©2017 Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku - Azerbaijan)

Temiz Kumlarda Boşluk Oranı - Geçirimlilik İlişkisi

[1]Ertan Bol, [1]Aşkın Özocak, *[1]Sedat Sert ve [1]Kadir Kocaman
[1]Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Kumların mühendislik davranışı dane dağılımı, boşluk oranı, sıkılık derecesi ve geçirimlilik parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Yapılan çalışmada, Adapazarı şehrindeki çeşitli bölgelerden elde edilen düşük çakıl oranına sahip dokuz farklı doğal kum numunesi kullanılmıştır. Deneysel çalışma kapsamında elek analizi, özgül ağırlık ve geçirimlilik deneyleri yapılmış, ayrıca minimum ve maksimum boşluk oranları tayin edilmiştir. Geçirimlilik deneyi için, numuneler deney tüpü içerisinde gevşek ve sıkı olmak üzere iki farklı sıkılık derecesinde hazırlanarak sabit seviyeli geçirimlilik deneyi gerçekleştirilmiştir. Buna göre ince dane oranı arttıkça minimum, maksimum boşluk oranları ve geçirimlilik katsayıları düşmüştür. Zeminlerin hidrolik iletkenlik değerlerinin boşluk oranı ve bağıl birim hacim ağırlık değerleri ile ilişkili olduğu görülmüş, boşluk oranı azaldıkça (sıkılık derecesi arttıkça) hidrolik iletkenlik değerleri azalmıştır. Dane dağılımı özellikleri, özgül ağırlık, boşluk oranı, ince dane yüzdesi parametreleri kullanılarak yeni bir eşitlik önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kum, dane dağılımı, boşluk oranı, bağıl birim hacim ağırlık, geçirimlilik

Void Ratio-Hydraulic Conductivity Relation of Clean Sands

Abstract

The engineering behaviors of sands depend on grain distribution, void ratio, density and permeability parameters. In this study, nine different sandy soils with low gravel ratio, which were obtained from various areas in Adapazarı region, were used. Based on the relevant literature and standards; specific gravity, minimum and maximum void ratios were determined and permeability tests were carried out in the scope of experimental study. For the permeability test, samples were prepared in two different densities, loose and dense in the test tube, and a constant level permeability test was carried out. According to the test results, as the fines content increases, the minimum, maximum void ratios and permeability coefficients decrease. In addition to this, because the hydraulic conductivity values of the samples were found to be related to the void ratio and the relative density values, the hydraulic conductivity values decrease as the void ratio (relative density) decrease. As a result, a new equation is proposed by using the grain distribution properties, specific gravity, void ratio and fines content parameters.

Keywords: Sand, grain size distribution, void ratio, relative density, permeability

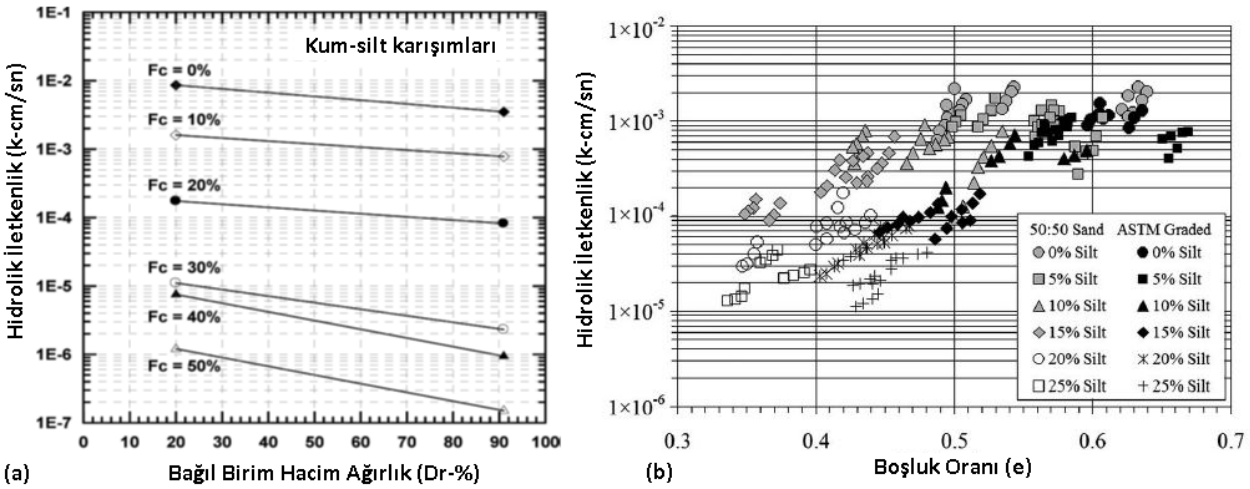
*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. **E-mail address: sert@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955738**

