektedir. Bol serizit içeren silttaşları çoğunlukla 1 mm'den az çatlak açıklığı ve 1 – 10 cm arasında değişen çatlak aralık değerleri sunar. Silttaşı ve şeyller ince kesitlerde bol miktarda kil ile %25 – 30 civarında küt köşeli, silt boyutlu kuvars kırıntıları ve %1 – 2 civarında gelişigüzel dağılmış ince kum boyutlu kuvars daneleri içerir (İmer, 1984).



Şekil 1. İstanbul ili basitleştirilmiş genel jeoloji haritası (Ketin, 1983'den yararlanılarak çizilmiştir)
Figure 1. The simplified general geological map of Istanbul (prepared by using Ketin, 1983)

Silttaşlarının Fiziksel Özellikleri

Silttaşlarının fiziksel özellikleri 15 adet örnek üzerinde TS 699 standartlarına göre yapılmış deneyler sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Silttaşlarının fiziksel özellikleri

Table 1. Physical properties of siltstones

Değerler	Dane Birim Hacim Ağırlık γ_{ds} (g/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık γ_{d_s} (g/cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ_{ds} (g/cm ³)	Su İçeriği w (%)	Porozite n (%)	Boşluk Oranı e (%)
Minimum	2.56	2.26	2.05	1.20	3.03	3.13
Ortalama	2.72	2.47	2.33	5.61	13.07	15.24
Maksimum	2.82	2.61	2.52	10.60	22.14	28.44

Kayaçların mekanik özelliği, geçirgenliği (permeabilite), sızma problemleri, su hareketleri, temellerdeki oturmaların hesaplanması gibi bir çok özelliği üzerinde önemli rol oynayan porozite değerleri Moos-Quervain (1948) ve Anon (1979) tarafından sınıflandırılma kriteri olarak önerilmiştir (Çizelge 2). Siltaşları Moos-Quervain (1948) sınıflamasına göre “Orta boşluklu – Çok fazla boşluklu” kaya sınıfında yer almaktadır. Kayaç Anon (1979) sınıflamasına göre “Düşük – Yüksek porozite” değerine sahip kayaç grubundadır.

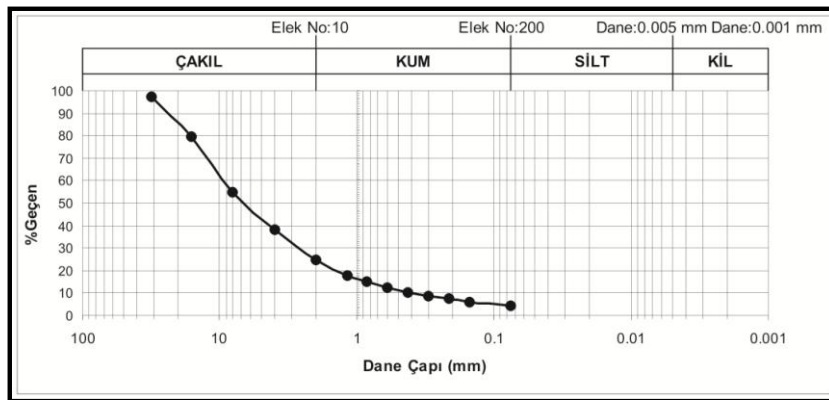
Çizelge 2. Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması

Table 2. Classification of rocks by porosity

Moos-Quervain, 1948 Sınıflaması		Anon, 1979 Sınıflaması	
Porozite (%)	Kaya Sınıfı	Porozite (%)	Tanımlama
< 1	Çok kompakt	> 30	Çok yüksek
1 – 2, 5	Az boşluklu	30 – 15	Yüksek
2, 5 – 5	Orta boşluklu	15 – 5	Orta
5 – 10	Oldukça boşluklu	5 – 1	Düşük
10 – 20	Çok boşluklu	< 1	Çok düşük
> 20	Çok fazla boşluklu		

Siltaşlarının Granülometrik Özellikleri

Zeminler kayaçların yerinde ayrışması veya ayrışmış kayaç malzemenin taşınması sonucu uygun yerlerde çökmesi ile oluşurlar. Zemin, benzer boyutlu malzemenin bir araya gelmesi ile oluşabileceği gibi farklı boyuttaki danelerin bir araya gelmesi sonucunda da oluşurlar. Zeminler tanımlanır ve sınıflandırılırken, zemini oluşturan danelerin dağılımı araştırılır. Siltaşlarının yerinde ayrışması sonucu oluşan farklı dane boyutlarının dağılımı granülometrik analiz (elek analizi) ile araştırılmıştır. Analizde elek sıralaması 31.5 mm göz açıklıklı elek ile başlatılmış ve bu eleği sırasıyla 16, 8, 4, 2, 1.18, 0.85, 0.6, 0.425, 0.300, 0.212, 0.15 ve 0.075 mm göz açıklıklı elekler izlemiştir. Deney sallantılı masa ile 30 dk süreyle uygulanmıştır. Deney sonucunda Trakya formasyonunun siltaşı seviyesine ait kayaç malzemenin yerinde ayrışması sonucu granülometrik dağılım eğrisi Şekil 2 ile gösterildiği gibi elde edilmiştir.

