STİREN AKRİLİK KOPOLİMER İLE MODİFİYE EDİLMİŞ HİDROFOB ORGANOKİLİN MUKAVEMET VE ŞİŞME DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE STRENGTH AND SWELLING PROPERTIES OF HYDROPHOBIC ORGANOCLAY MODIFIED WITH STYRENE ACRYLIC COPOLYMER

Zeynep Neşe KURT ALBAYRAK[1], Suat AKBULUT[2], Semet ÇELİK[1]

ABSTRACT

Natural clays are commonly used in geotechnical engineering. Swelling is a common problem in clay liners. However, with interaction of clay and cationic surfactant, hydrophobic clays are obtained. The previous studies that focused on hydrophobic organoclays have been showed that the swelling pressures of hydrophobic clays are lower than natural clays and the permeability properties have been improved. Moreover, the strength values of hydrophobic organoclays have been decreased when compared with natural clays. In this study, hydrophobic organoclay has been modified with styrene acrylic copolymer for improving the strength properties. As a result of preliminary tests, natural clay and hydrophobic organoclay have been mixed with styrene acrylic copolymer at 20% by weight of dry clay. The unconfined compressive tests of prepared clays with styrene acrylic copolymer additive have been carried out on the samples having three different water content (wet, semi-dry and dry). The swelling pressure tests of samples with styrene acrylic copolymer additive have been carried out only wet samples. The test results showed that, with styrene acrylic copolymer additive, the unconfined compressive strength values and swelling pressure values of natural clays and hydrophobic organoclays are increased and decreased, respectively.

Keywords: Hydrophobic organoclay, unconfined compressive strength, swelling pressure

ÖZET

Geoteknik mühendisliğinde yaygın bir şekilde kullanılan kil zeminlerin suyla karşılaştıklarında şişme davranışı sergiledikleri bilinmektedir. Hidrofob organokiller, doğal kilin katyonik bir yüzey aktif madde ile muamele edilmesi sonucu elde edilmiş olup, kazanmış oldukları su sevmez özellikleri sayesinde, suyla karşılaşınca şişme davranışı göstermemektedir. Hidrofob organokiller ile daha önce yapılmış olan çalışmalar, doğal killer ile kıyaslandığında hidrofob organokillerin geçirimlilik değerlerinin ve şişme basıncı değerlerinin azaldığını yani geçirimlilik ve şişme özelliklerinin iyileştiğini göstermiştir. Bunun yanı sıra yine önceki çalışmalarda, hidrofob organokillerin mukavemet değerleri

[1] Yrd.Doç.Dr., Atatürk Üniversitesi, znkurt@atauni.edu.tr (Sorumlu Yazar)
[1] Yrd.Doç.Dr., Atatürk Üniversitesi, scelik@atauni.edu.tr
[2] Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, sakbulut@yildiz.edu.tr

doğal killerin mukavemet değerlerinden daha düşük değerler almıştır. Bu çalışma kapsamında, hidrofob organokilin mukavemet özelliklerini iyileştirmek amacıyla hidrofob organokil stiren akrilik kopolimer ile muamele edilmiştir. Yapılmış olan ön çalışmalar neticesinde, doğal kil ve hidrofob organokil, kuru kilin ağırlıkça %20'si oranında stiren akrilik kopolimer ile etkileştirilmiş ve katkılı killer elde edilmiştir. Elde edilen killerin serbest basınç deneyleri, yaş, yarı-kuru ve kuru olmak üzere 3 farklı su içeriğine sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Stiren akrilik kopolimer katkılı numunelerin şişme basıncı deneyleri ise sadece yaş numuneler üzerinde yapılmıştır. Deney sonuçlarından, stiren akrilik kopolimer katkısının, doğal killerin ve hidrofob organokillerin serbest basınç mukavemetlerini artırdığı, şişme basıncı değerlerini ise azalttığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Hidrofob organokil, serbest basınç mukavemeti, şişme basıncı

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliğinde yaygın bir şekilde kullanılan kil zeminlerin suyla karşılaştıklarında şişme davranışı sergiledikleri bilinmektedir. Killer, katyonik yüzey aktif maddeler ile muamele edildikleri zaman suyla etkileşime girmemekte dolayısıyla şişme özellikleri iyileşmektedir (Akbulut et al., 2011; Akbulut et al., 2013). Bu şekilde elde edilmiş olan killer hidrofob organokil olarak adlandırılmaktadır.

