

## **Atık boru tozunun kum zeminlerin permeabilite değerleri üzerindeki etkileri**

**Baki Bağrıaçık<sup>\*1</sup>, Esra Deniz Güner<sup>2</sup>, Ahmet Beycioğlu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Adana

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Adana

<sup>3</sup> Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Adana

**Geliş Tarihi:**31.05.2019

**Kabul Tarihi:**29.06.2019

### **Özet**

Zemin iyileştirme yöntemleri, proje sahasındaki zeminlerin mühendislik özellikleri yeterli kriterleri sağlamadığı durumlarda tercih edilmektedir. Son yıllarda farklı atık malzemeler kullanılarak, zeminlerin gerek dayanım parametrelerinin gerekse de geçirgenlik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar git gide artmaktadır. Söz konusu atık malzemeler genellikle kireç, çimento, bitüm, uçucu kül, reçine, cam elyaf ve lastik parçacıkları gibi malzemelerdir. Mühendislik özellikleri bakımından, dayanım ve geçirgenlik özellikleri dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerden bir kaçıdır. Bu çalışmada yeni bir çözüm önerisi olarak, boru fabrikalarının atığı olan boru tozlarının iyileştirmede kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla, kum zemin içerisine ağırlıkça %2, % 4, % 6, % 8, % 10, % 12 % 14, % 16, % 18, % 20 ve % 22 oranlarında karışımlar yapılarak permeabilite deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, atık boru tozu kullanılarak iyileştirilen zeminlerde permeabilitenin 19 kata kadar azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel atık, Permeabilite, Zemin iyileştirme

## **The effects of waste pipe powder on permeability values of sandy soils**

### **Abstract**

Soil improvement is preferred when the engineering properties of the soils in the project site do not meet sufficient criteria. In recent years, studies on improving the strength parameters and permeability properties of soils by using different waste materials have been increasing. The waste materials used are generally materials such as lime, cement, bitumen, fly ash, resin, glass fibers and rubber particles. In terms of engineering properties, bearing capacity and permeability are the most important parameters to be considered. In this study, as a new solution proposal, in order to determine the usability of pipe powder which is the waste of pipe factories, permeability tests were carried out by mixing 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% 14%, 16%, 18%, 20% and 22% by weight into the sand. As a result of the study, it was determined that permeability decreased by up to 19 times in soils which were improved by using waste pipe powder.

**Keywords:** Industrial waste, Permeability, Soil improvement

---

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Baki Bağrıaçık, bbagriacik@cu.edu.tr

## 1. Giriş

Günümüzde, artan nüfusa bağlı olarak yeni imar alanlarının açılması zorunlu hale gelmektedir. Bu yeni imar alanlarına inşası planlanan yapı zeminleri, mühendislik özellikleri bakımından istenilen şartları sağlayabilmesi gerekmektedir. Zeminlerin mühendislik özellikleri ise, çok dikkatli bir şekilde etüdlerin yapılması ile belirlenebilmektedir. Bu etüdlere ve etüd sonrasında mühendislik deneyleri ile ilgili güzergahta bulunan zeminlerinin yeterli kriterleri karşılayıp karşılamadıkları belirlenebilmektedir. Tasarım yapılırken, yapıdan gelen yükün temel zeminlerine aktarılıp güvenli bir şekilde zeminler tarafından taşınması ve drenaj durumları önem arz etmektedir. Tasarım sırasında zeminlerin yeterli mühendislik kriterlerini karşılayamaması durumunda, ya ilgili güzergahtan vazgeçilerek ya da günümüz teknolojilerine bağlı olarak zemin iyileştirme çalışmaları ile yeterli kriterler sağlanmaktadır. Temel zeminlerinin kontrolü yapılırken araştırılan en önemli kriterlerden birisi taşıma gücü-oturma problemlerinin araştırılması bir diğeri de drenaj (permeabilite) durumlarının araştırılmasıdır.

