

Arabik Gam Katkılı Doğal Kil Zeminin Konsolidasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ufuk TUNÇ^{*1} ORCID 0000-0002-9986-9456
Baki BAĞRIÇIK² ORCID 0000-0002-1860-2881
Hayri ASLAN² ORCID 0000-0003-2932-3287
Gökhan ALTAY³ ORCID 0000-0002-1174-545X
Ahmet ŞENOL⁴ ORCID 0000-0002-9104-0424

¹Kayseri Üniversitesi, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Meslek Yüksekokulu, Yapı Denetimi Programı, Kayseri

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

³Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Osmaniye

⁴Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas

Geliş tarihi: 28.03.2022 Kabul tarihi: 23.09.2022

Atıf şekli/ How to cite: TUNÇ, U., BAĞRIÇIK, B., ALTAY, G., ŞENOL, A., ASLAN, H., (2022). Arabik Gam Katkılı Doğal Kil Zeminin Konsolidasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 731-739.

Öz

Zeminleri iyileştirmek için yaygın olarak kullanılan katkıların yerine, doğaya zarar vermeyen alternatif malzemelerin kullanılabilirliği araştırma konusu olmuştur. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan bu katkılara bir alternatif olan Arabik Gam (AG) biyopolimerinin doğal kil zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Doğal kil zemin ve AG biyopolimerinin ilave edildiği doğal kil zeminin zamana bağlı oturma davranışı incelenmiştir. Bu bağlamda, doğal kil zemin numunesine ağırlıkça %1, %2, ve %3 olarak ıslak karışım yapılarak 1, 7, 14 ve 21 günlük kür süreleri için konsolidasyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Konsolidasyon deneyi sonucunda, doğal kil zeminin ve doğal kil zemine AG biyopolimeri ilave edilerek hazırlanan numunelerin konsolidasyon deney verileri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile AG biyopolimerinin doğal kil zeminin oturma davranışını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca AG'nin doğal bir malzeme olmasından dolayı bu tür zeminlerin mühendislik özelliklerinin çevreye zarar vermeden iyileştirilebileceği de belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirme, Arabik gam, Konsolidasyon, Biyopolimer

Evaluation of Consolidation Results of Arabic Gum Added Natural Clay Soil

Abstract

The availability of alternative materials that do not harm the nature, instead of the additives that are widely used to improve soils, has been the subject of research. In this study, the usability of the biopolymer (Arabic Gum-AG), which is an alternative to the commonly used additives of natural clay soil, in soil improvement was investigated. Time dependent settlement behavior of natural clay soil with

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Ufuk TUNÇ, ufuktunc@kayseri.edu.tr

and without AG biopolymer was investigated. In this context, the consolidation test was carried out for 1, 7, 14 and 21 days curing periods by making wet mixture of 1%, 2%, and 3% by weight of the natural clay soil sample. As a result of the consolidation test, the consolidation test data of the natural clay soil and the samples prepared by adding AG biopolymer to the natural clay soil were compared. With this study, it was concluded that AG biopolymer positively affects the settlement behavior of natural clay soil. In addition, since AG is a natural material, it has been determined that the engineering properties of such soils can be improved without causing any damage to the environment.

Keywords: Soil improvement, Arabic gum, Consolidation, Biopolymer

1. GİRİŞ

Gelişen dünyada artan nüfus ile beraber canlıların ihtiyaçları için oluşturulan yapılar artmaktadır. Mühendislik bakımından yapıların inşa edileceği zeminlerde, yumuşak ve gevşek durum olarak ifade edilen zeminlerin taşıma gücü ve deformasyon problemleri ile karşılaşılması bilinmektedir. Genellikle gevşek durumda olan kumların taşıma gücünü arttırmak ve sıvılaşma potansiyelini azaltmak; yumuşak zeminlerin taşıma gücünü arttırmak ve oturmasını belirli bir yerde sınırlandırmak için zemin iyileştirme yöntemlerine başvurulmaktadır [1].