1. Giriş

Zemin ve temel mühendisliği tasarımlarında zeminin efektif gerilme durumunu ve stabilitesini etkileyen drenaj problemleri ile sıklıkla karşılaşılmaktadır. Otoyol, hava alanı, toprak barajlar, yeraltı su seviyesinin altındaki yapılar vb. mühendislik tasarımlarında drenaj problemlerinin oluşmasına neden olan ana faktörlerden biri zeminin hidrolik iletkenliğidir. Zeminlerin sıkılığını ifade eden bağıl birim hacim ağırlık değerleri doğal boşluk oranı, maksimum ve minimum birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak belirlenir [1].

Zeminlerin geçirimliliği direkt olarak zemindeki boşluklara bağlıdır ve boşluk yapısı da dane yapısına göre şekillenmektedir. Küçük boşluklara sahip zeminler daha büyük boşluklu zeminlere göre düşük hidrolik geçirgenliğe sahiptir. Bu durum bağıl birim hacim ağırlığın zeminlerin geçirimliliğinin tahmininde kullanılmasını sağlamaktadır [2].

Belkhatır ve diğ. (2014), zeminlerin hidrolik iletkenliğinin zemin türü, ince dane yüzdesi, dane dağılımı, boşluk oranı ve sıkılığa bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, çalışmalarında kum-silt karışımları üzerinde boşluk oranının hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deney sonuçları incelendiğinde karışımdaki ince dane oranı arttıkça minimum ve maksimum boşluk oranlarının azaldığı görülmüş, ince dane oranının ve bağıl birim hacim ağırlığın artmasıyla zeminin hidrolik iletkenliğinin azaldığı bulunmuştur (Şekil 1a) [3]. Benzer şekilde Bandini ve Sathiskumar (2009), kum-silt karışımları üzerinde yapmış oldukları hidrolik iletkenlik deneyleri sonucunda, karışımdaki ince dane oranının artmasıyla boşluk oranının azaldığını ve boşluk oranı azaldıkça da geçirimliliğin düştüğünü belirlemişlerdir (Şekil 1b) [4].



Şekil 1. a) Hidrolik iletkenlik-bağıl birim hacim ağırlık ilişkisi [3] b) Hidrolik iletkenlik-boşluk oranı ilişkisi [4]