Hidrolik geçirgenliğin (permeabilitenin) büyük olduğu zeminlerde, sızıntı suyu oluşur ve bu sızıntı suyu zeminlere büyük basınçlar uygulayabilir [1]. Permeabilite değeri zemin taneleri arasındaki boşluk oranı, boşlukların şekli, boşluklardaki hava miktarı, suyun viskozitesi ve ıslığı, zeminin tabakalarının durumu, zemin türü, ince dane yüzdesi, dane dağılımı gibi faktörlerinden etkilenmektedir [2]. Zemin iyileştirme çalışmalarında geçirgenlik değeri, birçok değişkene bağlı olduğu için tespit edilmesi önem arz etmektedir [3-4]. Kum-silt karışımlarının hidrolik iletkenliğinin belirlemek üzere yapılan çalışmalarda, karışımdaki ince dane oranının artmasıyla boşluk oranının azaldığını ve boşluk oranı azaldıkça da geçirgenliğin düştüğü ifade edilmiştir [5-6]. Zeminlerin permeabilite katsayısının belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada ise, zemin doygunluğa ulaştıktan sonra zeminin permeabilite katsayısı ortalama olarak  $1,728 \times 10^{-5}$  cm/sn olarak belirlenmiştir [7]. Killi zemin numunesinde, kompaksiyon enerjisi arttıkça permeabilite katsayısının da azaldığı ancak, geçirgenlik sınıfında herhangi bir değişimin gözlenmediği belirlenmiştir [8]. Kireç için yapılan zemin iyileştirme çalışmalarında, killi ve siltli zeminlerde kireç ilavesinin flokülasyon nedeniyle zeminin boşluk oranını arttıracığı ve dolayısıyla da hidrolik geçirgenliğinin de artacağı ifade edilmiştir [9-10-11-12]. Kohezyonlu zeminlerin kireç ilavesiyle hidrolik geçirgenliğinin arttığı ve maksimum hidrolik geçirgenlik değerlerine optimum su muhtevalarında sıkıştırılmayla ulaşıldığı belirlenmiştir [13]. Fakat literatürde, kireç ilavesinin zeminin hidrolik geçirgenliğini, azaltabileceğini gösteren çalışmalarda mevcuttur [12]. Kür süresinin arttırılmasının sıkıştırma su muhtevalarına bağlı olmaksızın hidrolik geçirgenliğini azaltabileceği ifade edilmiştir [14]. Uçucu kül ile yapılan bir çalışmada ise kum ve uçucu kül karışımları kullanılmıştır. Yüksek mukavemet, azaltılmış geçirgenlik ve donma-çözülme ve yaş-kuru testlerine karşı artan direnç, ince taneli zeminlerin bulunmadığı alanlarda uçucu kül ve stabilize edilmiş kum karışımlarının katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği ifade edilmiştir [15]. Literatüre bakıldığında, zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde yaygın olarak kireç, çimento, bitüm, uçucu kül, reçine, cam elyaf ve lastik parçacıkları gibi malzemeler kullanılarak gerek taşıma güçlerinin [16-29] gerekse de permeabilite durumlarının [30-35] araştırılmasına yönelik çalışmalar olduğu görülmüştür. Çalışmalarda, taşıma gücü, oturma ve permeabilite açısından problemlili zeminlerinin farklı katkı malzemesi kullanılarak mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmada ise, yeni bir yaklaşım olarak literatürde henüz rastlanmamış atık boruların parçalanması sonucunda oluşan boru tozlarının temel zeminlerine farklı oranlarda uygulanarak, permeabilite özelliklerine etkisinin araştırılması hedeflenmektedir.

