

Akasya Zamkı (Arabik Gam) ile İyileştirilen Nehir Kumunu ve Geri Dönüştürülmüş Kumun Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması

Ufuk TUNÇ¹, Baki BAĞRIAÇIK^{*1}, Abdulazim YILDIZ¹

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 20.05.2021

Kabul tarihi: 30.06.2021

Özet

Günümüzde zemin iyileştirme için kullanılan geleneksel katkıların yerine, atık ve doğaya zarar vermeyen alternatif malzemelerin kullanılabilirliği çalışmacıların ilgisini çekmiştir. Bu çalışmada kum zeminlerin geleneksel katılara alternatif bir katkı olan Akasya zımkı (Arabik Gam-AG) biyopolimerinin zemin iyileştirmede kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneylerde geri dönüştürülmüş kum (GDK) ve nehir kumu (NK) kullanılmıştır. Bu bağlamda, kum zemin numunelerine ağırlıkça %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 olarak ıslak karışım yapılarak 1, 7, 14 ve 21 günlük kür süreleri için bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kür süresi arttıkça standart basınç dayanımlarında kayda değer bir artış ve zeminin permeabilitesinin ise kayda değer oranda düşerek zeminlerin geçirimsiz hale geldiği gözlenmiştir. Bu çalışma ile inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen GDK'nin NK yerine kullanılacak alternatif bir inşaat malzemesi olarak kullanılabilirliği anlaşıldı. Ayrıca AG'nin bu tür zeminlerin mühendislik özelliklerinin çevreye zarar vermeden iyileştirilebileceği de belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirme, Akasya zımkı, Geri dönüştürülmüş kum, Standart basınç deneyi, Geçirgenlik

Investigation of Engineering Properties of River Sand and Recycled Sand Improved with Acacia Gum (Arabic Gum)

Abstract

Today, instead of the traditional additives used for soil improvement, the use of alternative materials that do not harm nature and waste has attracted the attention of researchers. In this study, the usability of Arabic gum (AG) biopolymer, which is an alternative additive to the traditional additives of sandy soils in soil improvement, was investigated. Recycled sand (GDK) and river sand (NK) were used in the experiments. In this context, a series of experiments were carried out for different curing times (1, 7, 14, and 21 days) by adding different amounts of AG (2.5%, 5.0%, 7.5%, and 10.0%) to the samples. As a result, it was observed that as the curing time increased, the standard compressive strength increased significantly, and the permeability of the soil decreased significantly. With this study, it was determined that recycled sand could be used as an alternative construction material to river sand. In addition, AG was found to be an environmentally friendly additive that could be used to improve the engineering properties of both soils.

Keywords: Soil improvement, Acacia gum, Recycled sand, Standard compressive strength, Permeability

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Baki BAĞRIAÇIK, bakibagriacik@gmail.com

1. GİRİŞ

Yapıların inşa edileceği zeminler her zaman istenilen mühendislik özelliklerine sahip olmayabilir. Mühendislik özellikleri bakımından yeterli kriterleri sağlamayan zeminler ya uygun bir zemin ile değiştirilir ya da uygun görülen iyileştirme yöntemi ile iyileştirilir.

Literatürde, genellikle zemin iyileştirmede eski yıllardan beri, kireç, uçucu kül ve çimento gibi geleneksel katkıları kullanılmaktadır. Bu katkıları kullanıldığında, zeminin mühendislik özelliklerinde iyileşmeler sağlanmaktadır. Ancak bu katkıların bazı olumsuz yanları da vardır. Bu katkıların üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Bu yüzden bu katkıları alternatif çevreci malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Zemin iyileştirme inşaat mühendisliğinin en eski uygulamalarından biri olmasına rağmen, yine de teknolojik gelişmelere bağlı olarak son yıllarda git gide önem kazanmaktadır [2]. Bu teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanılan malzeme çeşitliliği de sürekli artmaktadır. Son dönemlerde atık malzemelere ve çevre dostu ürünlere karşı ilgi artmaktadır. Bu atık malzemelere kentsel dönüşüm kapsamında yıkılan binalardan dolayı yüksek oranlarda ortaya çıkan inşaat ve yıkım atıkları da girmektedir. Bu atıklar, depolama alanlarında yer kaplamakla kalmamakla birlikte, aynı zamanda çevresel bozulmaya ve hoş olmayan manzaralara da yol açmaktadır. Bu atığın bertaraf edilmesi yukarıda bahsedilen durumlar açısından önem arz etmektedir [3]. Bu atığın yeniden değerlendirilmesi ile hem depolama alanlarındaki atıklar bertaraf edilmekte hem de ekonomiye fayda sağlanmaktadır. Kianimehr ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada, killi zeminlerin kesme/basınç dayanımlarını ve deformasyon özelliklerini iyileştirmek için geri dönüştürülmüş agregaların kullanımının uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Geri dönüştürülmüş kumun, zemine karıştırılmasının özellikle yol kaplamalarının alt temel zemini için, dayanımın daha fazla olması ve daha az deformasyon göstermesinden dolayı bu malzemenin kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir [4]. Choi ve

