



Jeopolimer Betonun Hayvan Barınaklarında Kullanılabilme Potansiyelinin Araştırılması

Selçuk Memiş¹, Gökhan Kaplan², Sadık Alper Yıldız³

¹Kastamonu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 36100 Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi Programı, 36100 Kastamonu, Türkiye

³Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 70100 Karaman, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 08 Ağustos 2017

Kabul 10 Ekim 2017

Anahtar Kelimeler:

Jeopolimer beton
Hayvan barınakları
Asit
Portland
Seramik tozu

*Sorumlu Yazar:

E-mail: smemis@kastamonu.edu.tr

Ö Z E T

Önemli miktarda enerji ve ham madde tüketimine neden olan portland çimentosu CO₂ emisyonunun yaklaşık %7'sinden sorumludur. Çimento üretiminden kaynaklı CO₂ salınımı azaltılmasında farklı yöntemlerin araştırılması ya da CO₂ salınımı daha az olan bir bağlayıcı kullanılarak çimentoya alternatif malzeme kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Jeopolimer malzeme ise, beton üretiminde kullanılan portland çimentosunun (PÇ) aksine CO₂ salınımı oldukça az, tuzlara ve asitlere dayanımı yüksek, sıcaklık ve ateşe dayanımı yüksek olması gibi birçok farklı özelliği sayesinde çimentoya alternatif malzeme olarak kullanım potansiyeli olan ve araştırılan bir malzemedir. Çalışma kapsamında hayvan barınaklarında jeopolimer betonun etkileri araştırılması amacıyla jeopolimer malzemenin alkali aktivatörü olarak yüksek fırın cürufunun (YFC) %20'si oranında seramik tozu (ST), sodyum silikat (Na₂SiO₄) ile sodyum hidrosit (NaOH) %60 – 40 oranında aktivasyon çözeltisi ile kalsit agregası kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Boyutları 4×4×16 cm numunelerde eğilme ve basınç dayanımları ile 25×25×285 mm numuneler üzerinde de büzülme oranları belirlenmiştir. Jeopolimer betonların hayvan barınaklarındaki durumlarının belirlenmesi amacıyla numuneler %10'luk sülfirik asit (H₂SO₄) ve sülfat (SO₄) solüsyonunda bekletilmiş ve numuneler 28, 56 ve 90. günlerdeki dayanımları karşılaştırılmıştır. Jeopolimer betonun hayvan barınaklarında kullanılmasının avantajlar sağlayabileceği görülmüştür.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(11): 1365-1370, 2017

Investigation of Usability Potential Geopolymer Concrete at Animal Barns Abstract

ARTICLE INFO

Research Article

Received 08 August 2017

Accepted 10 October 2017

Keywords:

Geopolimer concrete
Animal barn
Acid
Portland
Ceramic sludge

*Corresponding Author:

E-mail: smemis@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

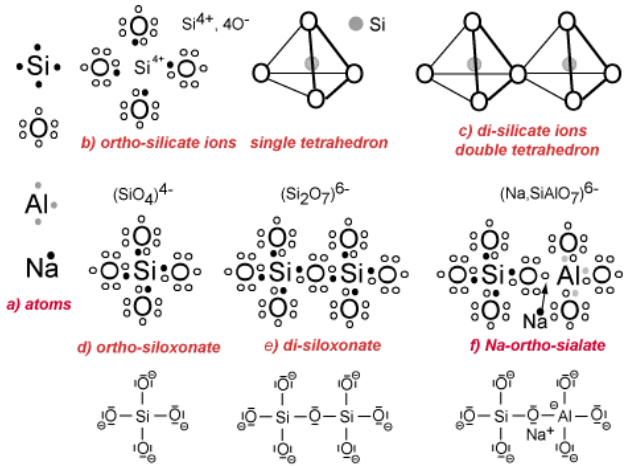
Portland cement, which causes significant energy and raw material consumption, is responsible for about 7% of CO₂ emissions. In order to reduce CO₂ emissions from cement production, with the aim of using a binder with a lower CO₂ release or investigation of different methods, alternative materials to cement are required. In contrast to portland cement (PO), which is used in concrete production; geopolymer is a material that is potentially useful as an alternative to cement and is still being explored provides a very low CO₂ emission, a high resistance to salts and acids, and a high temperature and fire resistance. In this study, the effects of geopolymer concrete were investigated in animal barn. For this purpose, samples were prepared using calcite aggregate, alkali activator and activation solution. As alkali activator of geopolymer material ceramic sludge (ST) is used at 20% of blast furnace slag (YFC). Sodium silicate (Na₂SiO₄) and sodium hydroxide (NaOH) were used as the activation solution in 60-40% mixing ratio. Bending and compressive strengths were determined in 4×4×16 cm specimens and shrinkage ratios were determined on 25×25×285 mm specimens. In order to determine the conditions of the animal shelters of the geopolymer concrete, the strengths of the samples in 10% sulfuric acid (H₂SO₄) and sulphate (SO₄) solution were compared with 28th, 56th and 90th days. It has been seen that the use of geopolymer concrete in animal barn can provide advantages.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i11.1365-1370.1458>

