

POLİPROPİLEN ELYAF KATKILI HORASAN HARCININ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF HORASAN MORTAR WITH POLYPROPYLENE FIBER ADDITIVE

Nimet ŞİMŞEK 

Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, Türkiye

İsmail KILIÇ 

Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 20.11.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 21.12.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.911

ÖZET

Bu çalışma, tarihi eserlerde sıkça kullanılan horasan harcı üzerinde yapılmıştır. Horasan harcı üretiminde katkı olarak polipropilen elyaf kullanılmıştır. Harç karışımı, doğal hidrolik kireç, tuğla kırığı, standart kum, polipropilen elyaf ve su ile oluşturulmuştur. Karışımlarda, 0-2mm ve 0-4mm olmak üzere iki farklı boyutta tuğla kırığı kullanılmıştır. Ayrıca, polipropilen elyaf harçlara %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında katılmış ve değişen katkı oranlarının, harçların özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Harç kalıbı kullanılarak, 40mmx40mmx160mm boyutlarında prizmatik horasan harcı örnekleri üretilmiştir. Üretilen, taze horasan harçları üzerinde yayılma deneyi, 28 ve 90 günlük prizmatik harç örnekleri üzerinde ise birim hacim ağırlık, su emme, ultrases geçiş süresi, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre en yüksek dayanım değerlerine, 0-4mm boyutunda tuğla kırığı ile birlikte, %0,6 oranında polipropilen elyaf kullanılmasıyla ulaşılmıştır. Horasan harcı karışımında, 0-2mm boyutunda tuğla kırığı kullanılması durumunda ise %0,8 oranında polipropilen elyaf kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Polipropilen elyaf, Horasan harcı, Hidrolik kireç, Kireç harcı

ABSTRACT

This study was carried out on horasan mortar which is frequently used in historical artifacts. Polypropylene fiber was used as an additive in the production of horasan mortar. The mortar mix is composed of natural hydraulic lime, brick broken, standard sand, polypropylene fiber and water. Two different sizes of brick broken, 0-2mm and 0-4mm, were used in the mixtures. In addition, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1% polypropylene fibers were added to the mortars and the effect of varying additive ratios on the properties of the mortars was investigated. 40mmx40mmx160mm prismatic horasan mortar samples were produced using a mortar mold. On the produced horasan mortars, the spreading test, on the 28 and 90 days prismatic mortar samples, unit volume weight, water absorption, ultrasound transit time, bending strength and compressive strength tests were carried out. According to the data obtained, the highest strength values were achieved by using 0-4mm brick broken and 0.6% polypropylene fiber. It has been determined that 0.8% polypropylene fiber should be used in the case of 0-2mm brick broken in the horasan mortar mixture.

Keywords: Polypropylene fiber, Horasan mortar, Hydraulic lime, Lime mortar

1. GİRİŞ

Tarihi eserlerin korunması, evrensel bir konudur (Ahunbay, 2009). Bir yapının, kültürel varlık niteliği kazanabilmesi için özgünlüğünü korumuş olması gerekir (Binan, 2016). Tarihi eserlerin restorasyonunda, horasan harcı yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bu nedenle, horasan harcının özellikleri iyi bilinmeli ve restorasyon çalışmalarında, özgünlüğüne uygun olan malzemeler ile üretilmeli ve kullanılmalıdır.

Horasan adı, İran'ın Horasan bölgesinden gelmektedir (İpekoğlu vd., 2007; Uğurlu & Böke, 2009). Horasan, kelime anlamı olarak, tuğla ve kiremit gibi pişmiş killerin kırıklarına denilmektedir (Topçu vd., 2005). Tuğla kırığı, kireç, su ve katkıları kullanılarak hazırlanan harca ise horasan harcı denilmektedir. (Özkaya & Böke, 2009; Prince vd., 2001; Mavioğlu, 2011). Horasan harcı gibi kireç içeren harçlar, çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede, yapılarda yaygın olarak kullanılmışlardır (Böke vd., 2004; Dariz vd., 2017; Seabra vd., 2009).

Horasan harç karışımlarında, bağlayıcı/agrega oranı genellikle 1/2 ile 1/3 arasında önerilmektedir (Matias vd., 2014; Tosun vd., 2015; Özgen, 2002; Gürdal vd., 2012). Tuğla kırığı, horasan harcının mekanik dayanımını artırmaktadır. Harcın içerisindeki iri boyutlu agregalar mekanik dayanımı arttırdıkları için örgü harçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Altaş vd., 2012). Tuğla agregaları, bünyesindeki killerin pişirilme derecelerine göre puzolanik özellik kazanmaktadır (Mavioğlu, 2011). Horasan harcı içerisindeki pişmiş kil tozları, kireç ile yaptığı reaksiyon sonucunda suda çözünmeyen kalsiyum silikat tuzu oluşmakta, bu reaksiyon puzolanik aktivite olarak adlandırılmaktadır. Ortamın nemli olması bu reaksiyonu hızlandırmaktadır (Çizer vd., 2004; Alhan Şimşek, 2018, Canbaz & Güler, 2017; Cinemre, 2019).

