

# ATIK PORSELEN KARONUN YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİLLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

<sup>1</sup>Semiha POYRAZ,

<sup>2</sup>Nazile URAL

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, BİLECİK

[semiha.poyraz@bilecik.edu.tr](mailto:semiha.poyraz@bilecik.edu.tr)

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, BİLECİK

[nazile.ural@bilecik.edu.tr](mailto:nazile.ural@bilecik.edu.tr)

## Özet

Doğal kaynakların işlenmesi sürecinde ortaya çıkan hurda ve atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülememekte ve depolanması ekonomi, çevre kirliliği açısından problemler ortaya çıkarmaktadır. Bazı çevresel problemleri ortadan kaldırmak ve mühendislik alanında faydalı bulgular ortaya koymak için zeminlerin iyileştirilmesi çalışmalarında atıkların kullanılması, çevrede birikmesini önleyerek çevre kirliliği problemine çözüm olmaktadır. Bu çalışmada Atık Porselen Karo kullanımının yüksek plastisiteli killerin fiziksel özellikleri üzerine etkisi ele alınmıştır. Atık Porselen Karonun killi zeminler ile karıştırılmasıyla fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler sağlanmıştır. Killi zeminin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve Atık Porselen Karo eklenerek Kıvam Limitleri ve Kompaksiyon (Standart Proktor) deneyleri ile incelenmiştir. Yüksek plastisiteli kilin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerinde Atık Porselen Karo eklenmesiyle azalmalar meydana gelmiştir. Bu durum killi zeminin plastisite özelliğini, olası şişme-sıkışma ihtimalini azalttığı göstermiştir. Atık Porselen Karo eklenmesiyle kompaksiyon deneyi sonucu optimum su içeriği değerlerinin düştüğü, maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinin arttığı bulunmuştur. Yüksek Plastisiteli Kil zeminin sıkışmasına olumlu yönde katkı sağlamıştır.

*Anahtar Kelimeler:* Yüksek Plastisiteli Killer, Atık Porselen Karo, Zemin İyileştirme, Kil, Atık

## THE EFFECT OF WASTE PORCELAIN TILE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF HIGH PLASTICITY CLAYS

### Abstract

Most of the scrap and wastes generated during the processing of natural resources cannot be recycled and their storage poses problems in terms of economy and environmental pollution. In order to eliminate some environmental problems and reveal useful findings in engineering field, the use of wastes in soil

improvement prevents accumulation of waste in the environment and provides solutions to environmental pollution problem. In this study, the effect of Waste Porcelain Tiles on the physical properties of high plasticity clays was discussed. Improvements were achieved in physical properties of waste porcelain tiles by mixing them with clayey soils. The physical properties of clayey soil were determined and Waste Porcelain Tiles were added and examined with Consistency Limits and Compaction (Standard Proctor) experiments. Decreases in the liquid limit, plastic limit and plasticity index values of the high plasticity clay have been achieved with the addition of Waste Porcelain Tiles. This has shown that the plasticity of clayey soil decreases the possibility of swelling-compression. It was found that the optimum water content values decreased and the maximum dry unit volume weight value increased with the compaction test conducted by adding waste porcelain tile. Therefore, the high plasticity clay contributed positively to the soil compaction.

*Key Words:* High Plasticity Clays, Waste Porcelain Tile, Soil Improvement, Clay, Waste.

## **Giriş**

Doğal kaynakların işlenmesi sürecinde ortaya çıkan hurda ve atıkların yeniden değerlendirilmesi hususunda çalışmalar önem kazanmıştır (Girişken, 2010). Bu atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülememekte ve depolanması ekonomik, çevre kirliliği açısından problemler ortaya çıkarmaktadır (Kılıç, 2008). Bu atık maddelerin kullanılması, doğal kaynakların korunması ve atıkların bertaraf edilmesi gibi iki yönlü yararı vardır (Girişken, 2010).

