

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KENEVİR LİFİ, KEÇİ KILI VE POLİPROPİLEN ELYAF KATKILI HORASAN
HARCININ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nimet ŞİMŞEK

TEMMUZ - 2021

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KENEVİR LİFİ, KEÇİ KILI VE POLİPROPİLEN ELYAF KATKILI
HORASAN HARCININ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nimet ŞİMŞEK

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İsmail KILIÇ

Temmuz – 2021

ETİK BEYAN

Kırkırelili Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nimet ŞİMŞEK
...../...../.....

ÖZET

KENEVİR LİFİ, KEÇİ KILI VE POLİPROPİLEN ELYAF KATKILI HORASAN HARCININ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nimet ŞİMŞEK

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İsmail KILIÇ

Temmuz 2021, 117 sayfa

Tarihi yapıların günümüze ulaşmasındaki en önemli etkenlerden biri duvarlarda bağlayıcı malzeme olarak kullanılan harçlardır. Tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılan harç ise horasan harcıdır. Horasan harcının üretiminde pişmiş kil, su ve kireç kullanılmaktadır. Bununla birlikte eski dönemlerde yerel şartlara göre çeşitli katkı maddeleri ilave edilmiştir. Horasan harcı günümüzde tarihi yapıların onarım ve güçlendirme çalışmalarında restorasyon harcı olarak kullanılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılarının horasan harçları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Horasan harcı karışımlarında doğal hidrolik kireç, tuğla kırığı, standart kum, su ve lif kullanılmıştır. Kullanılan lifler harçlara %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında katılarak değişen oranların harçlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca 0-4 mm tuğla kırığı ve 0-2 mm tuğla kırığı olmak üzere iki farklı boyutun harç içerisine aynı oranda ikame edilmesi ile iki grup harç üretilerek, dane boyutunun lif katkılı horasan harçları üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Horasan harçlarının üretiminde kullanılan agregalar üzerinde birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve elek analizi deneyleri yapılarak agregaların özellikleri tespit edilmiştir. Horasan harçları 40x40x160 mm boyutlu prizmatik kalıplarda üretilmiş ve harç numunelerine yayılma, birim hacim ağırlık, su emme, ultrases geçişi, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Horasan harçlarında kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen lif katkısı kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Horasan Harcı, Kireç Harcı, Kenevir Lifi, Keçi Kılı, Polipropilen Elyaf.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF HEMP FIBER, GOAT HAIR AND POLYPROPYLENE FIBER ADDED KHORASAN MORTAR

Nimet ŞİMŞEK

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Asst. Prof. İsmail KILIÇ

July 2021, 117 pages

One of the most important factors in the survival of historical buildings is the mortar used as binding material on the walls. The commonly used mortar in historical buildings is Khorasan mortar. Baked clay, water and lime are used in the production of Khorasan mortar. However, various additives were added according to local conditions in ancient times. Nowadays, Khorasan mortar is used as a restoration mortar in the repair and strengthening works of historical buildings.

In the thesis study, the effects of hemp fiber, goat hair and polypropylene fiber additives on Khorasan mortars were investigated. Natural hydraulic lime, broken brick, standard sand, water and fiber additives were used in Khorasan mortar mixtures. The fibers used were added to the mortars in proportions 0,2-0,4-0,6-0,8-1% and the effect of the varying ratios on the mortars was investigated. In addition, the effect of grain size on fiber added Khorasan mortars was investigated with two groups of mortars were produced by substituting two different sizes, 0-4 mm brick broken and 0-2 mm brick broken, into the mortar at the same rate.

The properties of the aggregates were determined by unit volume weight, specific gravity and sieve analysis tests were performed on the aggregates used in the production of Khorasan mortars. Khorasan mortars were produced in prismatic molds of 40x40x160 mm size and spreading, unit weight, water absorption, ultrasound transmission, bending and compressive strength tests were carried out on the mortar samples. Positive results were obtained by using hemp fiber, goat hair and polypropylene fiber additives in Khorasan mortars.

Keywords: Khorasan Mortar, Lime Mortar, Hemp Fiber, Goat Hair, Polypropylene Fiber.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarımlın her aşamasında beni yönlendiren, bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İsmail KILIÇ' a, eğitimime bilgi ve fikirleriyle katkıda bulunan diğer bölüm hocalarıma, beni destekleyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	Vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	İX
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	XI
RESİMLERİN LİSTESİ	Xİİ
SİMGELER VE KISALTMALAR	XİV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Önemi	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi	3
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Horasan Harcı	5
2.2. Horasan Harcının Tarihçesi	5
2.3. Horasan Harcının Özellikleri.....	7
2.4. Horasan Harcı Üretiminde Kullanılan Malzemeler.....	9
2.4.1. Bağlayıcılar	9
2.4.1.1. Kireç	10
2.4.2. Dolgu malzemeleri.....	12
2.4.2.1. Agregalar.....	12
2.4.3. Katkı malzemeleri.....	14
2.4.3.1. Kenevir lifi	15
2.4.3.2. Keçi kılı	16
2.4.3.3. Polipropilen elyaf	17
2.5. Horasan Harcı İle İlgili Örnek Çalışmalar.....	17
3. MALZEME VE YÖNTEM	27
3.1. Malzeme	27
3.1.1. Doğal hidrolik kireç	27
3.1.2. Tuğla kırığı	28

3.1.3. Standart kum	29
3.1.4. Su	29
3.1.5. Kenevir lifi	30
3.1.6. Keçi kılı.....	30
3.1.7. Polipropilen elyaf.....	30
3.2. Yöntem	31
3.2.1. Harç örneklerinin hazırlanması.....	31
3.2.2. Horasan harcı karışım oranları ve miktarları	35
3.2.3. Agregada deneyleri.....	37
3.2.3.1. Birim hacim ağırlık deneyi.....	37
3.2.3.2. Özgül ağırlık tayini	38
3.2.3.3. Elek analizi.....	39
3.2.4. Fiziksel ve mekanik deneyler.....	41
3.2.4.1. Yayılma deneyi	41
3.2.4.2. Birim hacim ağırlık	41
3.2.4.3. Su emme.....	42
3.2.4.4. Ultrases geçiş süresi	43
3.2.4.5. Eğilme dayanımı deneyi.....	44
3.2.4.6. Basınç dayanımı deneyi	45
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
4.1. Kenevir Lifi Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi	47
4.2. Keçi Kılı Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi	56
4.3. Polipropilen Elyaf Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi.....	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR.....	79
EKLER	87
EK A - Toplu Deney Sonuçları	87
EK B - Deney Fotoğrafları	94
EK C - Teknik Özellikler.....	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 3.1. Doğal hidrolik kireç (NHL 3,5) teknik özellikler	27
Çizelge 3.2. Numune kodlarının açıklaması.....	34
Çizelge 3.3. Üretilen horasan harçlarına ait ağırlıkça karışım oranları ve miktarları	36
Çizelge 3.4. Agregaların birim hacim ağırlık değerleri.....	38
Çizelge 3.5. Agregaların özgül ağırlığı	39
Çizelge 3.6. Agregaların elek analizi sonuçları	40
Çizelge 4.1. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının deney sonuçları.....	47
Çizelge 4.2. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının deney sonuçları	56
Çizelge 4.3. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının deney sonuçları	65
Çizelge A.1. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları ..	87
Çizelge A.2. M1 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları.....	88
Çizelge A.3. M1 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları.....	88
Çizelge A.4. M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları ..	89
Çizelge A.5. M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları.....	89
Çizelge A.6. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları.....	90
Çizelge A.7. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının toplu deney sonuçları	90
Çizelge A.8. M1 grubu horasan harçlarının yayılma deney sonuçları (mm)	91
Çizelge A.9. M2 grubu horasan harçlarının yayılma deney sonuçları (mm)	91
Çizelge A.10. M1 grubu horasan harçlarının su emme deney sonuçları (%).....	92
Çizelge A.11. M2 grubu horasan harçlarının su emme deney sonuçları (%).....	93
Çizelge B.1. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	94
Çizelge B.2. M1 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	94
Çizelge B.3. M1 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	95
Çizelge B.4. M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	95
Çizelge B.5. M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	96
Çizelge B.6. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	96
Çizelge B.7. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları	97
Çizelge B.8. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri.....	97
Çizelge B.9. M1 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri.....	98

Çizelge B.10. M1 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri	98
Çizelge B.11. M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri	99
Çizelge B.12. M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri	99
Çizelge B.13. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri	100
Çizelge B.14. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının kesit görünüşleri ..	100



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. Kireç döngüsü (Ulukaya, 2016).....	10
Şekil 3.1. Horasan harçlarının kodlaması.....	33
Şekil 4.1. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri.....	49
Şekil 4.2. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri	50
Şekil 4.3. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri	51
Şekil 4.4. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süresi	52
Şekil 4.5. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri	53
Şekil 4.6. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri	54
Şekil 4.7. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri.....	58
Şekil 4.8. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri	59
Şekil 4.9. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri	60
Şekil 4.10. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süresi	61
Şekil 4.11. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri	62
Şekil 4.12. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri	63
Şekil 4.13. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri	67
Şekil 4.14. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri	68
Şekil 4.15. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri	69
Şekil 4.16. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süresi.....	70
Şekil 4.17. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri	71
Şekil 4.18. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri.....	72
Şekil C.1. Doğal hidrolik kireç teknik özellikler-1	101
Şekil C.2. Doğal hidrolik kireç teknik özellikler-2	102

Şekil C.3. BF19 Polipropilen elyaf teknik özellikler..... 103



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 3.1. Doğal hidrolik kireç	28
Resim 3.2. Harman tuğlası kırma işlemi.....	28
Resim 3.3. Tuğla kırığı eleme işlemi	29
Resim 3.4. Standart Kum	29
Resim 3.5. Kenevir lifinin 19 mm uzunluğunda kesilmesi işlemi	30
Resim 3.6. Deneylerde kullanılan 19 mm uzunluğunda kesilmiş keçi kılı örneği	30
Resim 3.7. BF19 polipropilen elyaf lif	31
Resim 3.8. Horasan harcının kap içerisinde hazırlanması ve karıştırma cihazı	31
Resim 3.9. Sarsma tablası ve prizmatik kalıptaki numune	32
Resim 3.10. Sabit ortam koşullarına alınan numuneler	32
Resim 3.11. Birim hacim ağırlık deneyi	37
Resim 3.12. İnce agregada özgül ağırlık tayini.....	39
Resim 3.13. Elek analizi deneyi	40
Resim 3.14. Yayılma tablası ile yayılma deneyi.....	41
Resim 3.15. Birim hacim ağırlık deneyi	42
Resim 3.16. Su emme deneyi	43
Resim 3.17. Ultrases deneyi	44
Resim 3.18. Eğilme dayanımı deneyi	45
Resim 3.19. Basınç dayanımı deneyi	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

$\Delta_{s,g}$	Sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlık
%	Yüzde
g	Gram
μ s	Mikrosaniye
μ m	Mikrometre

Kısaltmalar

Açıklamalar

TS EN	Türk Standartları Avrupa Birliği Standartları
KL	Kenevir Lifi
KK	Keçi Kılı
PE	Polipropilen Elyaf
MPa	Megapascal

1. GİRİŞ

Yenilenemez bir kaynak olan kültürel miras, toplumların tarihi, sanatsal, dini, sosyoekonomik, maddi ve manevi içerdiği tüm değerlerini kapsamaktadır. Kültürel mirasın en önemli bileşenlerinden biri olan mimari miras, insanlığın ortak malı olmakla birlikte tüm değerleriyle ve özgün nitelikleriyle geleceğe aktarılması gereken yapı ve yapı gruplarıdır (Binan, 2016).

Tarihi bir yapının özgünlüğü o sanatsal değerın önemi ve korunması noktasında öne çıkmaktadır (Uğurlu ve Böke, 2009). Yapının kültürel varlık niteliği kazanabilmesi için özgünlüğünün bozulmamış olması gerekir. Onarılabilir bir mimari kültür varlığının özgünlüğü dikkate alınmadan, yıkılarak yeni malzeme, işçilik, tasarım ile inşa edilmesi o kültür varlığının özgünlüğünün bozulması anlamına gelir ve o yapının korunmuş olduğundan bahsedilemez. Mimari mirasın korumanın amacı, özgünlüğü bozmadan estetik, sanatsal ve kültürel değerleri ortaya çıkarmaktır (Binan, 2016).