Tarihi yapıların restorasyonunda kireç esaslı harçlar kullanılmaktadır (Özgünler vd., 2010). Bu harçlar yapının bulunduğu çevre şartları ve dönemin özelliklerine bağlı olarak farklı karışımlarda üretilmektedir (Uğurlu & Böke, 2009). Eski dönemlerde, kireç harçlarının özelliklerini iyileştirmek amacıyla üretim aşamasında organik veya inorganik katkı maddeleri kullanılmıştır (Uğur & Güleç, 2016). Kılıç (2021), horasan harcında katkı olarak yumurta akını ilave olarak kullanmış, %5 oranından fazla kullanılmaması durumunda harcın özelliklerine olumlu yönde etki ettiğini belirtmiştir. Şişik (2017), rötreyi önlemek amacıyla harç karışımlarına saman katmıştır. Restorasyon harçlarının yapısında saman, bitki lifleri, hayvan kılları gibi katkı maddelerinin kullanıldığı bilinmektedir (Gündüz & Kalkan, 2018). Doğal ve yapay yollarla üretilen lifler, bir boyutu diğer boyutuna göre çok büyük ve dayanımları yüksek olan malzemelerdir (Kavasoğlu, 2019). Lifler, harç ve sıvalarda mekanik özellikleri iyileştirmekte, genişmeyi önlemektedir (Gürdal & Acun, 2004; Erdoğan vd., 2017). Topçu vd. (2017), yaptıkları çalışmada harç karışımına hacimce %0,6, %0,8, %0,9, %1,1 oranlarında polipropilen lif katmışlar ve harçlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Gürdal & Acun (2004), mineral esaslı sıva karışımlarına polipropilen lif katmışlar, örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki değişimleri incelemişlerdir. Erdoğan vd. (2017), polipropilen lif katkılı kireç harçları üretmişlerdir. Uzunluğu 3 mm ve 6 mm olan lifler, karışımlarda hacimce %1,0 ve %1,5 oranlarında ikame edilmiştir. Altun vd. (2018), karışımlarda hacimce %0,5 ve %1 oranlarında polipropilen lifi ilave olarak kullanmışlardır. Lif kullanımının etkisi ile istenilen yayılmayı elde etmek için su azaltıcı katkı ihtiyacının arttığını belirtmişlerdir. Berkil & Ayaz (2020), lif katkılı kerpiç tuğla üretimi gerçekleştirmişlerdir. Boyları 6 mm, 12 mm ve 19 mm olan polipropilen lifler killi toprağa ağırlıkça %0, %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında katarak kerpiç tuğla üretmişlerdir.

Horasan harcına yönelik yapılan literatür çalışmalarında, harç karışımlarında bitkisel ve hayvansal liflerin kullanılmış olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, günümüz teknolojisi ile üretilen polipropilen elyafın horasan harcında kullanılması durumunda, harcın özelliklerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

0-2 mm ve 0-4 mm boyutlarında tuğla kırığı, hidrolik kireç, standart kum, şebeke suyu ve katkı olarak polipropilen elyaf, harç üretiminde kullanılmıştır. Standart kum, Limak Trakya Çimento Fabrikasından temin edilmiştir. Bağlayıcı olarak, Teknorep 550 doğal hidrolik kireç kullanılmıştır. Harman tuğlası adı verilen tuğlalar, çeneli kırıcıda kırılarak 0-4 mm boyutunda tuğla kırıkları elde edilmiştir. Tuğla kırıklarının elek analizi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. 0-4 mm tuğla kırığının gevşek birim hacim ağırlığı $1,19 \text{ g/cm}^3$, özgül ağırlığı 2,89 olarak, 0-2mm tuğla kırığının ise gevşek birim hacim ağırlığı $1,29 \text{ g/cm}^3$, özgül ağırlığı 2,91 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. 0-2mm ve 0-4mm tuğla kırıklarının elek analizi verileri

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	
	0-2 mm	0-4 mm
4	100	100
2	100	53,35
1	70,51	34,12
0,5	48,07	22,66
0,25	17,25	8,53
0,125	0,48	0,18
0,075	0,01	0,02

Horasan harcı üretiminde, ağırlıkça karışım oranları 1, 1 ve 3 olarak, sırasıyla su, kireç ve agrega (kum+tuğla kırığı) için belirlenmiştir. Kum ile tuğla kırığının kendi içerisindeki ağırlıkça karışım oranları ise 1/4 kum ve 3/4 tuğla kırığı olacak şekilde tasarlanmıştır. Horasan harcı karışımlarında katkı olarak kullanılan polipropilen elyaf, kireç ağırlığının yüzdesi miktarında, ilave olarak eklenmiştir. Kireç ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılmıştır. Katkı olarak kullanılan polipropilen elyafın özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Polipropilen elyafın teknik özellikleri (Url-1, 2021)

Özellikler	
Görünüm	Doğal beyaz lif
Safılık	%100
Yoğunluk	0,91g/cm ³
Kesit, Çap	Dairesel, 18µm-20µm
Uzunluk	19mm
Çekme mukavemeti	450-700MPa
Elastisite modülü	3000-3500MPa

Horasan harçlarında, tuğla kırığı tane boyutları farklı olan iki grup harç oluşturulmuştur. Bir grupta 0-2 mm tuğla kırığı kullanılmış (M1), diğer grupta ise 0-4 mm tuğla kırığı kullanılmıştır (M2). Her iki grupta polipropilen elyaf kireç ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılmıştır. Şahit numunelerde, 0-2 mm tuğla kırığı kullanılan horasan harçlarına M10, 0-4mm tuğla kırığı kullanılan harçlara ise M20 kodu verilmiştir. Polipropilen elyaf kullanılan harçların kodlarına PE eklenmiştir. Polipropilen elyafın, karışımda kireç ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması durumunda, kodlara sırasıyla 1,2,3,4 ve 5 rakamları eklenmiştir. Üretilen horasan harcı örneklerinin kodları, ağırlıkça karışım oranları ve miktarları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Horasan harcı örneklerinin ağırlıkça karışım oranları ve miktarları