Günümüzde zemin iyileştirme geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır fakat son zamanlarda artan çevre duyarlılığı ve sürdürülebilir malzemelerin kullanılması zemin iyileştirmede alternatif malzemelerin kullanımını mümkün hale getirmiştir. Yapıların oturacağı zeminler her zaman istenilen mühendislik parametrelerini sağlayamayabilir. Mühendislik özellikleri bakımından yeterli olmayan zeminler için iyileştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Genellikle zemin iyileştirme için yaygın kullanılan materyaller kireç, uçucu kül, çimento şeklindedir. Bu ilave materyaller kullanıldığında bazı olumsuz yanları da vardır. Bu ilave materyallerin üretim aşamasında ve kullanımı sırasında atmosfere verilen karbondioksit (CO₂) çevresel kirliliğe yol açmaktadır. Bu sebepten dolayı yaygın olarak kullanılan katkıları yerine alternatif olabilecek çevreci malzemelere yönelinmektedir [2].

Literatürde, zemin iyileştirmede biyopolimerinin kullanılması hakkında bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Lee ve arkadaşları (2019), Sri Lanka'da yol inşaatında kullanılan yol stabilizasyon malzemesi için bağlayıcı olarak Xanthan Gum biyopolimeri kullanılarak diğer zemin iyileştirmede kullanılan malzemeler ile karşılaştırılmasını yapmışlardır. 1%, 1,5% ve 2% olarak karıştırılan biyopolimerin 3 ve 28 günlük dayanımlarına bakılmıştır. 28 günlük karışım için serbest basınç dayanımı 0,21 Mpa' dan 4,9 Mpa' a artış gösterdiği sonucunu elde etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çevresel etkisi açısından çeşitli zemin iyileştirme yöntemlerine göre biyopolimerin daha düşük karbondioksit yaydığından sürdürülebilir çevre dostu malzeme olduğu için, biyopolimerlerin kullanılmasının uygun olabileceğini ifade etmişlerdir [3].

Çabalar ve arkadaşları (2018), biyopolimerli düşük plastisiteli killerin geoteknik özellikleri hakkında yaptıkları çalışmada yüksek gerilme mukavemetine sahip zararsız mikrobiyal olarak indüklenmiş Xanthan Gum biyopolimeri kullanmışlardır. Kil zemine ağırlıkça %0, %0,5, %1,0, %1,5, %2,0 ve %3,0 karıştırılarak farklı kür sürelerinde (0, 7, 28 ve 56 gün) biyopolimerin kil zemin üzerinde etkisini belirlemek için serbest basınç deneyi, laboratuvar veyn deneyi, düşen koni, ödometre, permeabilite, şişme ve büzülme testleri gerçekleştirmişlerdir. Test sonuçlarına göre kil numunelerin mukavemeti biyopolimer oranı ve kurlenme süresi arttıkça sürekli arttığı sonucuna varmışlardır. Biyopolimer ile iyileştirilmiş numunelerin kil numuneye göre permeabilitesinin daha düşük olduğu, sıkışma indeksinin ve şişme yüzdesinin daha yüksek olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Biyopolimerlerin zemin iyileştirmede alt temel, dolgu ve derin karıştırma için uygun olabileceğini ifade etmişlerdir [4].

Ayeldeen ve arkadaşları (2017), iki biyopolimer kullanarak göçebilen zeminin mekanik davranışının iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada numunelerin üç ana özelliği (kompaksiyon karakterleri, oturma potansiyelleri ve kayma gerilmeleri) farklı biopolimer oranlarında ve iki farklı kür süresinde (karıştırdıktan hemen sonra ve bir hafta sonra) incelenmiştir. %2 oranında biyopolimer, ıslak karışım yöntemi ile zemine karıştırıldığında zeminlerde kayma yenilmesi potansiyelinin %9 dan %1'e düştüğünü gözlemişlerdir. Biyopolimerlerin, ıslak karışım yöntemi ile hazırlanan numunelerin kuru karışım ile hazırlanan numunelere oranla numunenin oturma kapasitesini 2 ila 3 kat daha fazla azalttığı görülmüştür. Her iki durumda da oturma miktarının gözle görülür oranda azaldığını ifade etmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda Guar gam biyopolimeri zemin kohezyonunu arttırmada ve oturma potansiyelini azaltmada, Xanthan gam biyopolimerinden %20 daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir [5].