Günümüzde kültür varlıklarının korunması, üzerinde önemle durulan evrensel bir konudur (Ahunbay, 2009). 1964 yılında yayınlanan Venedik Tüzüğü ile tarihi eser yapıların korunması için bir takım ilkeler belirlenmiştir. Bu ilkeler ülkemizde de benimsenmiştir. Bu ilkelerde tarihi eser binaların özgün niteliklerinin bozulmadan korunması ve bu yapıların bütün özgün haliyle gelecek kuşaklara aktarılması gerektiği, onarımlarda özgün malzemenin yerinde korunması gerektiği ve bu onarımın uzmanlık gerektirdiği ifade edilmektedir. Venedik Tüzüğü ile tüm dünya ülkelerinde tarihi eser binaların korunması noktasında genel kurallar çizilmektedir. Böylece tarihi binalara uygulanacak müdahalelere belirli bir düzen getirilmeye çalışılmıştır (Aköz ve Yüzer, 2009).

Günümüzde tarihi yapıların, çevrelerin ve anıtların ulusal ve evrensel kültürün bir bileşeni olarak kabul edilmesi ve uygarlık belgesi olarak korunmaları amaçlanmaktadır. Bu çerçevede zengin kültür varlıklarına sahip ülkemizde kültür varlıklarının bakım onarım etkinlikleri ve uygulamalarının denetimi Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir (Ahunbay, 2009).

Çoğunluğu yığma yapı olan tarihi binalar günümüzden farklı olarak kısıtlı malzeme ve teknik imkanlarla yapıldığı için bir yapıda kullanılan malzeme hem taşıyıcı özellik hem de yapının mimari özelliğini ortaya çıkarmaktadır (Topçu ve diğ., 2015). Bu nedenle tarihi yapılarda bir yapı malzemesi hem yapının estetik görüntüsünü ortaya çıkarmakta hem de yapısal işlev görmektedir. Bundan dolayı tarihi yapı onarımlarında yapı malzemesi özgün haliyle yerinde korunmalı ve gereksiz müdahalelerden kaçınılmalıdır (Uğurlu ve Böke, 2009).

Harç, sıva, derz, dolgu vb. kompozit yapı malzemeleri tarihi eserlerin önemli elemanlarıdır (Uğur ve Güleç, 2016). Tarihi yapıların sağlamlaştırılması ve güçlendirilmesi için kireç esaslı harçlar uygulanır (Özgünler ve diğ., 2010). Bu harçlar yapının bulunduğu çevre şartları ve dönemin özelliklerine bağlı olarak farklı kompozisyonlarda üretilmiştir (Uğurlu ve Böke, 2009). Restorasyon harçlarının yapısında saman, bitki lifleri, hayvan kılları gibi koruyucu ve bağlayıcı katkı maddelerinin yer aldığı bilinmektedir (Gündüz ve Kalkan, 2018).

Tarihi yapıların restorasyon harçları üretilirken yapıdaki özgün harçlarla kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler bakımından uyumlu olmasına dikkat etmek gerekmektedir. Yapılan tez çalışmasında kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılı horasan harçları üretilmiştir. Harç numuneleri üzerinde lif katkısının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla lifler harç içerisine ağırlıkça %0,2-0,4-0,6-0,8 ve %1 oranlarında katılmıştır. Ayrıca 0-4 mm tuğla kırığı ve 0-2 mm tuğla kırığı olmak üzere iki farklı tuğla agrega boyutunun lif katkılı horasan harçları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Harç numuneleri üzerinde 28 ve 90 günlük fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, lif katkılı horasan harçları üretilerek bu liflerin horasan harçları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca 0-4 mm tuğla kırığı ve 0-2 mm tuğla kırığı olmak üzere iki farklı dane boyutlu tuğla kırığının agrega olarak kullanılması ile lif katkılı horasan harçları üzerinde dane boyutunun etkileri incelenmiştir. Horasan harçlarının üretiminde kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf olmak üzere üç çeşit lif katkı olarak kullanılmıştır. Bu katkıların harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine ne gibi etkilerinin olduğu liffsiz üretilen şahit numune ile karşılaştırılarak belirlenmiştir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Tarihi horasan harçlarında katkı olarak lifli malzemeler, agrega olarak ise tuğla kırığı kullanılmıştır. Tarihi harçlarda kullanılan lif miktarı ve tuğla kırığı boyutu değişkenlik göstermektedir. Bu çalışma, restorasyon amaçlı üretilecek olan horasan harçları için ideal lif miktarının ve tuğla kırığı boyutunun belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Deneysel çalışmada bağlayıcı malzeme olarak doğal hidrolik kireç, agrega olarak tuğla kırığı ve standart kum, katkı malzemesi ise bitkisel lif olarak kenevir lifi, hayvansal lif olarak keçi kılı ve yapay lif olarak polipropilen elyaf olmak üzere üç çeşit lif kullanılmış ve su ilavesi ile horasan harçları üretilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada izlenen yöntem aşağıda sıralanmıştır;

- Birinci bölümde konuya giriş yapılarak kültürel mirasın tanımı yapılmış ve korunması gerekliliği özetlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmanın amaç ve öneminden bahsedilmiş, yöntemi anlatılmıştır.
- İkinci bölümde horasan harcının tanımı, tarihçesi, teknik özellikleri, harcı meydana getiren bağlayıcılar, dolgu malzemeleri ve katkı malzemeleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Literatürde yer alan horasan harcı ile ilgili örnek çalışmalar aktarılmıştır.
- Üçüncü bölümde deneysel çalışmada kullanılacak malzemelerin tanımlaması yapılmış, harç örnekleri hazırlanmış, karışım oranı ve miktarları belirlenerek standartlara uygun olarak yapılan deneysel çalışmalar anlatılmıştır.
- Dördüncü bölümde deney sonuçları tablo halinde verilmiş ve grafikler ile açıklanmıştır.
- Sonuç bölümünde ise elde edilen verilere göre genel bir değerlendirme yapılmış ve ileriki çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Horasan Harcı

Kum, çakıl gibi agregaların kireç gibi bağlayıcılar ile homojen olarak karıştırılması, işlenebilmeyi arttırmak ve hidrasyon sağlamak için su ilave edilerek tekrar karıştırılması ile üretilen ve özelliklerin iyileştirilmesi için doğal veya sentetik katkı maddeleri ilave edilerek oluşturulan hamurlara “harç” denir (Güleç, 1992; Borelli, 1999; Kozlu, 2010). Üretilen harç yapı yüzeyinde sıva olarak kullanılmakta ve yapı elemanlarındaki taş, tuğla vb. malzemeleri birbirine bağlamaktadır. Yumuşak kıvamdaki bu harç fiziksel ve kimyasal etkileşimler sonucu zamanla katılaşıp mukavemet kazanmaktadır (Kocaman ve diğ., 2005).

Pişirilmiş kilden üretilmiş ve kırılarak agrega haline getirilmiş tuğla, kiremit, çömlek vb. parçacıklar horasan olarak isimlendirilir. Horasanın belirli oranlarda hava kireci ve su ile karıştırılmasıyla horasan harcı üretilmektedir (Akman ve diğ., 1986; Pusat, 2002).

Horasan adı, İran’ın doğusunda bulunan Horasan bölgesinden gelmektedir. Ayrıca, horasan terimi, Yunanistan’da “korassani”, Roma döneminde “cocciopesto”, Hindistan’da “surkhi”, Arap ülkelerinde “homra” ve Suudi Arabistan’da “horasan” olarak ifade edilmektedir (Akman ve diğ., 1986 ; Böke ve diğ., 2004; Mavioğlu, 2011).

2.2. Horasan Harcının Tarihçesi

İnşaat teknolojisinde karşılaşılan problemlerden birisi uygun bağlayıcı maddeleri üretebilmektir. Eski dönemlerde insanlar yapı elemanlarını birbirine bağlamak için bağlayıcı harç olarak çamuru kullanmışlardır. Çamuru bağlayıcı olarak nitelemek doğru olmasa da ilk denemeler bu yönde olmuştur. Kireç taşı olarak bilinen kalsiyum karbonatın (CaCO_3) yüksek sıcaklıkta (900°C) kirece dönmesi ile kireç bağlayıcısı elde edilir. Alçıtaşıdan alçı elde etmek daha düşük sıcaklık (190°C) gerektirdiğinden alçı harcı kullanımı öncelik kazanmıştır (Akman, 2003).

Romalılar buldukları bölgede yerel kaynakları kullanarak Vezüv volkanı yakınındaki Puzzuoli toprağını kireç içerisine katarak bir tür hidrolik bağlayıcı üretmişlerdir. Bu bağlayıcı ile kum, çakıl gibi agregaları birbirine bağlayarak beton elde etmişlerdir.

Yunanlılar ise o bölgede yer alan Thera (Santoren adası) toprağı ile kireci karıştırarak hidrolik bağlayıcı üretmişlerdir. Bu şekilde daha yüksek dayanımlı bağlayıcı elde etmek amaçlanmıştır. Yani puzolanik reaksiyon gerçekleştirilerek kalsiyum silikat ve alüminatların elde edilmesi ile suda çözülmeyen bağlayıcı elde edilmeye çalışılmıştır (Akman, 2003).

Hava kireci, 18. yüzyılın sonlarına kadar en yaygın biçimde bilinen ve kullanılan bağlayıcı olma özelliğini korumuştur. Romalılar tarafından hidrolik kireç çalışmaları kil ve kalkerli kireçtaşlarının pişirilmesi ile devam etmiştir. İngiliz John Smeaton 1756 yılında “Aberthaw kireci+İtalyan puzolanı” karışımından oluşan bir bağlayıcıyı kullanmıştır. 1796 yılında ise İngiliz James Parker ve James Frost tarafından killi kalkerli malzemelerin pişirilmesi ile doğal çimentolar üretilmiştir. Fransa’da ise Vicat’ın yaptığı çalışmalarda marnlı kayaçların pişirilmesi ile hidrolik bağlayıcılar üretilmiştir. Bu doğal bağlayıcılara Roma çimentosu adı verilmiştir (Akman, 2003).

Hidrolik bağlayıcıların uygulama alanlarından biri horasan harcıdır. Kireç ve tuğla tozu ile üretilen bağlayıcıya horasan harcı adı verilmiştir. Bu yapı malzemesi geçmişte Yunanistan, Anadolu, Filistin, İran gibi bölgelerde yaygın olarak kullanılmıştır (Altun ve diğ., 2018). İtalya’daki puzolan varlığının bolluğu, bu yörelerde horasan tekniğinin ilerlemesine engel olmuştur (Pusat, 2002).

Romalılar tuğla tozu ile hazırlanan horasan harçlarını yapılarda suya maruz kalan bölgelerde uygulamışlardır. Selçuklu ve Osmanlı Dönemleri’nde de horasan harç ve sıvaları hamam, su kuyuları, çatı kaplamaları gibi suya karşı direncin yüksek olması istenen bölgelerde yaygın olarak kullanılmıştır. Horasan harç ve sıvalarının estetik görünümü, yüksek mukavemet sağlaması ve suya karşı yüksek direncinin olması gibi avantajlarından ötürü Osmanlı döneminde horasan harç ve sıvaları sıklıkla kullanılmıştır (Baronio ve Binda, 1997; Mavioğlu, 2011). Osmanlı inşaatçıları arasında horasancı olarak isimlendirilen ayrı bir usta grubu ile horasan harcı tekniği uygulanmış ve gerektiğinde hazır olarak “keyl” adıyla da horasan harcı satın alınmıştır (Kılıç, 2007).

Günümüzde ise tarihi yapıların onarılıp tekrar yaşatılabilmesi için harç ve sıvaların restorasyonunda horasan harcı kullanılmaktadır (Şişik, 2017).

