

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Aslı ÇÜÇEN^{1*}, Yusuf Tahir ALTUNCI²

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Burdur

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 04.01.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): aslicucen@gmail.com

☎ +90 248 2132757 📠 +90 248 2132704

ÖZ

Bu çalışmada, şeker rafine endüstrisinin atık ürünü olan şeker pancarı posasının horasan harcında lif katkısı olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, hidrolik kireç, kum, tuğla kırığı, kiremit tozu ve suyun uygun oran optimizasyonları sağlanarak horasan harcı örnekleri üretilmiş ve elde edilen harç karışımlarına lif katkı olarak farklı oranlarda şeker pancarı posası ilave edilmiştir. Daha sonra harç örnekleri üzerinde taze harç deneyleri ile sertleşmiş harç mekanik ve fiziksel deneyleri yapılarak şeker pancarı posasının horasan harcı üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, şeker pancarı posasının horasan harcı içerisinde kullanımının uygun olmasıyla birlikte harç özelliklerini iyileştirici etkide bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Horasan harcı, kiremit tozu, lif katkı, şeker pancarı posası, tuğla tozu

Investigation of Usability of Sugar Beet Pulp as Fiber Additive in Khorasan Mortar

ABSTRACT

This study aimed to examine the usability of sugar beet pulp, which is a waste product of the sugar refining industry, as a fiber additive in Khorasan mortar. In this context, Khorasan mortar samples were produced by providing appropriate ratio optimizations of hydraulic lime, sand, brick chips, tile dust, and water, and sugar beet pulp was added in different proportions as a fiber additive to the mortar mixtures obtained. Then, the effects of sugar beet pulp on Khorasan mortar were determined by performing fresh mortar experiments and hardened mortar mechanical and physical experiments on mortar samples. As a result of the study; It was concluded that the use of sugar beet pulp in Khorasan mortar has a healing effect on the mortar properties, as well as being appropriate.

Keywords: Khorasan mortar, tile dust, fiber additive, sugar beet pulp, brick dust

GİRİŞ

Tarihi yapılar geçmiş dönemlerde var olan uygarlıkların kültür, gelenek ve göreneklerini gelecek nesillere aktarmada önemli yer tutan özgün eserlerdir. Bu nedenle ortak miras niteliğinde olan tarihi yapıları koru-

mak, hasara uğramış olanları mevcut durumunu bozmayacak şekilde restore ederek yapının işlevine devam edebilmesini sağlamak geçmiş dönemlerden itibaren ulusların temel hedefleri arasında olmuştur (Gökçen, 2021). Tarihi yapıların restorasyon aşamalarında yapıda kullanılmış olan malzemeye uygun olan malzemelerin kullanılması gerekmektedir.

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Tarihi yapılar incelendiğinde, horasan harcı olarak nitelendirilen harcın tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesi olduğu görülmektedir. Horasan kelimesi kırılarak ve öğütülerek elde edilmiş olan tuğla ve kiremit gibi pişmiş killer anlamında kullanılmaktadır. Horasan harcı ise kireç, tuğla ve kiremit tozu, su, çeşitli lif ve katkı maddelerinin belirli oranlarda bir araya getirilmesiyle elde edilen bir yapı malzemesidir. Tarihi yapılarda sıklıkla kullanılan horasan harcının özelliklerini iyileştirecek uygulamaların geliştirilmesi, tarihi yapıların korunması ve restorasyon uygulamalarının da kalitesini arttırmada etkili olmaktadır (Canbaz ve Güler, 2017).

Horasan harcı ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki şekildedir:

Akbulut (2006) yaptığı çalışmada, horasan harcında agrega olarak tuğla pirincinin kullanıldığı 10 adet, silis katkılı kumun kullanıldığı 10 adet olmak üzere toplam 20 adet harç numunesi üretmiş ve bazı numunelere polipropilen lif ilave ederek lif katkısının horasan harcı üzerindeki etkilerini incelemek üzere deneysel çalışmalar yapmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, kullanılan lifin rötreyi azaltmada etkili olduğu, numunelere eklenen lifli yapıdaki malzemenin; agrega olarak silis esaslı kumun kullanıldığı harçlarda mekanik özelliklerini iyileştirirken, tuğla pirinci ile üretilmiş numunelerin mekanik özelliklerinde azalmaya sebep olduğunu gözlemiştir.

Yılmaz (2010) yüksek lisans tez çalışmasında, portland çimentosunun horasan harcında kullanılmasını araştırmıştır. Çalışma kapsamında kireç, tuğla tozu, tuğla pirinci, Portland Çimentosu ve odun külü kullanarak horasan harcı numuneleri üretmiştir. Üretilen harç numuneleri üzerinde 28 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapmıştır. Yapılan deneyler sonucunda %65 tuğla tozu, %10 kireç ve %25 oranında portland çimentosu kullanılarak hazırlanmış horasan harcı örneğinin diğer harç numunelerine göre en iyi performansla sahip harç örneği olduğunu belirlemiştir.

Yashwanth ve Nagarjuna (2016) çalışmalarında; şeker kamışı küspesi külünü (ŞKK) ve uçucu külü (UK) beton içerisinde çimento yerine ikame ederek beton üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında, çimento yerine %5, %10, %15, %20 oranında ŞKK VE UK kullanarak harç numuneleri üretmişler ve bir dizi deneyler uygulamışlardır. Yapılan deneyler sonucunda; ŞKK ve UK kullanımının

betonun işlenebilirliğini arttırdığını ve ikame oranının artmasıyla birlikte beton basınç dayanımının da arttığını gözlemlemişlerdir.