arkadaşları (2020) çimento esaslı malzemelerin üretimi boyunca karbondioksit ve nitrojen oksit yaymakta olduğunu ifade etmişlerdir [5]. Bu tür çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüştürülmüş kum ve agrega malzemelerinin zemin iyileştirmede hem tek başına hem de birden fazla bağlayıcı eklenerek zemin iyileştirme olumlu etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır. Son dönemlerde zemin iyileştirmede kullanılan bir diğer katkı malzemesi ise biyopolimerlerdir. Biyopolimer kullanımı çevreci bir katkı olması nedeni ile sıklıkla kullanılmaktadır. Literatürde geleneksel katkıları (çimento, uçucu kül vb.) alternatif olarak biyopolimer kullanımı kullanılabilirliğine işaret eden çalışmalar mevcuttur [6]. Albayrak ve Gencer (2021), kil zeminlerin iyileştirilmesinde keçiyoynuzu biyopolimeri kullanarak, zeminin likit limit değerinin arttığını, kuru birim hacim ağırlıklarının azaldığını, standart basınç dayanımlarının arttığını ve hidrolik iletkenlik değerlerinin iyileştiğini ifade etmişlerdir [7]. Barani ve Barfar (2021) çevre dostu Xanthan gum biyopolimerlerinin zemin iyileştirmede kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak, Xanthan gum biyopolimerinin yüksek su içeriklerinde kırılma dayanımı üzerinde sınırlı etkilere sahip olduğu, suyun buharlaşması ile biyopolimer ile karıştırılmış kilin saf kile göre dayanımın arttığı sonucuna ulaşmışlardır [8]. Shariatmadari ve arkadaşları (2020), Chitosan biyopolimerinin zeminlerin iyileştirmesinde kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla deneyler gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, biyopolimerin çevre dostu bir malzeme olduğunu, ağır metalleri ortadan kaldırmak gibi farklı geoteknik uygulamalarda kullanılabilirliğini, hidrolik iletkenliği azaltmak için ve erozyon kontrolünü sağlamak için kullanıldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca kumlu zeminler için uzun vadede; killi zeminler için ise kısa vadede verimli olduğunu, kumlu zeminler için su geçirgenliğini azaltabileceğini belirtmişlerdir [9]. Ni ve arkadaşları (2020) ve Choi ve arkadaşları (2020) zeminlere farklı oranlarda çevre dostu biyopolimerler karıştırarak yaptıkları deneyler sonrasında, zeminlerin mukavemet ve geçirgenlik özelliklerinin iyileştirilebileceğini göstermişlerdir [10]. Lemboye ve arkadaşları (2020) ve Kahiyah

(2020) Akasya zıncı (Arabik gam) biyopolimeri kullanarak yapmış oldukları deneyler neticesinde, bu biyopolimerin zeminlerin dayanım parametrelerini artırdığını, zeminlerin geçirgenlik özelliklerini iyileştirdiğini ve erozyon direncini önlediğini belirtmişlerdir [11,12].