2.3. Horasan Harcının Özellikleri

Tarihi kireç harçları suya karşı az dirençlidir. Ayrıca mukavemet kazanabilmesi için hava ile sürekli temas halinde bulunması gerekmektedir. Kireç harçlarındaki bu dezavantajları ortadan kaldırmak için çeşitli puzolanik katkıların bu harçlar içerisine katılmasıyla hidrolik bağlayıcılar üretilmiştir (Mavi, 2000). Bu amaçla üretilen horasan harcı da agrega olarak tuğla, kiremit gibi pişmiş kil malzemelerin kırılarak ve öğütülerek kireç ile karıştırılması sonucu elde edilmiş hidrolik bir bağlayıcıdır (Böke ve diğ., 2004). Horasan harcının avantajı, kireç, su ve puzolanik malzemenin reaksiyona girmesiyle ve yavaş bir şekilde sertleşerek duvarla homojen bir yapı oluşturması, kemerlerin, tonozların dayanımını artırması ve iyi bir basınç dağılımı sağlamasıdır (Kahraman, 2008).

Horasan harcı makro boyutlu gözeneklere sahiptir (Borelli, 1999). Makro boşlukların yoğunluğu aynı zamanda; harcın ve sıvanın, tuz kristallenme çevirimlerinden ve suda çözünen tuzların hidratlanma-dehidratlanma hareketlerinden meydana gelen iç gerilmelere karşı malzemenin dayanımını arttırmaktadır (Özgünler ve diğ., 2010). Horasan harçları, hidrolik özellikleri, üretimlerinde gözenekli ve puzolanik tuğla agregaların kullanılmış olması ve kalsit kristallerinin tuğla agregaların gözeneklerinde çökmesi gibi avantajları sayesinde dayanımlarını kaybetmeden günümüze kadar ulaşmıştır (Uğurlu ve Böke, 2009).

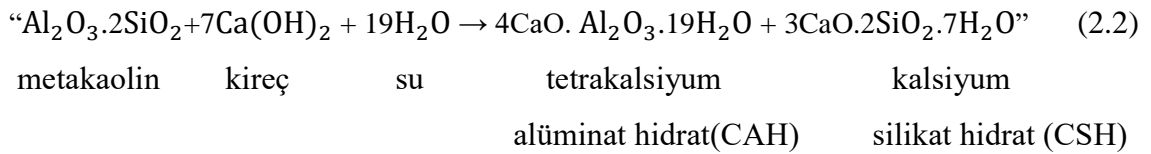
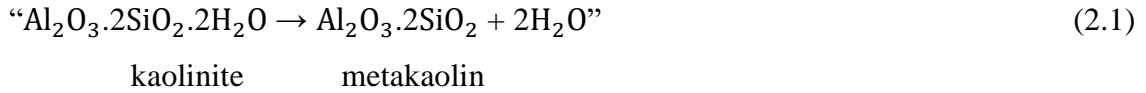
Horasan harçları içerisinde kullanılan tuğla agregalar diğer agregalara oranla daha düşük yoğunluk değerlerine sahiptir. Düşük yoğunluklu agregalar ile üretilen horasan harçları hafif olmaktadır. Ayrıca yüksek çekme dayanımına sahip olurlar (Böke ve diğ., 2004; Kahraman, 2008).

Tuğla kırıkları (pişmiş kil), camlaşmış (kimyasal etkinlik kazanmış silis (SiO_2)) sağlam ve stabil bir malzeme olup aynı zamanda zayıf bir asittir. Kireç ise kuvvetli bir bazdır (Tosun ve diğ., 2015). Horasanın kireç ile yaptığı reaksiyon sonucunda suda çözünmeyen kalsiyum silikat tuzu oluşur. Horasanın kireç ile yaptığı bu reaksiyon puzolanik aktivite olarak adlandırılır. Ortamın nemli oluşu bu reaksiyonu hızlandırır. Puzolanik reaksiyonun etkili bir şekilde gerçekleşebilmesi için silisin aktif ve ince taneli olması önemlidir. İnce taneli agregaların açılı ve keskin uçlu yapıları kireç ile daha fazla bağlanarak hidrolik ürün oluşmasını sağlarlar (Çizer ve diğ., 2004; Alhan Şimşek, 2018).

Kireç hava bağlayıcısı olarak isimlendirilir. Yani açık havaya maruz kaldığında sertleşmektedir. Ancak horasan harçlarında kirecin yanı sıra kullanılan pişmiş kil tozlarının etkisi ile hidrolik özellik kazanmakta ve su altında dahi sertleşebilmektedir. Pişmiş kil malzemenin yapısındaki silikatlar, kirecin su ile temas etmesi durumunda oluşacak kalsiyum hidroksit ile harç taze halde iken reaksiyona girer. Bu reaksiyonlar sonucunda suda çözülmeyen ve harca dayanım kazandıran kalsiyum silikat hidrat jelleri oluşur (Canbaz ve Güler, 2017).

Tuğla agregalar bünyesindeki minerallerin pişirilme derecelerine göre puzolanik özellik kazanır. Örneğin killer 600-900°C arasında pişirilmesi ile puzolanik amorf yapı kazanır. Daha yüksek sıcaklara ulaşıldığında mullit, kristobalit gibi kararlı mineraller oluşacağından puzolanik özellik yok olacaktır. Pişirilme ile açığa çıkan amorf ürünler kireç ile reaksiyona girerek jel halindeki kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) ve kalsiyum alüminat hidratları (C-A-H) oluştururlar. Bu ürünler suda çözünmeden tuğla agregaların gözeneklerinde ve tuğla-kireç ara yüzünde yer alacaktır. Örnek olarak kaolinin ısıtılmasıyla oluşan amorf metakaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) (2.1) kireç ve su ile reaksiyona girerek tetrakalsiyum alüminat hidratı ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O$) ve kalsiyum silikat hidratı ($3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$) (2.2) oluşturacaktır (Mavioğlu, 2011).

1S1



Bu reaksiyondan da görüleceği gibi hidrolik olmayan kireç hidrolik özellik kazanır. Bu hidrolik tepkimeler ile oluşan kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratlar sayesinde horasan harçları dayanım kazanmakta ve su altında da sertleşebilmektedir (Mavioğlu, 2011).

Horasan harçları kireç kullanılarak üretilmektedir (Güleç ve Tulun, 1996; Işık ve Kapur, 2012). Harcın içeriğinde bulunan kireç, Romalılarda olduğu gibi Osmanlı döneminde de sönmüş halde yıllarca bekletildikten sonra kullanılmıştır. Kirecin kullanılmadan önce

bekletilmesi ile kirecin plastiklik özelliği geliştirilmekte ve su tutma kapasitesi iyileştirilmektedir. Bekleme esnasında büzülme etkisi ile kireç kristallerinin boyutları küçülecektir. Böylece havadaki karbondioksit ile reaksiyona girecek yüzey alanı artacak ve karbonatlaşma daha hızlı gerçekleşecektir (Böke ve diğ., 2004; Yılmaz, 2010).

Tarihi yapılarda horasan harçları üzerine bir çok çalışma yapılmış ve horasan harçlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler aşağıda özetlenmiştir (Yılmaz, 2010; Mavioğlu, 2011).

- Horasan harcı kireç, tuğla parçacıkları ve bazen de kumun homojen karıştırılması ile elde edilir.
- Horasan harcı ağırlıkça kireç/tuğla kırıkları oranı 1/3 olarak hazırlanır.
- Horasan harçlarında kullanılacak tuğla agregalar yüksek oranda kil içermelidir. Bünyesinde SiO_2 , Al_2O_3 gibi molekülleri yüksek oranda bulundurmalıdır. Bu agregaların yeni ve hammaddesinin iyi pişmiş olması gerekir. Bu sayede killer amorf yapı kazanacak ve puzolanik aktivite kazanmış olacaktır.
- Kireç bağlayıcısı ağırlıkça yarıdan fazlasını teşkil etmelidir.
- Horasan harçları yüksek gözenekli olmasından dolayı düşük yoğunluktadır.
- Horasan harç karışımının hidrolitik özellik göstermesi beklenir.
- Horasan harcı üretiminde puzolan olarak kullanılan tuğla agregaların ince öğütülmesi puzolanik aktiviteyi hızlandırmaktadır.

2.4. Horasan Harcı Üretiminde Kullanılan Malzemeler

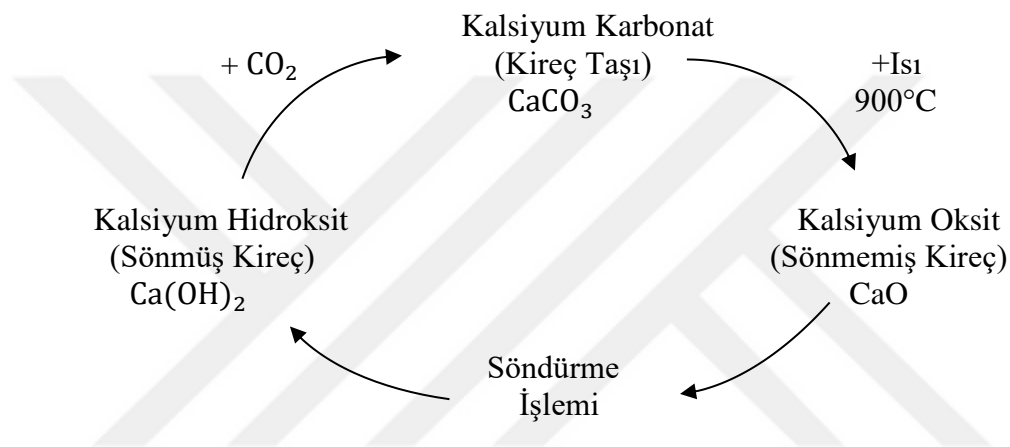
2.4.1. Bağlayıcılar

Bağlayıcı, sıva ve harçlar içerisindeki 63 μm 'den küçük boyutlu malzemelerdir. Bağlayıcıların üretimde kullanım amacı sıva ve harçlara hidrolitik özellik ve yüksek stabilite kazandırmaktır. Harç içerisindeki agregalar bağlayıcı sayesinde polimerize olmakta ve yapay taş oluşturmaktadır. Bu sayede harcın dayanımı artmaktadır. Horasan harcı üretiminde ise bağlayıcı malzeme olarak kireç kullanılır (Gürhan ve diğ., 2017).

Bağlayıcılar hidrolitik ve hidrolitik özellikte olmayan olmak üzere iki grupta incelenir. Su kireci (hidrolitik kireç), su ile reaksiyona giren kireçtir. Yani su ile temas halinde hidratasyona uğrar ve sertleşir. Hava kireci ise havadaki CO_2 ile reaksiyona girer ve bünyesindeki suyun buharlaşarak uzaklaşması sonucu sertleşir. Bu kireç hidrolitik olmayan bağlayıcı olarak adlandırılır (Güleç, 1992; Uğur ve Güleç, 2016).

2.4.1.1. Kireç

Kirecin geleneksel yöntemle üretimi kireç taşı ve yakacağın alması olarak toprak içinde açılmış bir çukurdaki ateş kaynağının üzerine yerleştirilerek gerçekleşmektedir. Oksijen çıkışı için boşluklu olarak ayarlanır ve organik liflerle kapatılır. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde kirecin üretimi düşey fırınlar ile gerçekleştirilmektedir. Geleneksel ve ileri tekniklerle üretilen kireç ilk olarak badana malzemesi olarak kullanılmıştır (Akman, 2003; Ulukaya, 2016). Kirecin kullanım öncesi inkübasyon süresi önem arz etmektedir. Bu sürenin üretimi takiben iki yıl olması önerilmektedir (Vitruvius, 2005; Kozlu, 2010).



Şekil 2.1. Kireç döngüsü (Ulukaya, 2016)

Kireç üretiminde kalsiyum karbonat (CaCO_3) mineralleri temel hammadde olup bu yapı ısı eşliğinde kalsiyum okside dönüşmektedir (2.3). Bu biyokimyasal reaksiyon ile sönmemiş kireç üretilmiş olur (Böke ve diğ., 2004; Ulukaya, 2016).