Karışım Kodu	Polipropilen Elyaf (%)	Ağırlıkça Karışım Oranları					Ağırlıkça Karışım Miktarları (g)				
		Su	Kireç	Kum+		P.propilen Elyaf	Su	Kireç	Kum	Tuğla Kırığı	
				T.Kırığı	0-4					0-2	0-4
M10	0	1	1	3	-	0	400	400	300	900	-
M11PE	0,2	1	1	3	-	0,8	400	400	300	900	-
M12PE	0,4	1	1	3	-	1,6	400	400	300	900	-
M13PE	0,6	1	1	3	-	2,4	400	400	300	900	-
M14PE	0,8	1	1	3	-	3,2	400	400	300	900	-
M15PE	1,0	1	1	3	-	4,0	400	400	300	900	-
M20	0	1	1	-	3	0	400	400	300	-	900
M21PE	0,2	1	1	-	3	0,8	400	400	300	-	900
M22PE	0,4	1	1	-	3	1,6	400	400	300	-	900
M23PE	0,6	1	1	-	3	2,4	400	400	300	-	900
M24PE	0,8	1	1	-	3	3,2	400	400	300	-	900
M25PE	1,0	1	1	-	3	4,0	400	400	300	-	900

Horasan harçlarının üretimi, harç mikseri kullanılarak yapılmıştır. Yayılma tablası üzerinde, taze harçların yayılma değerleri ölçülmüştür. Yayılma deneyinden sonra taze harç, sarsma tablasına yerleştirilen 40mmx40mmx160mm boyutunda prizmatik üçlü kalıba doldurulmuştur. Sarsma tablasına 25 kez düşüş yaptırılarak, harcın kalıba yerleşmesi sağlanmıştır. Harçlar, kalıp içerisinde 2 gün bekletildikten sonra dikkatli bir şekilde kalıptan çıkartılmışlardır. 28 ve 90 günlük yaşa gelinceye kadar harç örnekleri laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Yapılan çalışmada, 12 farklı karışımdan, 28 ve 90 günlük deneylerde kullanılmak üzere toplam 72 adet harç örneği üretilmiştir. Farklı horasan harcı karışımlarına ait örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarının, aritmetik ortalaması alınmıştır. Tablo ve grafiklerde bu ortalamalar kullanılmıştır.

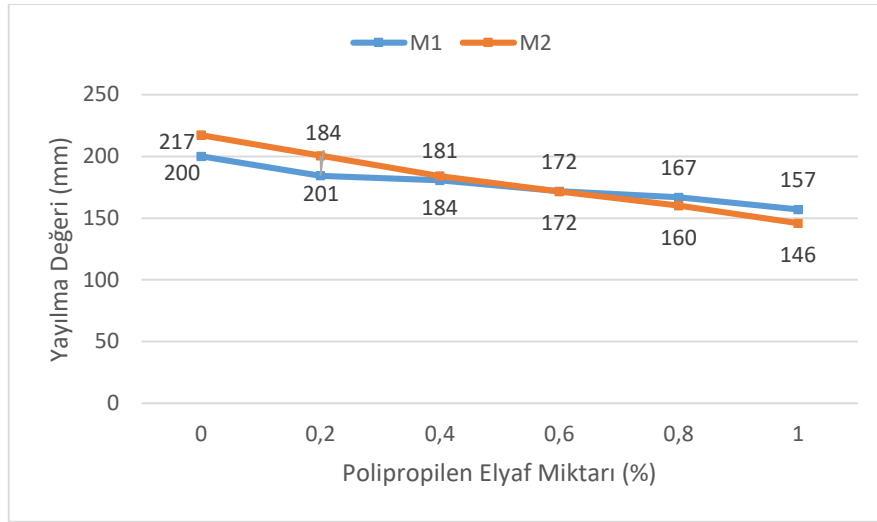
Harç örneklerinin yayılma tablası ile kıvam deneyi TS EN 1015-3 standardına, eğilme ve basınç dayanım testleri TS EN 1015-11 standardına ve ultrases geçiş süresi ise ASTM C597-16 standardına göre yapılmıştır. Ultrases geçiş süresi ölçümünde Pundit PL200 marka ultrasonik test cihazı kullanılmıştır. Horasan harç örneklerinden elde edilen değerler arasındaki farklılığın, grafiklerde daha belirgin bir şekilde görülmesi amacıyla deney verilerinde, ultrases geçiş hızı(km/s) yerine ultrases geçiş süresi(µs) dikkate alınmıştır.

3. BULGULAR

Polipropilen elyaf katkılı horasan harç örneklerine ait deney sonuçları, şahit numuneler ile birlikte Tablo 4’de, grafik olarak ise Şekil 1-6’da verilmiştir.