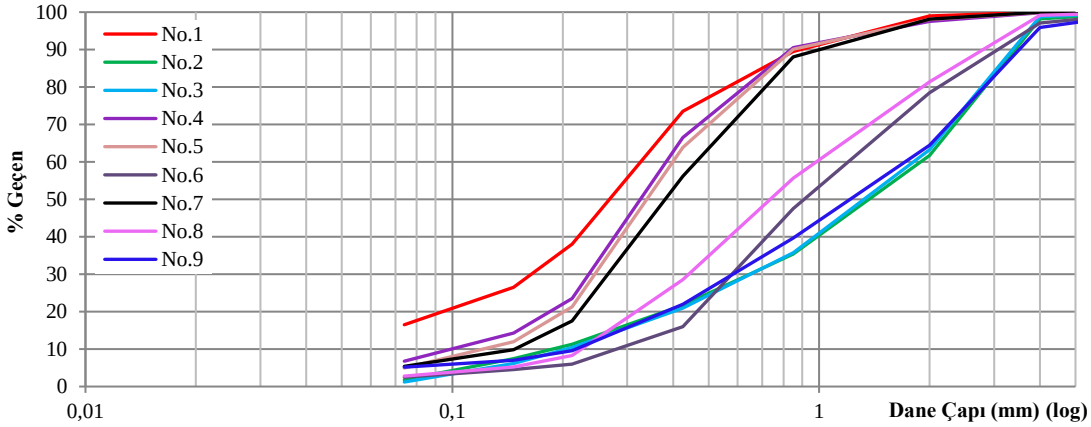
Bu çalışmanın amacı, doğal kum zeminlerde boşluk oranının hidrolik iletkenliğe olan etkisini araştırmaktır. Çalışma kapsamında Adapazarı ve çevresinden elde edilen 9 farklı kum gevşek ve sıkı durumda hazırlanarak sabit seviyeli permeabilite deneyleri gerçekleştirilmiş ve zemin özellikleri ile hidrolik iletkenlik arasında yeni bir ilişki önerilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde kullanılmak üzere Adapazarı ve çevresinden 9 farklı kum zemin elde edilmiştir. Zeminler üzerinde ASTM standartları uyarınca elek analizi ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılarak fiziksel özellikler belirlenmiş [5, 6], ayrıca TS1500-2000'e göre zemin sınıfları tespit edilmiştir (Tablo 1) [7]. Şekil 2'de numunelerin dane dağılım eğrileri sunulmaktadır. Tablo 2'de zeminlerin maksimum ve minimum boşluk oranları sunulmaktadır [8, 9]. Deney programı iki aşamalı planlanmış olup birinci aşamada numuneler gevşek ve sıkı olmak üzere iki farklı bağıl birim hacim ağırlıkta hazırlanmıştır. Daha sonra ise belirlenen minimum ve maksimum boşluk oranlarına dayanarak 2 farklı sıkılık derecesinde hazırlanan her bir numune üzerinde sabit seviyeli permeabilite deneyi gerçekleştirilmiştir [10].

Tablo 1. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri

Numune Adı	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
Zemin Sınıfı	SM	SW	SW	SP-SM	SP	SW	SP-SM	SP	SP-SM
% İnce	16.5	1.8	1.2	6.8	4.9	2.5	5.4	2.8	5.2
% Kum	82.5	59.9	62.0	90.8	93.1	76.0	92.7	78.6	59.3
% Çakıl	1.0	38.3	36.8	2.4	1.9	21.5	1.9	18.6	35.6
D_{10}	0.04	0.18	0.21	0.10	0.11	0.27	0.14	0.22	0.22
D_{30}	0.15	0.63	0.64	0.23	0.22	0.57	0.25	0.43	0.58
D_{60}	0.31	1.90	1.63	0.38	0.39	1.10	0.46	0.98	1.65
D_{50}	0.25	1.25	1.20	0.32	0.32	0.90	0.37	0.74	1.18
C_u	7.75	10.56	7.93	3.69	3.55	4.07	3.41	4.43	7.50
C_r	1.81	1.16	1.23	1.33	1.13	1.09	0.97	0.86	0.91
G_s	2.71	2.73	2.77	2.68	2.66	2.75	2.64	2.69	2.70