Kalsinasyon sonucunda elde edilen sönmemiş kireç (CaO) oldukça kararsız bir yapıda olduğundan su veya havada bulunan yaklaşık %15 oranındaki bağıl nem ile reaksiyona girer ve kalsiyum hidroksite (Ca(OH)_2) dönüşür (2.4). Bu ürün ise sönmüş kireçtir (Ulukaya, 2016).



CaO : Sönmemiş kireç

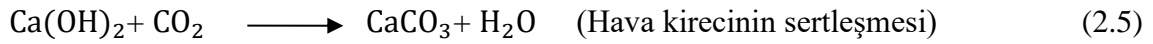
Ca(OH)_2 : Sönmüş kireç

H₂O : Su

Kireç söndürme işleminde dikkat edilmesi gereken nokta kirecin iyice söndürüldüğünden emin olunmasıdır. Çünkü kireç söndürme esnasında hacimde büyük bir artış meydana gelir. İyice söndürülmeden kullanılan kireç uygulandığı yapıda hacim artışına bağlı olarak hasara yol açabilir. Bu yüzden kireç taşları en az iki hafta su içerisinde bekletilerek söndürülmelidir. Söndürme işlemi kireç kuyularında, teknelerde su içerisinde bekletilerek veya fabrikalarda su püskürtülerek yapılır (Akman, 1990).

İlkel bir yöntem olarak kireç kuyularında kireç söndürme işlemi fazla su kullanılarak gerçekleştirilir. Bu durumda ürün Ca(OH)₂+H₂O şeklindedir ve yağlı kireç olarak isimlendirilir. Kaymak kireç olarak da ifade edilebilen bu kireç dış hava koşullarına maruz kaldığında CO₂ etkisi ile üst yüzeyi hızla sertleşmektedir. Bu durumda kireç bağlayıcılığını yitirerek kullanılmaz hale gelmektedir (Canbaz ve Güler, 2017).

Fabrikalarda üretilen sönmüş kireç Ca(OH)₂ konumundadır. İnce toz halinde olup buna hidrate kireç adı verilir. Hidrate kireç (Ca(OH)₂) (hava kireci) karbonatlaşma adı verilen bir işlemle sertleşir ve kireçtaşı priz yapar. Hava kirecini su ile karıştırdıktan sonra havada bırakıldığında, havadaki CO₂ ile reaksiyona girmesi ve suyun buharlaşması ile suda erimeyen kalsiyum karbonata dönüşür (2.5) (Borrelli, 1999).



Ca(OH)₂ : Sönmüş kireç

CO₂ : Havadaki karbondioksit

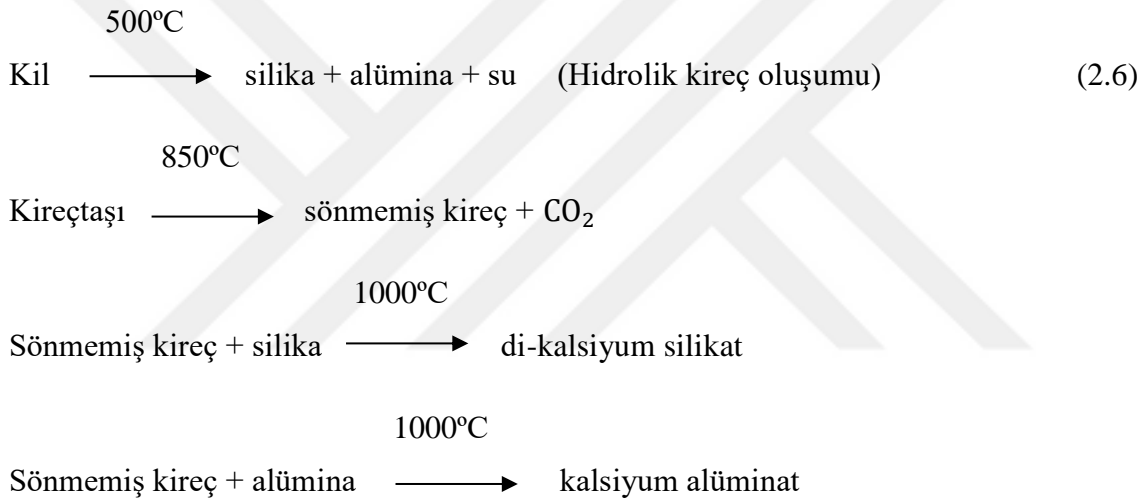
CaCO₃ : Kireçtaşı

H₂O : Buharlaşan su

Karışımdaki suyun buharlaşması nedeniyle oluşan büzülme mikro çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlaklardan harç içerisine havadaki CO₂'in girişi gerçekleşir. Su buharlaşması oldukça karbonatlaşma meydana gelir. Yapıda kireç harcı kalın uygulandığı takdirde iç kısımların karbonatlaşması güçleşecektir. Karbonatlaşma işlemi iç tabakalara doğru ilerledikçe kireç harcı sertleşecektir (Borrelli, 1999; Kozlu, 2010).

Kireç harçlarına hidrolik özellik kazandırmak için yapılan çalışmalar sonucu hidrolik kireçler bulunmuştur. Alüminyum ve silis içeren marnlı kireç taşlarının yakılması ile

elde edilen hidrolik kireçlerin, mekanik mukavemeti hava kirecinden çok daha yüksektir (Satongar, 1994). Hidrolik kireç, kalsiyum silikat ve alüminatın fırında 500°C, 850°C ve 1000°C sıcaklıklarda ısıtılmasıyla üretilir. Pişirme sırasında oluşan sönmemiş kireç silis ve alüminle birleşir ve su ile işleme tabi tutularak toz haline getirilir (2.6) (Kozlu, 2010). Elde edilen malzemenin hidrolik olarak tanımlanmasının sebebi ise karbonatlaşmadan bağımsız olarak nemli ortamda hatta su altında bile priz alabilmesidir. Hidrolik kirecin, özellikle 18. yüzyılda yaygın olarak kullanılan bir diğer ismi su kirecidir ve söndürüldüğünde sönmüş kireç ile birlikte çimentonun ana karma oksitlerinden biri olan dikalsiyum silikata (C₂S) dönüşmektedir (Akman, 2003; Ulukaya, 2016). Hidrolik kireç değişik miktarlarda attapulgit, kaolin, montmorilonit gibi doğal kil mineralleri içeren kireçtaşından yapılırsa doğal hidrolik kireç olarak adlandırılır (Kozlu, 2010).



Hidrolik kireç, kireçtaşlarının içerdiği kil oranına göre farklı isimler alır. %12'nin altında kil içeren kireçtaşlarının kızdırılmasıyla üretilen kireç zayıf hidrolik kireç (NHL 2,5) olarak adlandırılır. %12 ile %18 arasında kil içeren kireçtaşlarının kızdırılmasıyla üretilen kireç normal hidrolik kireç (NHL 3,5) olarak ve %18 ile %25 arasında kil içeren kireçtaşlarının kızdırılmasıyla üretilmesi durumunda güçlü hidrolik kireç (NHL 5) olarak isimlendirilir (Uğur ve Güleç, 2016).

2.4.2. Dolgu malzemeleri

2.4.2.1. Agregalar

İnce veya iri, küresel, plak, iğne, kübik olmak üzere değişik şekilli ve çeşitli nedenlerle ufalanmış taneli taş yığınına agrega denir. Agregalar, harç ve sıva yapımında kullanılır (Satongar, 1994).

Harcın bileşenlerinden biri olan agregalar, harç ve sıvalarda çatlak oluşmasını önleyerek basınç dayanımlarını arttırırken, karışımın gözenekli bir yapıda olmasını sağlayarak karbonatlaşmayı da hızlandırırlar. Agregalar kireç ile reaksiyona giriyor ise puzolan karakterli olarak adlandırılır. Kireç ile reaksiyona girmeyen agregalar ise etkisiz agregalardır (Topçu ve diğ., 2005). Bu agregaların harçlardaki en önemli etkisi gözeneklilik üzerinedir. Etkisiz agregalar harç içerisinde dolgu malzemesi olarak işlev görür. Ayrıca harcın sertleşmesi sırasında oluşabilecek büzüşme çatlaklarını da önler. Kireçle reaksiyona giren agregalar 125 µm'nin altında dane boyutuna sahip olup puzolanik özelliğidir. Bu agregalar harcın dayanımını arttırmakta ve harca su altında sertleşebilme özelliği kazandırmaktadır (Aslan, 2019). Bu küçük boyutlu agregaların iri boyutluların arasını doldurması sağlandığında, bağlayıcı agrega yüzeyini sararak sertleşecek ve hacim küçülmesi daha az olacağından harcın mukavemetini artırıcı etki gösterecektir (Gür, 2019).

Eski eserlerde agrega olarak en yaygın dere kumları kullanılmıştır. Dere kumları silis içermesinden ve yıkanmış olduğu için kil ve silt gibi zararlı maddelerden arınmış olmasından dolayı tercih sebebidir. Bunun yanında, tuğla ve kiremit kırıkları, taş kırığı, mermer kırığı, yüksek fırın cürufu vb agregalar eski eserlerin harç ve sıva elemanlarında kullanılmıştır. Deniz kumları ise düzgün ve homojen yapıda olmasına rağmen bünyesinde tuz içermesinden dolayı tercih edilmemiştir. Topraktan çıkarılan kum ise bünyesinde kil olabileceğinden dolayı iyice yıkandıktan sonra kullanılmalıdır (Satongar, 1994).

Tuğla agregalar, horasan harç ve sıvalarda kullanılan en temel agregalardır. Horasan harç ve sıvaların hidrolük özellik kazanmasında en önemli etken tuğla agregalardır. Killer sınıfına dahil edilebilecek olan tuğla tozu kireç ile karıştırılarak başta hamam ve su yapıları olmak üzere birçok tarihi eser yapının örgü ve sıva harcında kullanılmıştır. Tuğla, kiremit gibi malzemelerin hammaddesi kil (kaolin, illit vb.), kuvars ve feldspat mineralleridir (Böke ve diğ., 2004). Kil mineralleri, ham madde karışımına plastik özelliği sağlarken; feldspat erime noktasını düşürmekte, kuvars ise boşluklar için dolgu görevi yapmaktadır (Uğurlu ve Böke, 2009).

Osmanlı döneminde horasan harcı üretiminde kullanılacak olan tuğlaların yeni ve iyi pişirilmiş olması istenmiştir. Tuğlaların iyi pişirilmesi ile tuğlaların hammaddesi olan killerin tamamının amorf hale dönüşmesi sağlanmaktadır. Kilin cinsine bağlı olarak,

450-800°C arasındaki pişirme sıcaklıklarında, kilin kristal yapısı bozulmakta ve puzolanik amorf maddeler oluşmaktadır. 800°C'nin üstündeki sıcaklıklarda, yüzey alanının azalmasına ve mullit, kristobalit gibi yüksek sıcaklık minerallerinin oluşmasına bağlı olarak puzolanik özellik kaybolmaktadır (Uğurlu ve Böke, 2009). Tuğlaların yeni olması ise tuğlaların su ile karşılaşmadan, kullanımdan önce reaktiflik özelliğini yitirmemesi için gereklidir. Tuğla agregalar su ile temas ettiklerinde amorf silikatlar aktif hale gelmekte ve silisik asit üreterek tuğlada olması muhtemel karbonatlarla reaksiyona girmekte ve böylece reaktiflik özellik kaybolmaktadır (Pusat, 2002; Şirikçi, 2013).

Agreganın şekli harç dayanımını etkilediği için önemlidir. Köşeli agregalar sürtünme miktarını ve buna bağlı olarak sağlamlığı artırdığı için yuvarlak ve düzgün şekle sahip agregalara göre daha çok tercih edilir (Satongar, 1994). Köşeli agrega kullanılması ile harçta çatlakların oluşması engellenir, güçlü kompakt yapı oluşur, boşluklu yapı sağlaması ile harcın tuza, donma ve çözünmeye karşı direnci artar (Kahraman, 2008). Yuvarlak formlu köşesiz agregaların bağlayıcı ile tutunması zayıf olacağından, harcın içinde daha büyük boyutta boşluk oluşturacak ve harcın mekanik dayanımını olumsuz yönde etkileyecektir. Kireçtaşının agrega olarak kullanımı da harcın dayanımını olumlu yönde etkiler (Aslan, 2019).