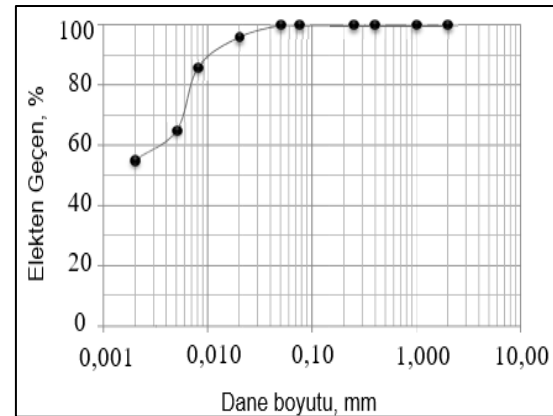
Kahiyah (2020), çalışmasında farklı karışım oranlarına sahip dört çeşit biyopolimeri (Agar Gam, Arabik gam, Guar Gam ve Xanthan Gam), Adana ilinden belirli özelliklere sahip killi zemin numunesine (%1, %2 ve %3) her biyopolimer için ayrı ayrı karıştırarak, biyopolimer katkılı ve katkısız killi zeminin geoteknik özelliklerini araştırmıştır. Serbest basınç mukavemeti için hazırlanan numuneleri, kür süresinin biyopolimer katkı maddeleri üzerindeki etkisini belirlemek için (1, 7, 14 ve 21) gün süreyle kür uygulamıştır. Biyopolimerlerin, maksimum basınç dayanımı elde edilen karışım oranları; Agar Gam için %2, Arabik gam için %3, Guar Gam için %1 ve Xanthan Gam için %2 belirlemiştir. Bu araştırmada kullanılan biyopolimerlerin, killi zeminin mühendislik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini ve çevre dostu malzeme olduğunu ifade etmiştir [6].

Bu çalışma kapsamında, Arabik Gam biyopolimerinin alternatif bir malzeme olarak geleneksel katkıların yerine kullanılabilirliğinin araştırılması planlanmıştır. Doğal kil zeminine farklı oranlarda ilave edilen Arabik Gam biyopolimerinin, kilin zamana bağlı oturma davranışını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kil zemin numunesi Adana sınırları içerisinde elde edilmiştir. Dane dağılım eğrisine Şekil 1'de yer verilmiştir. Doğal kil zemin olarak kaolin kil zemin numunesi kullanılmıştır. Endeks özellikleri TS 1900-1 standartına uygun olarak birim hacim ağırlığı 27 kN/m^3 , maksimum kuru birim hacim ağırlık $17,40 \text{ kN/m}^3$ ve optimum su içeriği %18,10 olarak belirlenmiştir. Doğal kil zemin numunesine ait likit limit %42, plastik limit %24 olarak belirlenmiştir. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre düşük plastisiteli kil (CL) olarak belirlenmiştir. Doğal kil zemin numunesine ait kimyasal içeriği ise Çizelge 1'de yer verilmiştir. Akasya zamkı olarak bilinen ayrıca arap zamkı olarak da adlandırılan Arabik gam toz hali bu çalışmada bağlayıcı biyopolimer olarak kullanılmıştır. Polimer, çok büyük moleküllerden oluşan ve monomer adı verilen daha basit kimyasal birimlerin birleşmesi ile olan makromoleküller olarak adlandırılan doğal veya sentetik maddeler olarak ifade edilmektedir. Polimerler, örneğin proteinler, selüloz ve nükleik asitler dahil olmak üzere canlı organizmalardaki birçok materyali oluşturmaktadır. Ayrıca elmas, kuvars ve feldspat gibi minerallerin ve beton, cam, kâğıt, plastik ve kauçuk gibi insan yapımı malzemelerin temelini oluştururlar.



Şekil 1. Dane çapı dağılım eğrisi [6]

Çizelge 1. Doğal kil zemin kimyasal içeriği [6]

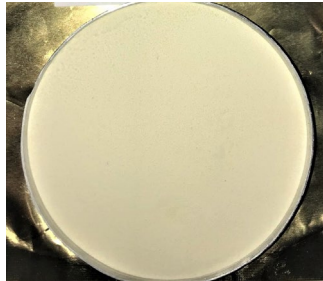
| İçerik | (%) | İçerik | (%) |
|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| MgO | 6,1 | MnO | 3,1 |
| Al ₂ O ₃ | 18,4 | Fe ₂ O ₃ | 8,7 |
| SiO ₂ | 50,6 | Na ₂ O | 2,5 |
| P ₂ O ₅ | 0,65 | TiO ₂ | 1,65 |
| K ₂ O | 3,1 | SO ₂ | - |
| CaO | 3,2 | LL | 3,15 |

Polimerlerin çoğu karbon bileşiklerinden meydana geldiğinden organik madde olarak kabul edilirler.