Şekil 2. Test numunelerinin dane dağılım eğrileri

Tablo 2. Maksimum ve Minimum Boşluk Oranları

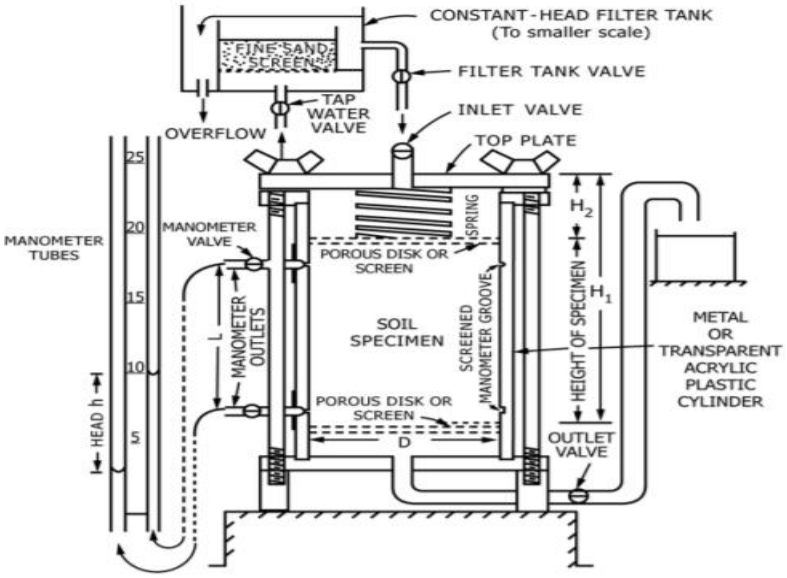
Numune Adı	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
e_{min}	0.35	0.39	0.39	0.59	0.41	0.38	0.55	0.41	0.35
e_{max}	0.73	0.81	1.01	0.94	0.81	0.70	1.04	0.91	1.06
ρ_{maks} (gr/cm^3)	2.01	1.97	1.74	1.69	1.76	2.00	1.66	1.85	1.99
ρ_{min} (gr/cm^3)	1.61	1.51	1.38	1.38	1.50	1.62	1.29	1.58	1.36

2.1. Numunelerin Hazırlanması

Sabit seviyeli permeabilite deneyinde kullanılacak numuneler 24 saat boyunca 105 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulmuş, sonrasında etüvden çıkartılarak deneyin gerçekleştirileceği ortamın sıcaklığıyla dengeye gelmesi için bir müddet soğumaya bırakılmıştır. Minimum ve maksimum boşluk oranları daha önceden belirlendiği için, 5 cm çap ve 8 cm yüksekliğe sahip permeabilite tüpüne girecek kuru zemin miktarı hesaplanmış ve permeabilite tüpüne yerleştirilmiştir. Numunelerin gevşek olarak yerleştirilmesi işlemi bir huni kullanılarak yapılmış, sıkı numune oluşturmak için ise bir tokmak kullanılmıştır. Zemin tabakalar halinde sıkıştırılmış ve sıkıştırma işlemi her bir tabaka için aynı sayıda düşü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Sabit Seviyeli Permeabilite Deneyi

Sabit seviyeli permeabilite deneyi iri daneli zeminlerin hidrolik iletkenliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Deney düzeneği; permeabilite tüpü, su seviyesinin sabit kalmasını sağlayan su tankı ve zemin içinde gelişen hidrolik yük kaybını gösteren ölçekli manometre tüpünden oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Sabit seviyeli geçirimlilik deneyi şeması [10]

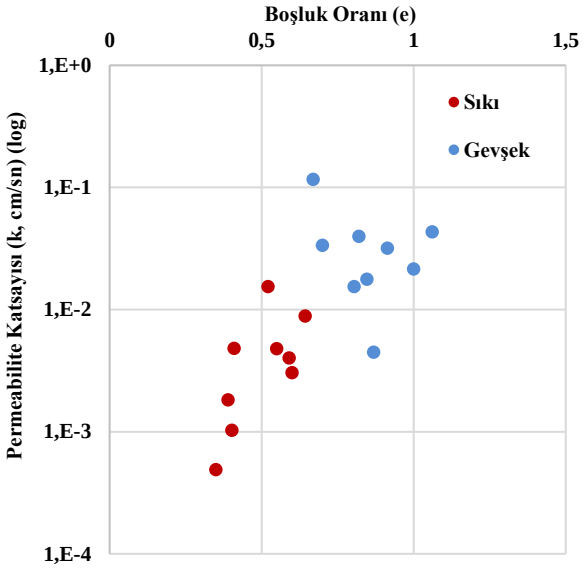
Minimum ve maksimum boşluk oranına sahip numuneler permeabilite tüpüne yerleştirildikten sonra sabit seviyeli su tankından permeabilite tüpüne su akışı sağlanmıştır. Suyun zemin içinden tamamen geçerek tahliye kabına ulaşması beklenmiş, permeabilite tüpü içinden su geçişi esnasında, sırasıyla tüpün alt ve üst manometre çıkışlarından su çıkarak manometre tüpünde yükselmeye başlamıştır. Permeabilite ölçümü yapabilmek için manometre tüpünde yükselen suyun sabit duruma gelmesi, yani su akışının kararlı duruma gelmesi beklenmiştir. Su akışı kararlı hale geldikten sonra, zeminin içinden geçen su ölçekli bir kap kullanılarak belirlenmiştir. Her bir numunede her bir bağıl birim hacim ağırlık için bu işlem üç kez tekrarlanmış ve yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Numunelerin permeabilite katsayılarını hesaplamak için 1 nolu eşitlik kullanılmıştır:

$$k = QL/Ath \qquad (1)$$

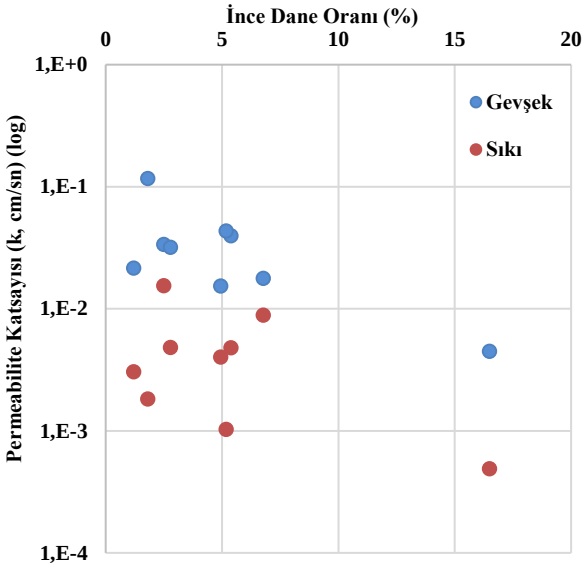
Burada; k = permeabilite katsayısı, Q = geçen su miktarı, L = numune yüksekliği, A = numune kesit alanı, t = suyun geçtiği zaman aralığı, h = manometredeki su seviyeleri arasındaki fark olmaktadır.

3. Deney Sonuçlarının Analizi

Şekil 4a'da geçirimlilik katsayısının değişimi boşluk oranına bağlı olarak sunulmaktadır. Buna göre her bir kum numunesi için sıkı durumdaki geçirimlilik katsayısının gevşek duruma göre daha düşük olduğu görülmektedir. Şekil 4b'de ise ince dane oranı arttıkça geçirimlilik katsayısının azaldığı izlenebilir.



Şekil 4a. Boşluk oranı-permeabilite ilişkisi



Şekil 4b. İnce dane oranı-permeabilite ilişkisi

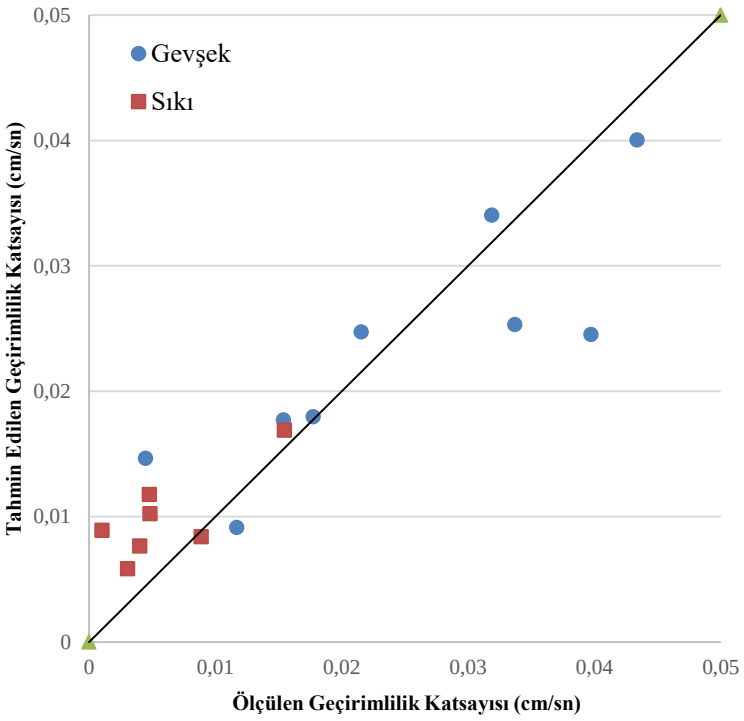
Zeminlerin fiziksel özellikleri ile hidrolik iletkenlik değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 3). Analizlerde boşluk oranı (e), efektif çap (D_{10}), ortalama çap (D_{50}), ince dane oranı ve özgül ağırlık (G_s) değerleri kullanılmış ve analizler sonucunda;