2.4.3. Katkı malzemeleri

Katkı maddeleri, harç ve sıvaların mukavemetini arttırmak, fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirmek gibi amaçlarla harç karışımları içerisine ilave edilen malzemelerdir (Sickels, 1981).

Eski dönemlerde kireç harçlarının kalitesini arttırmak amacıyla harç üretimi aşamasında organik veya inorganik katkı maddeleri kirece veya harca ilave edilmekteydi (Uğur ve Güleç, 2016). Bu katkı malzemeleri tesadüf olarak değil belirli amaçlarla ilave edilmiştir. Örneğin; pişmiş kil parçacıkları, maden cevheri gibi kırılmış ve öğütülmüş malzemeler harç ve sıvaların hidrolik özelliğini arttırırken (Kılıç, 2007), balmumu harçtaki büzülme önlemek amacıyla kullanılmıştır (Sayın, 2016). Mısır'da yaygın olarak keratin, kazein gibi organik polimerik malzemeler yapıştırıcı olarak kullanılmıştır. Malt ve ürin gibi hava sürükleyicisi olarak kullanılan malzemeler İngiltere'de 8-9. yüzyıllarda harç dayanımını arttırmak için yaygın olarak kullanılmıştır (Satongar, 1994). Yumurta akı gibi organik katkıları kirecin plastik özelliğini arttırmak ve kırılabilirliği azaltmak amacıyla harç içerisinde kullanılmıştır (Özgen, 2012). Rötreyi

önlemek amacıyla harca saman katılmıştır (Şişik, 2017). Hayvansal ve bitkisel kökenli lif ve kıllar ise harç ve sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmek, eğilme, çarpma ve çekme mukavemetini artırmak amacıyla kullanılmıştır (Tekin ve Kurugöl, 2012).

Harç ve sıvaların dayanımını artırmak için bağlayıcı ve agreganın dışında en çok kullanılan katkı lif olmuştur. Restorasyon harçları genel olarak incelendiğinde çoğu uygulamalarda bitkisel lifler, saman ve hayvan (keçi) kılları vb. liflerin kireç ve alçı sıvalarda kullanıldığı görülmektedir (Böke ve diğ., 2004; Ekşi Akbulut, 2006). Tarihte insanlar yapılarının dış çevre koşullarına karşı daha dayanıklı olabilmesi için harç ve sıvalarda doğal lifleri kullanarak mikro donatı tekniği uygulamışlardır. Ülkemizde en eski Truva (Milattan Önce 2500) kazıları sırasında bu uygulamaya rastlanılmıştır. O dönemin insanları saman çöpü, bitkisel lif ve keçi kılı kullanarak ürettikleri harç ve sıvalar ile duvarlarını örmüşler ve böylece mikro donatı tekniğinin ilk örneklerini uygulamışlardır (Gürdal ve Acun, 2004). 19. yüzyılda İngiltere’de harç ve sıvaların üretiminde kenevir lifi ve talaş sıklıkla kullanılmıştır (Polat Pekmezci, 2012).

Lif, bir boyutu diğer boyutuna göre çok büyük ve dayanımları yüksek malzemelerdir. Doğal ve yapay yollarla üretilmektedir. Lifler elastisite modülleri yüksek malzemelerdir (Kavasoğlu, 2019).

Lifsel katkılar harç ve sıvalarda mekanik özellikleri iyileştirmekte, genleşmeyi önlemekte, sıva uygulamaları esnasında dökülmeleri azaltarak ekonomi sağlamaktadır (Gürdal ve Acun, 2004; Erdoğan ve diğ., 2017). Lifler harç içerisinde köprüleme görevi görür ve yüklerin aktarılmasında çatılmanın ilerleyişini önler. Lifler, düşük yoğunluk, yüksek mukavemet, yenilenebilirlik, düşük işleme enerjisi, düşük maliyet ve çeşitli morfolojilerde ve boyutlarda kullanılabilirliği gibi avantajlara sahiptir (Badagliacco ve diğ., 2020). Karışımlara eklenecek liflerin temiz, uzun, kuru olmasına ve harç içerisinde homojen dağılmasına dikkat edilmelidir (Polat Pekmezci, 2012).

2.4.3.1. Kenevir lifi

Kenevir bitkisi cannabaceae familyasından, tek yıllık, ısırangillere yakın ve odunsu bir bitkidir (Aksoy ve diğ., 2019). Bugün iki alttürü bulunmaktadır. Bunlar botanikte cannabis sativa ve cannabis indica olarak isimlendirilir. Bununla birlikte endüstri

alanında kullanılan ve lif üretimi için kullanılan cinsi cannabis sativadır (Gedik ve diğ., 2010).

Kenevir insanların ilk yetiştirdiği kültür bitkilerindendir. Öyle ki Milattan Önce 1500'lü yıllara kadar uzanır. Bu yıllarda Anadolu'da kenevir üretimi yapılmaktaydı (Acar ve Dönmez, 2019).

Kenevir bitkisi ülkemizde kendir, çetene, kendirik ve kınnap olarak adlandırılır. Kenevirin ana vatanı Orta Asya'dır. Bununla birlikte çeşitli iklim koşullarına göre geniş yetişme alanı gösterir (Aksoy ve diğ., 2019).

Kenevir lifi çevre dostu bir malzemedir. Ayrıca yüksek sağlamlık ve sertlik performansı gösterir ve yüksek nem çekme özelliğine sahiptir. Kenevir lifleri kompozit üretiminde yüksek oranlarda kullanıldığında düşük yoğunluklu malzemeler üretilir (Göre ve Kurt, 2020).

2.4.3.2. Keçi kılı

Keçi kılı, keçi derisinden elde edilen doğal bir liftir. Keçi kıllarında uzunluk 40 ile 120 mm arasında değişmektedir. 90 ila 120 MPa gerilme mukavemeti, %10 ila 30 kesmede uzama, biyolojik olarak parçalanabilir, çevre dostu, pürüzsüz, aşınmaya dayanıklı, yumuşak, elastik, düşük maliyetli ve bol miktarda bulunabilen lif çeşididir (Jayaseelan ve diğ., 2017).

Keçi kılları koyun yününden farklılık göstermektedir. Bunlar; renk, parlaklık ve lifin ayırıcı yapısını belirleyen tuşesi (dokunuş) olmaktadır. Araştırmalarda keçi kılı lifinin üst ve alt lifler olarak ikiye ayrıldığı fark edilmektedir. Alt lifler ince yumuşak tutumlu, üst lifler ise kaba ve serttir. Keçilerin üst kılları kaba, sert ve kıvrımsız olduğundan kohezyon (birbirine bükülerek tutunma) yetenekleri düşüktür (Gündüz ve Atalayer, 2019). Keçi kılı, ince pullu yüzeyi nedeniyle kimyasal reaktiflere karşı yüne göre daha hassastır. Nem emme özelliği ise yüne benzer. Bu lifler üzerinde %16-18 nem taşır ve ortalama çap 18-25 µm arasındadır. Seyreltik asitler keçi liflerini etkilemez ancak konsantre asitlerde tamamen çözünür (Yarbaşı, 2020).

Eski yapıların onarım ve güçlendirme çalışmalarında orijinal malzemenin özellikleriyle uyumlu çalışabilecek malzemeler kullanılması gerekmektedir. Buna bağlı kalarak Türkiye Cumhuriyeti Vakıflar Genel Müdürlüğü eski kayıtlara en yakın horasan harç

formülü üretmişlerdir. Bu formüle göre 0,01 m³'de 86 g keçi kılı katkısı kullanımı uygun görülmüştür. Keçi kılı harç içerisinde donatı görevi görmekte ve harcın çekme mukavemetini artırmaktadır (Kanit ve Işık, 2004).

Hayvan kılının harç içerisine katılmadan önce temiz olmasına dikkat edilmelidir. Uzun ve sağlam olması tercih edilmelidir. 1 m³ harç içerisinde yaklaşık 4 kg hayvan kılı kullanılmalıdır (Polat Pekmezci, 2012).

2.4.3.3. Polipropilen elyaf

Eski dönemlerde bitkisel ve hayvansal lifler ile yapı malzemelerinin özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktaydı. Günümüzde ise bu lifler yerini cam, çelik ve polimer esaslı liflere bırakmıştır (Topçu ve diğ., 2017).

Polimer liflerin birçok çeşidi vardır. Harç karışımlarında ise en çok polipropilen lif kullanımı tercih edilmektedir (Erdoğan ve diğ., 2017). Polipropilen lifler düşük maliyetli ve yüksek dayanıma sahiptir. Ayrıca bu lifler yüzeyleri hidrofob özellik gösterdiğinden harç içerisinde ıslandığında topaklanma etkisi göstermez. Bu lifler ilk kez 1965 yılında Goldfein tarafından donatı malzemesi olarak önerilmiştir (Gürdal ve Acun, 2004).

2.5. Horasan Harcı İle İlgili Örnek Çalışmalar

Tarihi yapılarda kullanılan harçların özgün niteliklerini belirlemek için yapılan analizler ile harç karakterizasyonunun belirlenmesi ve tarihi yapıların restorasyonunda kullanılacak öneri harçlarının üretilmesi üzerine literatürde bulunan çalışmaların bazıları bu bölümde özetlenmiştir.

Kalkan ve Gündüz yaptıkları bir çalışmada inorganik özel bağlayıcı ve katkı maddeleri içeren harçlar üretmişlerdir. Çalışmada doğal kalsiyum sülfat anhidrit bağlayıcı malzeme ve farklı boyutta tuğla kırığı agregalar ile CL80 sınıfı sönmüş toz kireç kullanılmış, içerisine katkı malzemesi olarak çinko stearat, lif ve kül katılarak kompozit harçlar üretmişlerdir. 40x40x160 mm boyutlarında üretilen prizma numuneler üzerinde mekanik deneyler uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır (Kalkan ve Gündüz, 2017).

Kütahya Balıklı Cami'ye ait harç ve sıva örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada harç örneklerinde %5-30, sıva örneklerinde ise %10-20 arasında değişen oranlarda mermer tozu/kırığı içeriği tespit edilmiştir (Akyol ve Kadioğlu, 2007).

Topçu ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada geliştirilmiş perlit içeren horasan harçları üretilmiştir. Karışımlarda hacimce %0-10-20-30-40 oranında geliştirilmiş perlit, 0-2 mm kiremit tozu yerine agrega olarak kullanılmıştır. Perlit oranı arttıkça numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarında azalma görülmüştür (Topçu, ve diğ., 2015).

İstanbul'da yer alan Erken Bizans Dönemi (Roma) saray yapılarında kullanılan tarihi harçlar üzerine yapılan deneysel bir çalışmada harçların fiziksel özellikleri incelendiğinde örneklerin porozite değerleri %37 ile %48 arasında, kütlece su emme yüzdesi %23 ile 33 arasında ve birim hacim kütlesi ise 1,32 ile 1,61 g/cm³ arasında olduğu belirlenmiştir. Bağlayıcı/agrega oranları asit kaybı deney sonuçlarında 1/3 ve 1/4 olarak tespit edilmiştir. Harç örneklerinde tuğla tozu ve tuğla kırıklı agregalar içerdiği belirlenmiştir. Elek analizi sonuçlarına göre 16 mm ve 8 mm boyutlarında agregalar görülürken daha çok 4 mm agrega boyutunda yoğunlaştığı belirtilmiştir. Harç örneklerinin mekanik deneyler sonucu 6-8 MPa basınç dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Altaş ve diğ., 2012).