Canbaz ve Güler (2017) yapmış oldukları çalışmada; farklı kireç türlerinin horasan harcının mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yağlı kireç ve hidrate kireç kullanılarak üretilen harç numuneleri üzerinde 7 günlük ve 28 günlük birim hacim ağırlık, ultra ses geçiş süresi, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda yağlı kireç kullanılarak üretilmiş olan harç numunelerinin özelliklerinin hidrate kireç kullanılarak üretilen numunelere göre daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Sooksaen ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada, beton içerisinde agrega olarak granit tozu kullanarak hazırlanan beton karışımlarının içerisinde şeker kamışı küspesi külünün (ŞKK) çimento yerine kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında; çimento yerine %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ŞKK ikame edilmiş olan beton numuneleri üretmişlerdir. Numuneler üzerinde belirli deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda; ŞKK' nin %10 oranına kadar çimento yerine ikame edilebileceğini belirtmişlerdir.

Altuncu (2021) yapmış olduğu çalışmada, klinker ana hammaddesinin çimento içerisinde kullanımını azaltmak amacıyla şeker pancarı küspesi külünü (ŞPKK) CEM I 42.5 R tipi çimento yerine %1, %2.5 ve %5 oranlarında ikame ederek mineral katkılı çimentolar elde etmiştir. Daha sonra elde edilen çimentoları kullanarak harç numuneleri üretmiştir. Üretilen numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla; birim hacim ağırlık, 7 ve 28 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapmıştır. Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda; ŞPKK'nün mineral katkı olarak %5 oranına kadar kullanımının sertleşmiş çimento harcının birim hacim ağırlığını azalttığı ve mekanik performans özelliklerini de olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir.

Kılıç (2021) yapmış olduğu çalışmada; yumurta akı kullanımının horasan harcı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında hidrolik kireç, kum ve tuğla kırığı kullanarak 6 adet horasan harcı üretimi yapılmıştır. Üretilen harç numunelerinden bir tanesi katkısız diğer 5 tanesi %5, %10, %15, %20, %25 oranlarında yumurta akı katkılı harçlardır. Taze harç numuneleri üzerinde kıvam tayini deneyi, sertleşmiş harç numuneleri üzerinde ise birim hacim ağırlık, ultra ses geçiş hızı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneysel

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

çalışmaların sonunda, yumurta akının horasan harcı içerisinde %5 oranını geçmeyecek şekilde kullanılması durumunda horasan harcının dayanım özelliklerini iyileştirdiği, yumurta akının ısı ve ses yalıtımı sağlamada etkili olduğu belirlenmiştir.

Şimşek ve Kılıç (2021) yaptıkları çalışmada, horasan harcında keçi kılının lif katkı olarak kullanımının harç üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla hazırladıkları horasan harcı karışımlarına %0.2, %0.4, %0.6, %0.8 ve %1 oranlarında keçi kılı ilave ederek numunelerin yayılma miktarını, birim hacim ağırlık, su emme, ultrases geçiş süresini, eğilme ve basınç dayanımı değerlerini ölçmüşlerdir. Yapılan çalışma sonucunda 0-2 mm tuğla kırığı ile %0,8 keçi kılı kullanımı ve 0-4 mm tuğla kırığı ile %1 keçi kılı kullanımının dayanım açısından en olumlu sonuçları sağladığını tespit etmişlerdir.

Literatürden de anlaşılacağı üzere; son yıllarda horasan harcı ile yapılan çalışmaların farklı lif katkıları, şeker pancarı küspesi ile yapılan çalışmaların ise beton içerisinde kullanılmasına yönelik olduğu görülmektedir. Çalışmamızda ise şeker üretim tesisi atıklarının horasan harcı içerisinde kullanılarak harç üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu da çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır. Şeker pancarı posası ilave edilmiş horasan harcı özelliklerinin teknik açıdan detaylı bir şekilde incelenerek endüstriyel olarak kullanılabilirliğinin

araştırılması amacıyla yapılan bu çalışma; organik atıkların, lif katkı olarak geri kazandırılmasına yönelik bir çalışma olması ve geri kazanılmış malzemelerin yapı sektöründe kullanımının yaygınlaştırmasına katkı sağlaması bakımından önemlidir. Ayrıca yapılan bu çalışmanın ilerleyen dönemlerde tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri ve atık ürünlerin yapı malzemesi alanında kullanımına ilişkin yapılacak olan akademik ve sektörel anlamdaki çalışmalara ışık tutacağına inanılmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışma kapsamında hazırlanan Horasan harçlarının üretiminde tuğla tozu (0-2mm), kiremit tozu (0-2mm), kum (0-2mm), hidrolik kireç, su ve şeker pancarı posası kullanılmıştır.