Polimerler, sağlıktan savunma sanayiye, uzay teknolojilerinden tekstil endüstrisine her alanda geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bir diğer polimer sınıfı ise canlılar (bitki ve hayvanlar) tarafından oluşturulan biyopolimerlerdir [7].

Afrika'dan başlayıp Hint yarımadasına kadar değişen bölgede yetişen akasya türünden elde edilen Arabik gam parçaları suda çözünme özelliğine sahiptir. Akasya zamkı bitkilerden küçük kütleler halinde hasatı yapılmaktadır. İçerisinde yer alan yabancı maddeler ayrıştırılır ve kurutulurak öğütülür hazır hale getirilir. Arabik gam adımı, bu doğal malzemeyi Avrupa'ya ticaretini yapan Arap tüccarlardan almıştır. Stabilize sağlayıcı, koyulaştırıcı ve bağlayıcı özellikleri nedeniyle, gıda sektöründe tercih edilmektedir. Muhteva olarak içeriğinde yer alan mineraller Ca, Na, K, P ve Pb, Co, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Mn'dir [8].

Bu çalışmada tercih edilen biyopolimer malzemenin, toz hali Şekil 2'de granül hali Şekil 3'te ve kimyasal ve fiziksel özellikleri ise Çizelge 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Akasya zamkı (Arabik Gam) toz biyopolimer



Şekil 3. Akasya zamkı (Arabik Gam) biyopolimer granül hali [Anonim]

Çizelge 2. Akasya zamkı (Arabik gam) kimyasal ve fiziksel özellikler [9]

| 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 |
| Katminyum | <1 ppm |

2.2. Metot

Doğal kil zemin ile gerçekleştirilen çalışmada zamana bağlı oturma davranışını incelemek için optimum su içeriğinde hazırlanan karışımların konsolidasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca doğal kil zemin numunesine %1, %2 ve %3 AG biyopolimeri ilave edilerek 1, 7, 14 ve 21 günlük kür sürelerinde zamana bağlı oturma davranışlarını incelemek için konsolidasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kil zemin standart proktor deneyi sonucunda elde edilen optimum su içerikleri ve %1, %2 ve %3 AG biyopolimeri ilave edilerek optimum su muhtevaları, Kahiyah (2020) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır. Deneysel çalışmalar Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir [10].

2.2.1. Islak Karışım Yöntemi ile Biyopolimerin Aktifleştirilmesi

AG biyopolimeri doğal kil zemin numunesine ağırlıkça %1, %2 ve %3 karıştırılmadan önce, ağırlıkça belirlenen biyopolimerler ıslak karışım yöntemi ile sabit devirli karıştırıcı yardımı ile karıştırılmıştır.

2.2.2. Konsolidasyon (Ödometre) Deney Numunelerinin Hazırlanması

Belirli yük altında, zamana bağlı oturma davranışını incelemek için doğal kil zemin numunesinde konsolidasyon ring hücresi içerisinde yapay örselenmemiş numuneler TS 1900-2 standartına uygun olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılacak olan malzemeler Şekil 4'te yer verilmiştir. Konsolidasyon testine tabii tutulacak doğal kil zemin numunesi ve doğal kil zemin numunesine ağırlıkça ıslak karışım yöntemi ile optimum su içeriğinde %1, %2 ve %3 AG eklenerek oluşturulan karışımlar kullanılmıştır. Konsolidasyon hücresine yerleştirilecek ring numune boyutları; numune yüksekliği 19 mm ve genişliği 50 mm şeklindedir.



Şekil 4. Konsolidasyon deney numunelerini hazırlamak için kullanılan malzemeler

Konsolidasyon deneyinde testi gerçekleştirilecek numuneler, standart proktor kabında optimum su muhtevasında sıkıştırılarak hazırlanmıştır. Sıkıştırılmış doğal kil zemin numunesi ve AG ile

iyileştirilen doğal kil zemin numuneleri içerisinde ring çapı ile aynı boyutta tüp, hidrolik bir kriko yardımı ile oluşturulan zemin içerisinde geçirilerek numune alınmıştır (Şekil 5).