Literatüre bakıldığında, inşaat yıkıntı atıkları ve biyopolimerlerinin zemin iyileştirmede ayrı ayrı kullanılmasına yönelik çalışmaların bulunduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmalardan, inşaat yıkıntı atıkları ve biyopolimerlerin zemin iyileştirmede kullanımı ile zeminlerin mukavemet ve geçirgenlik özelliklerinin iyileştirildiği anlaşılmıştır. Bunlara ilave olarak, inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen kum ve agrega malzemelerinin farklı bağlayıcılarla kullanılmasının da önerildiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, inşaat sektöründe kullanılan nehir kumuna alternatif bir malzeme olarak inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüştürülmüş kumun kullanılabilirliğinin araştırılması planlandı. Buna ilave olarak, her iki kum zeminin Akasya zıncı (Arabik Gam) biyopolimeri ile iyileştirilmesi sonrasında mukavemet ve geçirgenlik özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

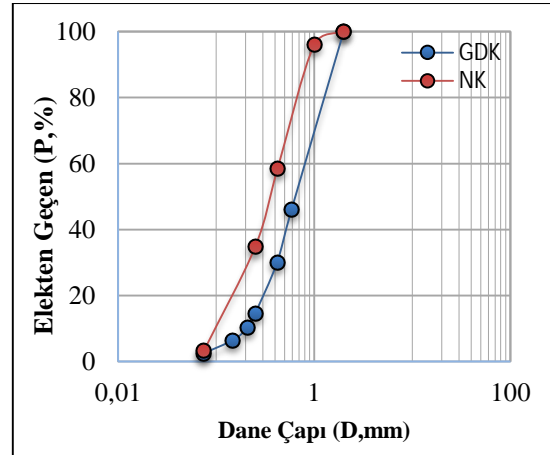
2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan iki farklı kum numunesi Adana ilinden elde edilmiştir. Bu kum numunelerinin birisi inşaat yıkıntı atığından elde edilen geri dönüştürülmüş kum (GDK) diğeri ise nehir kumudur (NK). Her iki numunenin dane boyutları No10 ve No200 elekleri (2 mm ve 0,075 mm) arasında olacak şekilde eleklerden elenip hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan zemin numuneleri öncelikle elek analizi yapılarak dane çapı dağılım eğrileri elde edilmiştir. Dane çapı dağılım eğrileri yardımı ile malzemenin endeks özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen endeks özellikleri, Çizelge 1’de sunulmuştur. Bu endeks özelliklerine bağlı olarak kullanılan zeminler, Birleşik Zemin Sınıflama Sistemine (USCS) göre kötü derecelenmiş kum (SP) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Parametreler ve açıklamalar

Parametre	Açıklama
D ₁₀	%10 geçen karşılık gelen çap, mm
D ₃₀	%30 geçen karşılık gelen çap, mm
D ₆₀	%60 geçen karşılık gelen çap, mm
C _u	Üniformluluk katsayısı
C _c	Eğrilik katsayısı
SP	Zemin sınıfı
(γ_k) _{mak}	Mak. kuru birim hacim ağırlık, kN/m ³
(γ_k) _{min}	Min. kuru birim hacim ağırlık, kN/m ³
γ_s	Özgül ağırlık

GDK ve NK için yapılan deneyler neticesinde elde edilen gradasyon eğrileri Şekil 1’de, endeks parametreleri Çizelge 2 ve Çizelge 3’te sunulmuştur.



Şekil 1. Dane çapı dağılım eğrileri

Çizelge 2. Geri dönüştürülmüş kum endeks özellikleri

Parametre	Veriler
D ₁₀	0,2
D ₃₀	0,4
D ₆₀	0,8
C _u	4,00
C _c	1,00
SP	Kötü derecelenmiş kum
(γ_k) _{mak}	17,2
(γ_k) _{min}	15,2
γ_s	26,7

Çizelge 3. Nehir kumu endeks özellikleri [13,14]

Parametre	Veriler
D ₁₀	0,18
D ₃₀	0,30
D ₆₀	0,50
C _u	2,78
C _c	1,00
SP	Kötü derecelenmiş kum
(γ_k) _{mak}	17,06
(γ_k) _{min}	15,03
γ_s	26,8