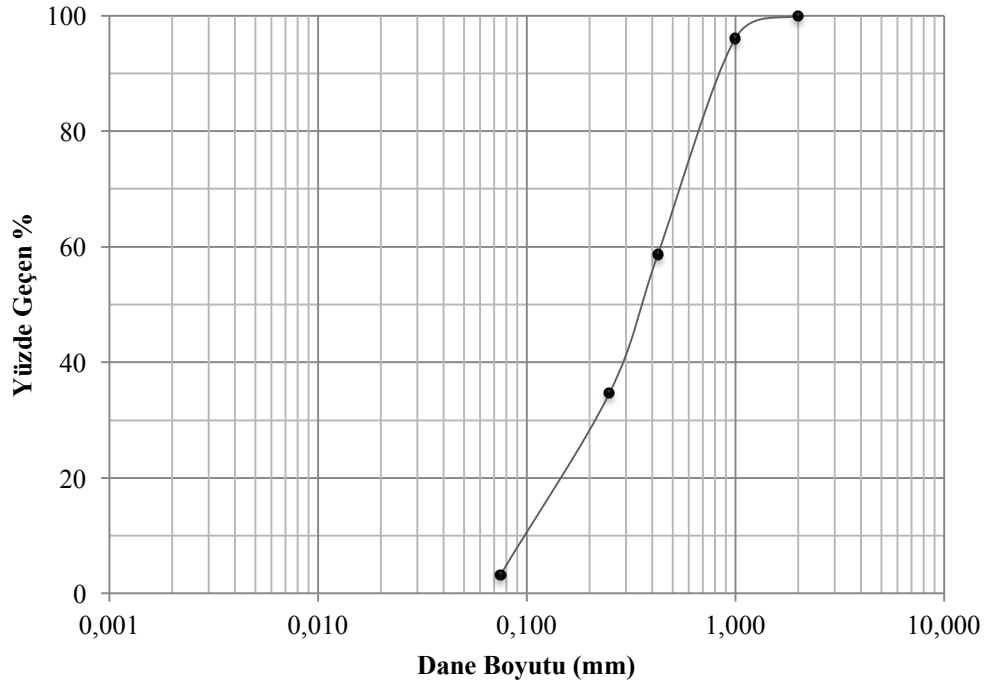
## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Materyal

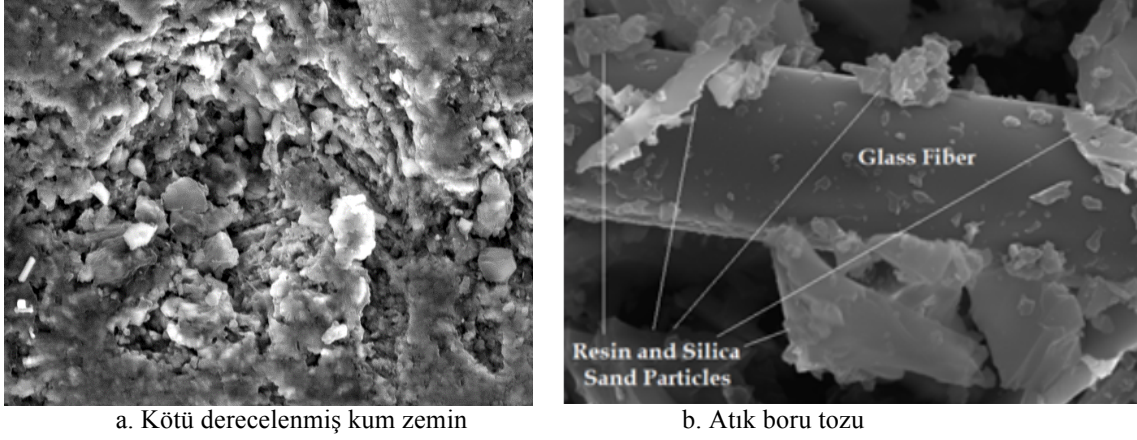
Çalışmada, Adana'da nehir yatağından alınan zemin kullanılmıştır. Zemin mekaniği laboratuvarında fırınlanmış zemin üzerinde mühendislik deneyleri yapılarak söz konusu zeminin özellikleri belirlenmiştir. TS1500'e [34] göre kötü derecelenmiş temiz kum (SP) olarak sınıflandırılan zeminin, parçacık büyüklüğü dağılımı yaklaşık %53.6 ince taneli kum ve %46.4 orta tanelidir. Dane birim hacim ağırlığı, minimum kuru birim hacim ağırlık ve maksimum kuru birim hacim ağırlıklar sırasıyla  $26.80 \text{ kN/m}^3$ ,  $15.03 \text{ kN/m}^3$  ve  $17.06 \text{ kN/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Kötü derecelenmiş kumlu zemine ait granülometrik değişimler, mikroskobik görüntüler, kimyasal analizleri ve atık boru tozunun mikroskobik görüntüleri Tablo 1'de, Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kimyasal içerik

Birleşim (%)	Kumlu Zemin
SiO <sub>2</sub>	96.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6
CaO	0.04
K <sub>2</sub> O	0.22
MgO	0.39
NaO <sub>2</sub>	0.07