Dünyada endüstriyel ve inşaat sektöründen gelen atıkların kullanılması son yıllarda inşaat sektörüne de giriş yapmıştır (Çağlar, 2007). Termik santral atıkları, katı atık yakma tesisi uçucu külleri, yüksek fırın ve çelikhane cürüfları, hurda lastikler, cam atıkları, mermer atıkları gibi farklı birçok atıklar inşaat sektöründe çimento üretimi, beton üretimi, agrega üretimi, prefabrik eleman üretimi, harç yapımı, asfalt üretimi, zemin iyileştirme çalışmaları gibi farklı birçok yerde kullanılmaya başlanmıştır (Canbaz, 2012).

Geoteknikte karşılaşılan problemleri çözmek için farklı teknik ve ekipmanların günümüzde kullanılmasıyla beraber geleneksel yöntemlerin dışında çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Öztürk, 2003).

Çevresel problemleri ortadan kaldırmak ve mühendislik alanında yeni faydalı bulgular ortaya koymak için zeminlerin mühendislik özelliklerini iyileştirme çalışmalarında atıkların tekrar değerlendirilerek kullanılması, çevrede birikmesini önleyerek çevre kirliliği problemine çözüm olmaktadır (Girişken, 2010).

## **1. Zeminlerin Stabilizasyonu**

Zeminlerin stabilizasyonu, doğal zeminin mühendislik amacına uygun şekilde değiştirilmesi, iyileştirilmesi için kullanılan herhangi bir fiziksel, kimyasal, biyolojik veya kombine tekniği tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Zayıf zeminlerin fiziksel, hidrolik, mekanik ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesine zemin stabilizasyonu denilmektedir (Çalık, 2012).

Stabilizasyon, inşa edilecek bina temellerinde, demiryolları veya havaalanı gibi ulaşım alt yapısında gereken, doğal zeminlere sahip bir alt tabaka veya temel zemini hazırlamak için gereklidir (Çabalar, 2016).

Yapının güvenliğini arttırmak için gerekli olan zemin stabilizasyonu tekniklerinin sağladığı faydalar ise; Temellerin oturmasını azaltma, hacimsel stabilite sağlama, geçirimsizliği azaltma, zeminlerin şişme büzülmesi azaltma, yarma ve dolgu şevlerinde güvenliği artırma, barajlarda güvenliği artırma, kayma direncini artırma şeklinde sıralanabilir.

### **1.1. Killi Zeminlerin Stabilizasyon**

Killer tane boyutu 0.002 mm den küçük ince taneli sedimanlar olup; belirli miktarda su katıldığında plastikliği artan, alumina ve silis içeriği yüksek minerallerdir (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Geoteknik mühendisliğinde killi zeminlerde stabilizasyonun amacı, taşıma kapasitesi ve hacimsel stabilite elde edilmesini sağlamaktır. Zayıf zeminin atık madde ile zenginleştirilmesi ekonomik ve çevresel açıdan yararlı bir seçenek olarak kanıtlanmıştır (Çabalar, 2016).

### **1.2. Killi Zeminlerin Stabilizasyonunda Atık Kullanılması Üzerine Yapılmış Çalışmalar**

Yapılan çalışmalarda mermer tozu atığının kil zeminde kullanılarak zeminin şişme potansiyelinin kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi üzerinde olumlu katkı sağladığı görülmüştür (Zorluer ve Usta, 2003).

Başka bir çalışma ise, pirinç kabuğu külü, şeker kamışı külü ve inek gübresi külü karıştırılarak alüvyonlu zeminlerin özelliklerinin iyileştirilmiştir. Atık malzemelerden elde edilen karışım ile yapılan stabilizasyon çalışmasında zeminin plastisite indisi değeri düşürülmüştür (Yadav vd., 2016).

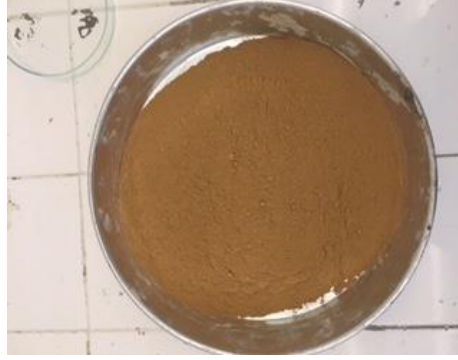
Farklı zemin tiplerinin stabilizasyon sürecinde farklı endüstriyel atıkların potansiyel etkinliği de yapılan başka bir araştırma örneğidir. Hem killi hem marnlı zeminler için fiziksel ve mineral özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine odaklanılmıştır. Çalışmada 5 % ve 10 % oranlarında atık dolomitik kireç, çelik çürüğü ve atık ticari kireç kullanılmıştır. Testler sonucunda; ocak kalıntılarından elde edilen dolomitik kirecin özellikle killi toprakların stabilizasyonunda potansiyel bir katkı olarak kullanılabilmesi ve bu sayede atık birikiminin de önüne geçilebileceği ortaya konmuştur (Sanchez vd., 2015).