Akasya zamkı olarak bilinen ayrıca arap zamkı olarak da adlandırılan Arabik gam bu çalışmada bağlayıcı biyopolimer olarak kullanılmıştır. Bitkilerden elde edilen açık turuncu veya soluk beyaz arabik gam parçaları, suda çözünme özelliğine sahip ve bu bitkilerin coğrafi dağılımı Afrika'nın batısından Hint yarımadasına kadar değişen bir bölgededir. Arabik gam, bitkilerden kurutulmuş yarı saydam kütleler olarak hasat edilmekte, yabancı maddelerden arındırılarak öğütüldükten sonra kullanıma hazır hale gelmektedir. Arabik gam adını, kendisini Avrupa'ya tanıtan Arap tüccarlardan almıştır. Stabilize edici, koyulaştırıcı ve bağlayıcı özellikleri nedeniyle, dondurmalar, jöleler, şekerler, alkolsüz içecekler, içecekler, şuruplar ve sakızlar gibi çeşitli gıda içeriklerinde de yer almaktadır. İçeriğinde, genellikle bulunan mineraller Ca, Na, K, P ve Pb, Co, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Mn'dir [15]. Bu çalışmada kullanılan AG biyopolimeri, Kimbiotek firmasından temin edilmiştir. Bu biyopolimerin görüntüsü Şekil 2 ve özellikleri ise Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. Akasya zamkı (Arabik gam) kimyasal ve fiziksel özellikler

Özellikler	Veriler
pH	4,7
Renk	Sarımsı beyaz toz
Nem	%9,4
Toplam kül	%3,3
Toplam ağır metal	<5 ppm
Kurşun	<1 ppm
Arsenik	<3 ppm
Cıva	<1 ppm
Katmanyum	<1 ppm



Şekil 2. Akasya zamkı (Arabik Gam) biyopolimeri

2.2. Metot

Çalışmada kullanılan kum numunelerinin endeks özelliklerinin belirlenmesi için elek analizi, piknometre (özgül ağırlık) ve rölatif sıklık deneyleri TS 1900-1'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için standart basınç ve permeabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir. Zemin numunesine ağırlıkça %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 biyopolimer eklenerek karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım, kalıplara sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Kalıplardan çıkarılan numuneler kürlenme için desikatörlerde bekletilmiştir. Kür süreleri 1, 7, 14 ve 21 gün şeklindedir. Kür sürelerinin sonunda standart basınç dayanımlarının tayini için standart basınç testleri gerçekleştirilmiştir.

GDK ve NK için standart basınç dayanımlarından elde edilen optimum biyopolimer oranı için, 1, 7, 14 ve 21 günlük kür sürelerinin sonunda permeabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Karışım Yöntemi ile Biyopolimerin Aktifleştirilmesi

AG biyopolimeri zemin numunesine ağırlıkça %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 karıştırılmadan önce, ağırlıkça belirlenen biyopolimerler ıslak karışım yöntemi ile sabit devirli karıştırıcı ile üç dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırıcının görüntüsüne Şekil 3'te yer verilmiştir.



Şekil 3. Sabit devirli karıştırıcı

2.2.2. Biyopolimerin Kum Zemin Numuneleri ile Karıştırılması ve Kalıplara Yerleştirilmesi

Aktifleştirilen biyopolimer, her iki kum içinde belirlenen kütle ve numune sayısına göre numune hazırlanmıştır. Karıştırma kabı içerisinde el ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra standart basınç testi için yapılacak numuneler plastik borulardan yapılan boyutları; çapı 45 mm, yüksekliği 90 mm olan kalıplara 3 tabaka halinde her tabaka için 25 vuruş olacak şekilde sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Numuneler rölatif sıklık deneyinden elde edilen maksimum birim hacim ağırlık değerine eş değer yoğunlukta hazırlanmıştır. Şekil 4'te numune hazırlama, kalıplara yerleştirme işlemleri yer almaktadır.



Şekil 4. Numune karıştırma işlemi ve standart basınç deney numuneleri hazırlanması

2.2.3. Kütleme İşlemi

Akasya zıncı ilavesi yapılan zeminlerde, küre süresinin etkisinin belirlenebilmesi için 1, 7, 14 ve 21 gün olmak üzere 4 farklı küre süresi için sabit nem ve sabit sıcaklıkta tutulan desikatörde bekletilmiştir.