Giriş

Günümüzde portland çimentosu (PÇ), yapı malzemeleri ve özellikle de beton üretiminde sudan sonra en çok kullanılan bağlayıcı malzemenin başında gelmektedir (Habert ve ark., 2011; Nimwinya ve ark., 2016). Bu bağlayıcı üstünlükleri olan bir malzeme olmasına karşın istenmeyen özelliklere de sahip bir malzemedir. Bir bağlayıcı türü olan çimentonun (PÇ) üretiminde fosil yakıt kullanımı ve kireçtaşının ayrıştırılması sürecindeki işlemler nedeniyle olumsuz çevresel etkilere yol açmakta ve küresel çaptaki sera gazlarının %65'ini oluşturan CO₂ gazı salınımına %6-7'si oranlarına varan miktarda katkı sağlayarak sera gazı salınımı olmaktadır (Habert ve ark., 2011; Masi ve ark., 2014; Nimwinya ve ark., 2016; Zhou ve ark., 2016). CO₂ gazı salınımının ise gelecek yüzyıl içerisinde küresel iklim sıcaklıklarında ortalama 1,4 – 5,8°C artışa yol açacağı ve bu artışın deniz seviyelerinde yükselmeye, dolayısıyla çevresel etkilere neden olacağı Türkiye'nin de üyesi olduğu Uluslararası Enerji Şirketi (International Energy Agency) tarafından bildirilmektedir (IEA, 2017). Bu etkilerin azaltılmasında; ya günümüz en önemli bağlayıcısı çimento üretiminden kaynaklı CO₂ salınımı azaltılmasında farklı yöntemlerin araştırılmasını ya da CO₂ salınımı hiç/daha az olan bir bağlayıcı kullanılarak çimentoya alternatif malzeme kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Hem bilim çevreleri hem de endüstriyel şirketler istenilen hedefler doğrultusunda gelişen teknoloji ile beraber yeni malzemenin veya özelliklerinin geliştirilmesine önem verdiği de bilinmektedir (Rashad, 2013; Nimwinya ve ark., 2016). Sonuç olarak belirtilen özelliklere uyan, kullanım potansiyeli ve üstünlükleri de araştırılan Jeopolimer çevresel etkileri açısından daha az CO₂ salınımı ortaya çıkartabilecek bir malzemedir (Mingyu ve ark., 2009; Habert ve ark., 2011; Masi ve ark., 2014).

Alternatif bir bağlayıcı olarak kullanılabilir jeopolimer; cüruf, uçucu kül, kalsine edilmiş kil veya alüminosilikat esaslı farklı malzemelerin alkali metal (Na⁺ veya K⁺) silikat veya hidroksit kullanılarak sentezlenmesi ile elde edilen bir malzemedir. Diğer bir ifadeyle alümina silikat yapılarından oluşmuş inorganik çimento alümino silikat jel bağlayıcısıdır. İlk olarak 1970 yılında Davidovits tarafından alüminosilikatın alkaliler ile aktivasyonu yoluyla inorganik polimerik bir malzeme sentezlenmesi ile ortaya çıktığı bilinmektedir (Mingyu ve ark., 2009; Yıldızay ve ark., 2014; Nimwinya ve ark., 2016; Zhou ve ark., 2016). Jeopolimerler üç boyutlu alümino-silikat malzeme yapısına sahiptir (Yıldızay ve ark., 2014) ve Si/Al oranına bağlı olarak gruplandırılırlar. Alümin oranı "0" (Si/Al:0) olan grup siloxo [-Si,-O,-Si,-O] "Si/Al:1" oranına sahip ise [-Si,-O,-Al,-O] yapısına sahip sialate (sialik asit), "Si/Al:2" oranına sahip ise [-Si,-O,-Al,-O,-Si,-O] yapısına sahip sialate-siloxo, "Si/Al:3" oranına sahip ise [-Si,-O,-Al,-O,-Si,-O,-Si,-O] yapısına sahip sialate-disiloxo ve "Si/Al>3" oranına sahip ise sialate bağları (Şekil 1) oluştururlar (Pacheco-Torgal ve ark., 2012; Anonim. 2017). Bu süreç polimerleşme işlemi olarak ya da alkali olarak kullanılan Na⁺ veya K⁺ iyonlarının Al iyonlarıyla denge oluşturması sürecinde Al ve Si atomunun dörtyüzlü (tetrahedral) yapı içerisinde dizilimi olarak açıklanabilir.