Altaş ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, İstanbul'da bulunan Erken Bizans Dönemi savunma yapılarında kullanılan horasan harçları incelenmiş, birim hacim kütleleri 1,14-1,90 g/cm³ arasında olduğu, özgül kütlelerinin 2,27-2,81 g/cm³, boşluk oranları (porozite) %28-52 arasında olduğu tespit edilmiş ve kütlece su emme yüzdelilerinin ise %13-50 arasında değer aldığı görülmüştür. Asit kaybı analizi ile örneklerin bağlayıcı/agrega oranları 1/3 olarak bulunmuş, kızdırma kaybı analizleri 3-4 oranında değerlere sahip olup harçların hidrolik özellikte olduğu görülmüştür. Horasan harçlarında CO₂/kimyasal su oranı 1-10 oranındaysa harç hidrolik, 10'dan fazla olması ise hidrolik olmadığını ifade etmektedir. Harçların mekanik özellikleri incelendiğinde ise harçların basınç dayanımları 3-6 MPa aralığında sonuç vermiştir (Altaş ve diğ., 2013).

Farklı aktivatörler ile aktive edilmiş yüksek fırın cürufu esaslı sıva harçlarının dayanıklılık özelliklerinin hidrolik kireç esaslı harçlarla karşılaştırılması amacı ile yapılan bir deneysel çalışmada sodyum hidroksit ve sodyum silikat ile aktive edilmiş, çimento içermeyen, yüksek fırın cürufu ve hidrolik kireç esaslı olmak üzere iki tür harç üretilmiştir. Hidrolik kireç esaslı serilerin 28 günlük ortalama eğilme dayanımı 1,0 MPa, ortalama basınç dayanımı ise 2,3 ve 2,4 MPa olarak belirlenmiştir (Aktürk ve diğ., 2017).

Gürhan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Aydın Eski Hamamı'na ait sıva özellikleri incelenmiş, horasan sıvaları 1,2-1,4 g/cm³ arasında yoğunluk, %47-53 arasında gözeneklilik değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Gürhan ve diğ., 2017).

Canbaz ve Güler'in yaptığı bir çalışmada iki farklı kireç türü kullanılarak üretilen horasan harcının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Yağlı kireçle üretilen harçların birim ağırlıkları hidrate kireçle üretilen harçlara göre %2,5 daha fazla olduğu görülmüştür. Ultrases geçiş hızları yağlı kireçle üretilen harçlarda %80'e yakın oranda daha yüksek çıkmıştır. Harçların eğilme dayanımlarının hidrate kireç kullanılması durumunda azaldığı, basınç dayanımlarının ise arttığı görülmüştür (Canbaz ve Güler, 2017).

İzmir'e yakın yerleşmelerde bulunan bazı Osmanlı Dönemi hamam yapılarının (Düzce Hamamı, Hersekzade Hamamı, Kamanlı Hamamı, Seferihisar Hamamı, Ulaş Hamamı) kubbe ve duvarlarında kullanılan harçlar üzerine yapılan incelemede bu harçların ağırlıkça kireç/agrega oranları 1/4 ile 2/3 aralığında olduğu belirlenmiştir. Basınç dayanımları yaklaşık 9 MPa ve üstü degerde ölçülmüştür. Harçların yoğunlukları yaklaşık 1,4-1,8 g/cm³, gözeneklilikleri ise %27 ile %43 arasındadır (Çizer ve diğ., 2004).

Oğuz ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, Antalya Andriake Limanı'nda Roma, Bizans ve Selçuklu Döneminde inşa edilmiş tarihi yapılarda kullanılan harçların fiziksel, kimyasal, mekanik ve mikroyapı özelliklerini incelenmişlerdir. Yapılan protein ve yağ analizleri sonucu malzemelerin bir kısmında %61 oranında protein, bir kısım numunelerde %66 yağ, bir kısım numunelerde ise %44 oranında hem protein hem de yağ varlığı tespit edilmiştir. Harçların mikro yapı analizlerinde harcın mekanik özelliklerini geliştirmek için harca organik katkılar (bitkisel, hayvansal) katıldığı tespit edilmiştir (Oğuz ve diğ., 2015).

İstanbul Anemas Zindanları'nın restorasyonunda kullanılabilecek aslına uygun harç ve sıvaların yerel malzeme ile üretimi amacıyla yapılan bir deneysel çalışmada, puzolan olarak Kaytazdere Bölgesinde tuf ocağından alınan asit karakterli tuf örneği kullanılmış ve bu malzemenin kireç ile yapılan harçlarda kullanılması durumunda yeterli mekanik dayanım kazandırdığı görülmüştür (Özgünler ve diğ., 2009).

İstanbul Tahtakale Hamamı harç örnekleri üzerinde basit ve ileri analiz teknikleri ile yapılan bir incelemede, ince sıvalarda lifli katkı olarak kütük (keten) kullanıldığı tespit

edilmiştir. Harçlarda tuğla kırıkları agrega olarak, tuğla tozlarının yapay puzolanik katkı olarak kullanıldığı belirlenmiştir (Ersen ve Güleç, 2009).

Özgen ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada; İstanbul ili Sancaktepe ilçesi sınırları içerisinde yer alan Damatris Sarayı'nın harç ve sıvaları incelenmiş, harçlarda az miktarda (%3-5) lifli katkı olarak kırıntı varlığı tespit edilmiştir (Özgen ve diğ., 2013).

İstanbul Fatih Camii Kütüphanesi yapısının farklı noktalarından alınan iki harç ve on iki sıva örneği üzerinde yapılan bir incelemenin analiz sonuçlarında bağlayıcı olarak %30-35 oranında kaymak (non hidrolik) kireç kullanıldığı, örneklerin içeriğinde molekül suyu, kırıntı (%0,20-0,50) vb. organik katkıların olduğu tespit edilmiştir (Güleç, 2013).

Güleç'in yaptığı bir çalışmada İstanbul'da yer alan Nuruosmaniye Camii'ne ait harç ve sıva örnekleri üzerinde analizler yapılmış, bir kısım sıvaların lifsel (keten kırıntı) (%0,2-0,3-1) katkı içerdiği tespit edilmiş, çalışma sonunda yapının restorasyonunda kullanılmak üzere onarım harcı önerisinde bulunulmuştur (Güleç, 2012).

Kozlu ve Ersen, Kayseri'de Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemlerinde inşa edilmiş tarihi yapıların duvar örgü harcı ve iç mekan sıva harcı örnekleri üzerinde yaptıkları incelemelerde puzolanik maddelerden volkanik tüf tozları kullanıldığı, ayrıca ocak ve ırmaç kumlarının da agrega olarak harçlarda kullanıldığını tespit etmişlerdir (Kozlu ve Ersen, 2011).

Konya ili Beyşehir ilçesinde bulunan tarihi Çeçen Süleyman Efendi Konağı'na ait sıva örnekleri üzerinde yapılan bir deneysel çalışmada harç karışımında yoğun olarak saman ve keçi kılı katkısı kullanıldığı tespit edilmiştir (Aktaş ve Aruntaş, 2019).

Diyarbakır Ulu Camii'nde yapı malzemesi olan taş ve harcın mekanik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada asit kaybı deney sonuçlarında taşıyıcı olmayan duvardan alınan harç örneğindeki hacimsel kireç/ agrega oranının 1/2,5 olduğu belirlenmiştir. Harcın serbest basınç dayanımı 0,759 MPa, çekme dayanımı 0,274 MPa, birim hacim ağırlığı 1,670 t/m³ ve elastisite modülü 1845 MPa değerlerinde olduğu deney sonuçlarından elde edilmiştir (Aksoy ve Karaton, 2019).

Dayı ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada 16. yüzyılda İnegöl-Bursa'da inşa edilmiş Osmanlı hamam yapısından alınan özgün harç numunelerinin fiziksel, kimyasal, mekanik ve mineralojik özellikleri incelenmiş, bağlayıcı/ agrega oranlarının 1/1 ile 1/3 arasında

değiştirdiği ve basınç dayanımlarının 2,5 MPa olduğu belirlenmiştir. Harç numunelerinin düşük birim ağırlık, boşluklu bir matris, düşük basınç dayanımı ve yüksek elastikiyet özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Dayı ve diğ., 2015).

Gürdal ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada İstanbul'da bulunan Erken Bizans Dönemi dini yapılarında kullanılan horasan harçlarının özellikleri incelenmiş, asit kaybı analizi sonuçlarına göre bağlayıcı/agrega oranları 1/2 ile 1/4 arasında olduğu tespit edilmiştir (Gürdal ve diğ., 2011).

Uğurlu ve Böke'nin yaptıkları bir çalışmada Osmanlı Dönemi'ne ait Bursa'da bulunan Ördekli Hamamı, Edirne'de bulunan Saray ve Beylerbeyi Hamamları, İzmir'in Urla ilçesinde bulunan Hersekzade ve Kamanlı Hamamları ile İzmir'in Seferihisar İlçesi'nde bulunan Düzce Hamamı'ndan alınan horasan sıvalarının özellikleri incelenmiştir. Horasan sıvalarının mikro yapı analizlerinde kireç ile tuğla agregalar arasında kuvvetli bir bağlanma olduğu görülmüştür. Tuğla-kireç ara yüzeylerinin yaklaşık 2-10 µm kalınlığında homojen bir yüzeye sahip oldukları ve kalsiyum, silisyum, alüminyum elementlerince zengin oldukları belirlenmiştir. Bu durum, tuğla-kireç ara yüzeylerinde, tuğlanın yapısında bulunan amorf maddelerin kireç ile reaksiyonu sonucunda oluşan kalsiyum silikat hidrat (CSH) ve kalsiyum alüminat hidrat (CAH) gibi hidrolik ürünlerin varlığını göstermiştir. Kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratın kimyasal yapısında yüksek miktarda bulunması; horasan sıvalarının, hamamların nemli ortamlarında dayanıklı malzemeler olmasını sağlamaktadır. Tuğla agregaların gözeneklerinde belirlenen kalsit kristalleri, horasan sıvasında bağlayıcı olarak kullanılan kirecin, karbonatlaşmasının ardından, hamamların nemli ve sıcak iç iklimlerinin etkisiyle çözünüp tekrar çökmesi sonucu oluşmuştur. Tuğla agregaların gözenekli yapıları, bu süreçte sıvada meydana gelebilecek bozulmaları engellemekte ve sıvanın dayanımını artırmaktadır. Bu gözlem, tuğla agregalar kullanılarak hazırlanan horasan sıvalarının, hamam yapıları için ideal malzemeler olduklarını göstermiştir. Horasan sıvalarının CO_2 /kimyasal su oranları 0,6-9,0 arasında tespit edilmiş, bu değerler, horasan sıvalarının hidrolik özelliğe sahip olduklarını göstermiştir. Bu durumun kullanılan puzolanik tuğla agregalardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışmada horasan sıvalarının yaklaşık 1,2-1,7 cm³ yoğunluk ve %31-54 gözeneklilik değerlerine sahip olduğu belirlenmiş, kireç/tuğla kırığı oranı 1/2 ve 3/2 arasında tespit edilmiştir (Uğurlu ve Böke, 2009).

Güleç'in yaptığı bir çalışmada Enez Kalesi avlusunda yer alan Fatih Camii'nden alınan 8 adet harç örneği, 12 adet sıva örneği ve 4 adet taş örneği üzerinde içerik analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda Bizans dönemi harçlarının bağlayıcısı %25-30 oranında hava kireci olduğu, seyrek olarak 6-7 mm boyutlu olan agregaların geneli 4 mm elek altı olduğu tespit edilmiştir. Bizans sıvalarının bağlayıcısı %35-40 oranında hava kireci, Osmanlı dönemine ait olduğu düşünülen sıvalarda bağlayıcı olarak kullanılmış olan hava kireci ise %30-35 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerde %0,1-0,5 arasında değişen oranlarda keten kıtık (lifsel katkı) kullanıldığı belirlenmiştir (Güleç, 2009).

Uğur'un yaptığı bir çalışmada Antalya ili sınırları içerisinde yer alan Perge Antik Kenti mozaiklerine ait harçların hammadde kompozisyonları incelenmiş ve kızdırma kaybı deney sonuçlarına göre %19,8-34,5 arasında değişen kalsiyum oksit miktarları örneklerin bağlayıcılarının kireç olduğunu göstermiş ve örneklerde %0,32-2,18 arasında değişen oranlarda magnezyum oksit olduğu tespit edilmiştir. Bu durum örneklerin bağlayıcı kireçlerinde dolomitik özellik bulunduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonunda onarımda benzer harçların üretilmesi için uygun harç karışımları önerilmiştir (Uğur, 2013).