2.2.4. Standart Basınç Deneyleri

4 farklı (%2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0) biyopolimer oranı, 4 farklı küre süresi (1, 7, 14 ve 21 gün), 2 farklı zemin numunesi için toplamda her bir deney 3'er tekrarlı yapıldığı için 96 adet numune oluşturulmuştur. Zemin numunelerinin, standart basınç mukavemeti, kırılma anında ki en yüksek yük değerinin numune en kesit alanına bölünmesi ile elde edilmiştir. Deneyler, TS EN 12390-3 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.5. Permeabilite Deneyleri

Zemin numunelerinin geçirimsizliğini belirlemek için bir dizi sabit seviyeli permeabilite deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deney yöntemi taneli zeminlerin (kum ve çakıl türü) geçirimsizliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Deneydeki numuneler, AG biyopolimeri ile karıştırılmış hem GDK hem de NK için elde edilen maksimum standart basınç dayanımına karşılık gelen biyopolimer oranı için hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar 1, 7, 14 ve 21 günün sonunda deneye tabi tutularak zemin geçirimsizlikleri elde edilmiştir. Deney düzeninde zemin numunesi üzerindeki hidrolik yük sabit tutularak, belirli bir zaman süresi içinde zeminden geçen su miktarı ölçülmektedir. Deney düzeneği Şekil 5'te, hesaplamalarda kullanılan formüller ise Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de gösterilmiştir [16].

$$Q = A.v.t = A.k.i.t \quad (1)$$

$$k = (Q.L) / (\Delta h.A.t) \quad (2)$$

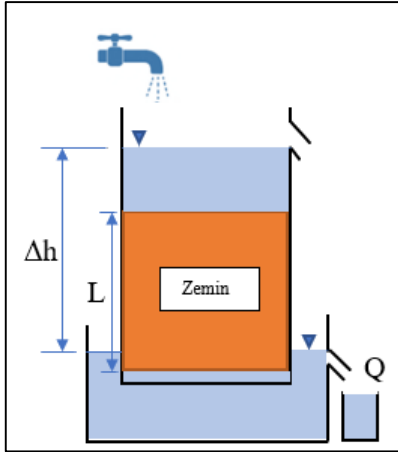
Q : Zeminden geçen su miktarı

T : Belirli zaman süresi

Δh : Hidrolik yük

L : Numune boyu

A : Numune kesit alanı

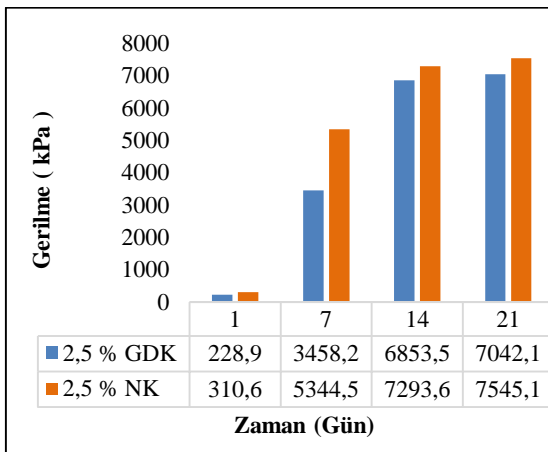


Şekil 5. Sabit seviyeli geçirimsizlik düzeneği

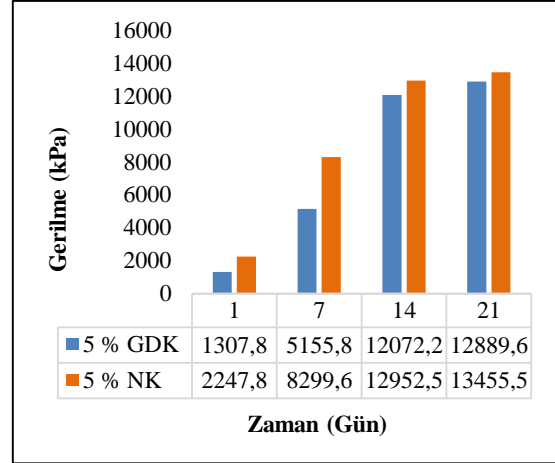
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AG ile İyileştirilen Zeminlerin Standart Basınç Dayanımları