Tuğla Tozu

Çalışmada Burdur bölgesindeki bir tuğla fabrikasından temin edilen 0-2 mm elek aralığındaki tuğla tozu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tuğla tozunun özgül ağırlığı 2.77 g/cm^3 olup kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tuğla Tozu kimyasal özellikleri (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	LOI
53.02	14.48	10.47	9.06	6.69	0.32	2.68	1.25	1.70	0.10

Kiremit Tozu

Piyasadan temin edilen atık kiremit kırıklarının 2 mm'lik elekten elenmesi suretiyle kiremit tozu elde edilerek çalışmada kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda kullanılan kiremit tozunun özgül ağırlığı 2.42 g/cm^3 olup malzemenin kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kiremit tozu kimyasal özellikleri (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	LOI
46.45	13.05	6.39	14.13	7.00	1.63	1.51	2.53	0.59	6.56

Kum

Çalışmada agrega olarak 2 mm'lik elekten elenen $2,51 \text{ g/cm}^3$ özgül ağırlığındaki kum kullanılmıştır.

Hidrolik Kireç

Horasan harcı üretiminde bağlayıcı olarak piyasadan temin edilen 2.34 g/cm^3 özgül ağırlığındaki doğal hidrolik kireç kullanılmıştır.

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Su

Horasan harcı üretiminde Burdur bölgesindeki içilebilir nitelikteki şebeke suyu kullanılmıştır.

Şeker Pancarı Posası

Çalışmada, Burdur bölgesinden temin edilen şeker pancarı posası kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra lif katkı olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Numune karışım oranları; hacimce %53 su, %19 kireç, %14 kum ve %14 tuğla tozu veya %14 kiremit tozu şeklinde belirlenmiştir. Şeker pancarı posası lif katkı olarak bağlayıcı malzeme (hidrolik kireç) miktarının ağırlıkça %0, %1, %2, %3 ve %5 oranlarında karışıma ilave edilmiştir. 1 m³ horasan harcı içerisindeki malzeme miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 1 m³ horasan harcı içerisindeki malzeme miktarları

Karışımlar	Su (kg)	Hidrolik kireç (kg)	Kum (kg)	Tuğla tozu (kg)	Kiremit tozu (kg)	Şeker pancarı posası (kg)
Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu	530	444.6	351.4	387.8	X	X
Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %1 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	387.8	X	4.45
Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %2 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	387.8	X	8.90
Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %3 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	387.8	X	13.35
Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %5 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	387.8	X	22.25
Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu	530	444.6	351.4	X	338.8	X
Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %1 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	X	338.8	4.45
Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %2 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	X	338.8	9.88
Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %3 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	X	338.8	14.82
Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %5 Şeker pancarı posası	530	444.6	351.4	X	338.8	19.76

Üretim Yöntemi

Çalışmada, mekanik özellikler için 1 seri, fiziksel özellikler içinde 2 seri olmak üzere ve her seride 10 farklı horasan harcı numunesi olacak şekilde toplam 30 seri horasan harcı numunesi üretilmiştir. Üretilen numunelerde karışıklığı engellemek için notasyon kullanılmıştır. Notasyonda bulunan 'TT' ifadesi tuğla tozu ikamesi ile oluşturulan numuneleri, 'KT' ifadesi ise kiremit tozu ikamesi ile oluşturulan numuneleri ifade etmektedir. Numunelerden 2 tanesinde şeker pancarı posası kullanılmamış ve bu numuneler şahit numune olarak karşılaştırmalarda kullanılmıştır. Bunlardan tuğla tozu ile üretilen numune 'TT0' olarak, kiremit tozu ile üretilen numune ise "KTO" olarak isimlendirilmiştir. Karışıma şeker pancarı posası ilave edilen harç numunelerinde ise notasyonun diğer hanelerinde numune içerisindeki şeker pancarı posasının ikame oranlarını ifade eden

%1 için 1, %2 için 2, %3 için 3 ve %5 için 5 rakamları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan üretim yöntemi ve notasyonlar Tablo 4'te verilmiştir.

Çalışmada kullanılan harç numuneleri; kum, tuğla tozu veya kiremit tozu, hidrolik kireç ve şeker pancarı posası ile elde edilen kuru karışımın hazırlanmasının ardından karışıma su ilave edilerek Hobart mikseri yardımıyla karıştırılması şeklinde üretilmiştir. Üretim için TS EN 196-1 standardına göre 40x40x160 mm boyutlarındaki prizmatik üçlü metal kalıplar kullanılmıştır. Bu yöntemle her bir karışımdan üçer adet olacak şekilde toplam 90 adet 40x40x160 mm boyutlarında prizmatik horasan harç numuneleri üretilmiştir. Harç numuneleri 3 günlük priz süresinin ardından kalıptan çıkartılarak 28 gün süreyle kür havuzunda bekletilmiştir. Numuneler 28. günün sonunda fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmuştur.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan notasyonlar

Notasyon	Karışımlar
TTO	Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu
TT1	Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %1 Şeker pancarı posası
TT2	Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %2 Şeker pancarı posası
TT3	Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %3 Şeker pancarı posası
TT5	Su + Hidrolik kireç + Kum + Tuğla tozu + %5 Şeker pancarı posası
KTO	Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu
KT1	Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %1 Şeker pancarı posası
KT2	Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %2 Şeker pancarı posası
KT3	Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %3 Şeker pancarı posası
KT5	Su + Hidrolik kireç + Kum + Kiremit tozu + %5 Şeker pancarı posası

Deneysel Yöntem

Çalışmada ilk olarak, üretim süreci tamamlanmış olan harç numunelerinin TS EN 12350-6 standardına göre Denklem 1'de verilen formül kullanılarak taze harç yoğunlukları belirlenmiştir.

$$Df = Mf/Vc \quad (1)$$

Bu denklemde yer alan;

Df: Taze harç yoğunluğunu

Mf: Harcın ağırlığını

Vc: Kabın hacmini ifade etmektedir.