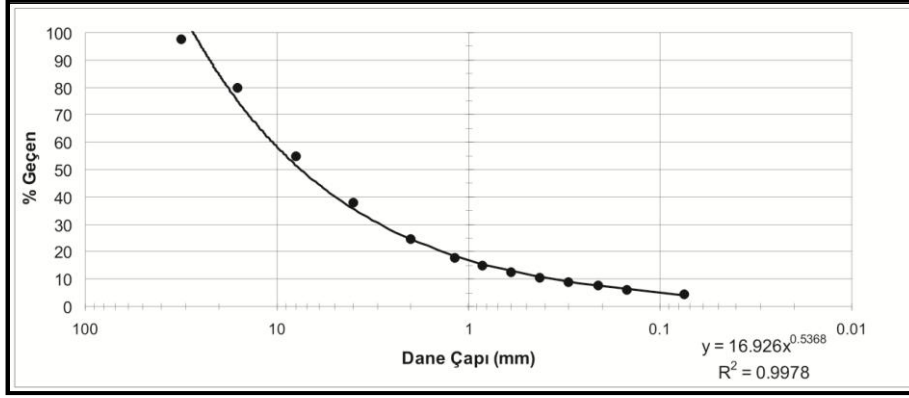


Şekil 2. Trakya formasyonu siltaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan granülometrik dağılımı

Figure 2. The granulometric distribution formed by in-situ disintegration of Trakya frm. siltstone

Trakya formasyonu siltaşlarının yerinde ayrışması sonucu oluşan silt ve kil boyutlu malzemenin dağılımını belirlemek için çökeltme yöntemi (hidrometre veya pipet analizi) yerine, Şekil 2 ile

verilen veri kümesini temsil eden uygun eşitlik araştırılıp bu eşitlik kullanılarak malzemenin 200 nolu elek altına geçen kısmı olan silt ve kil boyutuna ait dağılım hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Trakya formasyonu siltaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan granülometrik dağılımı temsil eden uygun eşitlik

Figure 3. The equation fitted for the granulometric distribution formed by in-situ disintegration of Trakya formation siltstone

Trakya formasyonu siltaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan granülometrik dağılımı gösteren ve Şekil 2 ile verilen veri kümesini temsil eden en uygun fonksiyon, 0.9989 korelasyon katsayısı ile aşağıda verilen üstel eşitliktir.

$$\%Geçen = 16.926 \times (\text{Dane Çapı})^{0.5368} \quad (1)$$

Eşitlik (1) ile Trakya formasyonu siltaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan dane dağılımına ait efektif dane çapı d_{10} , ortalama dane çapı d_{50} , %30 ve %60 geçen değerlerine ait dane çapı olan d_{30} ve d_{60} hesaplanmış ve siltaşlarının yerinde ayrışması ile dağılımı durumunda üniformluk ve süreklilik katsayılarının alacağı değerler belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 3 ile verilmiştir.

Çizelge 3. Siltaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan dane dağılımına ait değerler

Table 3. Numerical values for the granulometric distribution formed by in-situ disintegration of siltstones

Dane Çapı (mm)				Üniformluk (C_u)	Süreklilik (C_c)
d_{10}	d_{30}	d_{50}	d_{60}		
0.375	2.904	7.522	10.564	2.128	28.159

Süreklilik katsayısı $C_c \leq 4$ ise zemin çoğunlukla eş dane çaplı materyalden oluşmuş demektir. Şekil 2, Şekil 3 ve $C_c = 28.159$ değeri Trakya formasyonu siltaşlarının yerinde ayrışması sonucunda heterojen bir granülometri sunduğunu göstermektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflaması 200 nolu elek (0.074 mm) altı malzemeyi silt ve kil karışımı malzeme olarak kabul etmektedir. Amerikan devlet Karayolları (ASSHO) 200 no'lu elekten geçen malzemeyi 3 alt gruba ayırmış ve 0.074 – 0.005 mm dane boyutları arasında kalan malzemeyi silt, 0.005 – 0.001 mm dane boyutları arasında kalan malzemeyi kil, 0.001 mm den daha küçük dane boyutlu malzemeyi ise kolloid olarak tanımlamıştır (Ulusay, 1994). Eşitlik (1) ile Trakya formasyonu siltaşlarının yerinde ayrışması sonucunda gelişen granülometrik dağılımın çakıl, kum, silt, kil ve kolloid kısımlarının yüzde dağılımı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar, Trakya formasyonu siltaşlarının yerinde ayrışması sonucunda kayacın %75.27'sinin çakıl, %20.46'sının kum, %3.29'unun silt, %0.57'sinin kil ve %0.41'inin kolloid boyutlarında ayrık malzemeyi oluşturduğu belirlenmiştir.

Siltaşlarının Kıvam Özellikleri ve Zemin Sınıfı

Siltaşlarının kıvam özellikleri 40 no'lu elek altı malzeme üzerinde gerçekleştirilen plastik limit ve likit limit deneyleri ile belirlenmiştir. Plastik limit için örnekler üzerinde sucuk deneyi, likit limit için Casagrande deneyi yapılmıştır. Deneyler, siltaşlarının yerinde ayrışması sonucu plastik ve likit limit değerlerinin birbirine yakın olduğunu göstermiştir. Siltaşlarının yerinde ayrışan ve tutturulmamış halde bir arada bulunan kolloid boyutundan 0.425 mm boyutlu dane aralığına kadar ayrık malzemesine ait doğal su içeriği, plastik limit, likit limit, plastisite indisi, likidite indisi ve kıvamlılık indisi değerleri Çizelge 4 ile verilmiştir.

Çizelge 4. Siltaşlarının ayrılmış kesimlerinin kıvam değerleri

Table 4. Soil classification values of disintegrated siltstones

Su İçeriği w (%)	Plastik Limit PL (%)	Likit Limit LL (%)	Plastisite İndisi PI (%)	Likidite indisi LI (%)	Kıvamlılık İndisi I _C (%)
2.95	23.93	28.84	4.91	-4.28	5.28

Zeminlerin plastisite değerine göre sınıflandırılmasında yaygın kullanılan sınıflama sistematığı Burmister, 1951; Leonars, 1962 ve Anon, 1979 tarafından önerilmiştir. Önerilmiş olan sınıflamalar Çizelge 5 ile bir arada verilmiştir.