2.2.3. Kürleme İşlemi

Tüp içerisine alınan sıkıştırılmış karışımdan ring boyutlarında uygun yerlerden kesimler yapılarak ring içerisine alınmıştır. Ring içerisine yerleştirilen AG karışımı numuneler 1, 7, 14 ve 21 günün sonundaki konsolidasyon testine tabii tutulmak için uygun kür koşullarında bir film ile kaplanarak sabit nem ve sıcaklıkta bekletilmiştir.

2.2.4. Konsolidasyon (Ödometre) Deneyi

Konsolidasyon deneyi yanal şekil değiştirmesi kısıtlanmış olan, suya doygun, örselenmemiş veya sıkıştırılan zemin numunesinin alt ve üst yüzeyinden drenaj sağlanarak, düşey ve eksenel bir basınç altında sıkışma miktarı ve hızının ölçümü ile ilgilidir. Konsolidasyon deney sistemi Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu deney TS 1900-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen konsolidasyon deneyinde yükleme 100, 200, 400 ve 800 kPa olacak şekilde; yükün boşaltılması ise etkiyen son yükleme basıncının dörtte biri 200 kPa olacak şekilde uygulanmıştır. Konsolidasyon deneyinin verileri ile oturma-zaman eğrileri ve boşluk oranı- logaritmik eksenle yük eğrileri elde edilmiştir.



Şekil 5. Konsolidasyon deney sistemleri

Hesaplamalarda kullanılacak olan deney sonu muhtevası için, konsolidasyon deneyinden çıkarılan ring içerisinde yer alan numune tartıldıktan sonra 24 saat etüvde bekletilerek deney sonu su muhtevası belirlenmiştir. Terzaghi (1923) bir boyutlu konsolidasyon teorisinde yapılan kabuller ile (eşitlik 1, 2 ve 3) bazı hesaplamalar yapılmıştır. Deney sonu su muhtevası kullanılarak deney sonu boşluk oranı hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$e_{son} = w_{son} G_s \quad (1)$$

Herhangi iki durum arasında; boşluk oranı ve boşluk oranı farkı ile yükseklik ve yükseklik farkı arasında ilişki Eşitlik 2’de yer verilmiştir.

$$\frac{\Delta e}{1+e} = \frac{\Delta H}{H} \quad (2)$$

Yukarıda yer alan bağıntı ile deney sonu boşluk oranına bağlı herhangi bir adımın sonundaki boşluk oranı bulunabilir (Eşitlik 3).

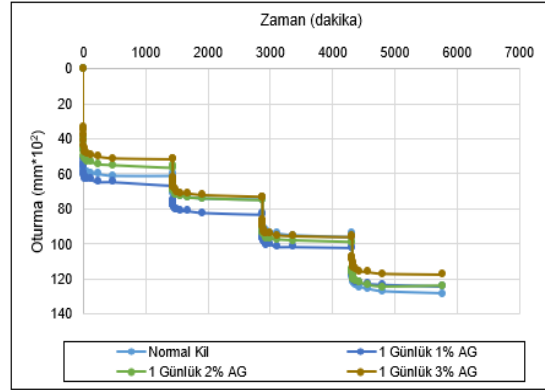
$$\Delta e = \frac{1+e_{son}}{H_{son}} \Delta H \quad (2)$$

Hesaplamalar sondan başa doğru yapılarak, her bir adım için boşluk oranı farkı kullanılarak boşluk oranları belirlenmiştir [11-15].