Taze harç özelliklerinin belirlenmesinin ardından üretilen harç numuneleri yeterli dayanıma ulaşabilmesi için kalıp içerisinde bekletilmiştir. Numuneler 3 günlük priz süresinin ardından kalıptan çıkartılarak 28 günlük süreyle kür havuzuna alınmıştır.

28 günün ardından mekanik deneylerin yapılması için hazır hale gelen numuneler üzerine, TS EN 196-1 standardına göre ilk önce eğilme dayanımı deneyi, ardından da basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

Çalışmada uygulanan eğilme dayanımı deneyi TS EN 1015-11 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre, 40x40x160 mm boyutlarına sahip olan prizmatik numunelerin bir yüzeyi deney cihazındaki mesnetlerin üzerine gelecek şekilde konumlandırıldıktan sonra, açıklığın orta noktasından numune kırılıncaya kadar yük uygulanmıştır. Şekil 1 'de deney sırasında uygulanan yöntem gösterilmiştir.



Şekil 1. Eğilme dayanımı deneyi

Çalışmada üretilen numunelerin basınç dayanımı değerlerinin belirlenmesi amacıyla numuneler üzerine basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. TS EN 1015-11 standardına uygun olarak gerçekleştirilen basınç dayanımı deneyinde eğilme dayanımı deneyi sonrasında iki parça haline gelen numuneler, basınç dayanımı deney cihazının 40x40 mm boyutlarındaki metal kırma başlıkları arasına yerleştirildikten sonra basınç yüklemesine maruz bırakılmıştır. Şekil 2'de basınç dayanımı deneyinin uygulanışı gösterilmiştir.



Şekil 2. Basınç dayanımı deneyi

Üretilen horasan harcı numunelerinin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla TS EN 12390-7 standardına göre Denklem 2 ve Denklem 3'ten yararlanılarak öncelikle sertleşmiş harç numunelerinin hacimleri ve yoğunlukları belirlenmiştir.

$$V_s = (M_a - M_s) / d_s \quad (2)$$

$$D_h = M_a / V_s \quad (3)$$

Bu denklemlerde yer alan;

- V_s : Sertleşmiş harç numunelerinin hacim değerini,
 M_a : Sertleşmiş harç numunelerinin havadaki ağırlık miktarını,
 M_s : Sertleşmiş harç numunelerinin su içerisindeki ağırlık miktarını,
 d_s : Suyun yoğunluk değerini (0,998 g/cm³),
 D_h : Sertleşmiş harç numunelerinin yoğunluğunu ifade etmektedir.

Horasan harcı numunelerinin ağırlıkça su emme ve porozite oranlarının belirlenmesi için Arşimet prensibiyle; Denklem 4 kullanılarak ağırlıkça su emme oranları ve Denklem 5 kullanılarak da porozite oranları hesaplanmıştır (Altuncu ve Öcal, 2022).

$$S_a = ((M_{sd} - M_k) / M_k) \times 100 \quad (4)$$

$$P = (M_{sd} - M_k) / (M_{sd} - M_s) \quad (5)$$

Bu denklemlerde yer alan;

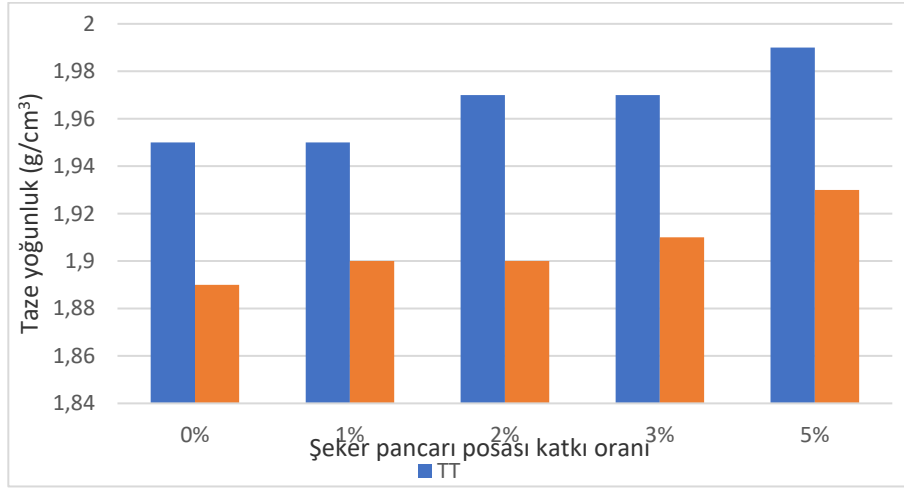
- S_a : Sertleşmiş harç numunelerinin ağırlıkça su emme miktarını
 M_{sd} : Numunelerin suya doymuş ağırlık miktarlarını
 M_k : Numunelerin etüv kurusu ağırlıklarını
 M_s : Numunelerin su içerisindeki ağırlık miktarını
 P : Numunelerin porozite miktarını ifade etmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Taze Harç Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Numunelerin taze harç yoğunluk değerlerine göre; tuğla tozu ile üretilen TT grubu harçlarda ve kiremit tozu ile üretilen KT grubu harçlarda benzer olmak üzere harç içerisindeki şeker pancarı posası miktarı arttıkça numunelerin taze harç yoğunluk değerleri de artış göstermiştir. Bununla birlikte kiremit tozu ile üretilen KT grubu numunelerin taze harç yoğunluk değerlerinin, tuğla tozu ile üretilen TT grubu numunelerin taze harç yoğunluk değerlerine göre daha az olduğu tespit edilmiştir. TT grubu harç numuneleri içerisinde en yüksek taze harç yoğunluk değeri 1.99 g/cm³ ile TT5 notasyonlu numuneye ait iken, en düşük taze harç yoğunluk değeri ise 1.95 g/cm³ değeri ile TT0 notasyonlu numuneye aittir. Ayrıca, TT5 notasyonlu numunenin taze harç yoğunluk değerinde, şahit numuneye göre (TT0) %2.05 oranında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. KT grubu harç numunelerinin taze harç yoğunluk değerleri incelendiğinde ise; en yüksek taze harç yoğunluk değerinin 1.93 g/cm³ ile KT5 grubu numunede, en düşük taze harç yoğunluk değerinin ise 1.89 g/cm³ ile şahit numunede (KT0) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte KT5 notasyonlu numunenin taze harç yoğunluk değerinin, KT grubu şahit numuneye göre (KT0) %2.12 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Numunelerin taze harç yoğunluk değerleri Şekil 3'te gösterilmiştir.