Son yıllarda, yaygın bir şekilde araştırılmakta olan polimer-kil nanokompozitlerin birçok özellikleri kil ve polimerden üstündür. Polimer-tabakalı silikat nanokompozitler (poliorganokiller), killerin polimerler ile muamele edilmesiyle oluşturulmuş kompozit malzemelerdir (Alexandre and Dubois, 2000; Ray and Okamoto, 2003; Tjong, 2006; Pavlidou and Papaspyrides, 2008).

Hidrofob organokiller üzerinde daha önce yapılmış olan çalışmalar, doğal killer ile kıyaslandığında hidrofob organokillerin geçirimlilik değerlerinin ve şişme basıncı değerlerinin azaldığını yani geçirimlilik ve şişme özelliklerinin iyileştiğini göstermiştir (Akbulut et al., 2013; Kurt and Akbulut 2014). Bunun yanı sıra yine önceki çalışmalarda, hidrofob organokillerin ve hidrofob organokiller ile elde edilen nanokil-kompozitlerin mukavemet değerlerinin doğal killerin mukavemet değerlerinden daha düşük değerler aldığı, sönüm oranlarının ise arttığı görülmüştür (Kurt, 2009; Kurt Albayrak, 2014; Kurt and Akbulut, 2014). Bu çalışma kapsamında, hidrofob organokilin şişme ve sönüm özelliklerinin yanı sıra mukavemet özelliklerini de iyileştirebilmek amacıyla hidrofob organokil, stiren akrilik kopolimer (SACP) ile muamele edilmiştir. Akrilik türü reçineler, kompozitlerin yapıştırıcı, bağlayıcı elemanı olarak görev yapmaktadır (Murphy et al., 1977). Stiren akrilik tabanlı ürünler, polimer-çimento betonu adı verilen bir tür özel beton imalatında kullanılmaktadır (Schulze and Killermann, 2001). Çimento harcı ve betona katılan akrilik polimerler, çimento ve betonun mukavemet, adezyon ve suya dayanıklılık gibi özelliklerini iyileştirmektedir (Ohama, 1998; Medeiros et al., 2009). Al-khanbashi and Abdalla (2006) yaptıkları çalışmada, kumlu zeminleri stiren akrilik emülsiyonu kullanarak iyileştirmişlerdir. Çalışmada, kum zemine katılan stiren akrilik yüzdesi arttıkça mukavemet ve rijitliğin arttığını, hidrolik iletkenlik değerinin ise azaldığını belirlemişlerdir. Arasan and Nasirpur (2015) çalışmalarında, stiren akrilik kattıkları kum zeminlerin serbest basınç mukavemeti ve donma-çözünme özelliklerini incelemişlerdir.

Çalışma kapsamında, yapılmış olan ön çalışmalar neticesinde, doğal kil ve hidrofob organokil, kuru kilin ağırlıkça %20'si oranında stiren akrilik kopolimer ile etkileştirilmiş ve katkılı killer elde edilmiştir. Serbest basınç deneyleri, yaş, yarı-kuru ve kuru olmak

üzere 3 farklı su içeriğine sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. SACP katkılı numunelerin şişme basıncı deneyleri ise sadece yaş numuneler üzerinde yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada, Erzurum (Oltu-Narman Havzası) çevresinden alınan doğal kil (C) numune (Kurt, 2009; Akbulut et al., 2010; Kurt Albayrak ve Akbulut 2015) ve daha önceki araştırmalar kapsamında, doğal kilin katyonik bir yüzey aktif madde olan dialkil amonyum meta sülfat (DAMS) ile muamele edilmesi ile elde edilmiş olan hidrofob organokil (H) numune kullanılmıştır (Kurt, 2009; Akbulut et al., 2011). Doğal kile ve hidrofob organokile ait bazı geoteknik özellikler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Doğal kilin ve Hidrofob organokilin özellikleri (Kurt, 2009; Akbulut et al., 2011; Akbulut ve Kurt, 2012; Kurt Albayrak ve Akbulut, 2015)