Çizelge 5. Zeminlerin plastisite değerlerine göre sınıflandırılması

Table 5. Soil classification according to the plasticity

Burmister, 1951		
Plastisite İndisi PI (%)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
1 – 5	Önemsiz derecede plastisiteli	Killi silt
5 – 10	Düşük plastisiteli	Silt ve kil
10 – 20	Orta plastisiteli	Kil ve silt
20 – 40	Yüksek plastisiteli	Siltli kil
> 40	Çok yüksek plastisiteli	Kil
Leonars, 1962		
Plastisite İndisi PI (%)	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0 – 5	Plastik değil	Çok düşük
5 – 15	Az plastik	Düşük
15 – 40	Plastik	Orta
> 40	Çok plastik	Yüksek
Anon, 1979		
Plastisite Sınıfı	Plastisite İndisi PI (%)	Plastisite Derecesi
1	< 1	Plastik değil
2	1 – 7	Az plastik
3	7 – 17	Orta plastik
4	17 – 35	Yüksek plastik
5	> 35	Çok yüksek plastik

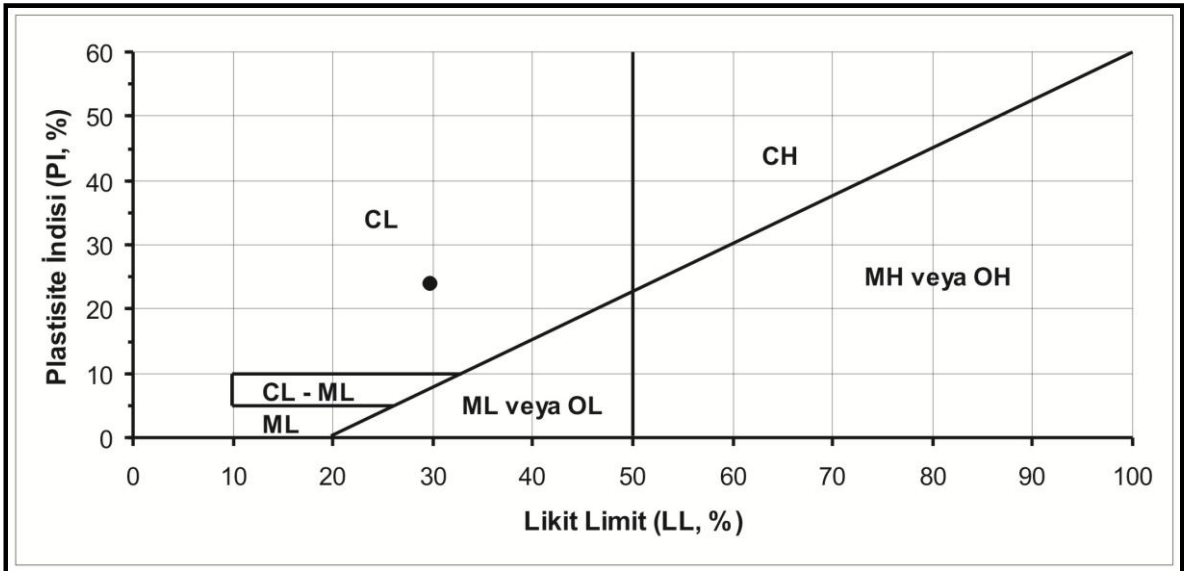
Siltaşlarının yerinde ayrışıp ayrık malzemeyi oluşturduğunda oluşan zemin, Burmister, 1951 sınıflamasına göre önemsiz derecede plastisiteli killi silt; Leonars, 1962 sınıflamasına göre plastik olmayan ve çok küçük kuru dayanımlı; Anon, 1979 sınıflamasına göre az plastik zemin

özelliğindedir. Zeminler likit limit, likidite ve kıvamlilik indis değerlerine göre de sınıflandırılırlar. Likit limit, Likidite ve kıvamlilik indisi değerlerine göre zeminlerin sınıflanması Çizelge 6 ile verilmiştir.

Çizelge 6. Zeminlerin likit limit, likidite ve kıvamlilik indisine göre sınıflandırılması
Table 6. Soil classification according to the liquid limit, liquidity and consistency indexes

PLASTİSİTE (Bell, 2007)		
Tanımlama	Plastisite Derecesi	Likit Limit LL (%)
Yağsız veya siltli	Düşük plastisiteli	< 35
Orta yağlı	Orta plastisiteli	35 – 50
Yağlı	Yüksek plastisiteli	50 – 70
Çok yağlı	Çok yüksek plastisiteli	70 – 90
Aşırı derecede yağlı	Aşırı yüksek plastisiteli	> 90
KIVAMLILIK (Murthy, 2003)		
Tanımlama	Likidite indisi LI (%)	Kıvamlilik İndisi I _c (%)
Yarı katı veya katı faz	< 0	> 1
Çok sert (w _{doğal} = PL)	0	1
Çok yumuşak (w _{doğal} = LL)	1	0
Likit evre	> 1	< 0

Çizelge 6 ile verilen tanımlama içersinde silttaşlarının yerinde ayrışarak oluşturduğu ayrık malzeme düşük plastisiteli yağsız veya siltli zemin özelliğinde (Bell, 2007) olup yarı katı veya katı faz (Murthy, 2003) dadır. Özellikleri yukarıda açıklanan silttaşları Casagrande plastisite kartında (Şekil 4) CL grubunda yer alır. Bu grubu oluşturan killer düşük veya orta plastisiteli inorganik zayıf killer olup çakıl, kum ve silt içerebilirler.