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

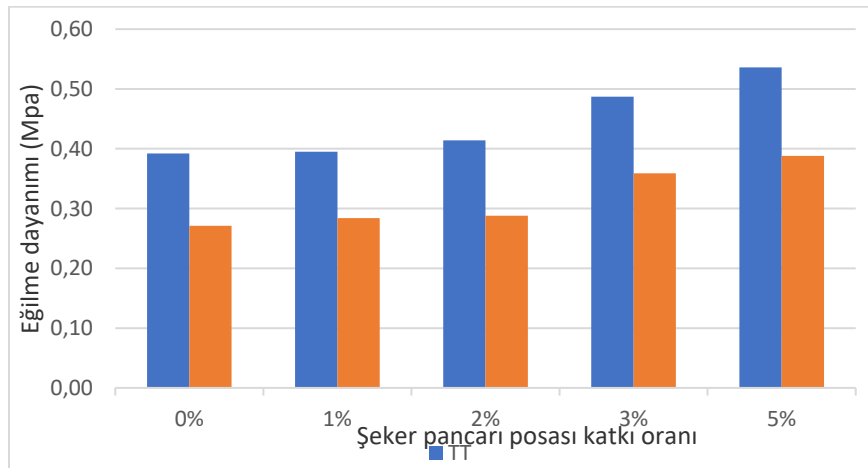


Şekil 3. Numunelerin taze harç yoğunluk değerleri

Eğilme Dayanımı Değerlerinin Belirlenmesi

Numunelerin 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçlarına göre; tuğla tozu veya kiremit tozu ile üretilen horasan harçlarının eğilme dayanımı değerlerinin şeker pancarı posası katkı oranının artmasına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Ayrıca tuğla tozu ile üretilmiş olan TT grubu numunelerin eğilme dayanımı değerlerinin, kiremit tozu ile üretilmiş olan KT grubu numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. TT grubu harç numunelerinde, en yüksek eğilme dayanımı değerine sahip numune 0.536 MPa değeri ile TT5 numunesi iken, en düşük eğilme dayanımı değerine sahip numune ise 0.392 MPa değeri ile TT0 şahit numunesidir. KT grubu numunelerin eğilme dayanımı değerlerinde ise, KT5 numunesinin 0.388 MPa değeri ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ve KTO şahit numunesinin ise 0.271 MPa değeri ile en düşük eğilme dayanımı değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Tuğla tozu

ile üretilmiş olan harç numunelerinden şahit numuneye (TT0) göre, şeker pancarı posası katkı TT1, TT2, TT3 VE TT5 kodlu numunelerin eğilme dayanımı değerlerinin sırasıyla, %0.77, %5.61, %24.23, %36.73 oranında arttığı görülmüştür. Bununla birlikte kiremit tozu ile üretilmiş olan harç numunelerinden şeker pancarı posası katkı KT1, KT2, KT3 ve KT5 kodlu numunelerin eğilme dayanımı değerlerinin, katkısız şahit numuneye (KTO) göre sırasıyla %4.80, %6.27, %32.47 ve %43.17 oranlarında arttığı tespit edilmiştir. Şeker pancarı posasının lif katkı malzemesi olarak kullanılması numunelerin eğilme dayanımı performansını arttırmıştır. Literatürde lif katkıları kullanılarak yapılmış çalışmalarda da benzer performans artışları olmuştur (Atahan ve ark., 2013; Uygunoğlu ve ark., 2022). Numunelerin 28 günlük eğilme dayanımı değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