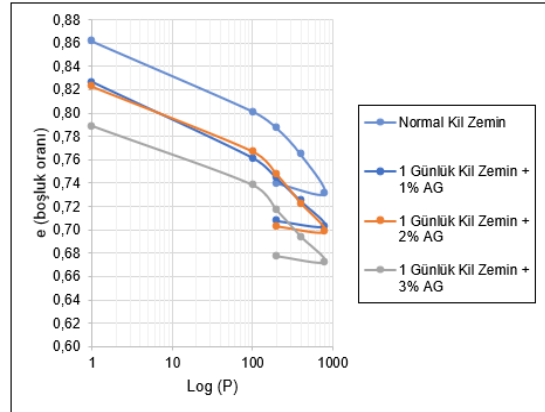
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AG ile İyileştirilen Zeminlerin Konsolidasyon Deney Sonuçları

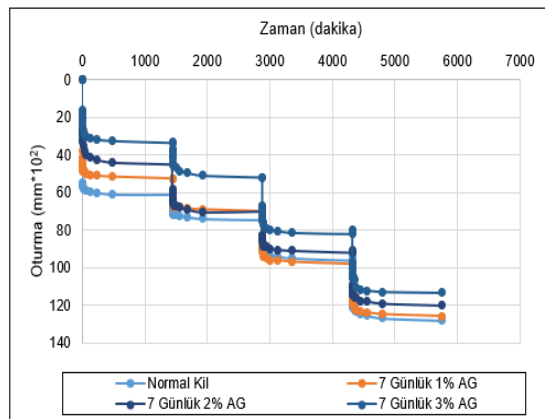
Bu bölümde doğal kil zemin ve doğal kil zemine AG ilave edilerek iyileştirilen zemin numunelerinden elde edilen örneklerle yapılan konsolidasyon deney sonuçlarına yer verilmiştir. Kür süresine göre boşluk oranı değişimleri ve zamana bağlı oturma davranışları farklı grafiklerde gösterilmiştir. Doğal kil zemine ağırlıkça %1, %2 ve %3 AG eklenerek hazırlanan numuneler 1, 7, 14 ve 21 günlük sürelerle kür edilmiş ve konsolidasyon deneylerinin sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 6-13’te gösterilmiştir.



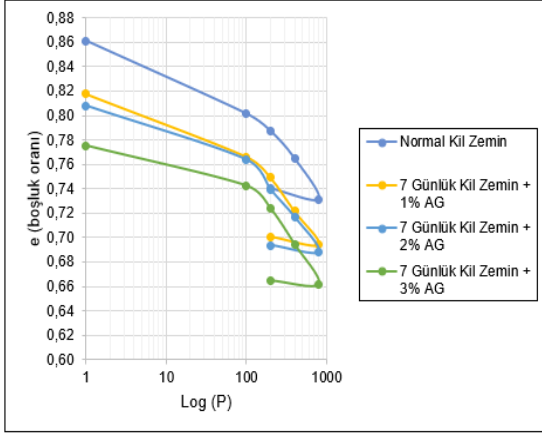
Şekil 6. 1 günlük süresi sonunda konsolidasyon oturma değerlerinin karşılaştırılması



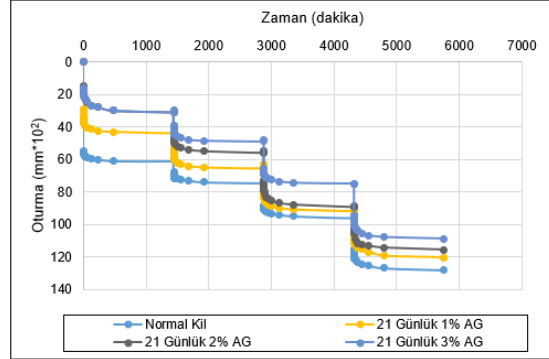
Şekil 7. 1 günlük süresi sonunda e-logP eğrilerinin karşılaştırılması



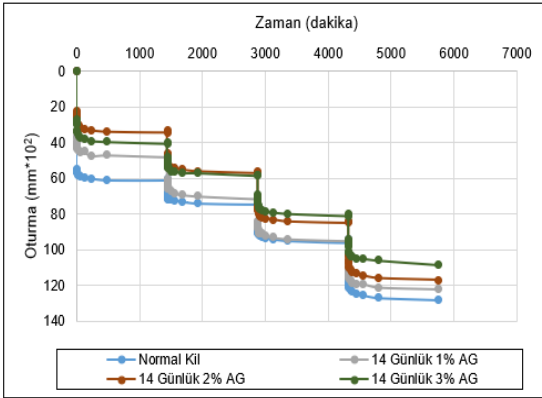
Şekil 8. 7 günlük süresi sonunda konsolidasyon oturma değerlerinin karşılaştırılması