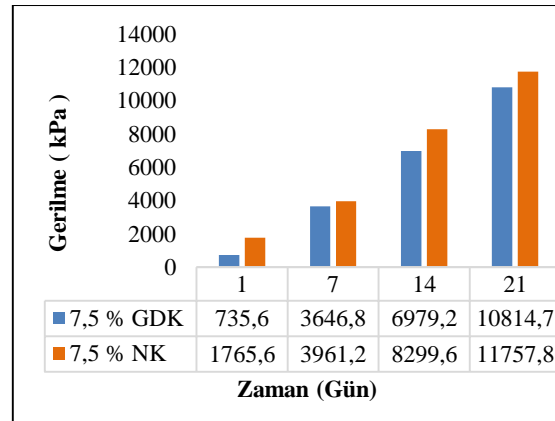
Zemin numunelerine (GDK ve NK), ağırlıkça %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 AG biyopolimeri karışımları için, 1, 7, 14 ve 21 günün sonundaki standart basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ağırlıkça %2,5 AG, %5,0 AG, %7,5, %10,0 ve tüm karışım oranlarının toplu olarak karşılaştırıldığı standart basınç deney sonuçları sırasıyla Şekil 6-10'da sunulmuştur.



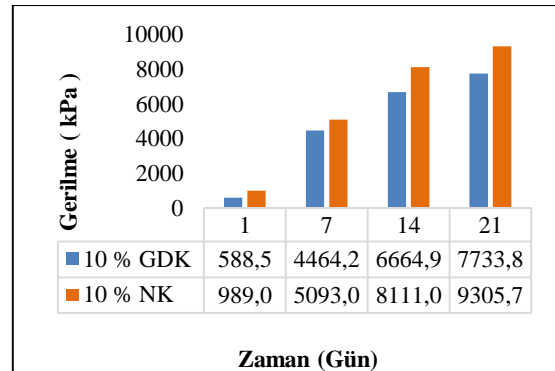
Şekil 6. %2,5 AG ile iyileştirilen zeminlerin standart basınç dayanımları



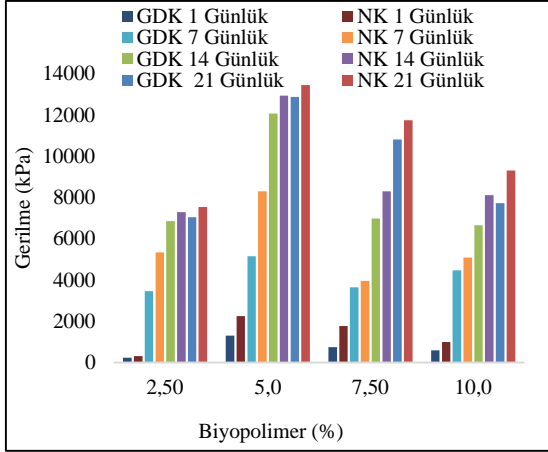
Şekil 7. %5,0 AG ile iyileştirilen zeminlerin standart basınç dayanımları



Şekil 8. %7,5 AG ile iyileştirilen zeminlerin standart basınç dayanımları



Şekil 9. %10,0 AG ile iyileştirilen zeminlerin standart basınç dayanımları



Şekil 10. Tüm karışım oranları için Standart basınç test sonuçları

GDK'ya %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 AG ilave edildiğinde, 7, 14 ve 21. günlerin sonlarında basınç dayanımlarında sırasıyla 15,11, 29,94, 30,76; 3,94, 9,23, 9,86; 4,96, 9,49. 14,70 ve 7,59, 11,33, 13,14 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Aynı şekilde, NK'ya %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 AG ilave edildiğinde ise, 7, 14 ve 21. günlerin sonlarında basınç dayanımlarında sırasıyla 17,21, 23,48, 24,29; 3,69, 5,76, 5,99; 2,24, 4,70, 6,66 ve 5,15, 8,20, 9,41 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. NK ve GDK'ya, %2,5, %5,0, %7,5 ve %10,0 AG ilave edildiğinde 1, 7, 14 ve 21. günler için, sırasıyla NK'da 1,36, 1,55, 1,06, 1,07; 1,72, 1,61, 1,07, 1,04; 2,40, 1,09, 1,19, 1,09 ve 1,68, 1,14, 1,22, 1,20 oranlarında fazladan basınç dayanımlarında artışlar meydana gelmiştir. Buradan tüm günler ve tüm oranlar için, AG ile iyileştirilen NK'nın basınç dayanım değerlerinin GDK'dan daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Ancak, GDK'nın AG ilavesi ile yapılan iyileşme sonrasında, basınç dayanım artış oranının ise NK'dan daha iyi olduğu gözlenmiştir. GDK ile hazırlanan numunelerin NK'ya göre daha düşük dayanıma sahip olmasının sebebinin ise, GDK'nın inşaat yıkıntı atıklarından elde edilirken deforme olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. GDK ve NK için en yüksek basınç dayanımına 21. günün sonunda ve %5 AG ilavesinde ulaşılmıştır. Bu nedenle, optimum AG oranı hem GDK hem de AG için %5 olarak belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonrasında,

numunelerin kırılma şekillerinin, literatürdeki çalışmalarla uyumlu ve diyagonal çatlaklar şeklinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 11).