Tablo 4. Polipropilen elyaf katkılı horasan harç örneklerinin deney sonuçları

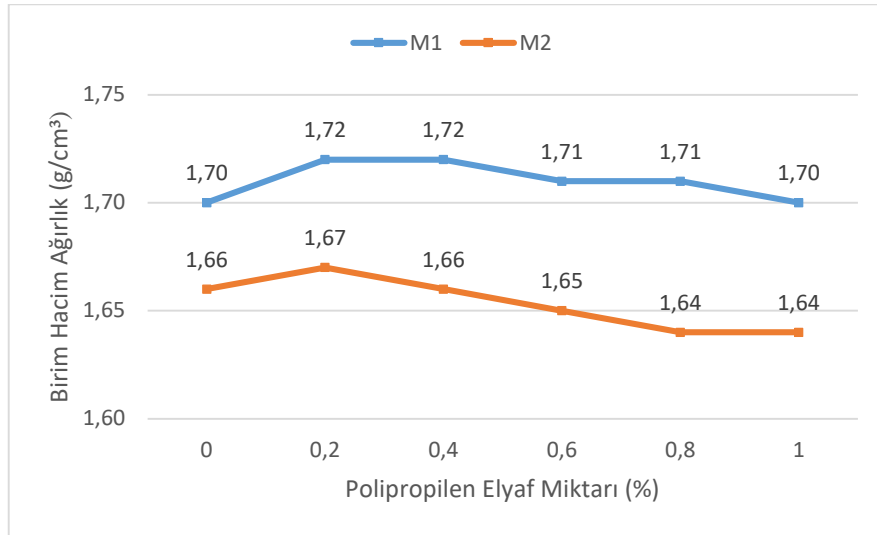
Karışım Kodu	Elyaf Oranı (%)	Yayılma (mm)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Su Emme (%)	Ultrases Geçiş Süresi (µs)	Eğilme Dayanımı (MPa)		Basınç Dayanımı (MPa)	
						28	90	28	90
M11PE	0,2	184	1,72	20,94	83,20	1,70	1,35	4,58	4,19
M12PE	0,4	181	1,72	20,97	84,30	1,78	1,39	4,58	4,23
M13PE	0,6	172	1,71	20,97	84,70	1,79	1,41	4,60	4,29
M14PE	0,8	167	1,71	20,99	84,70	1,92	1,65	4,63	4,39
M15PE	1	157	1,70	21,00	84,90	1,70	1,62	4,04	4,22
M20	0	217	1,66	20,56	84,30	2,47	1,79	6,16	4,01
M21PE	0,2	201	1,67	20,96	80,50	2,85	1,90	7,25	4,74
M22PE	0,4	184	1,66	21,03	80,80	2,98	2,04	7,33	4,83
M23PE	0,6	172	1,65	21,05	81,50	3,30	2,07	7,81	4,95
M24PE	0,8	160	1,64	21,15	82,60	3,25	2,01	7,48	4,46
M25PE	1	146	1,64	21,47	82,80	3,17	1,89	7,39	4,40



Şekil 1. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri

%0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf kullanılan horasan harçlarında, yayılma değerleri sırasıyla M1 grubunda 184, 181, 172, 167, 157 mm ve M2 grubunda 201, 184, 172, 160, 146 mm olarak belirlenmiştir. Katkı kullanılmayan şahit numunelere ait yayılma değerleri ise M1 grubunda 200 mm, M2 grubunda 217 mm olarak ölçülmüştür.

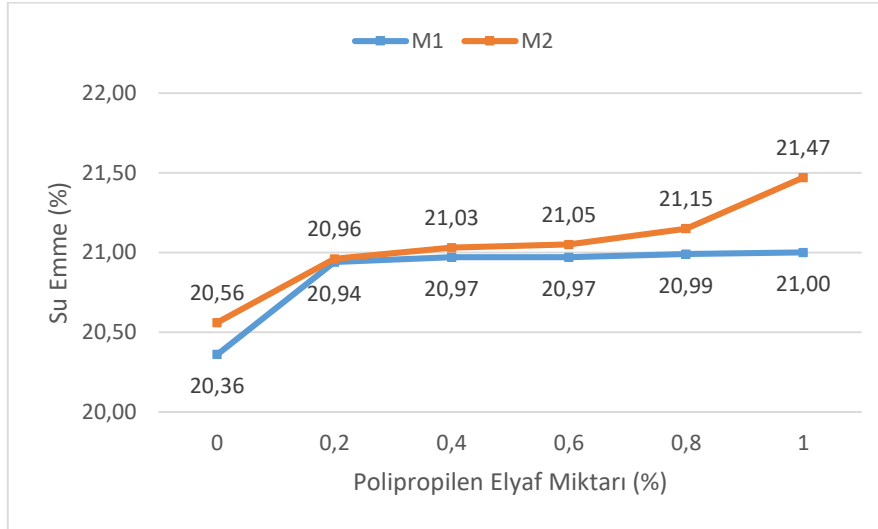
Polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı ile 184 mm, en düşük yayılma değeri %1 katkı oranı ile 157 mm ölçülmüştür. M2 grubu harçlarda ise en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı ile 201 mm ve en düşük yayılma değeri %1 katkı oranı ile 146 mm ölçülmüştür. %1 katkı oranı ile M1 ve M2 grubu harçların yayılma değerlerinde, şahit numunelere göre sırasıyla %21,5 ve %32,72 oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri

%0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf kullanılan horasan harçlarında, birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla M1 grubunda 1,72, 1,72, 1,71, 1,71, 1,70 g/cm³ ve M2 grubunda 1,67, 1,66, 1,65, 1,64, 1,64 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Katkı kullanılmayan şahit numunelere ait birim hacim ağırlık değerleri ise M1 grubunda 1,70 g/cm³, M2 grubunda 1,66 g/cm³ olarak ölçülmüştür. M1 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 ve %0,4 katkı oranları ile 1,72 g/cm³, en düşük değer %1 katkı oranı ile 1,70 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı ile 1,67 g/cm³, en düşük değer %0,8 ve %1 katkı oranları ile 1,64 g/cm³ bulunmuştur.