Şekil 4. Trakya formasyonu silttaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan zeminin Casagrande plastisite kartında yeri

Figure 4. The location of soil formed by in-situ disintegration of Trakya formation siltstone, in Casagrande plasticity chart

Silttaşlarının yerinde ayrışarak oluşturduğu zeminin aktivitesi hesaplanarak şişme potansiyeli değerlendirilmiştir. Zeminlerin aktivitesi Skempton (1953) tarafından zeminin plastisite indisi değerinin 0.002 mm den küçük tanelerinin ağırlıkça yüzdesine oranı olarak tanımlanmıştır. Skempton (1953) tarafından 5 alt grup olarak tanımlanan aktivite genel olarak 0.75 ten küçük değerleri için aktif olmayan killer (kaolinit), 0.75 – 1.25 değeri için normal killer (illit) ve 1.25 ten büyük değerler için aktif killer (montmorillonit) olarak tanımlanır (Ulusay, 1994). Silttaşlarının yerinde ayrışması ile oluşan zeminin 2 mikrondan küçük danelerinin ağırlıkça yüzde değeri (1) nolu eşitlik ile %0.60221 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda zeminin aktivitesi 8.153 olacaktır. Bu değer zeminin aktif kil içerdiğini göstermektedir. Anon (1981) zeminlerdeki hacim değişim kapasitesini plastisite indis değerine göre Holtz ve Gibbs (1956) kolloid madde miktarı, plastisite ve büzülme indis değerlerine göre sınıflamışlardır. Bu sınıflamalar Çizelge 7 ile verilmiştir.

Çizelge 7. Zeminlerin şişme potansiyeli sınıflandırması
Table 7. Swelling potential classification of soils

<i>Holtz ve Gibbs, 1956</i>			Şişme Yüzdesi	Şişme Derecesi
İndis Özellikler				
Kolloid Yüzdesi	Plastisite İndisi	Büzülme Limiti		
> 28	> 35	< 11	> 30	Çok yüksek
20 – 31	25 – 41	7 – 12	20 – 30	Yüksek
13 – 23	15 – 28	10 – 16	10 – 20	Orta
< 15	< 10	> 15	< 10	Düşük
<i>Anon, 1981</i>				
Plastisite İndisi			Şişme Potansiyeli	
> 35			Çok yüksek	
22 – 48			Yüksek	
12 – 32			Orta	
< 18			Düşük	

Silttaşlarının yerinde ayrışıp ayrık malzemeyi oluşturduğunda oluşan zeminin şişme potansiyeli plastisite indisi değerine göre Anon (1981) ile Holtz ve Gibbs (1956) sınıflamaları ile yapılan değerlendirmede düşük sınıftadır. Holtz ve Gibbs (1956) sınıflamasına göre zeminin şişme yüzdesi %10 dan az olacaktır.

SİLTTAŞLARININ AYRIK MALZEME ÖZELLİKLERİ

Silttaşlarının yerinde ayrışarak oluşturduğu zemin çimentosuz olup daneler ayrık malzemeyi oluşturmaktadır. Zeminin granülometrik dağılımı %75.27'si çakıl, %20.46'sı kum, %3.29'u silt, %0.57'si kil ve %0.41'i kolloid boyutlarında malzemedir. Dağılımı bu şekilde olan zeminin fiziksel özelliklerini belirlemek için her bir elek üstü malzemenin dane birim hacim ağırlık değerleri piknometre deneyi ile minimum ve maksimum boşluk oranı değerleri ise ağırlığı ile hacmi bilinen ve boy – çap oranı 0.5 – 0.8 arasında değişen kaplar kullanılarak belirlenmiştir. Deneyler izleyen şekilde gerçekleştirilmiştir. Piknometre deneyleri, elek analizi sonrasında her bir elek üzerindeki zemin numuneler kuru iken yapılmıştır. Ayrık zeminin dane çapı – dane birim hacim ağırlık ilişkisi Çizelge 8 ile verilmiştir. Diğer fiziksel özelliklerin belirlenmesi için zemin numuneler 1 hafta süre ile laboratuvar ortamında oda koşulları içersinde bekletilmiş ve doğal ortamda atmosfer etkisi sonucu nem içermeleri sağlanmıştır. İki elek arasında kalan her bir örnek, ağırlık ve hacimleri bilinen kaplara 5 cm yükseklikten yerçekimi etkisi ile her bir danenin serbest düşme yapacağı şekilde dökülmüş ve kap ile numune ağırlıkları tartılmıştır. Artan elek üstü zemin örnekleri ile numune içeren kaplar 24 saat süre ile 105 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde bekletilmiş ve sonrası kuru numune ile kap ağırlığı ölçülmüştür. Bu ölçümlerden sonra kaplar elek analizi sallantı

tablasında iç vakum oluşuncaya kadar titreşime tabi tutulmuş, paketlenme sonucu oluşan hacim boşalmaları ilgili her bir elek üstü kuru numune ile tamamlanmış ve kaplar elek analizi sallantı tablasında iç vakum oluşuncaya kadar yeniden titreşime tabi tutulmuştur. Bu işlem bir kaç defa tekrarlanarak ölçüm kabının sıkı yerleştirilmiş numune ile tamamen dolması sağlanmıştır. Örneklerin bu işlemler süresince nem alma riskini telafi etmek için zemin numunesi içeren kaplar 24 saat süre ile 105 °C etüvde tekrar bekletilmiş ve sonrası kap ile kuru numune ağırlıkları yeniden tartılmıştır. Bu işlemler sonrası silttaşlarının yerinde ayrılarak oluşturduğu ayrık zeminin çeşitli dane çaplarına karşılık fiziksel özelliklerin değişimi ve bu değişimin ilişkisi araştırılmıştır. Deney sonuçları minimum boşluk oranı ve maksimum boşluk oranı değerlerine göre Çizelge 9 ile verilmiştir.