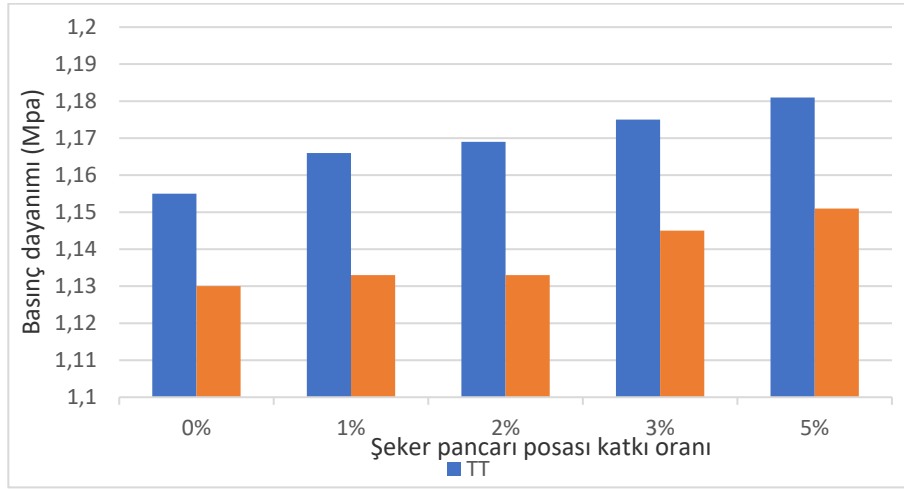


Şekil 4. 28 günlük numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Basınç Dayanımı Değerlerinin Belirlenmesi

Numunelerin 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçlarına göre; tuğla tozu ile üretilen TT grubu numunelerin basınç dayanımları sırasıyla şeker pancarı posası katkısı olmayan (TT0) şahit numune için 1.155 MPa, %1 şeker pancarı posası katkılı (TT1) numune için 1.166 MPa, %2 şeker pancarı posası katkılı (TT2) numune için 1.169 MPa, %3 şeker pancarı posası katkılı (TT3) numune için 1.175 MPa ve %5 şeker pancarı posası katkılı (TT5) numune için ise 1.181 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kiremit tozu ile üretilen KT grubu numunelerin basınç dayanımları sırasıyla şeker pancarı posası katkısı olmayan (KT0) şahit numune için 1.130 MPa, %1 şeker pancarı posası katkılı (KT1) numune için 1.133 MPa, %2 şeker pancarı posası katkılı (KT2) numune için 1.133 MPa, %3 şeker

pancarı posası katkılı numune (KT3) için 1.145 MPa ve %5 şeker pancarı posası katkılı numune (KT5) için ise 1.151 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre; hem tuğla tozu ile üretilen TT grubu harçlarda hem de kiremit tozu ile üretilen KT grubu harçlarda şeker pancarı posasının numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarını artırıcı yönde etki gösterdiği görülmektedir. Şeker pancarı küspesi numunelerdeki mikro boşlukları doldurarak dayanıma katkı sağlamıştır. Yapılan benzer çalışmalarda lif katkının basınç dayanımına olumlu veya olumsuz katkı yapabileceği belirtilmiştir (Fanella ve Naaman, 1985; Ersoy, 2003; Atahan ve ark., 2013). Numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir.



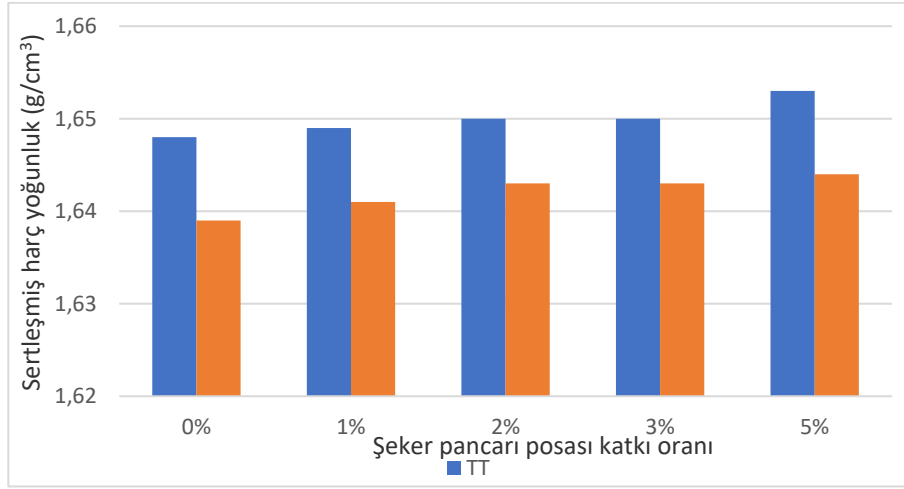
Şekil 5. 28 günlük numunelerin basınç dayanımı değerleri

Sertleşmiş Harç Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Sertleşmiş harç numunelerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde; tuğla tozu ile üretilen TT grubu numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk değerlerinin kiremit tozu ile üretilen KT grubu numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk değerlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Tuğla tozu ile üretilen numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk değerleri sırasıyla T0 numunesi için 1.648 g/cm³, TT1 numunesi için 1.649 g/cm³, TT2 numunesi için 1.650 g/cm³, TT3 numunesi için 1.650 g/cm³ ve TT5 numunesi için 1.653 g/cm³ olarak; kiremit tozu ile üretilen numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk

değerleri ise sırasıyla KT0 numunesi için 1.639 g/cm³, KT1 numunesi için 1.641 g/cm³, KT2 numunesi için 1.643 g/cm³, KT3 numunesi için 1.643 g/cm³ ve KT5 numunesi için ise 1.644 g/cm³ olarak bulunmuştur. Tuğla tozu ve kiremit tozu ile üretilmiş olan numunelerin yoğunluk değerleri arasındaki ilişki benzerlik göstermektedir. Numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk değerleri ikame oranı ile birlikte ya azalmakta ya da aynı kalmaktadır. Buna göre; horasan harcı içerisinde şeker pancarı posası katkı oranının artmasıyla birlikte sertleşmiş harç yoğunluk değerinin az da olsa arttığı görülmektedir. Numunelerin sertleşmiş harç yoğunluk değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması



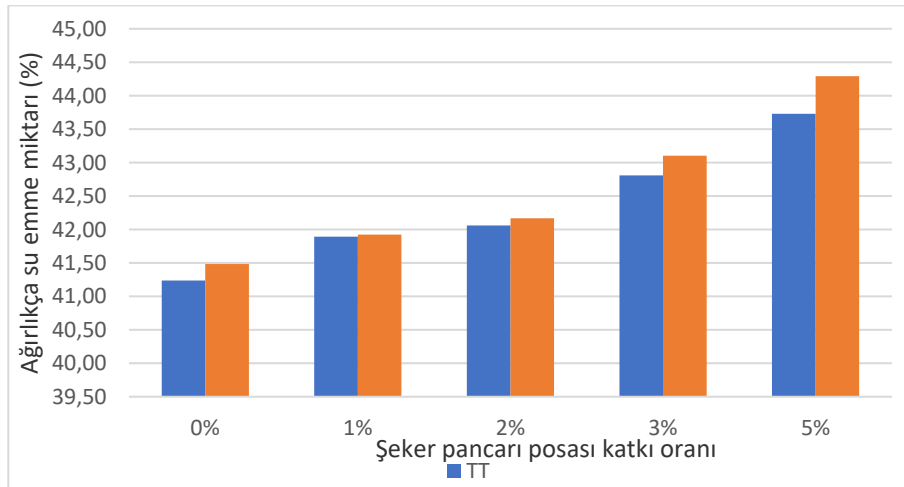
Şekil 6. Sertleşmiş harç yoğunluk değerleri

Ağırlıkça Su Emme Miktarlarının Belirlenmesi

Sertleşmiş harç numunelerinin ağırlıkça su emme yüzdesi değerleri incelendiğinde, tuğla tozu kullanılarak üretilen TT grubu numunelerde ve kiremit tozu kullanılarak üretilmiş olan KT grubu numunelerde %5 oranında şeker pancarı posası ilave edilmiş olan numunelerin (TT5-KT5) kendi grupları içerisinde ağırlıkça su emme yüzdesi değerlerinin en yüksek, şeker pancarı posası ilave edilmemiş olan şahit numunelerin (TT0-KT0) grupları içerisinde ağırlıkça su emme yüzdesi değerlerinin ise en az olduğu görülmektedir. Tuğla tozu ile üretilen numunelerin ağırlıkça su emme yüzdesi sırasıyla TT0 numunesinde %41.237, TT1 numunesinde %41.892, TT2 numunesinde %42.061, TT3 numunesinde %42.809 ve TT5 numunesinde ise

%43.729 olarak; kiremit tozu ile üretilen numunelerin ağırlıkça su emme yüzdesi ise sırasıyla KT0 numunesinde %41.484, KT1 numunesinde %41.924, KT2 numunesinde %42.169, KT3 numunesinde %43.103 ve KT5 numunesinde ise %44.291 olarak belirlenmiştir.

Numunelerin ağırlıkça su emme yüzdesi arasındaki ilişki incelendiğinde; şeker pancarı posası ilavesinin horasan harcının ağırlıkça su emme miktarını artırıcı yönde etki gösterdiğinin söylenmesi mümkündür. Çimento ve PVA lif kullanılarak yapılan benzer bir çalışmada lif katkı oranı arttıkça su emme ile porozite oranları da artmıştır (Uygunoğlu ve ark., 2022). Numunelerin ağırlıkça su emme miktarları Şekil 7'de gösterilmiştir.

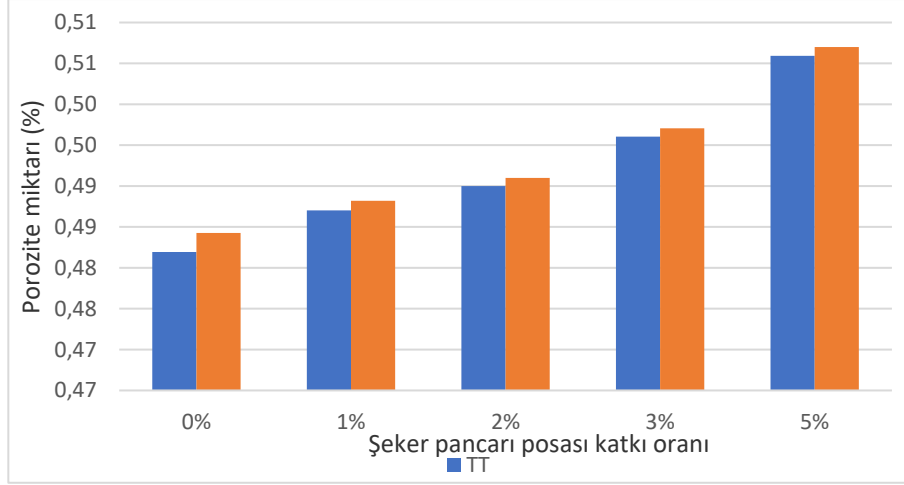


Şekil 7. Numunelerin ağırlıkça su emme miktarları

Porozite Değerlerinin Belirlenmesi

Sertleşmiş harç numunelerinin porozite değerlerine göre; TT grubu ve KT grubu numunelerde, %5 oranında şeker pancarı posası ilave edilmiş olan numunelerin (TT5-KT5) porozite değerlerinin en yüksek, şeker pancarı posası ilave edilmemiş olan şahit numunelerin