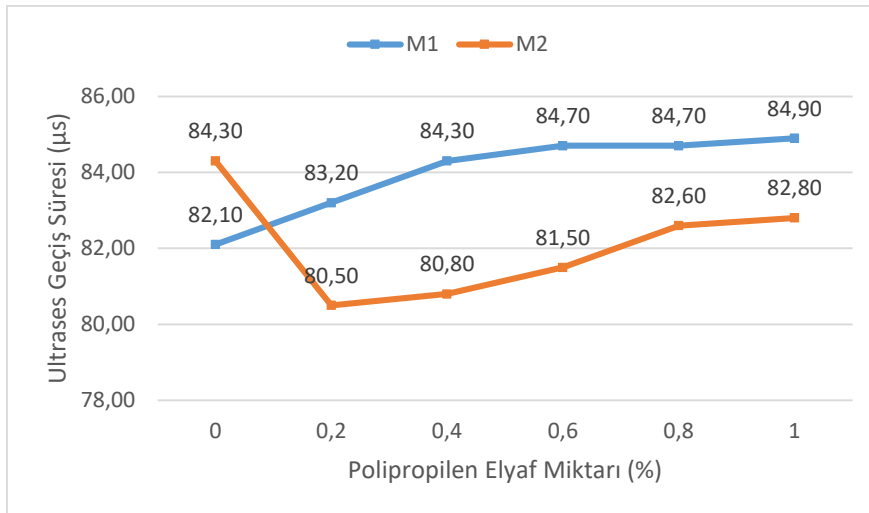
Polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerleri azalmıştır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla birim hacim ağırlık daha düşük değerler almıştır. Agregata tane boyutu arttıkça harçların birim hacim ağırlık değerleri azalmıştır.



Şekil 3. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri

%0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf kullanılan horasan harçlarında, su emme yüzdeleri sırasıyla M1 grubunda %20,94, 20,97, 20,97, 20,99, 21,00 ve M2 grubunda %20,96, 21,03, 21,05, 21,15, 21,47 olarak belirlenmiştir. Katkı kullanılmayan şahit numunelere ait su emme yüzdeleri M1 grubunda %20,36, M2 grubunda %20,56 olarak ölçülmüştür. En yüksek su emme miktarları, M1 grubu harçlarda %1 katkı oranı ile %21,00, M2 grubu harçlarda %1 katkı oranı ile %21,47 olarak belirlenmiştir. Şahit numunelere göre, M1 grubu harçlarda %3,14, M2 grubu harçlarda %4,43 artış olmuştur.

Polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça su emme değerleri de artmıştır. M2 grubu harçların su emme yüzdeleri M1 grubu harçlara göre daha yüksek değerler almıştır.



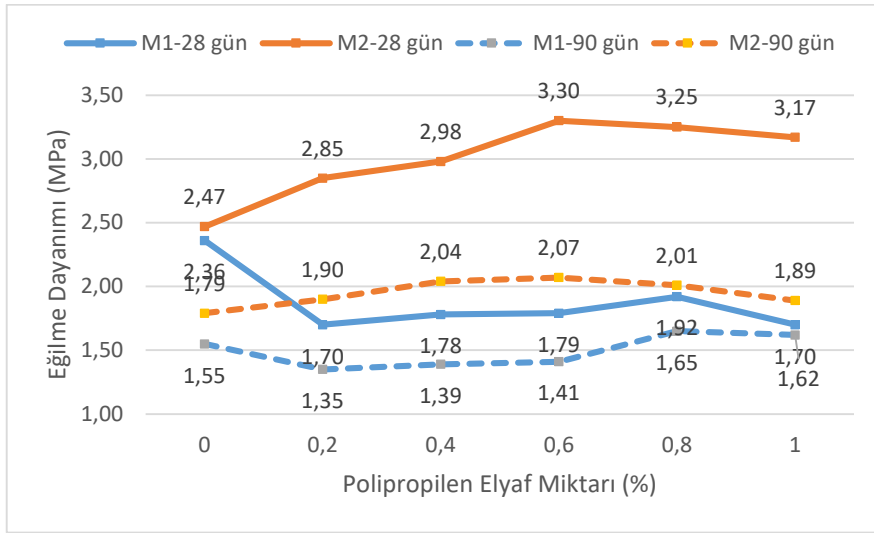
Şekil 4. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süreleri

%0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf kullanılan horasan harçlarında, ultrases geçiş süreleri sırasıyla M1 grubunda 83,20, 84,30, 84,70, 84,70, 84,90 µs ve M2 grubunda 80,5, 80,80, 81,50, 82,60, 82,80 µs ölçülmüştür. Katkı kullanılmayan şahit numunelere ait ultrases geçiş süreleri M1 grubunda 82,10 µs, M2 grubunda 84,30 µs olarak ölçülmüştür. En yüksek ultrases geçiş süreleri, M1 grubu harçlarda %1 katkı oranı ile 84,90 µs, M2 grubu harçlarda %1 katkı oranı ile 82,80 µs olarak belirlenmiştir. Şahit numunelere göre, M1 grubu harçlarda %3,41 artış, M2 grubu harçlarda %1,78 azalma meydana gelmiştir. En fazla azalma, M2 grubu harçlarda %0,2 katkı

kullanılan harçlarda 80,50µs görülmüştür. Şahit numuneye göre bu azalma miktarı %4,51 olarak tespit edilmiştir.

Polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça ultrases geçiş süreleri artmıştır. M1 grubu harçlarda M2 grubu harçlara oranla ultrases geçiş süreleri daha yüksek çıkmıştır. 0-4mm tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harçlarda polipropilen elyaf kullanımı ile birlikte ultrases geçiş süresi değerinde, şahit numuneye göre belirgin bir düşüş görülmektedir. M2 grubu karışımlar daha boşluklu yapıda ve daha iri tuğla kırığı kullanılan karışımlardır. Polipropilen elyaf, bu boşluklu yapı ve agrega gradasyonu içerisinde kendisine yer bulmuş ve harcın daha boşluksuz bir yapıya kavuşmasını sağlamıştır. M2 grubunda, polipropilen elyaf ile agrega gradasyon uyumu, daha boşluksuz bir yapının meydana gelmesini sağlayarak, ultrases geçiş sürelerinin düşmesine neden olmuştur.

Değerlendirme yapılırken, ultrases geçiş süresi (µs) ile ultrases geçiş hızı (km/s) karıştırılmamalıdır. Malzemenin boşluk oranı azaldıkça, ultrases geçiş hızı artarken, ultrases geçiş süresi azalmaktadır. Bu iki değer birbiriyle karıştırıldığında sonuçların yanlış yorumlanması mümkündür.



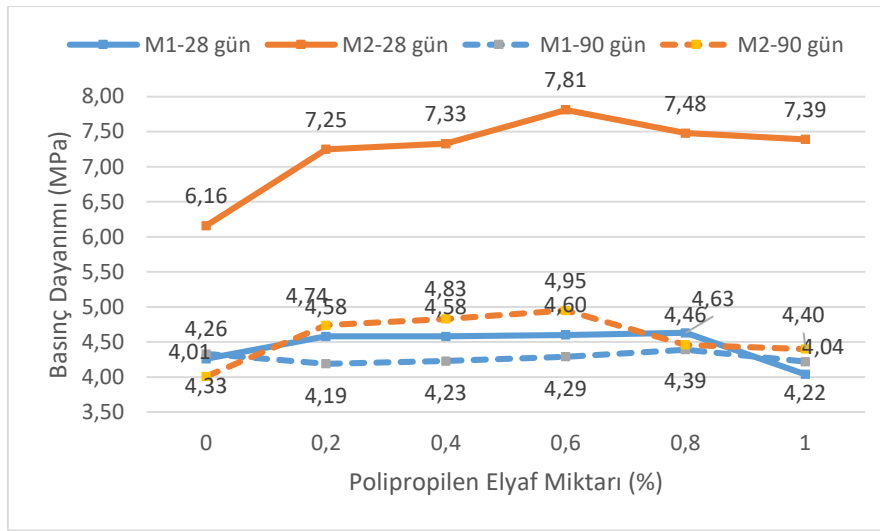
Şekil 5. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri

Polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde, M2 grubu M1 grubuna göre daha yüksek eğilme dayanımına sahip olmuş ve %0,6 katkı oranı ile 3,30 MPa olarak en yüksek eğilme dayanımı elde edilmiştir. Agrega tane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmış, %0,8 katkı oranından sonra ise azalmıştır. M1 grubunda en yüksek değerler %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmış ve %0,6 katkı oranından sonra ise azalmıştır. M2 grubunda en yüksek değerler %0,6 katkı oranı ile elde edilmiştir.

M1 grubu, 28 günlük numunelerde en yüksek değer %0,8 katkı oranı ile 1,92 MPa, 90 günlük numunelerde ise %0,8 katkı oranı ile 1,65 MPa olarak belirlenmiştir. En yüksek değerler, şahit numunelerle kıyaslandığında, 28 günlük harçlarda %18,64 azalma, 90 günlük harçlarda %6,45 artış olduğu belirlenmiştir.

M2 grubu, polipropilen elyaf katkılı harçlarda, 28 günlük en yüksek eğilme dayanımı değeri %0,6 katkı oranı ile 3,30 MPa, 90 günlük numunelerde ise %0,6 katkı oranı ile 2,07 MPa bulunmuştur. En yüksek değerler, şahit numunelerle kıyaslandığında, 28 günlük harçlarda %33,60, 90 günlük harçlarda %15,64 artış olduğu tespit edilmiştir.

Dayanım açısından, liflerin eğilme dayanımına olumlu yönde etki ettikleri bilinmektedir. Bu çalışmada da M2 grubunda sonuçlar o yönde olmuştur. M1 grubunda ise elyaf kullanımı ile birlikte dayanım değerlerinin düştüğü görülmektedir. Sadece, %0,8 ve %1 oranlarında katkı kullanılan harçların, 90 günlük dayanım değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. M1 ve M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri

Polipropilen elyaf katkılı 28 ve 90 günlük numunelerde agrega tane boyutunun artması ile basınç dayanımı da artmıştır. M2 grubunda, %0,6 katkı oranı ile sırasıyla 7,81 MPa ve 4,95 MPa olarak en yüksek basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. M1 ve M2 gruplarında, 28 ve 90 günlük elyaf katkılı harç numunelerinde, katkı oranı arttıkça basınç dayanımları artmış, M1 grubunda %0,8, M2 grubunda %0,6 katkı oranlarından sonra ise azalmıştır.

M1 grubu, 28 günlük numunelerde en yüksek değer %0,8 katkı oranı ile 4,63 MPa, 90 günlük numunelerde ise %0,8 katkı oranı ile 4,39 MPa olarak belirlenmiştir. En yüksek değerler, şahit numunelerle kıyaslandığında, 28 günlük harçlarda %8,69, 90 günlük harçlarda ise %1,39 artış olduğu tespit edilmiştir.

