

DENİZ SUYU İLE UYGULANAN UÇUCU KÜL ve KİRECİN KİLLİ BİR ZEMİNİN DAYANIM DEĞERLERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF FLY ASH AND LIME APPLIED WITH SEA WATER ON THE STRENGTH VALUES OF A CLAYEY SOIL

Gamze BİLGİN¹, Hüseyin Zekeriya DOĞAN²

ÖZET

Literatürde yapılan pek çok çalışma, uçucu külün ve kirecin, killi zeminlerin mekanik özelliklerine olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada çeşme suyu yerine deniz suyu kullanılması hali için ilgili katkıların etkileri incelenmiştir. Çalışmada uçucu kül, Zonguldak Çaycuma Eren Termik Santrali'nden elde edilmiştir. Kireç ise piyasadan satın alınmıştır. Hazırlanan karışımların standart Proktor değerleri, 0, 7, 28 günlük serbest basınç değerleri (q_u) ve 0 ila 7 günlük Kaliforniya taşıma oranı (CBR) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan kilin 28 günlük q_u değeri 110 kPa değerindedir. Deniz suyu ile yoğrulduğunda ise bu değer 125 kPa olarak belirlenmiştir. %5 oranında uçucu kül ve %5 oranında kirecin birlikte kullanıldığı karışımda ise 28 günlük q_u değerinin yaklaşık 5 kat artışı ve 556 kPa değerine yükseldiği görülmüştür. CBR değerlerinde de %2'den %11'e çıkan bir artış belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu kül, deniz suyu, zemin iyileştirme

ABSTRACT

Numerous studies in the literature show that fly ash and lime have positive effects on the mechanical properties of clayey soils. The distinction subject of this study is that sea water was used instead of tap water during the process. In the study, fly ash was obtained from the Zonguldak Çaycuma Eren Thermal Power Plant. Lime was purchased from the market. Standard Proctor values, 0, 7, 28 days unconfined compression values (q_u) and 0 to 7 days California bearing ratio (CBR) values of the prepared mixtures were determined. According to the results obtained, the 28-day q_u value of the soil used is 110 kPa. This value was determined as 125 kPa when kneaded with sea water. In the mixture in which 5% fly ash and 5% lime were used together, the 28-day q_u value increased approximately five times and was determined as 556 kPa. An increase in CBR values from 2% to 11% was also determined.

Keywords: Fly ash, sea water, soil stabilization

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, gamzebilgen@beun.edu.tr

² Uzm. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, zekeriyadogan@beun.edu.tr

1. GİRİŞ

Uçucu kül, kömür veya linyit yanması sonucunda ortaya çıkan, termik santrallerin bacalarından elde edilen bir atıktır (Dağlı, 2022). Kimyasal kompozisyon olarak silikat ve alüminat bazlıdır (Bilgen, 2020). Uçucu küller farklı sektörlerde katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Aksoy ve Bilgen, 2022). İnceliğine ve içerdiği kireç miktarına göre farklılık göstermekle birlikte pozolanik bir etkiye sahip olan uçucu küller, zemin stabilizasyonunda da kullanılan bir malzemedir (Edil vd, 2006). Yapılan çalışmalar, uçucu külün yaygın bir katkı malzemesi olan kireç ile birlikte kullanımının geoteknik özelliklerin iyileşmesinde daha etkin olduğunu göstermiştir (Dehghanian, 2021).

Öte yandan, tüm inşaat işlerinde geleneksel olarak tatlı su kullanılmaktadır. Ancak Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), 2025 yılına kadar nüfusun yarısını aşan insan sayısının yeterli miktarda temiz içme suyuna sahip olamayacağını bildirmiştir (Nishida vd., 2015; Bilgen, 2022). Bu açıdan temiz suyun yerine kullanılabilecek alternatif bir malzeme olarak deniz suyu kullanımı gündeme gelmektedir. Ayrıca, inşaat sırasında tatlı su yerine deniz suyunun kullanılması nakliye maliyetlerini, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi gibi olumsuz çevresel etkileri azaltacak ve denize yakın alanlarda inşa edilen yapılarda iş verimliliğini artıracaktır (Kavak vd 2012; Shi vd, 2015).

