

# KARBON FİBER KATKILI KUM-BENTONİT KARIŞIMLARININ EMME BASINCI DAVRANIŞLARI

## SUCTION BEHAVIOR OF CARBON FIBER ADDED SAND-BENTONITE MIXTURES

Esra GÜNERİ<sup>1</sup>, Yeliz YÜKSELEN AKSOY<sup>2</sup>

### ÖZET

Zeminlerin suya doygunluk derecesi olarak tanımlanan doygunluk ("S") parametresi zeminlerin mühendislik davranışı açısından oldukça önemlidir. Zeminlerin çeşitli faktörlere bağlı olarak bünyesinde barındırdığı su içeriği ve suyu bünyesine alma eğilimi değişkenlik göstermektedir. Özellikle nükleer atık veya ısı kazıkları gibi enerji geo-yapılarında oluşan yüksek sıcaklığın, emme davranışını etkilediği bilinmektedir. Nükleer atık depolama alanlarında ısı kaynağının (canister) etrafındaki zeminler, yüksek sıcaklık nedeni ile doygun durumdan doygun olmayan duruma geçmektedir. Bu nedenle bu alanlarda kullanılacak tampon malzemelerin emme basıncı davranışının doğru belirlenmesi ve aynı zamanda termal iletkenliğinin de yüksek olması önem arz etmektedir. Isı kazıklarında ise termal döngüler nedeniyle kazık-zemin ara yüzeyinde doygun olmayan durum oluşabilmektedir. Bu nedenlerle enerji geo-yapıları etrafındaki zeminlerin emme basıncı davranışlarının çeşitli termal koşullar altında belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada kum-bentonit karışımlarına karbon fiber katkısı eklenerek, enerji yapılarında tampon malzeme olarak kullanımı hedeflenmiştir. Karbon fiberin dayanımı ve termal iletkenliği yüksek bir malzeme olması, emme davranışının da ortaya konulması ile birlikte değerlendirilerek tercih edilmiştir. Bu çalışmada deneyler oda sıcaklığı altında gerçekleştirilmiştir. Katkılı ve katkısız karışımların farklı sürelerin sonunda emme basıncı değerleri ölçülmüştür. Emme davranışının belirlenebilmesi amacı ile en temel yöntemlerden biri olan filtre kâğıdı yöntemi kullanılmıştır. Deney sonuçları karbon fiberin olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

*Anahtar Kelimeler: Bentonit, emme basıncı, karbon fiber, kum, termal davranış*

### ABSTRACT

The saturation ("S") parameter, defined as the degree of water saturation of soils, is very important in terms of engineering behavior of soils. The water content of soils and their tendency to absorb water vary depending on various factors. It is known that high temperatures, especially in energy geo-structures such as nuclear waste disposal areas or heat piles, affect absorption behavior. In nuclear waste storage areas, the soil around the

<sup>1</sup> Dr., İzmir Demokrasi Üniversitesi, esra.guneri@idu.edu.tr (Sorumlu yazar)

<sup>2</sup> Profesör, Dokuz Eylül Üniversitesi, yeliz.yukselen@deu.edu.tr



heat source (canister) changes from saturated to unsaturated due to high temperature. For this reason, it is important that the suction behavior of the buffer materials to be used in these areas is determined correctly and that their thermal conductivity should be also high. In thermal piles, an unsaturated condition may occur at the pile-soil interface due to thermal cycles. For these reasons, it is very important to determine the suction behavior of the soils around energy geo-structures under various thermal conditions. In this study, carbon fiber additive was added to sand-bentonite mixtures, aiming to use it as a buffer material in energy structures. Carbon fiber was preferred because it is a material with high strength and thermal conductivity. In this study, experiments were carried out under room temperature. The suction values of the mixtures with and without additives were measured after different periods of time. The filter paper method, one of the most basic method, was used to determine the suction behavior. Experimental results revealed that carbon fiber has positive effects.