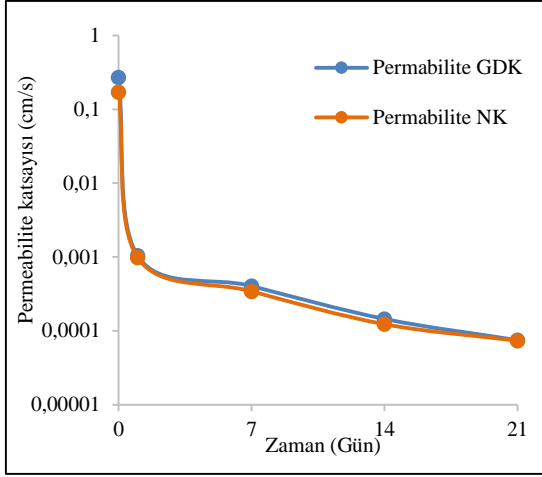
Şekil 11. Standart basınç testi kırılma şekilleri

3.2. AG ile İyileştirilen Zeminlerin Permeabilite Değerleri

Optimum AG oranından hazırlanan GDK ve NK üzerinden bir seri permeabilite deneyi yapılmıştır. Yapılan permeabilite deney sonuçları Çizelge 5 ve Şekil 12'de sunulmuştur. Yüzdesi olarak ifade edilen bu durum için ve aynı kür sürelerinde permeabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir. GDK ve NK zeminlerine AG biyopolimeri eklenmeden önce, permeabilite değerleri sırasıyla, $2,69 \times 10^{-1}$ cm/sn ve $1,70 \times 10^{-1}$ cm/sn olarak belirlenmiştir. AG biyopolimeri GDK ve NK'ya eklendiğinde, tüm zamanlar için permeabilite değerlerinde kayda değer düşüşle gözlenmiştir. AG biyopolimerinin, zeminlerin daneler arasındaki boşlukları doldurarak geçirimsizliği azalttığı anlaşılmıştır. Bu yüzden, AG biyopolimeri kullanılarak, GDK ve NK'nın geçirimsiz hale getirilebileceği anlaşılmıştır.

Çizelge 5. Permeabilite (k) deney sonuçları

Zaman (Gün)	NK k (cm/sn)	GDK k (cm/sn)
1	$9,81 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-3}$
7	$3,43 \times 10^{-4}$	$4,04 \times 10^{-4}$
14	$1,23 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$
21	$7,35 \times 10^{-5}$	$7,47 \times 10^{-5}$



Şekil 12. Optimum biyopolimer karışımının zamana göre permeabilite katsayısının karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, akasya zamkı (Arabik gam-AG) biyopolimeri ile iyileştirilen nehir kumu (NK) ve geri dönüştürülmüş kumun (GDK) standart basınç dayanımları ve permeabilite özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

AG biyopolimeri ile iyileştirilen GDK ve NK için kür süresine bağlı olarak standart basınç dayanımlarının kayda değer oranlarda arttığı gözlenmiştir. Ancak, NK'nın basınç dayanımlarının tüm karışım oranları ve tüm kür sürelerinde GDK'dan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebinin GDK'nın inşaat yıkıntı atıklarından elde edilmesi sebebi ile danelerinin deforme olduğundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

NK'nın basınç dayanımlarının GDK'dan her AG oranı ve her kür süresinde yüksek olmasına rağmen, standart basınç dayanım artış oranının ise sırasıyla 30,76 ve 24,29 kata kadar artış göstererek, GDK'da daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Permeabilite deney sonuçları, AG biyopolimerinin, GDK ve NK'nın geçirimsiz bir katman oluşturmak için kullanılabileceğini göstermiştir.