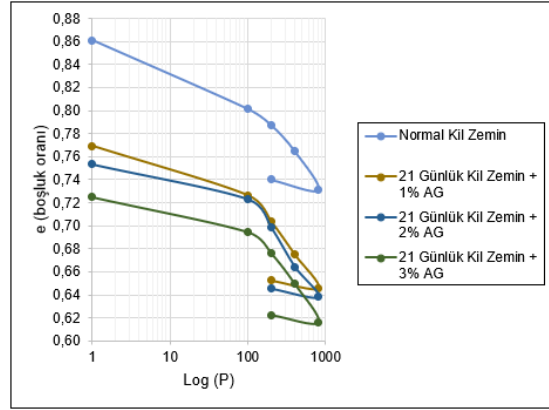
Şekil 9. 7 günlük süresi sonunda e-logP eğrilerinin karşılaştırılması



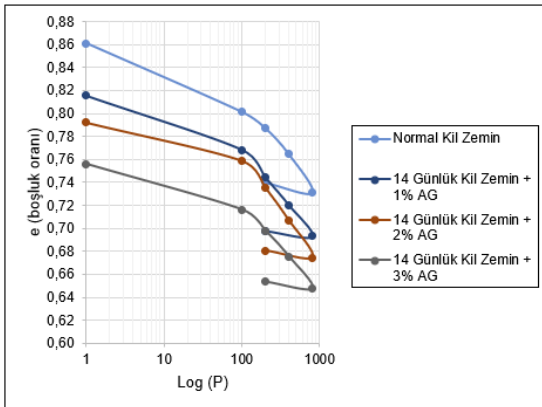
Şekil 12. 21 günlük süresi sonunda konsolidasyon oturma değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 10. 14 günlük süresi sonunda konsolidasyon oturma değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 13. 21 günlük süresi sonunda e-logP eğrilerinin karşılaştırılması



Şekil 11. 14 günlük süresi sonunda e-logP eğrilerinin karşılaştırılması

Doğal kil zemin numunesine AG ilave edilerek iyileştirilen numunelerin 1 günlük kür sürelerindeki zamana bağlı oturma davranışı incelendiğinde %1 ve %2 AG karışımında 1,22 mm aynı boy değişimi davranışı gösterirken %3 AG karışımında, 1,14 mm numune boy değişimi göstererek 1 günlük deney sonuçları arasında en iyi sonucu vermiştir. Doğal kil zemin numunesine AG ilave edilerek iyileştirilen numunelerin 7 günlük kür sürelerindeki zamana bağlı oturma davranışı incelendiğinde %1 AG, karışımında 1,21 mm numune boy değişimi göstermiştir. %2 AG karışımında, 1,16 mm numune boy değişimi davranışı gösterirken %3 AG karışımında, 1,13 mm numune boy değişimi göstererek 7 günlük deney sonuçları arasında en iyi sonucu vermiştir. Doğal kil zemin numunesine AG ilave edilerek

iyileştirilen numunelerin 14 günlük kür sürelerindeki zamana bağlı oturma davranışı incelendiğinde %1 AG karışımında, 1,20 mm numune boy değişimi göstermiştir. %2 AG karışımında, 1,14 mm numune boy değişimi davranışı gösterirken %3 AG karışımında, 1,04 mm numune boy değişimi göstererek 14 günlük deney sonuçları arasında en iyi sonucu vermiştir. Doğal kil zemin numunesine AG ilave edilerek iyileştirilen numunelerin 21 günlük kür sürelerindeki zamana bağlı oturma davranışı incelendiğinde %1 AG karışımında, 1,19 mm numune boy değişimi göstermiştir. %2 AG karışımında, 1,10 mm numune boy değişimi davranışı gösterirken %3 AG karışımında, 1,04 mm numune boy değişimi göstererek 21 günlük deney sonuçları arasında en iyi sonucu vermiştir. Zamana bağlı oturma davranışları incelendiğinde 1 günlük kür süresinde, AG ilave edilmeyen numuneye göre; %1 ve %2 AG ilave edilen numuneden %4,5, %3 AG ilave edilen numunede %10,5 daha az oturma göstermiştir. 7 günlük kür süresinde, AG ilave edilmeyen numuneye göre; %1 ilave edilen numuneden %5,2, %2 AG ilave edilen numuneden %8,3, %3 AG ilave edilen numunede %12,8 daha az oturma göstermiştir. 14 günlük kür süresinde, AG ilave edilmeyen numuneye göre; %1 ilave edilen numuneden %6, %2 AG ilave edilen numuneden %9,8, %3 AG ilave edilen numunede %16,5 daha az oturma göstermiştir. 21 günlük kür süresinde, AG ilave edilmeyen numuneye göre; %1 ilave edilen numuneden %5,3, %2 AG ilave edilen numuneden %11,3, %3 AG ilave edilen numunede %16,5 daha az oturma göstermiştir. En fazla numune boy değişimi AG ilave edilmeyen numuneden elde edilirken; en az boy değişimi ise %3 AG karışımli numuneden elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, doğal kil zeminlerle Arabik Gam (AG) biyopolimerinin belirli oranlarda karışımı ile oluşturulan numunelerin, zamana bağlı oturma davranışı üzerindeki etkilerini araştırmak üzere bir seri deney yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Doğal kil zemin için konsolidasyon deney sonucu ile, akasya zamkı ile iyileştirilen