Özellikler			Kil (C)	Hidrofob organokil (H)
Kil içeriği	< 0,002 mm	(%)	56	-
Özgül ağırlık	Gs		2.62	2.52
Likit limit	wL	(%)	72	-
Plastisite indisi	Ip	(%)	39	-
Temas açısı		o	37	88
Optimum su muhtevası*	wopt	(%)	22	17
Maksimum kuru b.h.a.*	γdmax	(kN/m^3)	15.7	15.4
Zemin Sınıfı,	(USCS)		CH	-
Serbest basınç mukavemeti*	qu	(kPa)	319	147
Şişme basıncı		(kN/m^2)	107,87	78,45

*Standart proktor enerjisinde

Stiren Akrilik Kopolimer emülsiyonu, Argon Kimya'dan temin edilmiş olup, üretici firmadan alınan bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Stiren Akrilik Kopolimer emülsiyonunun su içeriği %92 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. SACP'nin bazı özellikleri

Özellikler	SACP
İsim	Stiren akrilik kopolimer
Formül	$(C_{10}H_{10}.C_8H_8.C_7H_{12}O_2)_n$
Viskozite (mPas)	8000-11000
pH	7-9
Yoğunluk (g/cm3)	1,04
Minimum film oluşturma sıcaklığı	17+-2 ^oC

2.2. Katkılı Kil Numunelerin Elde Edilmesi

Stiren akrilik kopolimer, doğal kile ve hidrofob organokile kuru kilin ağırlıkça %20'si oranlarında katılmıştır. %20 SACP oranı bir takım ön deneyler ile belirlenmiştir. Katkılı killer, kuru doğal kile ve kuru hidrofob organokile azar azar ilave edilen stiren akrilik kopolimerin 1000 rpm hızda 30 dakika karıştırılması suretiyle elde edilmiştir.

Serbest basınç deneyleri, yaş (w=%9), yarı-kuru (w=%4,5) ve kuru (w=%0) olmak üzere üç farklı su içeriğine sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. SACP katkılı doğal kil (CK) numuneler ve SACP katkılı hidrofob organokil (HK) numuneler, belirlenen su içeriklerine ulaştıklarında serbest basınç deneylerine tabii tutulmuşlardır. SACP katkılı numuneler, hazırlandıkları anda %9 su içeriğine sahip olup, numunelerin %4,5 ve %0 su içeriğine ulaşabilmeleri için, numuneler 40^oC sıcaklıktaki etüvde bekletilmiştir. Numune içerikleri Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3. Numune içerikleri

Numune Kodu	SACP, %	Doğal Kil	Hidrofob Organokil	Su İçeriği, %
CK-K	20	+		0
CK-YK	20	+		4,5
CK-Y	20	+		9
HK-K	20		+	0
HK-YK	20		+	4,5
HK-Y	20		+	9

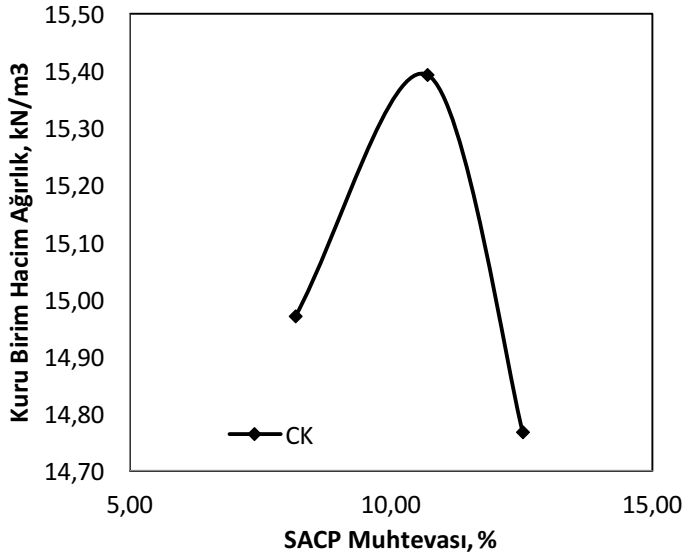
2.3. Geoteknik Deneyler

Öncelikle katkılı numuneler üzerinde gerçekleştirilen kompaksiyon deneyleri ile SACP katkılı doğal kilin ve SACP katkılı hidrofob organokilin optimum stiren akrilik yüzdeleri bulunmuştur. Kompaksiyon deneyi, standart proktor enerjisinde ASTM D 698'e göre gerçekleştirilmiştir.