Çalışmalardan bir diğeri yumuşak kumlu kil zeminlerde stabilizasyon için öğütülmüş granüle karbür çürüfunun (GGBS) kullanılması üzerine yapılan çalışmalardır. Bir yan sanayi ürünü olan karbür çürüfunun (CS) Portland Çimentosuna (PC) ile yumuşak kil zeminin stabilizasyonunda kullanımı değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda CS-GGBS kilinin Serbest Basınç Deney sonuçları PC ile stabilize edilmiş Kumlu Kil zemininden 2 kat fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Yi vd., 2015).

## **2. Materyal**

### **2.1. Kil**

Deney ana malzeme türü olarak seçilen kil (kırmızı kil), Bilecik pazaryeri bölgesinden alınmıştır. Kaolin kili bakımından zengin olan bölgeden elde edilen zemin örneği ve Atık Porselen Karo ile hazırlanacak olan karışımlar üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1** Kil Örneği

## 2.2. Atık Porselen Karo

Üretim aşamalarında ortaya çıkan atık porselen karonun (APK) zemin stabilizasyonunda kullanılması hem çevresel atık etkilerinin azalmasına hem de mühendislik özellikleri iyileştirilmiş zeminlerin elde edilebilmesini sağlayabilmesi açısından seçilmiştir. Atık Porselen Karo Bilecik ili bölgesinde bulunan Bien Seramik fabrikasından temin edilmiştir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2** Öğütülmüş Atık Porselen Karo

## 3. Yöntem

Çalışma kapsamında kullanılacak tüm numuneler ASTM (American Society of Testing and Materials) ve AASHTO (Amerikan Karayolları Sınıflandırma Sistemi)'ne göre hazırlanmış olup, kil zeminin stabilizasyonu için öğütülmüş Atık Porselen Karo (APK) değerlendirilmiştir. Atık malzemenin öğütülmüş Atık Porselen Karo (APK) seçilme nedeni bölgenin (Bilecik) seramik fabrikaları bakımında zengin olmasıdır. Kil türü olarak Pazaryeri bölgesi kili (Kırmızı kil) seçilmiştir. Çalışma kapsamında stabilize edilmemiş killi zeminin ve 5%, 10%, 15% ve 25% oranlarında Atık Porselen Karo (APK) ile stabilize edilmiş killi zeminlerin mühendislik özellikleri incelenmiştir. Numuneler üzerinde fiziksel analizler yapılmıştır.

### 3.1. Hidrometre deneyi

Bazı zeminleri eleklerden elemek ve çaplarına göre ayırmak zemin tanelerinin gözle görülemeyecek kadar küçük olmalarından dolayı mümkün olmamaktadır. Bu sebepten ötürü bu tür zeminlerin yani tane çapı 0,075 mm den küçük (200 nolu elekten geçen) zeminler için ıslak analiz (hidrometre, pipet) yapılmaktadır (ekil 3.1). Deney ASTM D 422 standardına göre Kil zeminin sınıfını belirlemek için yapılmıştır.



Şekil 3.1. Hidrometre Deney Aleti

### 3.2. Özgül Ağırlık Deneyi

Özgül ağırlık, tane birim ağırlığının suyun birim hacim ağırlığına oranı olarak tanımlanmaktadır. Çalışma ASTM D 854 standardına uygun olarak, kil zeminin ve APK katkılı killi karışımların özgül ağırlık değerlerini bulmak için Piknometre deneyi ile yapılmıştır (ekil 3.2).