M2 grubu, polipropilen elyaf katkılı harçlarda, 28 günlük en yüksek basınç dayanımı değeri %0,6 katkı oranı ile 7,81 MPa, 90 günlük numunelerde ise %0,6 katkı oranı ile 4,95 MPa bulunmuştur. En yüksek değerler, şahit numunelerle kıyaslandığında, 28 günlük harçlarda %26,79, 90 günlük harçlarda %23,44 artış olduğu belirlenmiştir.

Bağlayıcı olarak hidrolik kireç kullanılması ve kür koşullarının harç numunelerinin nemini hızlı bir şekilde kaybetmesine neden olarak kuruması, harç numunelerini gevrekletmiştir. Bu durum, harç numunelerinin daha kırılabilir bir özellik kazanmasına neden olmuştur. Bu sebeple, 90 günlük gibi ilerleyen yaşlarda daha yüksek dayanım göstermesi gereken horasan harç numunelerinin dayanımlarında azalma görülmüştür. Kür koşulları değişikliğinde ilerleyen yaşlarda dayanım artışı sağlanabileceği düşünülmektedir.

M1 grubunun birim hacim ağırlık değerleri, M2 grubuna göre daha yüksek, su emme oranları ise daha düşüktür. M1 grubu, daha boşluksuz bir yapıdadır ve karışımında daha fazla ince malzeme bulunmaktadır. M1 grubunda, tuğla tozu gibi ince malzeme miktarının fazlalığı, bağlayıcı ihtiyacını artırarak dayanımın düşmesine neden olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, polipropilen elyaf katkı olarak horasan harcında kullanılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Üretilen harçların yayılma değerleri 147-217 mm arasında değerler almıştır. Karışımlarda polipropilen elyaf kullanımı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır.
- Üretilen harçların birim hacim ağırlık değerleri 1,64-1,70 g/cm³ arasında belirlenmiştir. Elyaf kullanılan karışımlarda, katkı oranının artması ile birlikte, harçların birim hacim ağırlık değerleri

azalmıştır. 0-2mm tuğla kırığı kullanılan M1 grubu harç örneklerinin birim hacim ağırlıkları 0-4mm tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harç örneklerine göre daha yüksek değerler almıştır. İri tuğla tanelerinin boşluklu yapısı, bu sonucun meydana gelmesinde önemli etken olmuştur.

- Polipropilen elyaf kullanılan M1 ve M2 grubu harçlarda, katkı oranı arttıkça su emme ve ultrases geçiş sürelerinin de arttığı tespit edilmiştir. M2 grubu harçların, M1 grubu harçlara göre su emme miktarlarının bir miktar daha fazla olmasına rağmen ultrases geçiş sürelerinin daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Bu durum, M2 grubu harçların daha fazla iri boyutlu tuğla kırığı içermesi, elyafın iri taneler arasına yerleşiminin daha kolay olması ve 0-4mm tuğla kırığı kullanılan karışım granülometrisinin, elyafın dağılımı için daha uygun ortam sağlaması ile açıklanabilir.

- Horasan harcı karışımında, tuğla kırığı tane boyutunun artması ile eğilme dayanımı da artmıştır. 0-4 mm tuğla kırığı kullanılan harçların eğilme dayanımları, 0-2mm tuğla kırığı kullanılan harçların eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler almıştır. M1 grubu harçlarda, katkı oranı %0,8 ve M2 grubu harçlarda ise katkı oranı %0,6 olan karışımlarda en yüksek eğilme dayanımı değerleri elde edilmiştir.

- Polipropilen elyaf kullanılan karışımlarda, 0-4mm tuğla kırığı kullanılan harç numuneleri, 0-2mm tuğla kırığı kullanılan harç numunelerinden daha yüksek basınç dayanımı değerleri almıştır. M1 grubu harçlarda, katkı oranı %0,8 ve M2 grubu harçlarda ise katkı oranı %0,6 olan karışımlarda en yüksek basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir.

Horasan harcı üretiminde, dayanım açısından daha iyi sonuç elde edebilmek için 0-4 mm tuğla kırığı ve kireç ağırlığının %0,6 oranında polipropilen elyaf kullanılması önerilmektedir. Kür koşullarının ve polipropilen elyafın boy/çap oranı ile diğer özelliklerinin, harcın özelliklerini etkileyeceği bilinmelidir.

KAYNAKLAR

Ahunbay, A. (2009). Tarihi çevre koruma ve restorasyon. YEM Yayın-28. İstanbul.

Alhan Şimşek, E. T. (2018). Tarihi yapılarda tuğla duvarların çelik hasır ve tekstil donatılı horasan harcı ile güçlendirilmesinin deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Altaş, G.K., Özgünler, S.A. & Güldal, E. (2012). İstanbul'daki Roma dönemi saray yapılarındaki horasan harçlarının incelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 4.

Altun, M. G., Özen, S. & Mardani Aghabaglou, A. (2018). Polipropilen lif kullanımının doğal hidrolik kireçli harçların kuruma büzülmesine etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2), 427-435.

American Society for Testing and Materials. (2016). ASTM C597-16: Standard test method for pulse velocity through concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Berkgil, M. & Ayaz, Y. (2020). polipropilen lif katkılı kerpiç tuğlaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 13(1), 105-114.

Binan, C. (2016). Türkiye mimari mirası koruma bildirgesi ve koruma-restorasyon uygulamalarında ilkelerin önemi üzerine bir değerlendirme. Kültür Varlıklarında Koruma Türkiye ve İtalya'dan Restorasyon Uygulamaları Sempozyumu. 106-121. Ankara, Türkiye.