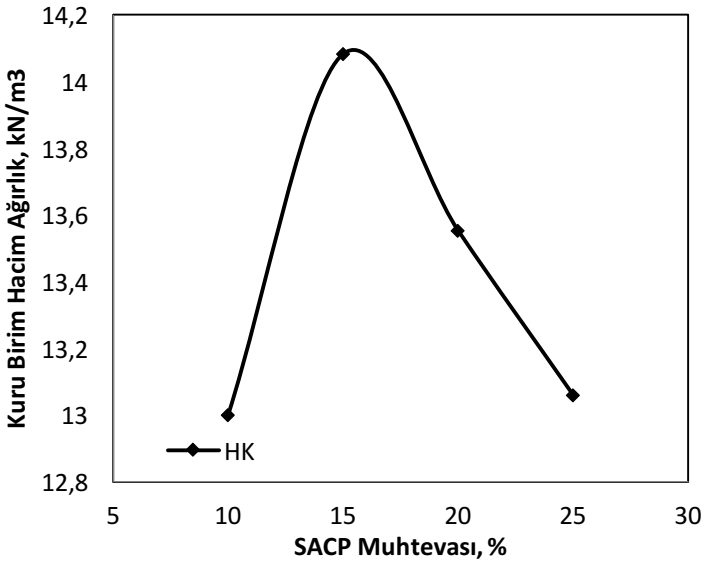
Hazırlanmış katkılı numunelerin serbest basınç deneyleri ASTM D 2166 esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Şişme basıncı deneyleri ise, ASTM D 4546'nın C metoduna göre yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kompaksiyon deneyleri sonucunda elde edilen kompaksiyon eğrileri SACP katkılı doğal kil için Şekil 1'de, SACP katkılı hidrofob organokil için Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 1 ve Şekil 2 incelendiğinde SACP katkılı doğal kilin optimum SACP yüzdesi değeri %10 olarak, SACP katkılı hidrofob organokilin optimum SACP yüzdesi değeri ise %15 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. SACP katkılı doğal kile ait kompaksiyon eğrisi

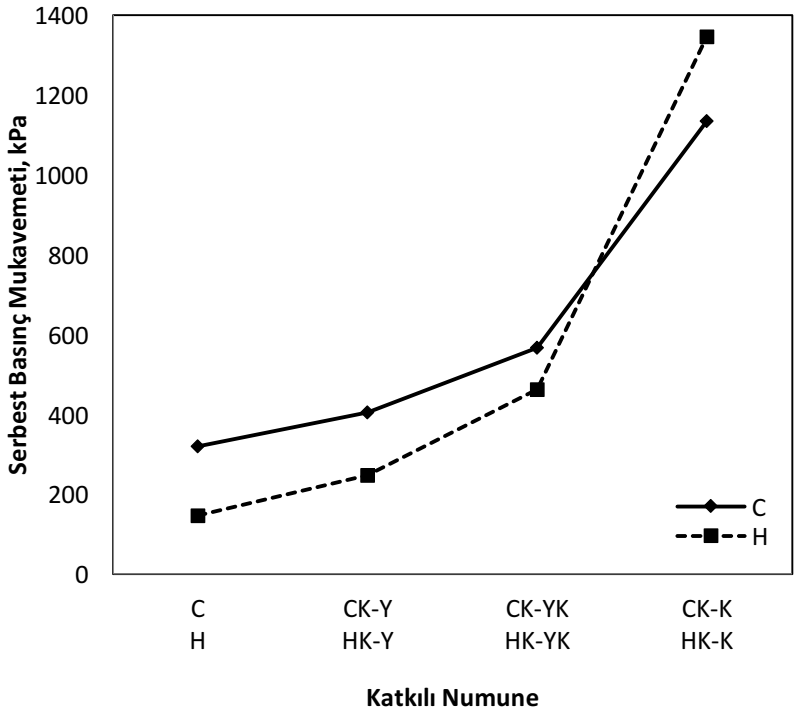


Şekil 2. SACP katkılı hidrofob organokile ait kompaksiyon eğrisi

Serbest basınç deneyleri, optimum SACP katkı yüzdesinde hazırlanan numunelerde homojen bir karışımın elde edilememesi nedeniyle, ön deneyler sonucunda belirlenen %20 SACP yüzdesinde gerçekleştirilmiştir.