$$k = 0.211266+(0.04721)*e+(-0.00454)*d_{10}+(0.160555)*d_{50}+(0.000826)*ince\ dane(\%)+(-0.09466)*Gs \quad (2)$$

eşitliği önerilmiştir (R^2=0.77). Önerilen eşitlik kullanılarak yapılan geçirimlilik tahminleri, ölçülen geçirimlilik katsayıları karşılaştırıldığında yakın sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5).

Tablo 3. Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları

e	D_{10}	D_{50}	İnce (%)	G_s	k	R^2
✓	✓				✓	0.674657
✓		✓			✓	0.557015
✓			✓		✓	0.588502
✓				✓	✓	0.542469
✓	✓	✓			✓	0.733278
✓	✓		✓		✓	0.688421
✓	✓			✓	✓	0.738174
✓	✓	✓	✓		✓	0.74136
✓	✓	✓		✓	✓	0.752132
✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.774572
✓		✓	✓		✓	0.588948
✓		✓		✓	✓	0.589371
✓		✓	✓	✓	✓	0.604619
✓			✓	✓	✓	0.598933



Şekil 5. Tahmin edilen-ölçülen geçirimlilik katsayıları

4. Sonuç

Yapılan deneysel çalışmada 9 farklı doğal kumun sıkı ve gevşek numuneleri üzerinde sabit seviyeli permeabilite deneyleri gerçekleştirilmiş ve kum zeminlerin hidrolik iletkenlikleri üzerinde etkili olan zemin parametreleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürle uyum göstermiş, ince dane oranının artmasıyla minimum ve maksimum boşluk oranlarının azaldığı bulunmuştur. Aynı zamanda ince dane oranı arttıkça kumların geçirimliliğinde azalma gözlenmiş, zeminlerin hidrolik iletkenlik değerlerinin sahip oldukları boşluk oranı ve relatif sıkılık derecesi ile doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. Boşluk oranı düştükçe ve sıkılık derecesi arttıkça hidrolik iletkenlik değerleri azalmıştır. Dane dağılımı özellikleri, özgül ağırlık, boşluk oranı, ince dane oranı parametreleri kullanılarak yürütülen çoklu regresyon analizi sonrasında geçirimlilik katsayısının çok sayıda zemin parametresinden etkilendiği bulunmuştur.

5. Referanslar

[1] Burmister, D. Principles of permeability testing of soils. In: Symposium on permeability of soils. ASTM International, 1955.
[2] Juang, CH, Holtz RD. Fabric, pore size distribution, and permeability of sandy soils. Journal of Geotechnical Engineering, 112(9): 855-868, 1986.
[3] Belkhatir M, Arab A, Della N, Schanz T. Laboratory study on the hydraulic conductivity and pore pressure of sand-silt mixtures. Marine Georesources and Geotechnology, 32:2:106-122, 2014.
[4] Bandini P, Sathiskumar S. Effects of silt content and void ratio on the saturated hydraulic conductivity and compressibility of sand-silt mixtures. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 135:12:1976-1980, 2009.
[5] ASTM D 6913-04. Standard test methods for particle-size distribution (gradation) of soils using sieve analysis, 2009.
[6] ASTM D 854-10. Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer, 2010.
[7] TS1500, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Ankara, 2000.
[8] ASTM D 4254-00. Standard test methods for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density, 2006.
[9] ASTM D 4253-00. Standard test method for maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table, 2002.
[10] ASTM D 2434-68. Standard test method for permeability of granular soils (constant head), 2006.