Şekil 1 Jeopolimerik yapı (Pacheco-Torgal ve ark., 2012; Anonim 2017)

Araştırmalarda Jeopolimer malzemenin alkali aktivatörleri silis ve alümince zengin uçucu kül, silis dumanı, kil veya kaolin, ve taban külü cürufu gibi atık malzemelerden karşılanabileceği görülmüştür (Yıldızay ve ark. 2014; Nimwinya ve ark., 2016). Bu durum atık malzemelerin tekrar kullanımı yoluyla ekonomiye kazandırılmasında da önemli rol oynamaktadır.

Jeopolimer malzeme portland çimentosunun (PÇ) aksine CO₂ salınımı oldukça az, tuzlara ve asitlere dayanımı yüksek, sıcaklık ve ateşe dayanımı yüksek olması gibi bir çok farklı özelliği sayesinde çimentoya alternatif bir malzeme olarak kullanım potansiyeli olan ve hala araştırılan bir malzemedir (Duxson ve ark., 2007; Habert ve ark., 2011; Zhou ve ark., 2016;).

Hayvan barınakları farklı yaş ve fizyolojik dönemlerdeki hayvanları barındıran ahırları, kaba ve yoğun yem depolarını, sağım ünitelerini, gübrelik ve sosyal tesis gibi binaları kapsamaktadır. Tarım işletmelerinde barınaklar; hayvanları dış çevre koşullarının olumsuz etkilerinden korumak, uygun bir üretim ortamı oluşturmak, zaman ve iş gücünden ekonomi sağlamak amacıyla inşa edilen hayvansal üretim yapılarıdır (Okuroğlu ve Delibaş, 1986; Karabacak ve Topak, 2007). Hayvansal üretim yapılarının projelendirilmesi diğer yapı sistemlerine göre önemli farklılıklar göstermesine karşın barınaklarının projelendirilmesinden kaynaklanan hatalar, hayvanların doğal yaşam koşullarına uygun olmayan çevre koşullarında yaşamlarını sürdürüp, verimlerinin azalmasına ve kapasitelerinin altında ürün vermelerine neden olmaktadır. Dolayısıyla hayvansal üretim yapıları hayvanların fiziksel davranış özelliklerine uygun olacak şekilde projelendirilmektedir (Usta, 2011).

Karaman (2005)'de hayvansal üretim yapan işletmelerden çıkan atıklar ile slaj gibi tarımsal ürünlerin depolanması sonucu oluşan sızıntıların su kirliliğine neden olduğu, kaynaklanan kirlilikte miktarı ve etkileri açısından ilk incelenmesi gereken etmenin gübre olduğu, gübre ve bu atıkların olumsuz çevre koşulları ve sağlıksız bir yaşam ortamı yaratmaması için uygulanması gereken işlemler, alınması gereken önlemler, yasal ve teknik standartlar, depolama ve projelendirme kriterleri bilinmesi gerektiğini ifade etmektedir. Soyer (2014) ise temel sorun

niteliğinde olan ve kapasiteye bağlı olarak büyük miktarda üretilen katı ve sıvı gübrenin plansız bir şekilde toplanmakta veya atılmakta olduğunu, gübre deposunun uygun şekilde yapılması gerektiğini, gübreliklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kalitelerinin korunumu ile koku etkisinin azaltılması göz önüne alınarak yapılması gibi planlama aşaması konularında göz önüne alınacak hususlardan bahsetmiştir. Ancak ülkemizde Karaman (2005) ve Soyer (2014)'in ifade ettikleri gibi genellikle planlama aşaması üzerinde durulduğu görülmektedir. Fakat tarımsal yapıların planlamasında göz önüne alınması gereken diğer bir husus ta hem planlama hem de inşa aşamasında gübre gibi değişik etkenlerden kaynaklanacak asidik ortamlara göre beton sınıfı ve türün seçilmesi gerekmektedir.