Çizelge 8. Silttaşlarının ayrılarak oluşturduğu ayrık zeminin dane çapı-dane birim hacim ağırlık ilişkisi

Table 8. The relation between grain diameter and specific gravity of discrete soil formed by disintegration of siltstone

Elek Numarası	Elek Çapı (mm)	İki Elek Arası Ayrık Zeminin Ortalama Çapı (mm)	Dane Birim Hacim Ağırlık γ_{ss} (g/cm ³)
5	4	5*	2.660
10	2	3	2.581
16	1.18	1.59	2.560
20	0.85	1.015	2.538
30	0.6	0.725	2.520
40	0.425	0.5125	2.480
50	0.3	0.3625	2.463
70	0.212	0.256	2.432
100	0.15	0.181	2.422
200	0.075	0.1125	2.405
Elek altı		0.038	2.376

* Çalışmada, 5 numaralı elek üzerinde kalan malzemenin ortalama çapı 5 mm kabul edilmiştir.

Çizelge 9. Silttaşlarının ayrılarak oluşturduğu ayrık zeminin boşluk oranı değerlerine göre dane çapı fiziksel özellikler ilişkisi

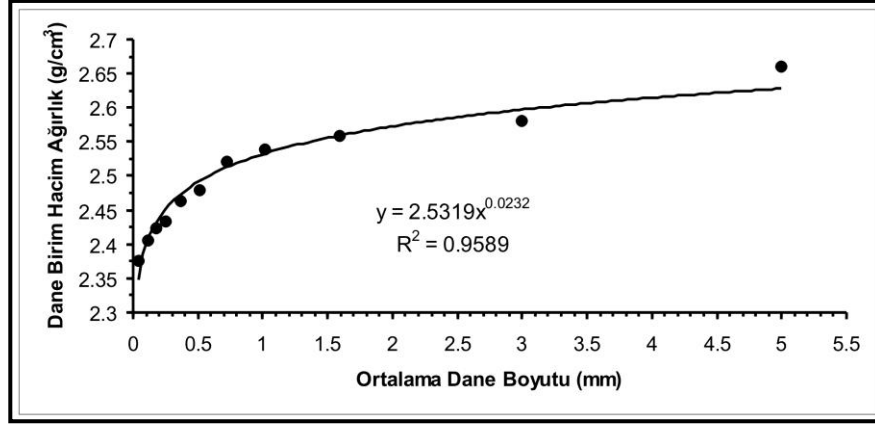
Table 9. The relation between grain diameter and physical properties of discrete soil formed by disintegration of siltstone according to the void ratio values.

Ortalama Dane Çapı (mm)	Maksimum Boşluk Oranında İstiflenme						Minimum Boşluk Oranında İstiflenme					
	Doğal BHA γ_m (g/cm ³)	Kuru BHA γ_k (g/cm ³)	Boşluk Oranı	Porozite n (%)	Su İçeriği w (%)	Doygunluk Derecesi S_r (%)	Doğal BHA γ_m (g/cm ³)	Kuru BHA γ_k (g/cm ³)	Boşluk Oranı	Porozite n (%)	Su İçeriği w (%)	Doygunluk Derecesi S_r (%)
5*	1.205	1.183	1.249	55.535	1.906	4.060	1.405	1.379	0.928	48.138	1.839	5.269
3	1.102	1.075	1.400	58.339	2.460	4.535	1.367	1.336	0.932	48.233	2.334	6.465
1.59	1.054	1.029	1.488	59.804	2.421	4.165	1.286	1.258	1.035	50.868	2.299	5.683
1.015	1.028	0.998	1.544	60.688	3.025	4.974	1.204	1.170	1.169	53.902	2.870	6.231
0.725	0.931	0.905	1.786	64.110	2.879	4.061	1.126	1.096	1.299	56.496	2.685	5.210
0.5125	0.914	0.885	1.802	64.316	3.296	4.535	1.098	1.065	1.327	57.032	3.090	5.772
0.3625	0.840	0.812	2.034	67.040	3.490	4.226	1.010	0.978	1.519	60.308	3.295	5.343
0.256	0.821	0.792	2.071	67.440	3.662	4.300	0.992	0.961	1.532	60.513	3.280	5.206
0.181	0.783	0.756	2.203	68.784	3.589	3.946	0.983	0.954	1.540	60.626	3.095	4.870
0.1125	0.733	0.708	2.397	70.559	3.497	3.509	0.939	0.911	1.639	62.105	2.978	4.370
0.038	0.629	0.612	2.881	74.232	2.768	2.283	0.902	0.881	1.697	62.926	2.397	3.355

* Çalışmada, 5 numaralı elek üzerinde kalan malzemenin ortalama çapı 5 mm kabul edilmiştir.

BHA: Birim Hacim Ağırlık.

Silttaşlarının yerinde ayrışarak oluşturduğu zeminin ortalama dane çapı – dane birim hacim ağırlık ilişkisi Şekil 5 ile verilmiştir.



Şekil 5. Silttaşlarının yerinde ayrışması ile oluşan zeminin ortalama dane çapı – dane birim hacim ağırlık ilişkisi

Figure 5. The relationship between average grain size and specific gravity values of the soil formed by in-situ disintegration of siltstones

Trakya formasyonu silttaşının yerinde ayrışması sonucu oluşan zeminin dane birim hacim ağırlık (γ_s) değerleri ile ortalama dane çapı arasındaki ilişkiyi gösteren ve Şekil 5 ile verilmiş olan veri kümesini temsil eden en uygun fonksiyon, 0.9792 korelasyon katsayısı ile aşağıda verilen üstel eşitliktir.

$$\gamma_s = 2.5319 \times (\text{İki Elek Arası Ortalama Dane Çapı})^{0.0232} \quad (2)$$

Her bir elek arasında kalan zemin örneğinin maksimum ve minimum boşluk oranı oluşturacak şekilde istiflenmesi durumunda fiziksel özellikler ile ortalama dane çapı arasındaki ilişkiler Şekil 6 ile, bu ilişkilere ait bağıntılar ve korelasyon değerleri Çizelge 10 ile verilmiştir.