*Keywords: Bentonite, suction, carbon fiber, sand, thermal behavior*

## 1. Giriş

Zeminlerin mühendislik davranışlarının çeşitli koşullar altında tanımlanması ve değerlendirilmesi oldukça zordur. Zemin danelerinin boyutu, zeminin bulunduğu konum itibari ile homojen olmaması, zaman faktörü ve tam olarak lineer bir davranış göstermemesi tanımlanmasını güçleştirebilmektedir. Zeminlerin kıvam limitleri, sıkışabilirlik özellikleri, geçirimsizliği, kayma dayanımı parametreleri gibi genellikle suya "doğgun" zemin durumu için incelenmektedir. Bunun temel nedenlerinden biri zeminlerin gerçek su içeriği ve nem değerlerinin ortaya konamamasıdır. Bu durum ise zemin tipinin, mevsimsel değişimlerin ve diğer çevresel etkenlerin değişmesi durumunda olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir (Lambe ve Whitman, 1969).

Zeminlerin homojen bir yapıya sahip olmaması, bünyesinde katı, sıvı ve gaz fazlarını bulundurması ve bu dengenin sıcaklık, basınç, zaman gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermesi zemin davranışını oldukça etkilemektedir. Bu duruma örnek olarak, aynı su içeriğine sahip iki zemin numunesinin "emme" basınçlarının farklı olması gösterilebilir (Hanks ve Ashcroft, 1980).

Bilindiği üzere killi zeminlerin su emme kapasitesinin oldukça yüksek olması, iri daneli zeminlere göre emme davranışı açısından araştırılması önem arz eden konular arasındadır. Bu çalışma kapsamında, karbon fiber katkısı varlığında kum-bentonit karışımlarının emme davranışı oda sıcaklığı altında incelenmiştir. Karbon fiberin, bünyesindeki yüksek karbon içeriği ve düşük özgül ağırlığı sayesinde zeminlerin dayanımını artırıcı bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda beton-karbon fiber karışımları olarak da kullanılmaktadır (Tong vd., 2015). Çalışma kapsamında %1 ve %2 oranında karbon fiber katkısı kullanılarak %20 bentonit-%80 kum karışımlarının katkılı ve katkısız olmak üzere emme davranışları incelenmiştir. Karışımlar 0, 1 ve 3 gün olmak üzere oda sıcaklığında kürlenildikten sonra emme basınçları ölçülmüştür. Emme basıncının ölçülmesi için filtre kâğıdı yöntemi kullanılmıştır.



## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Malzeme Karakterizasyonu

Bu çalışmada, katkısız zemin karışımı olarak kum-bentonit karışımı ve katkı malzemesi olarak karbon fiber seçilmiştir. Bentonit numunesi yerel firmadan temin edilmiş olup, deneylerde Ca-bentonit kullanılmıştır. Karbon fiber, yerel bir firmadan tedarik edilmiştir ve numune uzunluğu 6 mm'dir (Şekil 1). Elek analizi sonuçlarına göre kumun %20.7'si ince malzemedir oluşmaktadır. Deneylerde kullanılan kum No.6' dan elekten elenerek kullanılmıştır. Bentonit numunesinin tamamı No.200 elekten geçmiştir ve doğal su içeriği yaklaşık %7.5 olarak bulgulanmıştır (Batuge vd., 2023).

Tablo 1. Zemin malzemelerinin özellikleri

	Malzeme	
	Bentonit	Kum
Özgül ağırlık	2.60	2.63
Likit limit (%)	270	-
Plastik limit (%)	63	-