Tarımsal yapılarda kullanılan beton; tüm tarımsal işletmelerde başta ahır olmak üzere gübre çukuru, silaj deposu gibi en sık kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Bu ortamlarda hayvansal atıkların oluşturduğu laktik ve asetik asitlerin neden olduğu korozyona karşı direnç, zeminler, silolar ve hayvan barınakları için büyük önem taşımaktadır. Beton gübre çukurları, hayvan barınakları gibi alanlarda canlı organizma aktivitelerinin neden olduğu çevresel değişimlerden (biyojenik) kaynaklı betonun tahrip ve kırılmasına neden olan genleşmeli jips oluşturmak için harç astarıyla reaksiyona girdiği düşünülen sülfürik asit korozyonuna maruz kalmaktadır (Belie ve ark., 2000, Wells ve Melchers, 2014). Ancak beton zeminler hayvanlar, insanlar ve teçhizatın tüm yüklerini ve dinamik hareketlerin meydana getireceği yüklerin sonucunu destekleyecek kadar güçlü olmalıdır. Bu durumun etkilerinin azaltılmasında yüksek kaliteli ve dayanıklı beton yapı üretmek için farklı çözümler üzerinde durulmaktadır. Hükümetlerin çevre politikaları gereği, hayvan barınaklarının zemin bölgesindeki mikrobiyal aktiviteler sonucu oluşan ürünlerin bertaraf edilmesinde amonyak emisyonu son yıllarda önem kazanmıştır ve hükümetler amonyak emisyonunu azaltmak için özel zemin sistemleri önermektedirler. Bu önlemler arasında dayanıklılık açısından, betonun su / çimento oranının 0,45'den fazla olmaması ve çimento içeriğinin beton kaplamada 350 kg / m³'den az olmaması, su emme miktarının ise kütle itibarıyla %6'yı geçmemesi sayılabilir (Belie ve ark., 2000).

Sayılan önlemlere karşın kullanılacak betonlarında başta asidik ortamlardaki etkilerinin bilinmesi ve buna göre çözümler geliştirilmesi de gerekir. Asidik ortamlar ise, asit türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak beton yapıları parçalayabilen olgulardan biridir. Bu durum asidik ortamın asit konsantrasyonuna bağlı olarak zararlı etkilere neden olabilmekte iken, bazı asitlerin ise zararsız olarak kabul edilebileceği, bazı asitlerin de zayıf çözümleri önemsiz etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Asitler genel olarak beton içerisindeki hamur olarak adlandırabileceğimiz çimento fazındaki kalsiyum bileşikleriyle etkileşime girerek zarar verebilirlerken, silisli agregalar ile yapılan betonlarda bu durum daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Kalkerli agregalar ise genellikle asitlerle kolayca reaksiyona girer (Chang ve ark., 2005). Kalsiyumlu agrega da asit, maruz kalınan tüm beton yüzeyinin homojenliğini etkiler ve çimento fazı üzerine aşındırma oranını düşürür ve yüzeydeki agrega parçacıklarının kaybını önler (Hanayneh ve ark., 2012).

Beton yapıların ömrü ve performansını tehdit eden önemli dayanıklılık konularından biri de ciddi bozulmaya neden olan sülfürik asit saldırısıdır. Yeraltı suyu, atık su, kanalizasyon sistemleri, mikrobiyolojik işlemler ve hayvansal üretim atıkları vb. nedenli sülfürik asit dökme, temel, zemin, bodrum duvarı, istinat duvarı ve kanalizasyon borusu sistemleri gibi ciddi beton elemanları üzerinde etkileri olabilir. Sülfürik asit saldırısının etkisi, sülfat iyonlarıyla reaksiyon ve düşük pH'da hidrojen iyonlarının neden olduğu çözünme etkisi gibi iki önemli husus nedeniyle sülfat tuzları tarafından harici sülfat ataklarına kıyasla daha zararlıdır. Sülfürik asit, önce portlandit (kalsiyum hidroksit) ile beton matrisinde reaksiyona girerek hacim genişlemesine bağlı yüzey katmanlarının çatlamasına ve dağılmasına neden olan jips oluşumuna neden olur. İkinci adımda, alçı kalsiyum alüminat ile daha da reaksiyona girerek, alçıtaşından daha yüksek hacimde etrenjit (Ca₆Al₂(SO₄)₃(OH)₁₂·26H₂O) oluşmasına ve dolayısıyla daha fazla mikro ve makro kırılmaya neden olabilir. Ciddi asidik koşullar altında, hidratlı çimentolu matris, kalsiyum silikat hidratlarının (C-S-H) kireçsizleşme (dekalsifikasyon) işlemi ile ayrıştırarak, betonun parçalanmasına ve güç kaybına neden olur (Cizer ve ark., 2011; Wells and Melchers 2014). Portland çimento macununun aksine kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) hidratasyon ürününün ana bileşenidir, jeopolimerler amorf alümino-silikat matristen yapılmıştır. Bu nedenle agresif ortamlarda jeopolimerlerin dayanıklılığı, portland çimento esaslı malzemelerinkinden farklı olması beklenebilir (Rashidian-Dezfouli and Rangaraju, 2017).