(TT0-KT0) porozite değerlerinin ise en az olduğu görülmektedir. Buna göre; horasan harcı içerisindeki şeker pancarı posası katkı oranının artmasının harcın porozite değerini arttırdığı tespit edilmiştir. Numunelerin porozite değerleri Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Numunelerin porozite değerleri

SONUÇ

Şeker pancarı posasının horasan harcı üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada; üretilen numuneler üzerinde, taze harç yoğunluk, eğilme ve basınç dayanımı, sertleşmiş harç yoğunluk, su emme ve porozite deneyleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Şeker pancarı posası ikamesi, numunelerin taze ve sertleşmiş yoğunluk değerlerini arttırmıştır.
- Numunelerin 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçlarına göre; en düşük eğilme dayanımı değeri 0.271 MPa ile KT0 numunesine, en yüksek eğilme dayanımı değeri ise 0.536 MPa ile TT5 numunesine aittir. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçlarına göre; en düşük basınç dayanımı değeri 1.130 MPa ile KT0 numunesine, en yüksek basınç dayanımı değeri ise 1.181 MPa ile TT5 numunesine aittir. Bu bağlamda şeker pancarı posası ikamesi, numunelerin mekanik dayanımlarını arttırmıştır.
- Şeker pancarı posası ikamesi, sertleşmiş harcın ağırlıkça su emme oranını ve porozite değerlerini de arttırmıştır.
- TT grubu numunelerin performans değerlerinin KT grubu numunelere göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Bu bilgiler doğrultusunda; şeker pancarı posasının horasan harcı içerisinde kullanımının genel olarak harcın performansını iyileştirici etkide bulunduğu ve harç içerisinde kullanımının uygun olduğunun söylenmesi mümkündür. Ayrıca organik atık malzemelerden biri olan şeker pancarı posasının horasan harcı içerisinde değerlendirilmesinin ülke ekonomisine katkı sağlayan, çevre dostu ve sürdürülebilir yaklaşıma sahip bir uygulama niteliğinde olduğu düşünülmektedir.

İlerleyen dönemlerde yapılacak olan çalışmalarda şeker pancarı posasının farklı harç türleri üzerinde etkisinin belirlenmesini veya horasan harcı içerisinde şeker pancarı posasından farklı olarak diğer organik atıkların kullanılabilirliğini konu edinen çalışmaların sürdürülmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında, 1919B012105022 numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Çalışmaya vermiş olduğu desteklerden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Horasan Harcında Şeker Pancarı Posasının Lif Katkı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

KAYNAKLAR

- Akbulut, D.E. (2006). Tarihi yapıların onarımında kullanılacak harçların seçimine yönelik bir öneri. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altuncu, Y.T. (2021). Şeker pancarı küspesi külünün mineral katkı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. 7. International Congress on Engineering, Architecture and Design, Mayıs 21, İstanbul, 584-590.
- Altuncu, Y.T., Öcal, C. (2022). TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniğinin irdelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1): 21-28.
- Atahan N.A., Pekmezci B.Y., Tuncel E.Y. (2013). Behavior of PVA fiber-reinforced cementitious composites under static and impact flexural effects. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(10): 1438-1445.
- Canbaz, M., Güler, E. (2017). Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisi. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2-4 Kasım, Trabzon, 543-548.
- Ersoy H.Y. (2003). *Kompozit Malzeme*. Literatür Yayınları, Mimarlık Dizisi, ISBN:975-8431-47-1.
- Fanella D.A., Naaman, A.E. (1985). Stress-strain properties of fiber reinforced concrete in compression. *ACI Journal*, 82(4): 475 – 483.
- Gökçen, G. (2021). Horasan harcında farklı tür ve oranlarda agrega kullanımının harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Kılıç, İ. (2021). Horasan harcında yumurta akı kullanımının incelenmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 7(1): 122-134.
- Sooksaen, P., Boodpha, V., Janrawang, P., Songkasupa, P. (2018). Fabrication of lightweight concrete composites using natural fibers in thailand. *Engineering Materials*, 765: 305–308.
- Şimşek, N. ve Kılıç, İ. (2021). Keçi kılının lif olarak horasan harcında kullanılması. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 3(2): 115-131.
- TS EN 196-1, (2016). Çimento deney metotları- Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350-6 (2019). Beton-taze beton deneyleri- Bölüm 6: Birim hacim kütlesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-7 (2019). Beton- sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-11 (2020). Kagir harcı- deney metotları- Bölüm 11: Sertleşmiş harcın eğilmede çekme ve basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uygunoğlu, T., Topçu, İ.B., Şimşek, B., Eryeşil, Ö., Al-Turki, Y.A.Y.A. (2022). Çimento esaslı harçların fiziksel ve mekanik özelliklerinde polivinil alkol (PVA) liflerin etkisi. *Poli-teknik Dergisi*, 25(1):29-36.
- Yashwanth, M.K., Nagarjuna, P. (2016). An experimental study on synergic effect of sugar cane baggage ash and fly ash in concrete. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3: 174–178.
- Yılmaz, C. (2010). Portland çimentosu kullanımının horasan harcı özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.