Şekil 1. Karbon fiber katkısı

### 2.2. Deney Yöntemleri

Deneylerde kullanılan karışımlar, isimlendirilirken kum "S", bentonit "B" ve karbon fiber "CF" ile gösterilmiştir. Kullanılan zemin karışımlarında kuru ağırlıkça %20 oranında bentonit ve %80 oranında kum kullanılmıştır. Katkısız karışımlara %1 ve %2 oranında karbon fiber ilave edilerek katkılı karışımlar elde edilmiştir. Numuneler, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği değerlerinde R=3.8 cm çaplı ve V=84.8 cm<sup>3</sup> hacimli kalıplarda sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işleminden sonra numuneler iki eşit parçaya bölünerek 1 ve 3 gün kurumaya bırakılmıştır. Büzülme değerleri bu sürelerin sonunda ölçülmüştür. Numunelerin emme basıncı filtre kâğıdı yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (ASTMD5298-16). Matrik emme değerini ölçmek için eş parçalara ayrılan numunelerin arasına üç adet filtre kâğıdı yerleştirilerek, ölçümlerde bu kağıtların ortasındaki filtre kâğıdına ait ölçümler esas

alınmıştır. Ozmotik emmeyi ölçmek için numunenin üst parçasının üzerine plastik platform ve platformun üzerine filtre kâğıdı yerleştirilmiştir (Şekil 2). Numuneler kapalı bir kaptaki muhafaza edilerek, filtre kağıtları belirli aralıklarla tartılmış ve emme basıncı değerleri dengeye ulaştığında deneyler sonlandırılmıştır.



Şekil 2. Ölçüm için hazırlanan deney numuneleri

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, karbon fiber katkılı kum-bentonit karışımlarının matrik ve ozmotik emme basınç değerleri oda sıcaklığı altında ölçülerek belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan optimum su içeriği %14.1 ve maksimum kuru birim hacim ağırlık  $17.3 \text{ kN/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu veri seti 20B-80S karışımları için Standard Proctor deneyinden elde edilmiştir (ASTM:D698-12).

Emme basıncının belirlenmesi amacı ile filtre kâğıdı yönteminden yararlanılmış olup, deney başlangıcında filtre kağıdının kuru halde ağırlığı 0.074 g olarak tartılmıştır. Deney sonuçları karbon fiber katkısı ile emme basıncının arttığını göstermiştir. %2 karbon fiber katkısının %1 karbon fiber katkısına göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Tablo 2. Karışımların emme basıncı değerleri

Zaman (gün)	Emme basıncı (MPa)					
	20B-80S		%1 CF		%2 CF	
	Ozmotik	Matrik	Ozmotik	Matrik	Ozmotik	Matrik
0	0.092	0.107	0.105	0.112	0.113	0.119
1	0.087	0.086	0.089	0.088	0.102	0.109
3	0.082	0.082	0.083	0.087	0.078	0.089

Katkısız numunelerde zamana bağlı ozmotik ve matrik emme basıncı değerleri incelendiğinde, zamanla her iki emme basıncı değerlerinin azaldığı bulgulanmıştır. Karbon fiber katkısının bu azalış miktarını azalttığı görülmüştür. Bu etkinin matrik emme basıncı değerlerinde daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Lambe, T. W., & Whitman. R. V. (1969). "Soil mechanics", New York: John Wiley & Sons.
- McGowan, M. (1981). "Applied Soil Physics", By R. J. Hanks and G. L. Ashcroft. Berlin: Springer-Verlag (1980), pp. 159, £10.10. Experimental Agriculture, 17(4), 431–431. doi:10.1017/S0014479700011911
- Tong, Y., Tian, X., Zhu, C. J., Zeng, Y., Niu, W. Y., & Wang, Q. (2015). "Experiments and analysis on mechanical strength of carbon fiber reinforced concrete", Bulletin of The Chinese Ceramic Society, 34(8), 2281-2285.
- Batuge, Y., Alpaydin, S. G., & Yükselen-Aksoy, Y. (2023, November). "An Investigation of the Soil-Water Characteristic Curves of Bentonite with Different Additives", 9th Geotechnical Symposium 22-24th November, Istanbul. <https://doi.org/10.5505/2023geoteknik.SS-36>.
- ASTMD:5298-16 (2012). "Standard Test Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper". ASTM Int. <https://doi.org/10.1520/D5298-16>
- ASTM:D698-12 (2012). "Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort". ASTM Int. <https://doi.org/10.1520/D0698-12.1.4>