Şekil 3.2. Piknometre

### 3.3. Kıvam Limitleri Deneyi

ASTM D 4318 deney standardına göre kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Likit limit, zeminin plastik kıvamdan akıcı bir kıvama dönüştüğü andaki su muhtevası değeridir. Casagrande deney aleti ile çalışma yapılmıştır (ekil 3.3). Plastik limit, zeminin yarı katı kıvamdan plastik kıvama geçtiği andaki su muhtevası değeridir. Plastik limit deneyi numunesi ekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Likit Limit Deneyi Aleti



Şekil 3.4. Plastik Limit Deneyi Numunesi

### 3.4. Kompaksiyon (Standart Proktor) Deneyi

217

Deneylerde kullanılan kompaksiyon aleti ASTM D 698 standardına göre imal edilmiş, standart proktor deneyi için; 30.5 cm yükseklikten serbest düşmeye bırakılan 2,5 kg'lık yük altında zeminin üç tabaka halinde kalıp (mold) içerisine sıkıştırılması ile maksimum kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_{kmax}$ ) ve optimum su içeriği ( $W_{opt}$ ) parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan bir deney aletidir (Şekil 3.5).



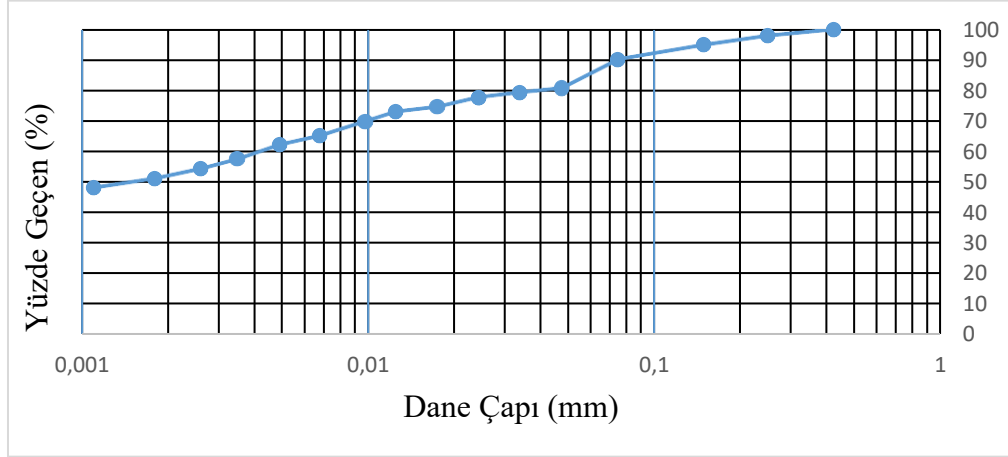
Şekil 3.5. Kompaksiyon Deneyi Aleti

## 4. Bulgular

### 4.1. Kil Özellikleri

Kil zeminin, özgül ağırlık deneyi sonucunda özgül ağırlık değeri 2,72 olarak bulunmuştur.

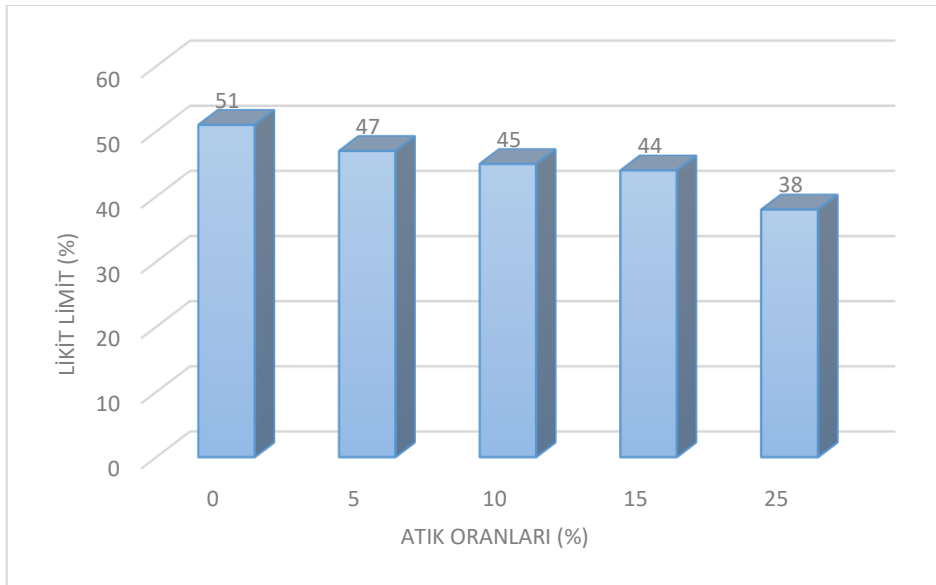
Hidrometre deney sonucuna göre zemin türü USCS zemin sınıflandırmasına göre CH (Yüksek Plastisiteli Kil) zemini olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kil Zeminin Gradasyonu