Şekil 1. Numunelerin granülometrik dağılımı



Şekil 2. Numunelerin Mikroskopik Görüntüleri

## 2.2. Metod

Kötü derecelenmiş kum zeminin, en iyi şekilde sıkışmasının sağlanabilmesi amacıyla, optimum su muhtevasını belirlemek amacıyla sıkışma deneyi yapılmıştır. Belirlenen optimum değerler kullanılarak, kötü derecelenmiş kum zemin ve ağırlıkça %2, %4, %6, %8, %10, %12, %14, %16, %18, %20 ve %22 olacak şekilde boru tozu ile kötü derecelenmiş kumlu zemin karışımı yapılarak toplamda 12 adet permeabilite deneyi yapılmıştır. Permeabilite değerleri belirlenirken, TS 1900-I [35] standartına uygun olarak permeabilite deneyi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylere ait sembolik deney şeması Şekil 3'te gösterilmiştir.

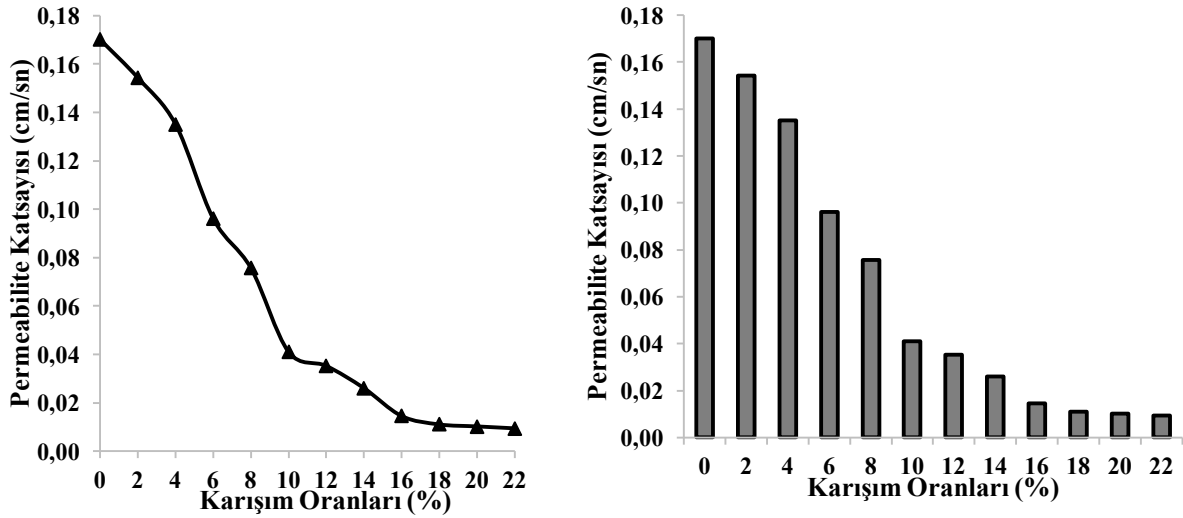
### Atık boru tozunun kum zeminlerin permeabilite değerleri üzerindeki etkileri



Şekil 3. Permeabilite deney düzeneği ve kum zemin-atık boru tozu

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Atık boru tozu karışımlarının permeabiliteye etkisinin belirlenebilmesi amacıyla, kum zemin içerisine ağırlıkça %2, %4, %6, %8, %10, %12, %14, %16, %18, %20 ve %22 oranlarında karışımlar yapılarak deneyler yapılmış ve sonuçları Şekil 4 ve Tablo 2’de gösterilmiştir. Deney boyunca alınan okumalar ve hesaplanan permeabilite katsayıları, zeminin doyurulması aşamasındaki değerleri içermemektedir. Sonuçlara göre, kötü derecelenmiş kum zeminden oluşturulmuş numunede permeabilite değeri 0.17 cm/sn olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kumlu zemin içine farklı oranlar da atık boru tozu eklenmesi durumunda permeabilite değerlerinde kayda değer azalmalar meydana geldiği görülmüştür. Ağırlıkça %2 oranında atık boru tozu eklenmesi durumunda 0.154 cm/sn permeabilite değeri ölçülürken, ağırlıkça %22 oranında eklenmesi durumunda 0.009 cm/sn permeabilite değeri elde edilmiştir. Atık boru tozu kullanımı ile, sadece kötü derecelenmiş kum zeminin permeabilite değerine göre, permeabilite değerlerinde 19 kata varan azalmalar meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 4. Farklı karışım oranları permeabilite değerleri