Bu çalışmada tarımsal yapılarda da kullanılabilir, hızlandırılmış test yöntemi kullanılarak asidik koşullara sahip kalsit agregalı üretilen jeopolimer betonun kullanılabilirliği incelenmiştir ve farklı asidik koşullara verdiği tepkilere göre durabilite özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, sülfat ve asit solüsyonundaki jeopolimer betonun asidik maddelere karşı tepkisi açıklanmıştır.

Materyal ve Metot

Malzeme

Karışımların hazırlanmasında maksimum tane boyutu 100µ olan kalsit agregası kullanılmıştır. Harç karışımlarında mineral katkı olarak kullanılan yüksek fırın cürufu (YFC) ve seramik tozu (ST), için belirlenen özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Yüksek fırın cürufu ve seramik tozunun kimyasal ve fiziksel özellikleri

	YFC	ST
CaO	31,61	6,10
SiO ₂	43,45	47,77
Al ₂ O ₃	16,17	16,47
Fe ₂ O ₃	0,45	0,58
Na ₂ O	3,81	3,92
K ₂ O	0,65	0,95
MgO	4,00	2,36
SO ₃	1,54	0,29
Özgül Ağırlık	2,85	2,85
Blaine (cm ² /gr)	6000	3500

Karışımlarda kullanılan malzemeler ile YFC ve ST'nin aktivasyonu için sodyum silikat (SS) ve sodyum hidroksit (SH) piyasadan temin edilerek kullanılmıştır. SH granüle formda olup, %97 saflık değerindedir. SH laboratuvar ortamında 16M (mol) olacak şekilde hazırlanmıştır. SS'in özgül ağırlığı 1,35 değerinde olup %8,5 Na₂O, %28,5 SiO₂ ve %65 H₂O'dan oluşmaktadır. SS ve SH üç farklı oranda karıştırılması ile elde edilen aktivasyon çözeltilerinin karışım oranları ve kodları Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Harç karışımlarında s/ç oranını azaltmak için polikarboksilat esaslı yeni nesil akışkanlaştırıcı katkı ile karışım ve kür suyu olarak ta Kastamonu şebeke suyu kullanılmıştır.

Çizelge 2 Harç karışımlarında kullanılan malzemelerin % dağılımı

Malzeme	%
ST	20
YFC	80
Na ₂ SO ₄	60
NaOH	40

Çizelge 3 Harç karışımlarında kullanılan malzeme oranları (%)

Karışım özellikleri	Malzeme oranları
İnce agrega(kalsit)	1,25
Bağlayıcı	1
Aktivasyon çözeltisi	0,4
Kimyasal katkı	1,7
S/B	0,30
A/B	1,25
Kür	Sıcak Su-80°C

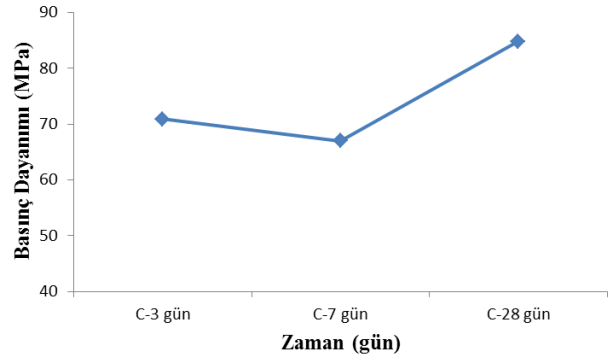
Metot

Hazırlanan karışımlar daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırılacağından, ST ve YFC ön denemeler ile belirlenmiş karışım oranında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Harç karışımında ön denemeler sonucu belirlenen 0,30 su/bağlayıcı (S/B) oranı ve 1,25 agrega/bağlayıcı oranı olarak alınmıştır. Mineral katkıların aktive edilmesi için karışım içerisinde kullanılan ST+YFC ağırlığının %40'ı oranında aktivasyon çözeltisi, bağlayıcı miktarının %1,7'si oranında akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılacak su miktarı aktivasyon çözeltisindeki içeriği göz önüne alınarak belirlenmiştir. Kendiliğinden yerleşen harçlar 40×40×160 mm boyutlarındaki kalıplara dökülmüş ve 24 saat sonra kalıplarından çıkarılan sertleşmiş harç numuneleri 80°C etüv kürü (hızlandırılmış kür) olmak üzere deney gününe kadar kür işlemine tabi tutulmuştur. Her bir grupta 3 numune olmak üzere kür işlemini tamamlamış sertleşmiş harç numuneleri üzerinde 3, 7 ve 28. günlerde üç noktalı eğilme deneyi ve eğilme deneyinden kalan 6 parça üzerinde de tek eksenli basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. 28 gün kür koşullarını tamamlayan numuneler üzerinde asit direncini belirlemek için sülfürik asit (H₂SO₄) ve sülfat direncini belirlemek için sodyum sülfat (Na₂SO₄) kullanılmıştır. Boyutları 4×4×16 cm olan harç numuneleri kür işleminden sonra, her bir grupta üç numune olmak üzere %10'luk sülfürik asit ve sodyum sülfat solüsyonlarına maruz bırakılmıştır. Referans numunesi ise normal koşullarda bekletilmiştir.