Böke, H., Akkurt, S. & İpekoğlu, B. (2004). Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvalarının özellikleri. Yapı Dergisi, 269, 90-95.

Canbaz, M. & Güler E. (2017). Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisi. 6.Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu. Trabzon, Türkiye.

- Cinemre, M. (2019). Kesme taş duvarlarda kullanılan tarihi horasan harçlarının mekanik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Çizer, Ö., Böke, H. & İpekoğlu, B. (2004). Bazı Osmanlı dönemi hamam yapılarının kubbe ve duvarlarında kullanılan kireç harçların özellikleri. II. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, 1-13. Türkiye.
- Dariz, P. & Schmid, T. (2017). Ferruginous phases in 19th century lime and cement mortars: A Raman microspectroscopic study. *Materials Characterization*, 129, 9-17. Doi: 10.1016/j.matchar.2017.04.009.
- Erdoğan, Ş., Nas, M., Nayır, S. & Kandil, U. (2017). Uçucu kül ve polipropilen lifli kireç harçlarının çimento takviyesi ile mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 247-256. Trabzon.
- Gündüz, L. & Kalkan, Ş. O. (2018). Yapısal restorasyon harçlarında kıtık boyutlarının harcın teknik özelliklerine etkisinin incelenmesi. Avrupa Bilim, Sanat ve Kültür Konferansı, 243-251. Türkiye.
- Gürdal, E. & Acun, S. (2004). Mineral esaslı sıvalarda polipropilen lif katkısının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. 2.Ulusal Yapı Malzemesi Kongre ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul.
- Gürdal, E., Altaş, G.K. & Özgünler, S.A. (2012). İstanbul'da bulunan Erken Bizans dönemi dini yapılarında kullanılan horasan harçlarının özelliklerinin incelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 2.
- İpekoğlu, B., Böke, H. & Çizer, Ö. (2007). Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. *Building and Environment*, 42(2), 970-978. Doi:10.1016/j.buildenv.2005.10.029
- Kavasoğlu, E. (2019). Mikro fiber ve uçucu kül katkılı çimento harçlarının dayanıklılık indeksinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyon, Türkiye.
- Kılıç, İ. (2021). Horasan harcında yumurta akı kullanımının incelenmesi. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 7 (1), 122-134. DOI:10.34186/klujes.882789
- Matias, G., Faria, P. & Torres I. (2014). Lime mortars with heat treated clays and ceramic waste:a review. *Construction and Building Materials*, 73, 125-136. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.028
- Mavioğlu, Ü.A. (2011). Farklı puzolanik katkıları ile hazırlanan horasan harçlarının değişen parametrelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Özgen, Ö. (2002). Horasan harcı üzerine deneysel çalışmalar. Uzmanlık Tezi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü. Türkiye.
- Özgünler, A. S., Ersen, A. & Güleç, A. (2010). Yedikule Kara Surları'nda kullanılan Erken Bizans dönemi harçlarının karakterizasyonu üzerine bir araştırma. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Restorasyon ve Kons. Çalışmaları Dergisi, 5, 31-39.
- Özkaya, Ö.A. & Böke H. (2009). Properties of roman bricks and mortars used in Serapis Temple in the city of Pergamon. *Materials Characterization*, 60(9), 995-1000. Doi: 10.1016/j.matchar.2009.04.003
- Prince, W., Castanier, G. & Giafferi, J.L. (2001). Similarity between alkali-aggregate reaction and the natural alternation of rocks. *Cement and Concrete Research*, 31(2), 271-276. Doi:10.1016/S0008-8846(00)00478-6
- Seabra, M., Paiva, H., Labrincha, J. & Ferreira, V. (2009). Admixtures effect on fresh state properties of aerial lime based mortars. *Construction and Building Materials*, 23(2), 1147-1153. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.06.008

Şişik, Ö. (2017). Edirne’de bulunan 15.yy ve 16.yy’da inşa edilmiş tarihi cami ve türbelerin taşıyıcı sistem analizi ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya, Türkiye.

Topçu, İ. B., Canbaz, M. & Karanfil, H. (2005). Horasan harç ve betonun özellikleri. Yapı Mekaniği Semineri, ODTÜ-ESOGÜ. 99-107. Eskişehir, Türkiye.

Topçu, İ. B., Demirel, O. E. & Uygunoğlu, T. (2017). Polipropilen lif katkılı harçların fiziksel ve mekanik özellikleri. Politeknik Dergisi, 20 (1), 91-96. Ankara.

Tosun, Y., Oltulu, M., Polat, R., Şahin, R. & Bingöl, A.F. (2015). Hidrolik kireçli harçlarda uçucu kül kullanımı. 5.Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Cilt 1, 103-112. Erzurum, Türkiye.

Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS EN 1015-3: Kâgir harcı-deney metotları-bölüm 3: taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile), Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü. (2020). TS EN 1015-11: Kâgir harcı-deney yöntemleri-bölüm 11: sertleşmiş harcın eğilmede çekme ve basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara, 2020.

Uğur, T. & Güleç, A. (2016). Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri. Restorasyon ve Konservasyon Dergisi, 17, 77-91.

Uğurlu, E. & Böke, H. (2009). Osmanlı dönemi yapılarında kullanılan horasan sıvalarının özellikleri. Kâgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, KUDEB, 135-142. İstanbul, Türkiye.

Uğurlu, E. & Böke, H. (2009). The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. Construction and Building Materials 23(6), 2442-2450. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.10.005

İnternet kaynakları

1- <https://atlas1.com.tr/DataSheet/Betonfiber-BF-19.pdf>, (20.11.2021)