Yedikule Kara Surları T4 kulesinde kullanılan Erken Bizans Dönemi harç örneklerinde yapılan bir incelemede bağlayıcı olarak sönmüş kireç, agrega olarak da tuğla kırığı parçaları, tuğla tozu, kireçtaşı parçacıkları ve dere kumu kullanıldığı belirlenmiştir. Özgün harçların poroziteleri %22-38 arasında değişmekte ve çoğunluğu makro boyutlu gözeneklerden oluşmaktadır. Yapılan çalışmada bağlayıcı/agrega oranlarının 1/2 ve 1/3 arasında olduğu belirlenmiş ve basınç dayanımı değerleri 4-6 MPa aralığında ölçülmüştür (Özgünler ve diğ., 2010).

Güleç ve Emre'nin yaptığı bir çalışmada, Sultanahmet obelisk oteli ek binası alanından alınan harç ve sıva örnekleri incelenmiştir. Onarımda kullanılmak üzere benzer harç ve sıva karışım önerileri sunulmuştur (Güleç ve Emre, 2009).

Kurugöl ve Güleç'in yaptığı bir çalışmada, İstanbul Anadolu Hisarı harçları incelenmiş, harçların yoğunlukları 1,50 ile 1,81 g/cm³ ve porozite değerleri %27-37 arasında değişmektedir. Harçların birim hacim ağırlığı 1,6 g/cm³ civarında ve ağırlıkça su emme oranları %15-24 arasındadır. Bağlayıcı/agrega oranı 1/2,5 ile 1/3'tür. Mekanik deneyler sonucunda ise harçların ultrases hızları 2,3 ile 2,7 km/sn arasında ölçülmüş, basınç dayanımlarının 5,3-8,5 N/mm², eğilme dayanımlarının ise 1,9-2,8 N/mm² arasında

değiştirdiği belirlenmiştir. Kullanılan bağlayıcı %30-40 oranında hava kirecidir. Bununla birlikte, harçların hidrolik özelliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Pembe renkli harçlarda, bu özellik puzolanik karakterdeki tuğla kırıkları ve tozları sayesinde, krem-beyaz renkli harçlarda ise, daha çok doğal şistik ve tufik parçacıklar sayesinde kazandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, bazı örneklerde tespit edilen protein, harcın özelliklerini iyileştirmek amacıyla ilave edilmiş olan kazein, albümin gibi organik katkılardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Kurugöl ve Güleç, 2010).

Işık ve Kapur'un yaptığı bir çalışmada Konya Şerafettin Cami (13. yüzyıl), Ankara Tacettin Dergahı (16. yüzyıl) ve Ankara Leblebicioğlu (18. yüzyıl) Cami'nden horasan harcı ile tuğla örnekleri alınarak fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. İncelenen örneklerin yüksek değerlerde fosfor içerdiği (kemik, saç, yumurta kabuğu vb) tespit edilmiştir. Örneklerin elek analizlerinde ortalama dane boyutunun orta ve ince kum boyutu (250-150 µm) olduğu belirlenmiştir (Işık ve Kapur, 2012).

Bayazit ve Yıldız'ın yaptığı bir çalışmada Fatih Paşa Cami'sinde (Diyarbakır) kullanılan 3 adet sıva ve 7 adet harç numunesi üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bazı sıva örneklerinde ağırlıkça %0,04 oranında kırıntı (lif yapılı katkı malzemesi) olduğu tespit edilmiştir (Bayazit ve Yıldız, 2019).

Uğurlu'nun yaptığı bir çalışmada Urla ve Seferihisar'da bulunan bazı Osmanlı dönemi hamamlarında kullanılan horasan sıvalarının özellikleri incelenmiştir. Kireç/tuğla kırığı oranı ağırlıkça 1/2 ve 3/2 arasındadır. Bu sıvaların hidrolik özellikte olduğu görülmüştür. Bu özelliğin agrega olarak kullanılan tuğla kırıklarının hammaddesinin yüksek miktarda kil içerdiğinden ve düşük sıcaklıklarda pişirilmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Uğurlu, 2005).

Diker ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada bitkisel kökenli katkıların sönmüş kireç esaslı harçların mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada dişbudak ağacının yaprağı ile karaağaç kabuğu kireç esaslı harçlara katılarak sonuçlar incelenmiştir. Kullanılan bu organik katkı maddelerinin özellikle kireç harçlarının mekanik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (Diker ve diğ., 2020).

Gündüz ve Kalkan'ın yaptığı bir çalışmada kırıntı katkılı hidrolik harçlar üretilmiştir. Kırıntı malzeme olarak saman kullanılmıştır. Kırıntı malzemenin çapı, boyu ve çeper kalınlıklarındaki değişimin harcın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi

araştırılmıştır. Kıtık katkının boy ve çap değerine bağlı olarak sonuçların değiştiği görülmüştür (Gündüz ve Kalkan, 2018).

Güney'in yaptığı bir çalışmada Nemrut Dağı yakınlarında bulunan Kahta Kalesi'nin yığma duvarlarında kullanılan kireç harçları incelenerek ortalama basınç dayanımının 7,4 MPa olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada ise üretilen harç karışımlarında, puzolanik malzeme olarak metakolin, uçucu kül ve tarihi tuğla tozu kullanılmış ve kontrol numunelerine göre mekanik dayanımı artırdığı gözlenmiştir (Güney, 2012).

Genel olarak tarihi yapı kireç harçlarında basınç dayanımı değerleri 0,5-2,0 N/mm², hidrolik kireçle üretilmiş harçlarda ise 2,0-15 N/mm² arasında değişmektedir (Valek ve Veiga, 2005; Lawrence, 2006; Kurugöl ve Güleç, 2010). Tarihi yapılarda kullanılan kireç harçlarının birim ağırlıkları ise kullanılan kirecin ve puzolanların tipine göre 1,5-2,1 g/cm³ arasında, porozite oranları ise %18-45 arasında değişmektedir (Kurugöl ve Güleç, 2010).

Çomak ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada kenevir lifinin çimento esaslı harcın özelliklerine etkisi araştırılmış, kenevir elyaf takviyeli çimento harçları farklı oranlarda (%0, %1, %2, %3) ve farklı uzunluklarda (6 mm, 12 mm ve 18 mm) liflerin kullanılması ile üretilmiştir. En iyi sonuçlar ise %2-3 oranında ve 12 mm uzunluğunda kenevir lifi takviyeli harçlarda tespit edilmiştir (Çomak ve diğ., 2018).

Stefanidou ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada çeşitli elyaf takviyeli kireç harçları üretilmiştir. Bağlayıcı/agrega olarak ağırlıkça 1/3 oranında 0-4 mm doğal kum kullanılmış ve beş farklı lif çeşidi ağırlıkça %1 oranında harç içerisine katılarak 40x40x160 mm boyutlarda harç örnekleri üretilmiştir. Kenevir lifi katkısı harçların mekanik dayanımını yüksek oranlarda arttırmıştır (Stefanidou ve diğ., 2016).

Serin ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, doğal kenevir lifleri asfalt beton karışımlara katılmış, çalışmada agrega ve bitüm karışımı için kenevir lifi ağırlıkça %0, %0,05, %0,075, %0,1, %0,125, %0,25 oranlarda kullanılmıştır. Sonuçta, kenevir liflerinin, bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerini geliştirdiği görülmüştür (Serin ve diğ., 2018).

Iucolano ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada alçı levhaların cam elyaf yerine çevre dostu kenevir elyafı kullanılarak üretilmesi yönündeki deneysel çalışmada üretilen alçı sıvaların içerisine bağlayıcıya göre ağırlıkça %1 ve %2 oranlarında lif katılmıştır. 10 mm

uzunluğunda cam lif ve kenevir lifi olmak üzere iki farklı lif kullanılmış. 160×40×20 mm boyutlarında üretilen numunelerde yapılan bükme testlerine göre kenevir liflerinin cam elyaflara kıyasla alçı matrisine daha iyi yapışma özelliği gösterdiği ve liflerin mikro çatlakları köprüleme ve yayılmalarını azaltma etkisi gösterdiği belirlenmiştir (Iucolano ve diğ., 2019). Kenevir lifleri rijit özellik göstermesinden dolayı kompozit malzemelerde kullanılmaktadır. Cam elyafına göre %40 oranında daha yoğundur. Kompozit malzemelerde hafiflik sağlamaktadır (Kurtuldu ve İşmal, 2019).

Yarbaşı'nın yaptığı bir çalışmada 15-20 mm uzunluğunda hazırlanmış keçi kılı lifleri killi zemine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında ilave edilmiş ve killi zeminin donma-çözülme testi sonucundaki dayanım değişiklikleri incelenmiştir. Eklenen katkı maddesinin killi zeminin donma-çözülme öncesi ve sonrası direncini artırdığı belirlenmiş ve en uygun karışım 28 günlük kür sonrasında kil + %1,5 keçi kılı lifi olarak belirlenmiştir (Yarbaşı, 2020).

Tosee yapmış olduğu bir çalışmada kamış cürufu ve lif olarak keçi kılının betondaki plastik rötre çatlakları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Doğal elyaf hacimsel yüzdesi 1, 2 ve 3 olarak belirlenmiştir. %1 keçi kılı ilavesinin, özellikle hafif beton uygulamalarında, betondaki rötre çatlaklarını kontrol etmek için uygun bir oran olduğu sonucuna varılmıştır (Tosee, 2018).

Drdacky ve Michoinova'nın yaptığı bir çalışmada doğal lif katkılı kireç harçları üretilmiş, lifler harç içerisine %0,1 oranında katılmıştır. Keçi kılı katkılı harçlarda yüksek mekanik dayanımlar elde edilmiştir (Ekşi Akbulut, 2006).

Topçu ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada harç içine hacimce %0,6, %0,8, %0,9, %1,1 oranlarında polipropilen lif katılmıştır. Lif katkısının harçlar üzerindeki etkisi araştırılarak kontrol numune ile karşılaştırmalar yapılmıştır (Topçu ve diğ., 2017).

Berkgil ve Ayaz'ın yaptığı bir çalışmada; lif katkılı kerpiç tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Boyları 6 mm, 12 mm ve 19 mm olan polipropilen lifler killi toprağa ağırlıkça %0 (katkısız), %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında katılarak kerpiç tuğla numunesi üretilmiştir (Berkgil ve Ayaz, 2020).

Gürdal ve Acun'un yaptığı bir çalışmada mineral esaslı sıva karışımlarına polipropilen lifler katılmıştır. Örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki değişimler incelenmiştir (Gürdal ve Acun, 2004).

Erdoğdu ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada kireç harçları üretilmiştir. Harç karışımlarında polipropilen lif, uçucu kül ve portland imentosu kullanılmıştır. Lifler 3 mm ve 6 mm boyunda harç karışımlarına hacimce %1,0 ve %1,5 oranlarında ikame edilmiştir (Erdoğdu ve diğ., 2017).

Altun ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada bağlayıcı olarak doğal hidrolik kireç, agrega olarak kırma taş kireç agregası kullanmışlardır. Karışımlarda toplam hacmin %0,5 ve %1'i oranlarında polipropilen lif ilave etmişlerdir. Lif katkısının etkisi ile istenilen yayılmayı elde etmek için su azaltıcı katkı ihtiyacının arttığını belirtmişlerdir (Altun ve diğ., 2018).



3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde, horasan harç karışımlarında doğal ve yapay lif katkısının farklı oranlarda kullanılması ile harçlar üzerindeki değişen parametreleri görmek ve iki farklı dane boyutlu tuğla agrega kullanılması ile farklı dane boyutunun harçlar üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Öncelikle doğal ve yapay lif katkılı horasan harçlarının üretiminde kullanılacak malzemeler tanımlanmış ve ön deneyler yapılmıştır. Literatür araştırmasından yararlanılarak harç karışım oranları belirlenmiştir. Üretilen harç numuneleri üzerinde yapılan deneylerin yöntemleri anlatılmıştır.