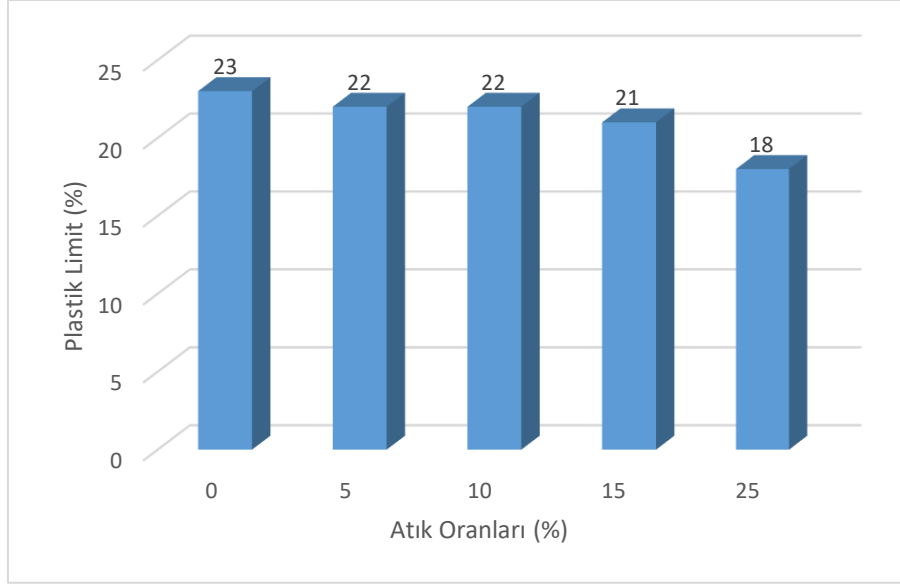
#### 4.2. Kıvam Limitleri Deney Bulguları

APK miktarı %0 olması halinde Likit Limit (LL) %51 bulunmuştur. %5 APK eklenmesi ile LL %47 değerine düşüş gerçekleşmiştir. %10 ve %15 APK eklenmesi durumunda LL değerindeki azalmada önemli bir değişiklik olmadığı saptanmış olup %44-45 olarak bulunmuştur. %25 APK ile LL önemli oranda düşüş göstermiş ve %38 değerinde bulunmuştur (Şekil 4.2).



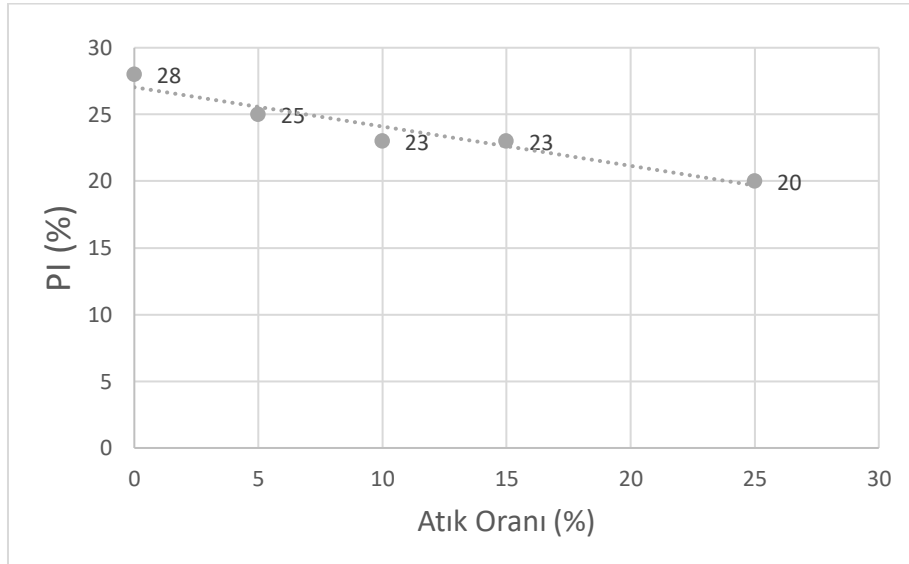
Şekil 4.2. Likit Limit-Atık Oranı Arasındaki İlişki