Çizelge 10. Ortalama dane çapı ve fiziksel özellikler ilişkisi

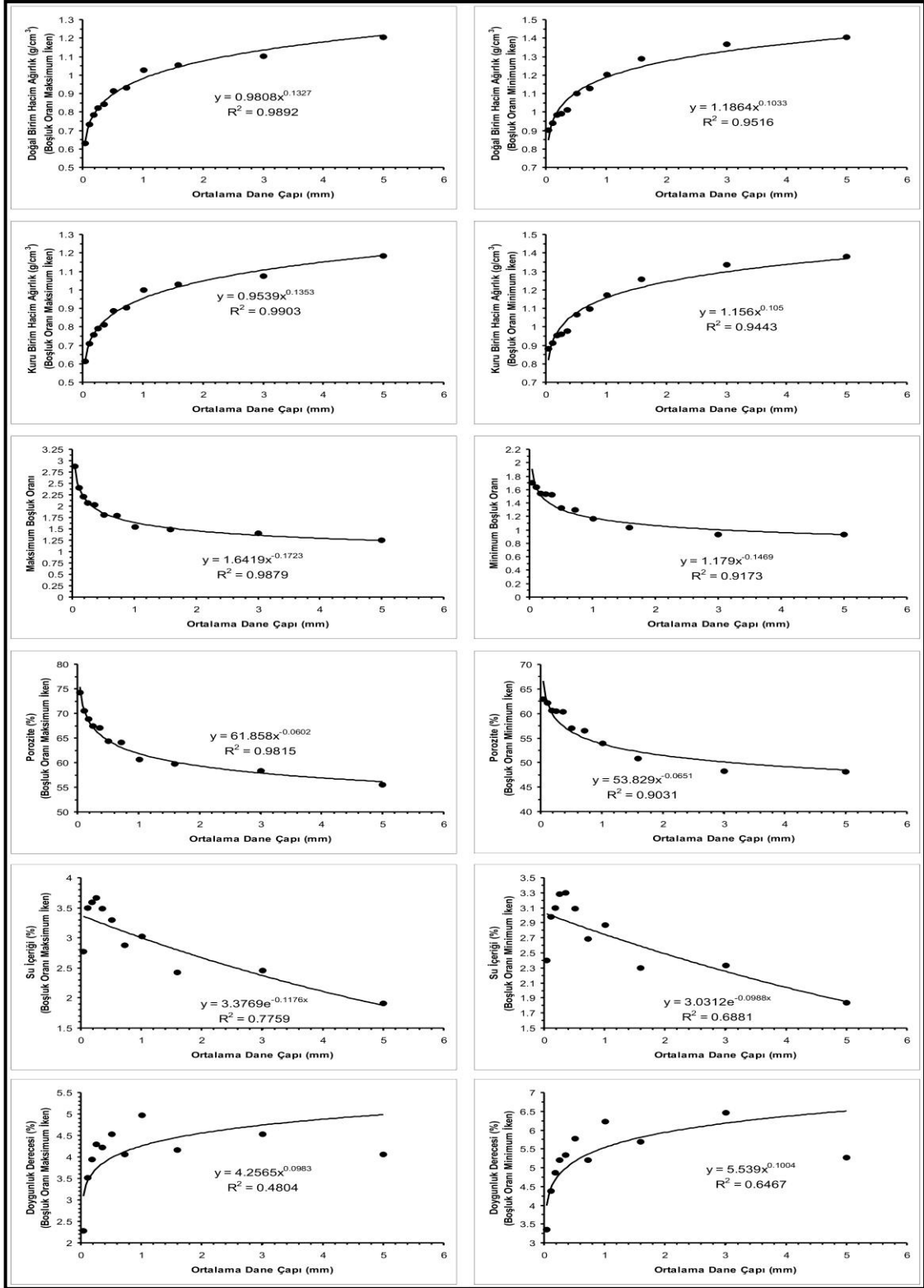
Table 10. The relationship between average grain size and physical properties

İlişki	Maksimum Boşluk Oranında İstiflenme		Minimum Boşluk Oranında İstiflenme	
	Matematiksel Eşitlik	Korelasyon Sayısı	Matematiksel Eşitlik	Korelasyon Sayısı
ODÇ – Doğal BHA	$\gamma_n = 0.9808x(\text{ODÇ})^{0.1327}$	0.9946	$\gamma_n = 1.1864x(\text{ODÇ})^{0.1033}$	0.9755
ODÇ – Kuru BHA	$\gamma_k = 0.9539x(\text{ODÇ})^{0.1353}$	0.9951	$\gamma_k = 1.156x(\text{ODÇ})^{0.105}$	0.9718
ODÇ – Boşluk Oranı	$e = 1.6419x(\text{ODÇ})^{-0.1723}$	0.9939	$e = 1.179x(\text{ODÇ})^{-0.1469}$	0.9578
ODÇ – Porozite	$n = 61.858x(\text{ODÇ})^{-0.0602}$	0.9907	$n = 53.829x(\text{ODÇ})^{-0.0651}$	0.9503
ODÇ – Su İçeriği	$w = 3.3769e^{-0.1176(\text{ODÇ})}$	0.8809	$w = 3.0312e^{-0.0988(\text{ODÇ})}$	0.8295
ODÇ – Doygunluk Derecesi	$S_r = 4.2565x(\text{ODÇ})^{0.0983}$	0.6931	$S_r = 5.539x(\text{ODÇ})^{0.1004}$	0.8042