Bu çalışmada, uçucu kül ve kirecin birer katkı malzemesi olarak kullanımında yoğurma suyu olarak deniz suyu kullanılmasının sonuçları araştırılmıştır. Katkı malzemeleri, geoteknik özellikleri belirlenen killi bir zemin ile harmanlanarak hazırlanan numuneler üzerinde dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2. MALZEME

Çalışmada katkı malzemesi olarak kullanılan uçucu kül, Zonguldak ilinde bulunan Çatalağzı Termik Santrali bacalardan elde edilmiş olan uçucu küldür. Kullanılan kül %100 oranında 200 nolu elekten (0,075 mm) geçmektedir. Diğer katkı malzemesi olan kireç piyasadan satın alınan sönmüş kireçtir. Kullanılan zemin ise Zonguldak ili civarından yerin yaklaşık 0,8-1,0 metre altından alınmak sureti ile temin edilmiştir. Deniz suyu Karadeniz denizi sahilinde bulunan Zonguldak sahillerinden temin edilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan killin elek analizi ve kıvam limitleri değerleri

Sınıflandırma Parametreleri	Alaplı Kili
Çakıl (%)	0
Kum (%)	47
İnce malzeme (%)	53
LL (%)	48
PL (%)	21
(PI) (%)	27
USCS	CL

3. YÖNTEM

Çalışmada ilk olarak, kullanılan zemin üzerinde kıvam limitleri (ASTM 4318) ve elek analizi (ASTM 422) deneyleri uygulanarak, zeminin sınıflandırılması yapılmıştır. Elek analizi, yıkamalı olarak uygulanmıştır. Bir başka deyişle standartlara uygun olarak alınan temsili numune, 200 nolu elekten yıkanmış ve 0,075 mm altına geçen ince dane oranı belirlenmiştir. Daha sonra kurutulan numune farklı çaplardaki eleklerden elenerek çakıl ve kum oranları belirlenmiştir. Böylece, kullanılan kilin birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra zemine sadece %5 oranında uçucu kül, sadece %5 oranında kireç ve hem %5 oranında uçucu kül hem %5 oranında kirecin birlikte kullanılması şeklinde farklı katkılar eklenmek sureti ile karışımlar hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalar için hazırlanan numunelerde yağurma suyu olarak deniz suyu kullanılmıştır. İkinci aşamada, karışımların su-yoğunluk ilişkilerinin belirlenmesi için standart Proktor deneyi (ASTM D1557) gerçekleştirilmiştir. Standart Proktor deneyinde, kuru olarak karıştırılarak hazırlanmış olan her bir karışım beşer farklı su içeriğinde standartlara uygun olarak sıkıştırılarak optimum su muhtevaları (OSM) ve en büyük kuru birim hacim ağırlıkları (EB-KBHA) belirlenmiştir. Son aşamada ise, dayanım değerlerinin belirlenmesi için serbest basınç deneyi (UCS) (ASTM D2166) ve Kaliforniya taşıma gücü deneyi (CBR) (ASTM D1883) yapılmıştır. Dayanım deneylerinde kullanılan numuneler OSM değerlerine uygun olarak hazırlanmıştır. 0 günlük verilerin elde edilmesi için hazırlanan numuneler 2 saat bekletildikten sonra kırılmıştır. 7 ve 28 günlük numuneler ise, şeffaf bir poşet ile sarılıp etiketlendikten sonra kırılıncaya kadarki süre içerisinde desikatörlerde bekletilmiştir.