Plastik Limit (PL) değeri, %0 APK kullanımı durumunda %23 olarak bulunmuştur. %5 ve %10 APK kullanılması ile PL değeri arasında fark gözlemlenmemiş olup %22 olarak sonuçlanmıştır. APK oranının %15 kullanılmasıyla PL değeri %21 değerine düşmüş ve %25 APK kullanılması ile de %18 değerine inmiştir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3.** Plastik Limit-Atık Oranı Arasındaki İlişki

Plastisite İndisi değeri ile Atık Oranı arasındaki ilişki incelendiğinde, %0, %5, %10, %15 ve %25 APK kullanılması PI değerini %28 değerinden %20 değerlerine kadar düşürdüğü gözlenmiştir (Şekil 4.4).

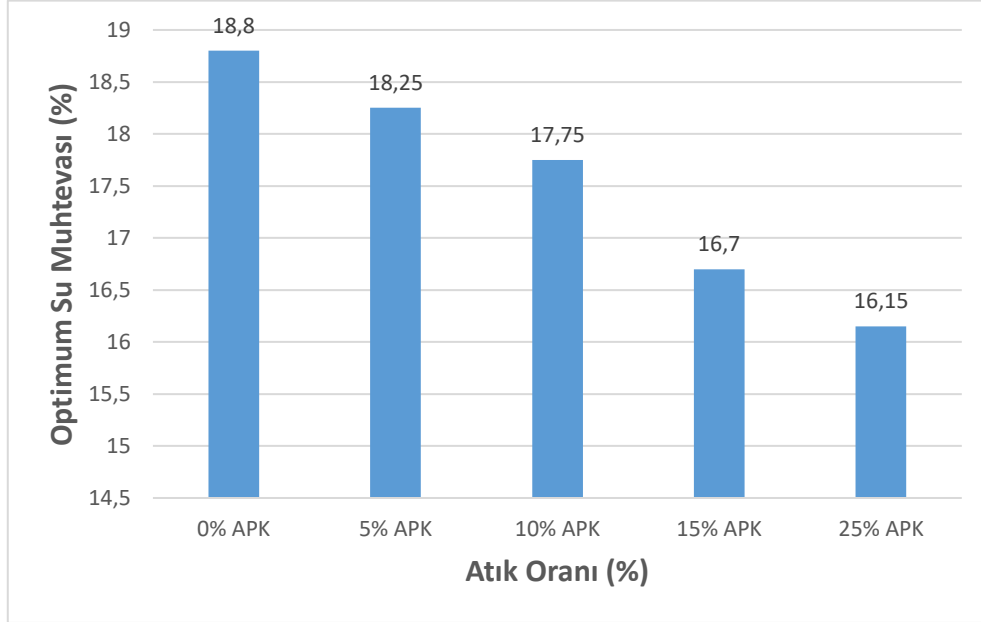