ODÇ: İki Elek Arası Ortalama Dane Çapı, BHA: Birim Hacim Ağırlık, γ_n : Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3), γ_k : Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3),

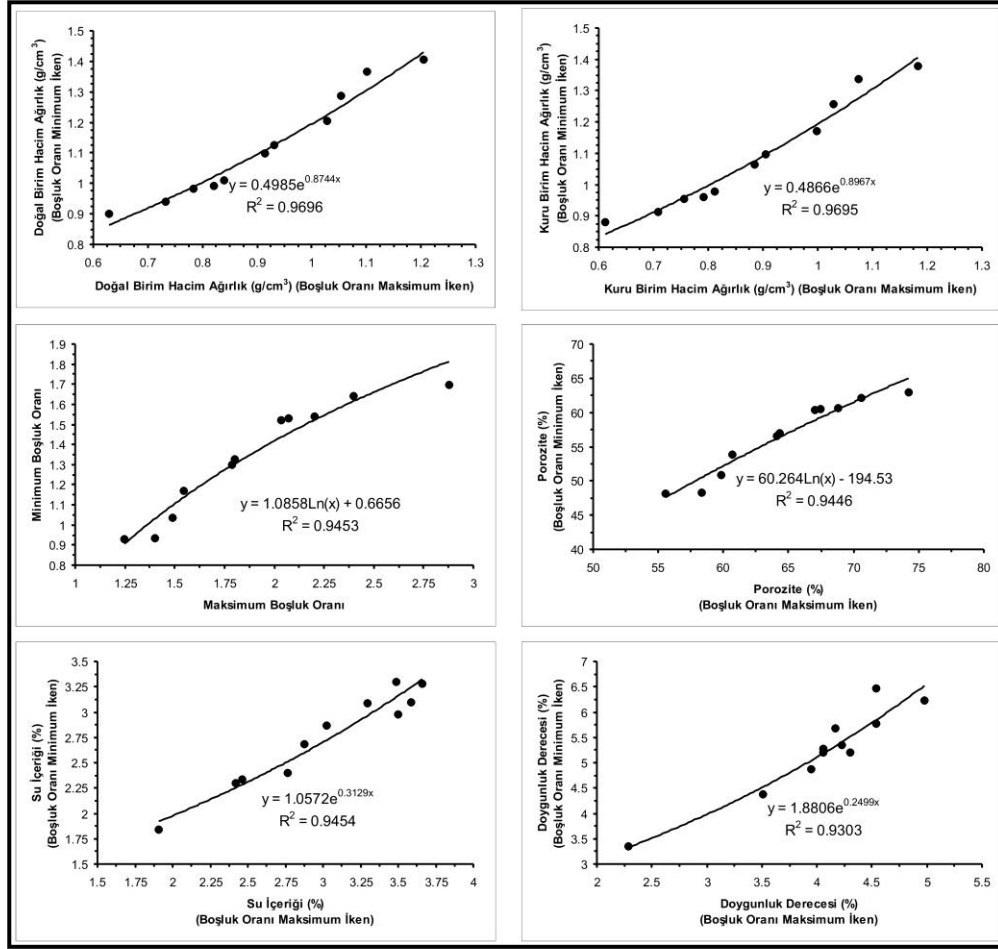
e: Boşluk Oranı, n: Porozite, w: Su İçeriği, S: Doygunluk Derecesi.

Zeminin maksimum ve minimum boşluk oranında istiflenmesi durumunda fiziksel özelliklerin kendi aralarındaki ilişki Şekil 7 ile bu ilişkilere ait bağıntılar ve korelasyon değerleri Çizelge 11 ile verilmiştir.



Şekil 6. Silttaşlarının yerinde ayrışması ile gelişen zeminin boşluk oranı istiflenmesine göre ortalama dane çapı – fiziksel özellikler arasındaki ilişki

Figure 6. The relationship between average grain size and physical properties of the soil formed by in-situ disintegration of siltstone according to the void ratio stacking



Şekil 7. Silttaşlarının yerinde ayrışması ile gelişen zeminin boşluk oranı istiflenmesine göre fiziksel özellikler arasındaki ilişki
 Figure 7. The relationship between the physical properties of the soil formed by in-situ disintegration of siltstone according to the void ratio stacking

Çizelge 11. Maksimum ve minimum boşluk oranında istiflenmede fiziksel özellikler ilişkisi
 Table 11. The relationship of physical properties according to the maximum and minimum void ratio stacking

Maksimum ve Minimum Boşluk Oranında İstiflenme İlişkisi	Matematiksel Eşitlik	Korelasyon Sayısı
Doğal Birim Hacim Ağırlık	$\gamma_{n_{\max}} = 0.4985e^{0.8744\gamma_{n_{\min}}}$	0.9847
Kuru Birim Hacim Ağırlık	$\gamma_{k_{\max}} = 0.4846e^{0.8967\gamma_{k_{\min}}}$	0.9846
Boşluk Oranı	$e_{\min} = 1.0858Ln(e_{\max}) + 0.6656$	0.9723
Su İçeriği	$w_{\min} = 1.0572e^{0.3129w_{\max}}$	0.9723
Porozite	$n_{\min} = 60.264Ln(n_{\max}) - 194.53$	0.9719
Doygunluk Derecesi	$S_{r_{\max}} = 1.8806e^{0.2499S_{r_{\min}}}$	0.9645

max: Maksimum Boşluk Oranında istiflenme, min: Minimum Boşluk Oranında istiflenme.