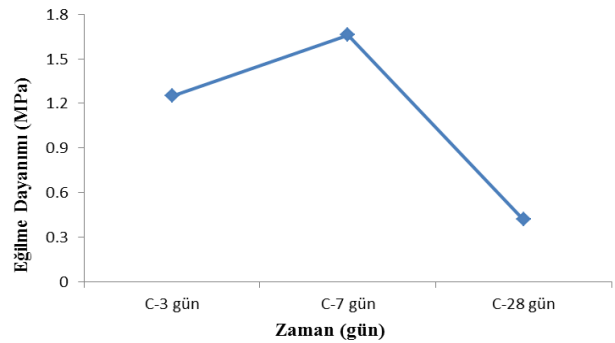
Sülfürik asit ve sodyum sülfat çözeltilerinde tutulan harç numuneleri üzerinde 28, 56 ve 90. günlerdeki basınç dayanımları belirlenmiştir. Boyutsal değişimler için 25×25×285 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Jeopolimer betonun asit ve sülfat etkisinde kalmasıyla meydana gelebilecek boyutsal değişimin karşılaştırılabilmesi için referans grubu normal su kürü uygulanmış ve 14 günlük boy değişimleri dijital boyölçer ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Jeopolimer betona ait basınç dayanımı ve eğilme dayanımındaki değişim Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde ilk dayanımının yaklaşık 70 MPa iken 28 günlük nihai dayanımının 84,82 MPa'lık yüksek bir dayanıma ulaştığı belirlenmiştir. Şekil 3 incelendiğinde ise ilk 3 günlük eğilme dayanımının 1,25 MPa iken 7 günlük dayanımının 1,66 MPa ve nihai 28 günlük eğilme dayanımında 0,42 MPa düşmüştür. Bu durum malzemenin 28 günde nihai dayanımına ulaşırken malzemenin gevrekleşerek kırılğan bir yapı kazanmasıyla açıklanabilir.



Şekil 2 Jeopolimer betonun basınç dayanımındaki değişim



Şekil 3 Jeopolimer betonun eğilme dayanımındaki değişim

Jeopolimer betonların asit ve sülfat etkisine maruz kalmış numuneler (Şekil 4) 28 gün 80°C sıcak su kürü uygulanmış numuneler ile karşılaştırılmış (Şekil 5) olup; sülfat etkisinde bırakılan numunelerin (CS) referans numunesine göre 90 günde yaklaşık %30'luk bir dayanım kaybı yaşadığı, asitli ortamda bekletilen numunelerde ise %50-60'a varan seviyelerde dayanımda kayıplara yol açtığı belirlenmiştir. Bu durum Albitar ve ark. (2017)'de normal portland çimentolu betonun %3 sülfürik asit ortamına maruz bırakılmasıyla %25-30'lara varan basınç dayanımlarındaki kayıplarla benzerlik göstermesine

karşın, bu çalışmada geopolimer betonun daha yüksek olan %10'luk asidik şartlarda gerçekleşmiştir. Asit ortamında kalan betonların oransal olarak dayanımlardaki artış Hardjito ve ark. (2016)'da; geopolimer beton pastasının çok daha iyi bilinen sıradan portland çimentolu betonların aksine hızlı polimerizasyon geçirmesi ve geopolimer betonların yaşlarıyla dayanım kayıplarının değişiklik gösteremeyebileceğini ifadelerindeki dayanımın sülfatlı ortama göre asidik ortamda fazla değişmediğini göstermektedir.