Kompaksiyon deneyine göre optimum su muhtevalarında sıkıştırılan numunelerin serbest basınç deneyi sonucu doğal kilin serbest basınç mukavemeti daha önceki çalışmalarda 319 kPa, hidrofob organokilin serbest basınç mukavemeti 147 kPa olarak belirlenmiştir (Kurt

2009). SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokil numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneylerine ait sonuçlar Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokilin serbest basınç mukavemetlerinin değişimi

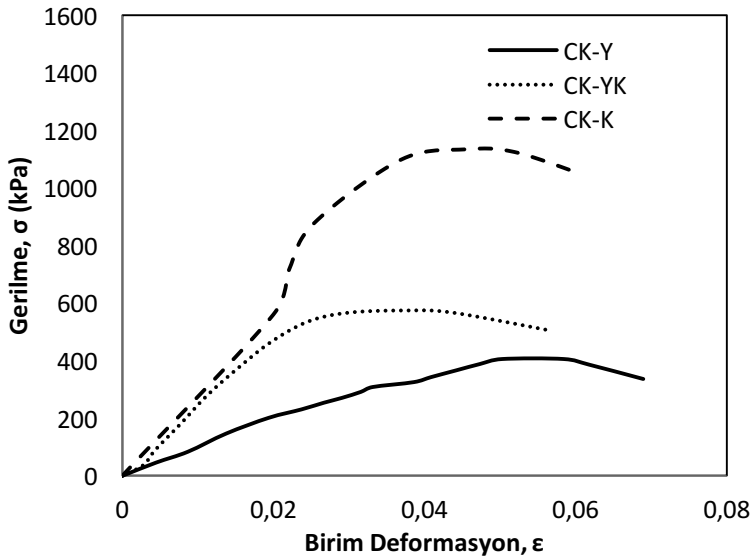
Şekil 3 incelendiğinde, SACP katkılı doğal kilin ve SACP katkılı hidrofob organokilin serbest basınç mukavemetlerinin doğal kil ve hidrofob organokil ile kıyaslandığında artmış olduğu görülmektedir. İlaveten SACP içerisindeki su içeriğinin azalmasıyla birlikte numunelerin serbest basınç mukavemetlerinde artış meydana gelmiştir. SACP katkılı doğal kil numune yaş halde serbest basınç deneyine tabi tutulduğunda serbest basınç mukavemetinde doğal kile göre %27'lik bir artış meydana gelmiştir. SACP katkılı doğal kil numune yarı kuru halde iken serbest basınç mukavemeti doğal kile göre %78'lik, kuru halde ise serbest basınç mukavemeti değerinde doğal kile göre %155'lik bir artış meydana geldiği görülmüştür.

Benzer şekilde SACP katkılı hidrofob organokil numune yaş halde serbest basınç deneyine tabi tutulduğunda, serbest basınç mukavemeti değerinde hidrofob organokile göre %69'luk bir artış meydana gelmiştir. SACP katkılı hidrofob organokil numune yarı kuru halde iken serbest basınç mukavemeti değerinde hidrofob organokile göre %214'lük, kuru halde ise serbest basınç mukavemeti değerinde hidrofob organokile göre %816'lık bir artış meydana geldiği görülmüştür.

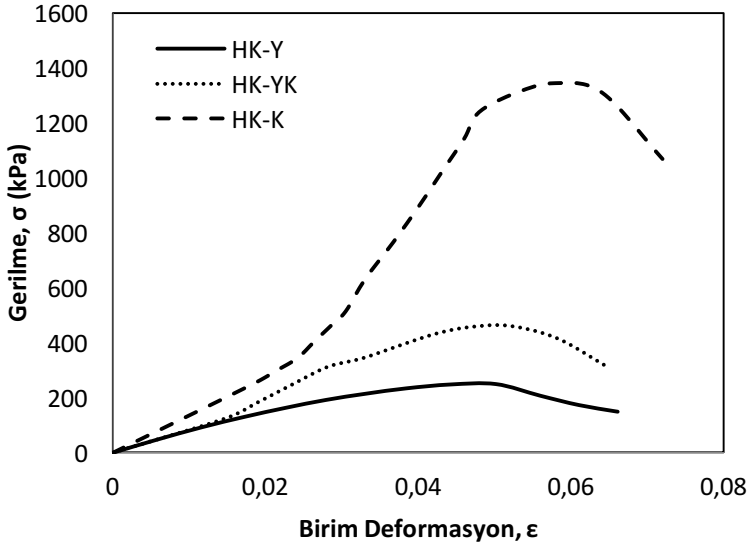
Kuru haldeki SACP katkılı hidrofob organokilin serbest basınç mukavemetinin, kuru haldeki SACP katkılı doğal kilin serbest basınç mukavemeti değerinden %19 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda SACP katkısının betonun mukavemetini iyileştirdiğinden bahsedilmiştir (Ohama 1998; Medeiros et al 2009). İlaveten kum zeminler üzerinde yapılan çalışmalarda da kum zemine katılan stiren akrilik yüzdesi arttıkça mukavemet ve rijitliğin arttığı bulunmuştur (Al-khanbashi and Abdalla 2006; Arasan and Nasirpur 2015). Akbulut vd 2011'de yaptıkları çalışmada