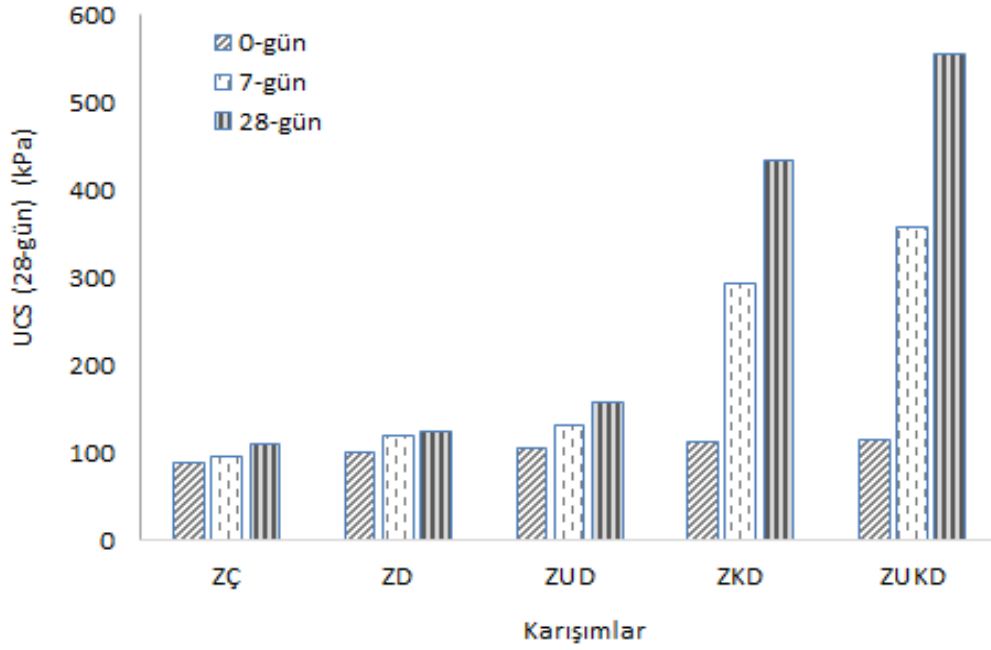
4. ELDE EDİLEN VERİLER

Kullanılan zemin ait fiziksel özellikler Tablo 1’de görülmektedir. Kullanılan zemin, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre düşük plastisiteli kil (CL) sınıfındadır. Likit limiti (LL), plastik limit (PL) ve plastisite indisi değerleri sırası ile %48 ve %21 ve %27 dir. Zeminin optimum su muhtevası (OSM) %20 ve en büyük kuru birim hacim ağırlığı (EB-KBHA) 15.2 kN/m³ olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Karışımların içeriği ve geoteknik özellikleri

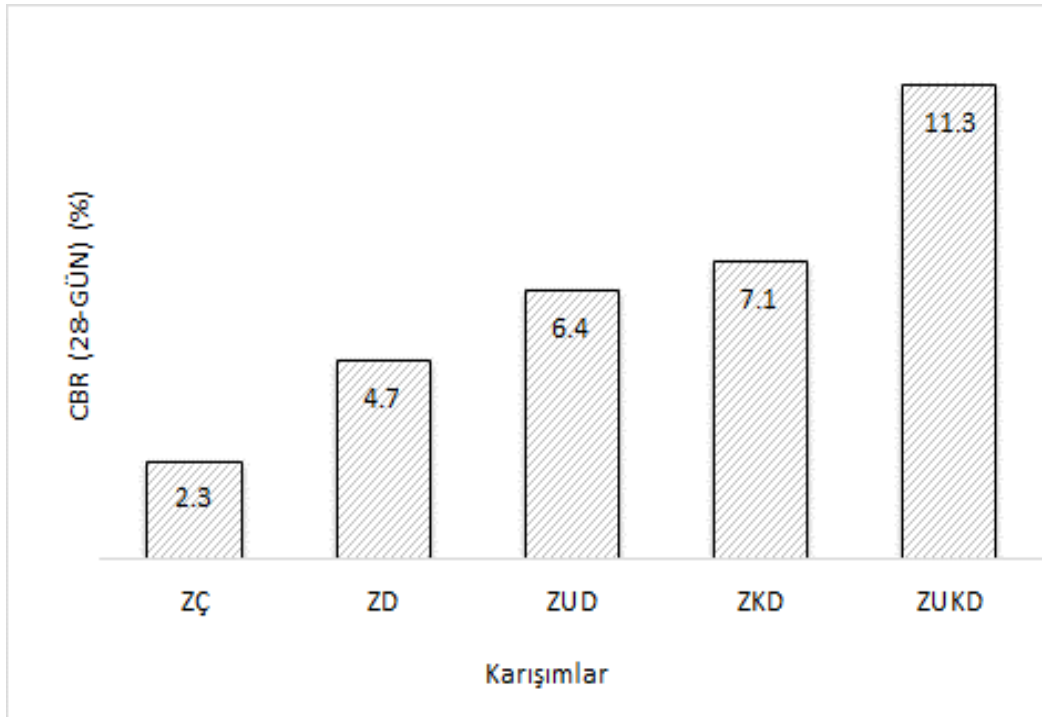
Karışımın Kodu	Z	U	K	Su	OSM	EB-KBHA	qu (kPa)			CBR (%)	
	(%)	(%)	(%)		(%)	(kN/m ³)	0-gün	7-gün	28-gün	0-gün	28-gün
ZÇ	100	0	0	Çeşme	20,0	15,2	90	95	110	2	2
ZD	100	0	0	Deniz	19,5	15,3	101	120	125	2	5
ZUD	95	5	0	Deniz	19,4	15,5	105	132	159	2	6
ZKD	95	0	5	Deniz	20,3	15,1	113	293	435	5	7
ZUKD	90	5	5	Deniz	20,1	15,2	116	358	556	6	11

Z: Kil zemin; K: Kireç; U: Uçucu kül; D: Deniz suyu; Ç: Çeşme suyu



Şekil 1. Karışımların 0, 7 ve 28 günlük q_u değerleri

Serbest basınç deneyi sonuçları Tablo 2 ve Şekil 1’de sunulmaktadır. Kullanılan zeminin serbest basınç değeri (q_u) (0 günlük) 90 kPa olarak belirlenmiştir. Kompaksiyon ve yaşlanma etkisi ile 28 günlük q_u değeri 110 kPa değerine ulaşmıştır.