numunelerin sonuçları karşılaştırıldığında; AG biyopolimerinin doğal kil zemin numunesinin oturma davranışını etkilediğini, AG içeriği ve kür süresi arttıkça konsolidasyon oturmalarında azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Doğal kil zemin biyopolimer karışımlarında gerçekleştirilen konsolidasyon deneyi sonucunda en az oturma %3 AG karışımli, 14 ve 21 günlük kür sürelerindeki numunelerden elde edilmiştir. Konsolidasyon deneyi sonucunda AG iyileştirilen doğal kil zeminin, normal doğal kil zeminin zamana bağlı oturma değerine göre %16,5 daha az oturma gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Killi zeminleri stabilize etmek için kullanılan diğer katkı malzemelerine göre AG ilave edilen zeminler daha çevresel yönü ile ekolojik dengeye zarar vermeyeceği düşünülmektedir. Dolgulardaki özellikle yol dolgularındaki oturmaya yönelik performans artışı için çok daha maliyetli ve petrol türevi olan katkıları günümüzde zemin iyileştirme uygulamalarında kullanılmaktadır ancak seçilen yöntem ve ürün doğaya dönüşümü uzun vadede olan bu ürünlere bir alternatiftir.

5. TEŞEKKÜR

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

6. KAYNAKLAR

1. Öztoprak, S., 2016. Zemin İyileştirilmesi: Yöntemlere Genel Bir Bakış. İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32.
2. 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*, 2020, 16.
3. Lee, S., Chung, M., Asce, M., Park, H.M., Song, K., Chang, I., Asce, A.M., 2019. Xanthan Gum Biopolymer as Soil-Stabilization Binder for Road Construction Using Local Soil in Sri Lanka. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(11), 06019012.

4. Çabalar, A.F., Awraheem, M.H., Khalaf, M.M., 2018. Geotechnical Properties of a Low-Plasticity Clay with Biopolymer. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 30(8), 04018170.
5. Ayeldeen, M., Negm, A., El-Sawwaf, M., Kitazume, M., 2017. Enhancing Mechanical Behaviors of Collapsible Soil Using Two Biopolymers. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 9, 329-339.
6. Kahiyah, M.T.M.A., 2020. Investigation of Engineering Properties of Clayey Soils Improved with Biopolymers. MSc Thesis, Cukurova University, Adana.
7. Keçecioglu, M., 2016. Kum Zeminlerin Biyopolimer ile İyileştirilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 51.
8. Patel, S., Goyal, A., 2015. Applications of Natural Polymer Gum Arabic: A Review. *International Journal of Food Properties*, 18(5), 986-998.
9. Kimbiotek, 2021. Arabic Gam Ürün Spesifikasyonu, İstanbul.
10. Tunç, U., 2021. Akasya Zamkı (Arabik Gam) ile İyileştirilen Zeminlerin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 83.
11. Özaydın, K., 2011. Zemin Mekaniği. Birsan Yayınevi, İstanbul, 350.
12. Uzuner, B. A., 2016. Temel Zemin Mekaniği. Derya Kitabevi, Trabzon, 740.
13. TS 1500, 2000: İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
14. TS 1900-1, 2006: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
15. TS 1900-2, 2006: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