Tablo 2. Permeabilite değerleri

%	cm/sn
0	0.170
2	0.154
4	0.135
6	0.096
8	0.076
10	0.041
12	0.035
14	0.026
16	0.015
18	0.011
20	0.010
22	0.009

## 5. Sonuçlar

Bu çalışma, permeabilite değerleri yüksek olan kötü derecelenmiş kum zeminlerin, atık boru tozu kullanılarak permeabiliteye etkisini belirlemek için kum zemin içerisine ağırlıkça %2, %4, %6, %8, %10, %12, %14, %16, %18, %20 ve %22 oranlarında karışımlar yapılarak deneyler yapılmıştır. Deney boyunca alınan okumalar ve hesaplanan permeabilite katsayıları, zeminin doyurulması aşamasındaki değerleri içermemektedir.

Sonuçlara göre;

- Kötü derecelenmiş kum zeminin permeabilite değeri yapılan tüm deneyler için 0.17 cm/sn olduğu,
- Artan oranlarda eklenen atık boru tozuna bağlı olarak permeabilite değerlerinde 0.17 cm/sn'den 0.009 cm/sn'ye kadar azalmaların meydana geldiği,
- Toplamda %22 oranında atık boru tozu kullanılması durumunda permeabilite değerlerinde yaklaşık 19 kata varan azalmaların meydana geldiği,

### *Atık boru tozunun kum zeminlerin permeabilite değerleri üzerindeki etkileri*

- Permeabilite bakımından değerlendirildiğinde, atık boru tozu oranının %16'ya kadar kayda değer olarak azaldığı bu orandan sonraki değerlerde kayda değer bir azalmanın meydana gelmediği ve bu nedenle %16 oranının optimum değer olabileceği,
- Bu tür kum zeminlerin atık boru tozu ile iyileştirilmesi ile, permeabilite değerlerinde azalmaların meydana gelmesinin, kum zeminlerin boşluk oranlarının azaldığı ve rölatif sıklıklarının artmasından kaynaklandığı,
- Permeabilite değerleri yüksek olan kötü derecelenmiş kum zeminlerin, atık boru tozu kullanılarak permeabilitesinin azaltılmasına bağlı olarak, bu tür zeminlerin donma ve çözünme durumlarının da iyileştirilebileceği belirlenmiştir.

### **Kaynakça**

- [1] Orhan, M., Ulusu, H. (2001). Erzincan şehir merkezi kuzey-batı bölümü zeminlerinin bazı özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi. Niğde Üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi, 5(1), 21-34.
- [2] Belkhatir, M., Arab, A., Della, N., Schanz, T. (2014). Laboratory study on the hydraulic conductivity and pore pressure of sand-silt mixtures. Marine georesources and geotechnology, 32:2:106-122.
- [3] Çabalar, A.F., Akbulut, N. (2016). Effects of the particle shape and size of sands on the hydraulic conductivity. Acta Slovenica geotechnica, 2(4), 83-93.
- [4] Çabalar, A.F; Akbulut, N. (2016). Evaluation of actual and estimated hydraulic conductivity of sands with different gradation and shape. SpringerPlus, 5(1), 820-830.
- [5] Bandini P, Sathiskumar S. (2009). 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,
- [6] Bol, E., Özocak, A., Sert, S., Kocaman K. (2017). Temiz kumlarda boşluk oranı - geçirimsizlik ilişkisi. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku - Azerbaijan).
- [7] Orakoğlu, M. Ekinci, C. (2013). Zeminlerin permeabilite katsayısı ve konsolidasyon özellikleri üzerine bir çalışma: Elazığ örneği. Uluslararası teknolojik bilimler dergisi 5: 44-50.
- [8] Taşçı, M., Çetin, H., (2012). Changes of permeability and preconsolidation pressure compacted clayey soils depending on the compaction energy, Ç.Ü Fen ve mühendislik bilimleri dergisi, Cilt:28-1.
- [9] Townsend, D.L., Klym, T. W. (1966). Durability of lime stabilized soils”, Highway research board, No. 139, Washington, D.C., pp. 25-41.
- [10] Ranganathan, B. V. (1961). Soil structure and consolidation characteristics of black cotton clay”, Geotechnique, Vol. II, pp. 331.
- [11] Uzuner, B.A.,(2000). Temel mühendisliği giriş, Derya Kitabevi,168s., Trabzon.
- [12] Tosun, H., Türköz, M., (2000). Şişen killerin sönmüş kireç katkısı ile stabilizasyonu. Zemin mekaniği ve temel mühendisliği sekizinci ulusal kongresi, İTÜ, İstanbul
- [13] Stocker, P. T. (1972). Diffusion and diffuse cementation in lime and cement stabilized clayey soils. Special Report No. 8, Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria, Australia.
- [14] El-Rawi, M. N., Awad, A. A. (1981). Permeability of lime stabilized soils. Journal of the transportation engineering division, Vol. 107(TE1), pp. 25-35,
- [15] Misra, A., Biswas, D., Upadhyaya, S., (2005). Physico-mechanical behavior of self-cementing class c fly ash-clay mixtures. Fuel, 84(11), 1410-1422.