Şekil 2. Karışımların 28 günlük CBR değerleri

Deniz suyu ile hazırlanan numunelerde ise bu değerler sırası ile 101 kPa ve 125 kPa olarak belirlenmiştir. Deniz suyu ile %5 oranında kullanılan uçucu kül katkısı 28 günlük q_u değerini 159 kPa'a yükseltmiştir. Deniz suyu ile %5 oranında kullanılan kireç katkısı ise bu değeri 435 kPa'a yükseltmiştir. Katıkların birlikte kullanılması durumunda ise 28 günlük q_u değeri 556 kPa olarak tayin edilmiştir.

Şekil 2 de 28 gün kür edilmiş numunelerin CBR değerleri görülmektedir. Çeşme suyu ile hazırlan zeminin 28 günlük CBR değeri %2 iken deniz suyu ile hazırlanan numunede bu değer %5 dir. Uçucu kül katkısı ve deniz suyu ile hazırlanan numunelerde bu değer %6 olarak belirlenmiştir. Kirecin deniz suyu ile birlikte kullanılması halinde ise 28 günlük CBR değerini %7 olarak değiştirmektedir. Uçucu kül, kireç ve deniz suyunun birlikte kullanılması durumunda ise, hazırlanan numunelerin 28 günlük CBR değeri %11 olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Deneyisel çalışma sonuçlarına göre, yoğurma suyu olarak deniz suyu kullanılması durumunda %5 oranında kullanılan uçucu kül, CL sınıfı zeminin dayanım değerlerinde iyileşme gerçekleştirmektedir. Ayrıca, uçucu külün kireç ile birlikte kullanılması iyileşmenin daha yüksek oranlarda gerçekleşmesini sağlamaktadır. Dayanım değerlerindeki en yüksek orandaki iyileşme sağlayan karışım kireç ve uçucu külün birlikte kullanıldığı karışımlarda görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Aksoy, S.H., Bilgen G. (2022), "Kohezyonsuz Zeminlerde İyileştirme Yöntemleri", Editor: Özalp, C., Akçakale, N. Serüven Yayınevi, 49-73.
- Bilgen, G. (2020), "Utilization of Powdered Glass as an Additive in Clayey Soils", Geotechnical and Geological Engineering, Vol 38(3), 3163-3173.
- Bilgen, G. (2022), "Long-term compressive strength and microstructural appraisal of seawater, lime, and waste glass powder-treated clay soils", Arabian Journal of Geosciences, Vol 15(9), 1-18.
- Dağlı, E., Çapar, Ö.F. (2022), "Engineering Performance Of Fly Ash Stabilized Çatalağzı Clay", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 34, 267-272.
- Dehghanian, K. (2021), "Killi zeminlerin özelliklerinin uçucu kül kullanarak iyileştirilmesi", Alanya Allatin Keykubat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sayı 3(1), 66-72.
- Edil, T.B., Acosta H.A., Benson C.H. (2006), "Stabilizing Soft Fine-Grained Soils with Fly Ash", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol 18, 283-294.
- Kavak, A., Bilgen, G., Çapar, O.F. (2012), "Using ground granulated blast furnace slag with seawater as soil additives in lime-clay stabilization", ASTM Spec Tech Publ 1540 STP:481-497.
- Nishida, T., Otsuki, N., Ohara, H., et al (2015), "Some considerations for the applicability of seawater as mixing water in concrete", Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies, Vol 27(7), B4014004.
- Shi, Z., Shui, Z., Li, Q., Geng, H. (2015), "Combined effect of metakaolin and sea water on performance and microstructures of concrete", Construction and Building Materials Vol 74, 57-64.

SEMBOL LİSTESİ

Bildiride kullanılan semboller iki sütunlu tablo halinde 10 punto kullanılarak listelenmelidir.

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
q_u	Serbest basınç dayanımı	USCS	Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi
CBR	Kaliforniya Taşıma Oranı	CL	Düşük plastisiteli kil
LL	Likit limit	OSM	Optimum su muhtevası
PL	Plastil limit	EB-KBHA	En büyük kuru birim hacim ağırlığı
PI	Plastisite indisi	Z	Kullanılan zemin
K	Kireç	U	Uçucu kü
D	Deniz suyu	Ç	Çeşme suyu