AG'nin ile su karışması ile hidrasyona bağlı olarak jelimsi bir yapı şeklinde oluşan hidrojel, GDK ve NK'nın danelerinin arasında bir bağlayıcılık göstermektedir. Oluşan bu bağlayıcılık, zamana bağlı olarak karışımdaki suyun azalmasıyla da daha da güçlü bir hale dönüşmektedir. Bu hidrojellerin oluşturduğu bağlayıcılık sayesinde de GDK ve NK'nın hem dayanım özellikleri hem de permeabilite özellikleri kayda değer bir şekilde iyileşmiştir.

Bu çalışma ile, NK'ya alternatif olarak bir malzeme olarak inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen GDK'nın kullanılabileceği ve AG biyopolimerinin, her iki zeminin de mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince, FYL-2021-13696 nolu proje numarası kapsamında desteklenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Jang, J., 2020. A Review Of The Application of Biopolymers on Geotechnical Engineering and The Strengthening Mechanisms Between Typical Biopolymers and Soils, *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol:2020, 16.
2. Selçukhan, O., Ekin, A., 2021. Zemin İyileştirme Yöntemleri ve Yaygın Kullanımına Bağlı Değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23, 481-496.
3. Esfahani, M.A., 2018. Evaluating The Feasibility, Usability and Strength of Recycled Construction and Demolition Waste in Base and Subbase Courses, *Road Materials and Pavement Design*.
4. Kianimehr, M., Shourijeh, P.-T., Binesh, S.-M., Mohammadnia, A., Arulrajah, A., 2019. Utilization of Recycled Concrete Aggregates for Light-Stabilization of Clay Soils, *Construction and Building Materials*, Vol:227.

5. Choi, S.G., Chang, I., Lee, M., Lee, J.H., Han, J.T., Kwon, T.H., 2020. Review on Geotechnical Engineering Properties of Sands Treated by Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation (MICP) and Biopolymers, *Construction and Building Materials*, 246, 118415.
6. Keçecioglu, M., 2016. Kum Zeminlerin Biyopolimer ile İyileştirilmesi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 64.
7. Albayrak-Kurt, Z.N., Gencer, G., 2021. The Usability of Clay/Pumice Mixtures Modified with Biopolymer as an Impermeable Liner, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(1), 28-36.
8. Barani, R.O., Barfar, P., 2021. Effect of Xanthan Gum Biopolymer on Fracture Properties of Clay, *Journal Materials Civil Engineering*, 33(1), 04020426.
9. Shariatmadari, N., Reza, M., Tasuji, A., Ghadir, P., Javadi, A.A., 2020. Experimental Study on Effect of Chitosan Biopolymer on Sandy Soil Stabilization, *Web of Conferences*, 195, 06007.
10. Ni, J., Li, S.S., Ma, L., Geng, X.Y., 2020. Performance of Soils Enhanced with Eco-friendly Biopolymers in Unconfined Compression Strength Tests and Fatigue Loading Tests, *Construction and Building Materials*, 263, 120039.
11. Lemboye, K., Almajed, A., Alnuaim, A., Arab, M., Alshibli, K., 2020. Improving Sand Wind Erosion Resistance Using Renewable Agriculturally Derived Biopolymers, *Aeolian Research*, 49(2021), 100663.
12. Kahiyah, M.T.M.A., 2020. Investigation of Engineering Properties of Clayey Soils Improved with Biopolymers, MSc Thesis, Cukurova University, Adana.
13. Bağrıçık, B., Laman, M., 2011. Donatısız ve Donatılı Kumlu Zeminlere Oturan Dairesel Temeller Altında Gerilmelerin Değişimi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(4), 787-800.
14. Bağrıçık, B., Yigittekin, E., Uslu, F.M., Dincer, S., 2018. Improvement of Engineering Properties of Sandy Soils by Bacillus Simplex, 4th. International Conference on Environmental Science and Technology, Kiev, Ukraine.
15. Patel, S., Goyal, A., 2015. Applications of Natural Polymer Gum Arabic: A Review, *International Journal of Food Properties*, 18(5), 986-998.
16. Özaydın, K., 2006. Zemin Mekaniği. Birsen Yayınevi, İstanbul.
17. Uzuner, B. A., 2016. Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon.
18. TS 1500, 2000: İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
19. TS 1900-1, 2006: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
20. TS 1900-2, 2006: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
21. TS EN 12390-3, 2003: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