hidrofob organokil ile stiren akrilik kopolimeri sol-gel yöntemine göre etkileştirerek elde ettikleri poliorganokiller üzerinde serbest basınç deneyleri gerçekleştirmişler ve deneyler sonucunda SACP yüzdesinin artmasıyla serbest basınç mukavemeti değerlerinin arttığını bulmuşlardır.

SACP katkılı doğal kil numunelerin serbest basınç deneyi sonucu elde edilmiş birim deformasyon-gerilme eğrileri Şekil 4'te, SACP katkılı hidrofob organokil numunelerin serbest basınç deneyi sonucu elde edilmiş birim deformasyon-gerilme eğrileri ise Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 4. SACP katkılı doğal killerin birim deformasyon-gerilme eğrileri



Şekil 5. SACP katkılı hidrofob organokillerin birim deformasyon-gerilme eğrileri

SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokil numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olan şişme basıncı deneylerine ait sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Şişme basıncı deneyleri, numuneler hazırlanır hazırlanmaz (w=%9) gerçekleştirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda doğal kilin şişme basıncı değeri 107,87 kPa, hidrofob organokilin

şişme basıncı değeri ise 78,45 kPa olarak belirlenmiştir (Akbulut et al., 2011). Deney sonuçlarından SACP katkısının şişme basıncını düşürdüğü görülmektedir.

Tablo 4. Katkılı numunelerin şişme basıncı deneyi sonuçları

Numune	Şişme basıncı kN/m^2
C	107,87
CK-Y	78,16
H	78,45
HK-Y	13,14

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, doğal bir kile ve doğal kil numunesinin katyonik bir yüzey aktif madde ile modifiye edilmesi sonucu elde edilmiş olan hidrofob organokile, stiren akrilik kopolimer katılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

-SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokil standart proktor deneyine tabii tutularak optimum stiren akrilik kopolimer yüzdeleri bulunmuştur. Doğal kil ve hidrofob organokilin belirlenmiş olan optimum SACP yüzdesinde homojen bir şekilde karıştırılamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle bir takım ön deneyler yapılmış ve doğal kil ve hidrofob organokil, kuru kilin ağırlıkça %20'si oranında stiren akrilik kopolimer ile etkileştirilmiş ve SACP katkılı killer elde edilmiştir.

-SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokil numuneler üzerinde serbest basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, yaş, yarı-kuru ve kuru olmak üzere 3 farklı su muhtevasında gerçekleştirilmiştir.

- SACP katkılı numunelerin serbest basınç mukavemetlerinin, katkısız killerin serbest basınç mukavemetlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. SACP katkılı numunelerin su içerikleri azaldıkça, serbest basınç mukavemetleri artmıştır.

-SACP katkılı doğal kil ve SACP katkılı hidrofob organokil numuneler üzerinde gerçekleştirilen şişme basıncı deneyleri, SACP katkısının numunelerin şişme basıncını düşürdüğünü göstermiştir.