**Şekil 4.4.** Plastisite İndisi-Atık Oranı Arasındaki İlişki

#### 4.3. Kompaksiyon (Standart Proktor) Deneyi Bulguları

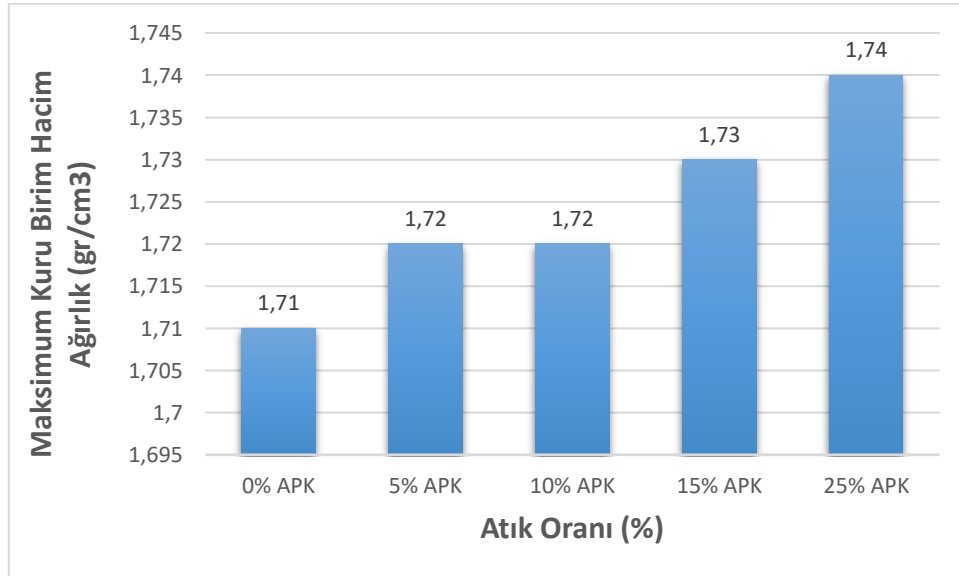
Standart kompaksiyon deneyi stabilize edilmiş örnekler üzerinde yapılmıştır. Farklı yüzde değerlerinde su içeriği artırılarak numunelerin optimum su muhtevaları ve maksimum sıkışma değerleri bulunmuştur. Buna göre optimum su muhtevası değerinin APK oranı arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Optimum su içerikleri %0 APK katkılı kilde %18,8, %5 APK katkılı kilde %18,25, %10 APK katkılı

kilde % 17,75, %15 APK katkıli kilde %16,7 ve %25 katkıli kilde %16,15 oranında bulunmuştur (Şekil 4.5).



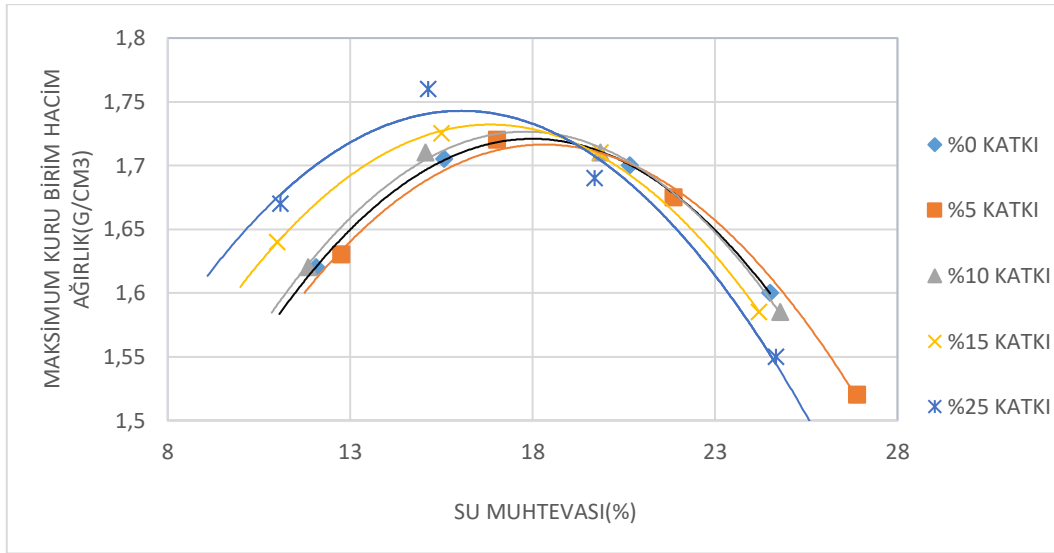
Şekil 4.5. Atık Porselen Karonun Optimum Su Muhtevasına Etkisi