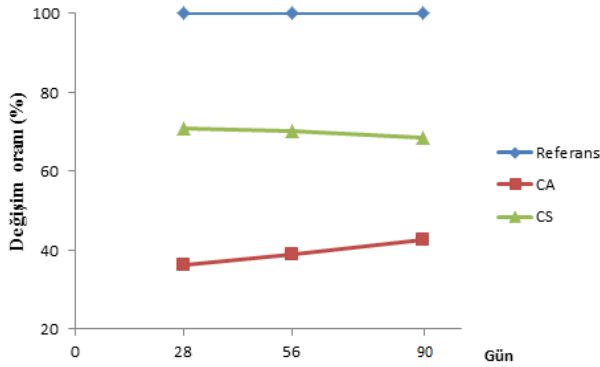


(a)

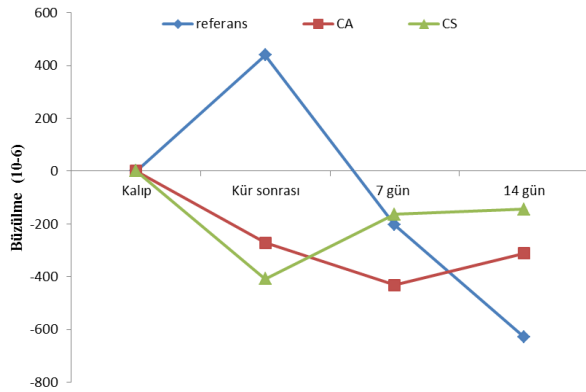


(b)

Şekil 4 Jeopolimer betona ait asit (a) ve sülfat (b) etkisine maruz kalmış numuneler



Şekil 5 Jeopolimer beton asit (CA) ve sülfat (CS) dayanımlarındaki değişim



Şekil 6 Jeopolimer beton boy değişim oranı

Jeopolimer betonun asit ve sülfat etkisinde kalmasıyla meydana gelebilecek boyutsal değişimler (Şekil 6) incelendiğinde referans numunesinin normal su küründen kaynaklı kür sonrası ilk boyunun arttığı, ancak 14 gün sonunda en fazla büzülmenin gerçekleştiği belirlenmiştir. Ancak bu büzülme sülfat ve asit etkisindeki numunelerde ilk 14 gün sonucunda daha az gerçekleştiği görülmüştür. Bu değişim Rashidian-Dezfouli ve Rangaraju (2017)'de jeopolimerizasyon sürecinin devam etmesiyle ya gözenekliliği azaltıcı yeni bir faz oluşumu ya da jeopolimer matrisinde jips oluşumundan kaynaklanabileceğini açıklamışlardır.

Sonuçlar ve Öneriler

Mineral katkı olarak seramik atığı ve cüruf kullanılarak üretilen jeopolimer betonun tarımsal yapılarda kullanılabilme olanaklarının araştırıldığı bu çalışma sonucunda;

- Jeopolimer betonun ilk ve nihai basınç dayanımlarının normal betonlara göre daha yüksek olduğu, 84,82 MPa basınç dayanıma ulaşıldığı,
- Eğilme dayanımlarının ilk günlerde 1,25-1,66 MPa arasında olduğu, kür sonunda bu değer 0,42 MPa'a düştüğü,
- Boyutsal kararlılıklarının normal şartlardaki referans numunesine göre asit ve sülfat etkisindeki ortamlarda daha az büzülmenin olduğu,
- Rashidian-Dezfouli ve Rangaraju, 2017'de ifade ettiği gibi portland çimentolu ürünlere göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre jeopolimer betonun tarımsal yapılarda özellikle yem ve gübre kalıntılarında kaynaklı asidik ortamlarda kullanılmasında normal betonlara göre yararlar sağlayabileceği görülmüştür. Ancak jeopolimer betonun başta maliyet analizlerinin de yapılarak farklı mineral katkıların kullanımı, farklı karışım oranları gibi diğer özelliklerinin de araştırılması tarımsal yapılarda fayda sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Albitar M, Mohamed Ali MS, Visintin P, Drechsler M. 2017. Durability Evaluation of Geopolymer and Conventional Concretes, Construction and Building Materials, Vol. 136, pp: 374-385, ISSN 0950-0618.
- Anonimous 2017. About Geopolymerization, <https://www.geopolymer.org/science/about-geopolymerization/>
- Beli ND, Lenehan JJ, Braam CR, Svennerstedt B, Richardson M, Sonck B. 2000. Durability of Building Materials and Components in the Agricultural Environment, Part III: Concrete Structures, J. agric. Engng Res., 76: 3-16.
- Chang Z, Xiu-Jiang S, Robert M, Marton M. 2005. Using Limestone Aggregates and Different Cements for Enhancing the Resistance of Concrete to Sulphuric Acid Attack. Cem. Concr. Res., 35 (8): 1486-1494
- Cizer O, Elsen J, Feys D, Heirman G, Vanderwalle L, Van Gemert D, De Schutter G, Desmet B, Vantomme J. 2011. Microstructural Changes in Self-compacting Concrete by Sulphuric Acid Attack. Proceeding of the 13th ICC International Congress on the Chemistry of Cement, 1-7.