-Maliyet açısından düşünülecek olursa, kullanılmış olan SACP endüstriyel tabanlı bir kimyevi malzeme olduğu için, hazırlanan katkılı killerin az bir maliyet ile üretildiği görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Katkılı numunelerin maliyet analizi

Kimyasal madde	Menşei	1 kg üretebilmek için kullanılan miktar aralıkları Yüzde(%)	Ağırlık (gr)	Ürün, kg	Ürün Fiyat, TL	Birim Fiyat Aralığı, TL
DAMS	Endüstriyel	5	50	50	450	9
SACP	Endüstriyel	20	200	50	250	5

Çalışma sonucunda elde edilen SACP katkılı numunelerin, serbest basınç mukavemetlerinin arttığı, şişme basınçlarının azaldığı görülmüştür. Numuneler aynı zamanda su sevmez özelliklerini korumuştur. Bu sonuçlara dayanarak, elde olunan katkılı kil numunelerin kil zeminlerin geoteknik problemlerinin çözümünde ümit vadettiği söylenebilir. İlerleyen çalışmalarda, farklı stiren akrilik yüzdelerinde deneylerin tekrarlanmasının SACP katkı yüzdesine göre mukavemet değişiminin anlaşılabilmesi için faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yine ilerleyen çalışmalarda arazi uygulamasına yönelik birtakım çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Akbulut, S., Gürses, A., Arasan, S., Korucu, M., Kurt, Z.N., (2011), "Kil Tanelerin (Nanokil) Kristal Yapılarının Poliorganiklerle Desteklenerek Killerin Hidrolik İletkenlik Ve Mukavemet Özelliklerinin İyileştirilmesi", Tübitak, Proje No: 107Y295.

Akbulut, S., Kurt Z.N. ve Arasan S. (2010), "Electrokinetic Properties of Surfactant Modified Clays", International Journal of Civil and Structural Engineering, Vol 1 (3), 354- 361.

Akbulut, S., Kurt, Z.N., (2012), "Modifiye Bir Kilin "Organokil" Kompaksiyon ve Mukavemet Özellikleri", 2.Ulusal Nanoteknoloji Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Akbulut, S., Kurt, Z.N., Arasan, S. ve Pekdemir, Y. (2013), "Geotechnical properties of some organoclays", Sadhana-Indian Academy of Sciences, Vol 38 (2), 317-329.

Alexandre, M., Dubois, P. (2000), "Polymer-layered Silicate Nanocomposites: Preparation, Properties And Uses of A New Class of Materials", Materials Science and Engineering, Vol 28, 1-63.

Al-Khanbashi A, Abdalla SW. (2006), "Evaluation of three waterborne polymers as stabilizers for sandy soil" Geotechnical and Geological Engineering, Vol 24, 1603-1625.

Arasan S, Nasirpur O. (2015), "The effects of polymers and fly ash on unconfined compressive strength and freeze–thaw behavior of loose saturated sand", Geomechanics and Engineering, Vol 8 (3), 361-375.

Kurt Albayrak, Z.N., (2014), "Laboratuvarda Geliştirilen Nanokil-Kompozitlerin Bazı Geoteknik Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması", Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Kurt Albayrak, Z.N., Akbulut, S. (2015), "Farklı Polimerlerle Modifiye Edilmiş Bir Hidrofob Kilin Geoteknik Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması", 6. Geoteknik Sempozyumu, Adana.

Kurt, Z.N. (2009), "Yüzey Aktif Madde İle Muamele Edilmiş Kilin Mukavemet Özelliklerinin Araştırılması", Y.lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Kurt, Z.N., Akbulut, S. (2014), "The Dynamic Shear Modulus And Damping Ratio of Clay Nanocomposites", Clays and Clay Minerals, Vol 62 (4), 313-323.

Medeiros, M.H.F., Helene, P. ve Selmo, S., (2009), "Influence of EVA and acrylate polymers on some mechanical properties of cementitious repair mortars", Construction and Building Materials, Vol 23, 2527–2533.

Murphy, R.E.J., Haemer, L.F. ve Scholl, E.C. (1977), "Method for installing surface covering or the like", United States Patent Documents, 4.036.673.

Ohama, Y. (1998). "Polymer-based admixtures. Cement and Concrete Composites", Vol 20, 189-212.

Pavlidou, S., Papaspyrides, C.D. (2008), "A Review on Polymer–layered Silicate Nanocomposites", Progress in Polymer Science, Vol 33, 1119-1198.

Ray, S.S., Okamoto, M. (2003), "Polymer/layered Silicate Nanocomposites: A Review From Preparation to Processing", Prog. Polym. Sci., Vol 28, 1539-1641.

Schulze, J., Killermann, O. (2001), "Long-term performance of redispersible powders in mortars", Cement and Concrete Research, Vol 31 (3), 357-362.

Tjong, S.C. (2006), "Structural And Mechanical Properties of Polymer Nanocomposites", Materials Science and Engineering, Vol 53, 73-197.