APK oranı yüzdeleri arttıkça Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık ( $\gamma_k$ ) değeri yükselmektedir. %0 APK durumunda  $\gamma_k = 1,71 \text{ g/cm}^3$ , %5 APK durumunda  $\gamma_k = 1,72 \text{ g/cm}^3$ , %10 APK'de  $\gamma_k = 1,72 \text{ g/cm}^3$ , %15 APK oranında  $\gamma_k = 1,73 \text{ g/cm}^3$ , %25 APK oranında  $\gamma_k = 1,74 \text{ g/cm}^3$  değerleri elde edilmiştir. %5 ve %10 APK katkıli killerin kuru birim hacim ağırlık değerleri aynı olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Atık Oranının Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık Üzerine Etkisi

APK miktarı arttıkça optimum su içeriği değeri azalmış ve bununla beraber maksimum sıkışma (maksimum kuru birim hacim ağırlık) değeri artmıştır. %25 APK değerinde Kuru Birim Hacim Ağırlık değeri 1,74 g/cm<sup>3</sup> değerine yükselmiş ve Optimum Su Muhtevası % 16,15 değerine gerilemiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı Atık Yüzdelerindeki Su Muhtevası ve Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık İlişkisi

## Sonuç

Çalışma kapsamında %0 , %5 , %10 , %15 ve %25 oranlarında Atık Porselen Karo (APK) kil ile karıştırılmış ve farklı karışımlar üzerinde Kıvam Limitleri ve Kompaksiyon Deneyleri yapılmıştır.

Atık Porselen Karo (APK) eklenmesiyle Kıvam Limitleri olan Likit Limit, Plastik Limit, Plastisite İndisi değerleri azalma göstermiştir.

Atık Porselen Karo (APK) 'nun killi zemine eklenmesiyle optimum su içeriği değeri azalmış ve buna karşın maksimum sıkışma (maksimum kuru birim hacim ağırlık) değeri artmıştır.

Ezilmiş Atık Porselen Karo zemin stabilizasyonunda çevresel ve ekonomik yönleri dikkate alarak bertaraf problemlerine çözüm olmaktadır. Deney sonuçlarına bağlı olarak APK, killi zeminlerin stabilizasyonunda kullanılmaya uygundur.

Bütün bunların yanı sıra pahalı malzemelere olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Bu deneysel çalışma ayrıca sıkıştırılmış, işlem görmüş zeminlerin stabilizasyonunda APK kullanılması ile temel zeminlerinin iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır.

## Kaynaklar

Canbaz, M., "Cam, Seramik Ve Pişmiş Kil Atıklarının Beton Teknolojisinde Değerlendirilmesi", Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir (2012).

Çabalar, A., "Stabilization Of A Clayey Soil Using Waste Ceramic Tiles", Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep (2016).

Çağlar, G., “ Endüstriyel Atık Malzemelerin Karayollarında Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2007)

Çalık, Ü., “Perlitin Puzolanik Katkı Olarak Kireç İle Birlikte Zemin Stabilizasyonunda Kullanımı”, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon (2012).

Girişken, M., “ Compaction And Shear Strength Properties Of Clay Blended With Gaziantep Industrial Region Wastewater Composted Sludge”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep (2010).

Kılıç, G., “ Çimento İle Zemin Stabilizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2008).

Öztürk, Z., “Porselen Karoların Üretim Koşullarının ve Teknik Özelliklerinin Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir(2012).

Sanchez M., Castro, J., Urena, C., Azanon, J., “Stabilisation of clayey and marly soils using industrial wastes: pH and laser granulometry indicators”, *Engineering Geology*, 200, 10-17 (2015).

Yadav A., Gaurav K., Kishor R., Suman K. “Stabilization of alluvial soil for subgrade using Rice Husk Ash, Sugarcane Bagasse Ash and Cow Dung Ash for rural Roads”, *International Journal of Pavement Research and Technology*, Volume 9/Number1, 1-14(2016).

Yi, Y., Gu, L., Liu, S., Puppala, A., “Carbide slag-activated ground blastfurnace slag for soft clay stabilization”, *Canadian Geotechnical Journal*, *Can. Geotech. J.* 52: 656–663 (2015).