- Duxson P, Fernandez-Jimenez A, Provis GJL, Lukey C, Palomo A, Deventer JSJ. 2007. Geopolymer Technology: the Current State of the Art. *Journal of Materials Science*, vol:42, iss:9, pp 2917–2933.
- Habert G, d’Espinoze de Lacaillerie JB, Roussel N. 2011. An Enviromental Eveluation of Geopolymer Based Concrete Production: Reviewing Current Research Trends. *Journal of Cleaner Production*. 19: 1229-1238.
- Hanayneh B, Shatarat N, Katkhuda H. 2012. Improving Durability of Concrete to Phosphoric Acid Attack, *Jordan Journal of Civil Engineering*, Volume 6, No. 1
- Hardjito D, Wallah SE, Sumajouw DMJ, Rangan BV. 2016. On the Development of Fly Ashed Based Geopolymer Concrete, *ACI Materials Journal Technical Paper*, pp:467-472.
- International Energy Agency (IEA), 2017. https://www.iea.org/publications/free_publications/publication/Cement.pdf
- Karabacak A, Topak R, 2007. Ereğli Yöresi Süt Sığırı Barınaklarının Yapısal Durumu ve Sorunları, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21 (42): 55-58.
- Karaman S, 2005. Tokat Yöresinde Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Çevre Kirliliği ve Çözüm Olanakları, *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 57-65.
- Masi G, Rickard W, Vickers L, Bignozzi MC, Riessen A. 2014. A Comparison Between Different Foaming Methods for Synthesis of Light Weight Geopolymers, *Ceramics International*, 40: 13891-13902.
- Mingyu H, Xiaomin Z, Fumei L. 2009. Alkali-Activated Fly Ash-Based Geopolymers with Zeolite or Bentonite As Additives, *Cement and Concrete Research*, 31:762-768.
- Nimwinya E, Arjhan W, Horpibulsuk S, Phoo-ngenkham T, Poowancum A. 2016. A Sustainable Calcined Water Treatment Sludge and Rize Husk Ash Geopolymer. *Journal of Cleaner Production*. 119: 128-134.
- Okuroğlu M, Delibaş, L. 1986, Hayvan Barınaklarında Uygun Çevre Koşulları. *Hayvancılık Sempozyumu*, 5-8 Mayıs, Tokat, s. 43-53.
- Pacheco-Torgal F, Abdollahnejad Z, Miraldo S, Baklouti S, Ding Y. 2012. An Overview on Potential of Geopolymers for Concrete Infrastructure Rehabilitation. *Construction and Buildings Materials*, 36:1053-1058.
- Rashad AM. 2013. A Comprehensive Overview About the Influence of Different Additive on The Properties Alkali-Activated Slag – A Guide For Civil Engineering, *Construction and Building Materials*, 47: 29-55.
- Rashidian-Dezfouli H, Rangaraju PR. 2017. A Comparative Study on the Durability of Geopolymers Produced with Ground Glass Fiber, Fly Ash, And Glass-Powder in Sodium Sulfate Solution, *Construction and Building Materials*, Vol. 153, pp: 996-1009, ISSN 0950-0618,
- Soyer G. 2014. Aydın İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Gübre Yönetim Uygulamaları ve Bitkisel Üretimde Gübre Kullanım Olanaklarının Geliştirilmesi (Yüksek Lisans Tesi), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Usta S. 2011. Serbest Duraklı Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Mimari Yerleşim Planı Oluşturma İlkeleri ve Üreticiler İçin Öneri Mahiyetinde Tip Yerleşim Planlarının Geliştirilmesi. *SDU Teknik Bilimler dergisi*, 1(2): 29-42.
- Wells T, Melchers RE. 2014. An Observation-Based Model for Corrosion of Concrete Sewers Under Aggressive Conditions. *Cement and Concrete Research* 61–62:1–10.
- Yıldızay H, Gören R, Yanık G. 2014. Alunit Mineralinin Jeopolimer Başlangıç Malzemesi Olarak Kullanımı, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (AKÜ FEMÜBİD)*. 14: 219-224.
- Zhou W, Yan C, Duan P, Liu Y, Zhang Z, Qju X., Li D. 2016. A Comperative Study of High and Low Al₂O₃ Fly Ash Based Geopolimers: The Role Of Mix Proportion Factors and Curing Temparatures. In *Materials & Design*, Volume 95, 2016, Pages 63-74, ISSN 0264-1275.