Şekil 5 ve izelge 10 ile 11 incelendiğinde silttaşlarının yerinde ayrışması sonucu oluşan zeminin fiziksel özelliklerinin dane çapı ile değişiminin uyumluluk sıralaması minimum boşluk oranında istiflenmesi durumunda doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, boşluk oranı, porozite, su içeriği ve doygunluk derecesi Şeklinde dir. Zeminin maksimum boşluk oranında istiflenmesi durumunda dane çapı ile fiziksel özelliklerdeki değişiminin uyumluluk sıralaması, kuru birim hacim ağırlık, doğal birim hacim ağırlık, boşluk oranı, porozite, su içeriği ve doygunluk derecesi Şeklinde olacaktır. Fiziksel zelliklerin dane çapı ile değişim uyumluluğu su içeriği ve doygunluk derecesi için %69 – %83 ler arasında deđiŐmekte iken diğer özellikler için %95 ten fazladır. Dane çapına bağlı olarak fiziksel özelliklerdeki değişimin zeminin minimum ve maksimum boşluk oranında istiflenmesi durumuna göre kendi içinde değişim iliŐkisinin uyumluluğu %96 dan fazla olup sıralama doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, boşluk oranı, su içeriği, porozite ve doygunluk derecesi Şeklinde dir. Zeminin dane birim hacim ağırlık değerinin dane çapı ile değişim uyumluluğu %98 dir.

SONUÇ ve TARTIŐMA

Silttaşlarının yerinde ayrıŐmasıyla oluşan istif CL sınıfında zemin özelliğinde, dŐuk plastisiteli, katı – yarı katı kıvamda olup dane dağılımı %75.27’si çakıl, %20.46’sı kum, %3.29’u silt, %0.57’si kil ve %0.41’i kolloid boyutlarında malzemeyi oluşturmaktadır. Fiziksel zelliklerin dane çapı ile olan değişimi, su içeriği ve doygunluk derecesi dıŐında en az %95 uyumluluk ile üstel eşitlikler ile belirlenebilmektedir. Su içeriği ile dane çapı arasında %83 uyumluluk ile ekspanansiyel, doygunluk derecesi ile dane çapı arasında %80 uyumluluk ile üstel eşitlikler mevcuttur. Zeminin granülometrik dağılım ile dane çapı arasındaki ilişki %100 ($r = 0.9989$) uyumluluk ile (1) numaralı eşitlik, dane hacim ağırlık değerini ile dane çapı arasındaki ilişki %98 uyumluluk ile (2) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanabilir. Mühendislik uygulamalarında Trakya formasyonu silttaşlarının dolgu amaçlı kullanılması durumunda kayacın yerinde ayrışması sonucu fiziksel özelliklerindeki değişim ilgili eşitlikler ile tahmin edilebilecektir. Zeminin granülometrik dağılımı belirlenirken 200 nolu elek altına geçen malzeme için okeltme yöntemi (hidrometre veya pipet analizi) uygulamak yerine çalışmada 4 – 200 nolu elek dizilimi kullanılarak yapılmış olan granülometri deneyi verilerini temsil eden uygun eşitlik araştırılmıştır. okeltme yöntemi ile belirlenecek noktalar 4 – 200 nolu elek dizilimi ile çizilen eğriyi tamamlayacak olduğu için çok yüksek korelasyon sayısı ile veri kümesini temsil edecek olan eşitlik, 200 nolu malzeme altının dağılımını da yüksek ihtimalle doğru olarak temsil edecek ve okeltme yöntemi ile yapılan deneylerin ölçüm hatalarını da önlemiŐ olacaktır. Şekil 6 ile verilen grafikler incelendiğinde fiziksel özelliklerin dane çapı ile değişim iliŐkilerinde zeminin maksimum boşluk oranında istiflenmesinde yani belli bir yükseklikten kendi ağırlığı ile zeminin akarken sergilediği istiflenme durumunda uyumluluk daha yüksektir. Bu uyumluluğuun tek istisnası zeminin doygunluk derecesidir. Bu uyumluluk zeminlerin sıkıŐtırılması sonucu elde edilecek iç yapı istiflenmesinin fiziksel özellikler ile uyumluluğuunun zeminin doğal durumda istiflenmesi sonucu sergileyeceği uyumluluk ile aynı olamayacağının da bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

ANON, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 19, p.364–371.

ANON, 1981. Assessment of damage in low – rise buildings, with particular reference to progressive foundation movement. Digest 251, Building Research Establishment, Her Majesty’s Stationery Office, London.

- BELL, F.G., 2007. Engineering Geology. Second edition, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, UK-USA, 581p.
- BURMISTER, D.M., 1951. Identification and classification of soils-An appraisal and statement of principles. ASTM STP 113. Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia, Pa, 3-24, p.85-91
- HOLTZ, W.G., GIBBS, H.J., 1956. Engineering Properties Of Expansive Clays, Transactions, ASCE, Vol. 121, p.641-677
- İMER, R.R., 1984. İTÜ Ayazağa Kampüsü Mühendislik Jeolojisi. YL Tezi. 64s., İstanbul.
- KETİN, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ Vakfı, Yayın No: 32, 595s., İstanbul.
- LEONARDS, G.A., 1962. Foundation Engineering. Mc Graw Hill Book Comp., 1136p.
- MURTHY, V.N.S., 2003. Geotechnical Engineering – Principles and Practices in Soil Mechanics and Foundation Engineering, Marcel Pekker, inc., New York, 1029p.
- MOOS, A.V., De QUERVAİN, F.De., 1948. Technische Gesteinkunde. Verlag Birkhauser, Basel.
- SKEMPTON, A. W., 1953. The Colloidal Activity of Clays, Proc. Of Third Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Swtz., vol. 1, p.57-61
- TS 699, 1987. Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deneş Metotları, ICS 91.100.01;91.100.15. Türk Standartları Enstitüsü, 76s., Ankara.
- ULUSAY, R., 1994. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları no:38, 2. baskı, 243s., Ankara.