- [16] Ajayi-Majebi, A., Grissom, W.A., Smith, L.S., Jones, E.E. (1991). Epoxy-Resin-Based chemical stabilization of a fine, poorly graded soil system. In transportation research record 1295, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- [17] Little, D. N. (1995). Handbook for stabilisation of pavement sugrades and base course with lime. United States of America Lime association of Texas.
- [18] Prusinski, J. R., Bhattacharja, S. (1999). Effectiveness of Portland cement and lime in stabilizing clay soils. Transportation research record, 1652, 215-227.
- [19] Bhattacharja S., Bhattya, J. I. (2003). Comparative performance of the Portland cement and lime stabilization of moderate to high plasticity soils. Portland cement association, ISBN 0-89312-215-7.
- [20] Tingle, J.S., Santori, R.L. (2003). Stablisation of clay soils with non traditional additives. National Research Council, Washington D.C., Transportation Research Record No. 1819, 72-84.
- [21] Geiman, M. C., Filz G. M., Brandon, T. L. (2005). Stabilization of soft clay subgrades in Virginia: Phase I laboratory study virginia transportation research council, Elsevier.
- [22] Vitton, S. (2006). Introduction to soil stabilization. Michigan Technological University.
- [23] Jung, C., Bobet, A. (2008). Post-Construction evaluation of lime-treated soils. Indiana department of transportation state office.
- [24] Mirzababaei, M., Yasrobi S., Al-Rawas, A. (2009). Effect of polymers on swelling potential of expansive soils. Proceedings of the ICE ground improvement, 162(3), 111-119.
- [25] Liu, M. D., Pemberton S., Indraratna, B. (2010). A study of the strength of lime treated soft clays, In international symposium and exhibition on geotechnical and geosynthetics engineering: challenges and opportunities in climate chang, Bangkok, Thailand, 245-251.
- [26] Brooks, R., Udoeyo, F. F., Takkalapelli, V. K. (2011). Geotechnical properites of problem soils stabilized with fly ash and lime stone dust in Philadelphia. American Society of Civil Engineers, 23 (5), 711-716.
- [27] Celauro, B., Bevi;acqua, A., Bosco D. L., Celauro, C. (2012). Design procedures for soil-lime stabilization for road and railway embankments: Part 1, Review of design methods. Elsevier, 53: 755-764.
- [28] Khattab, S. A. A., Hussein, Y. A. (2012). The durability of fine grained soils stabilized with lime. Al-Rafidain Engineering, 20 (1): 85-92.
- [29] Negi, A. S., Faizan, M., Siddharth D. P., Singh, R. (2013). Soil stabilization using lime. International journal of innovative research in science, engineering and technology, 2 (3): 448-453.
- [30] Burmister, D. (1955). Principles of permeability testing of soils. In: Symposium on permeability of soils. ASTM International.
- [31] Juang, CH, Holtz RD. (1986). Fabric, pore size distribution, and permeability of sandy soils. Journal of geotechnical engineering, 112(9): 855-868.
- [32] Belkhatir, M., Arab, A., Della, N., Schanz, T. (2014). Laboratory study on the hydraulic conductivity and pore pressure of sand-silt mixtures. Marine georesources and geotechnology, 32:2:106-122.