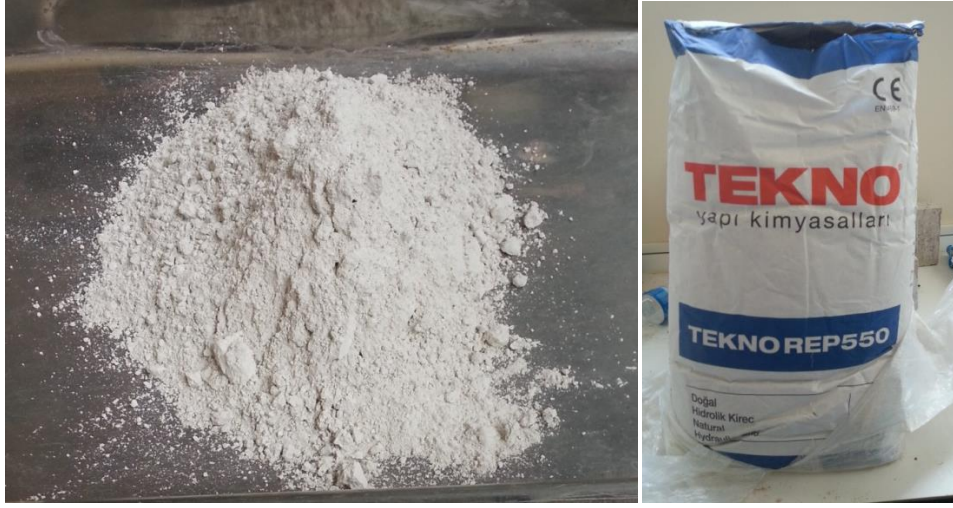
3.1. Malzeme

3.1.1. Doğal hidrolik kireç

Deneysel piyasadan temin edilen, çeşitli firmaların ürettiği horasan harcı formülüne uygun, doğal beyaz hidrolik kireç kullanılmıştır (Bkz. Resim 3.1). TS EN 459-1'e uygun NHL 3,5 sınıfı doğal hidrolik kirece ait teknik özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Detaylı bilgi ise Ek C'de verilmiştir (Url-1).

Çizelge 3.1. Doğal hidrolik kireç (NHL 3,5) teknik özellikler

Basınç Dayanımı	3,5 N/mm ² - 10,00 N/mm ²
Serbest Kireç İçeriği (Kütlece %)	≥ 25,00
Serbest SO ₃ İçeriği (Kütlece %)	≤ 2,0
Serbest Su İçeriği (Kütlece %)	≤ 2,0



Resim 3.1. Doğal hidrolik kireç

3.1.2. Tuğla kırığı

Deneylerde dane çapı 0-2 mm ve 0-4 mm olarak farklı iki boyut tuğla kırığı kullanılmıştır. Farklı dane çapına sahip tuğla agregalar harç karışımlarında aynı oranda kullanılarak farklı iki grup harç üretilmiştir. Böylece değişen dane çaplarının horasan harcı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.



Resim 3.2. Harman tuğlası kırma işlemi

Tuğla kırığı elde etmek için piyasadan temin edilen ortalama 183/84/54 mm boyutlarda dolu harman tuğlası kullanılmıştır. Harman tuğlası, açıklığı 4 mm ayarlı çeneli kırıcıda kırılmıştır. (Bkz. Resim 3.2). Tuğla kırıklarının bir kısmı 2 mm elekten elenerek (Bkz.

Resim 3.3) 1. grup olan M1 nolu harçlarda 0-2 mm tuğla kırığı olarak kullanılmıştır. 4 mm elekten elenen malzeme ise 2. grup olan M2 nolu harçlarda 0-4 mm tuğla kırığı olarak kullanılmıştır.



Resim 3.3. Tuğla kırığı eleme işlemi

3.1.3. Standart kum

Deneylerde maksimum dane boyutu 2 mm olan standart kum kullanılmıştır. LİMAK Batı Çimento San. ve Tic. A. Ş. Trakya (Pınarhisar/Kırklareli) fabrikasından, TS EN 196-1 standardında 1350±5 g'lık kullanıma hazır poşetler içerisinde (Bkz. Resim 3.4) temin edilmiştir.



Resim 3.4. Standart Kum

3.1.4. Su

Harçların üretiminde Kırklareli şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.5. Kenevir lifi

Piyasadan kenevir lifinden üretilmiş ip temin edilerek 19 mm uzunluğunda manuel olarak kesilmiş (Bkz. Resim 3.5) ve kireç ağırlığının %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında harç içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır.



Resim 3.5. Kenevir lifinin 19 mm uzunluğunda kesilmesi işlemi

3.1.6. Keçi kılı

Doğal bir malzeme olan keçi kılı Kırklareli ilinde yetişen keçilerden elde edilmiştir. Toplanan keçi kılları, kullanılan diğer liflerle aynı uzunlukta olacak şekilde 19 mm uzunluğunda manuel olarak kesilmiş (Bkz. Resim 3.6) ve kireç ağırlığının %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında harç içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır.



Resim 3.6. Deneysel olarak kullanılan 19 mm uzunluğunda kesilmiş keçi kılı örneği

3.1.7. Polipropilen elyaf

Polimer kökenli polipropilen lifler harç karışımlarına kireç ağırlığının %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında harç içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır. Karışıma katılan polipropilen elyaf, 19 mm uzunluğunda ticari kodu BF19 lifidir (Bkz. Resim 3.7). Kullanılan polipropilen elyafın yoğunluğu 0,91 g/cm³, çekme mukavemeti 450-700

N/mm² (MPa), erime noktası 162°C, yanma noktası 593°C'dir. Detaylı bilgi Ek C'de verilmiştir (Url-2).



Resim 3.7. BF19 polipropilen elyaf lif

3.2. Yöntem

3.2.1. Harç örneklerinin hazırlanması

Her bir harç numunesi karıştırıcı mikser ile mekanik olarak karıştırıldı. Harç örneklerinin hazırlanmasında sırasıyla tuğla kırığı, lif, hidrolik kireç ve standart kum karıştırma kabına alınarak harç mikserinde 1 dakika düşük devirde kuru bir şekilde karıştırıldı. 1 dakikanın sonunda mikser durduruldu ve kap içerisine karışım suyu ilave edilerek karıştırmaya devam edildi (Bkz. Resim 3.8). UTEST marka harç mikseri 30 saniye düşük hızda (55 devir) ve 2 dakika daha yüksek hızda (110 devir) çalıştırılarak karışım homojen bir hale getirildi ve karıştırma işlemi tamamlandı.



Resim 3.8. Horasan harcının kap içerisinde hazırlanması ve karıştırma cihazı

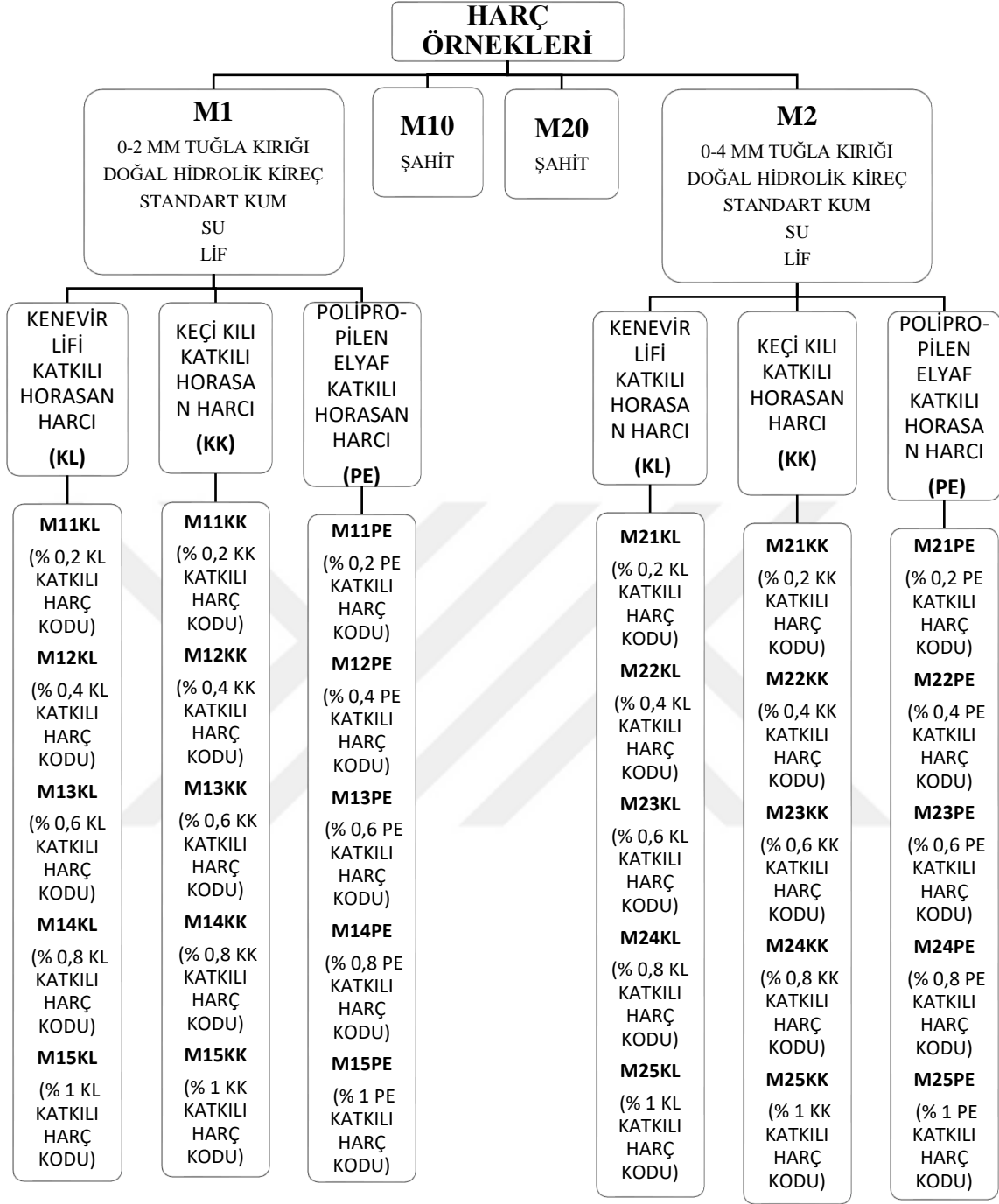
Hazırlanan taze harç karışımları yayılma tablasına alınarak yayılma değerleri ölçüldü. Yayılma deneyinin ardından hazırlanan harç karışımları sarsma tablasına yerleştirdiğimiz 40x40x160 mm boyutunda, prizmatik, önceden yağlanmış üçlü kalıplara dolduruldu. 25 kez düşüş yapacak şekilde sarsma tablası ayarlanarak çalıştırıldı ve harcın oturma yapması sağlandı (Bkz. Resim 3.9). Bir mala yardımıyla üst yüzeyi düzeltildi ve prizini alması için 2 gün laboratuvar ortamında bekletildi. 2 gün sonra horasan harcı örnekleri dikkatli bir şekilde kalıplardan çıkartıldı ve 28 ve 90 günlük yaşa gelinceye kadar sabit ortam koşullarında bekletildi (Bkz. Resim 3.10).



Resim 3.9. Sarsma tablası ve prizmatik kalıptaki numune



Resim 3.10. Sabit ortam koşullarına alınan numuneler



Şekil 3.1. Horasan harçlarının kodlaması

Çizelge 3.2. Numune kodlarının açıklaması

TUĞLA DANE BOYUTUNA GÖRE	
M1	Standart Kum+Doğal Hidrolik Kireç+0-2 mm Tuğla Kırığı+Su+Katkı
M2	Standart Kum+Doğal Hidrolik Kireç+0-4 mm Tuğla Kırığı+Su+Katkı
ŞAHİT NUMUNELER	
M10	Standart Kum+D. Hidrolik Kireç+0-2 mm Tuğla Kırığı+Su+Katkı Yok
M20	Standart Kum+D. Hidrolik Kireç+0-4 mm Tuğla Kırığı+Su+Katkı Yok
KATKI ORANLARINA GÖRE	
M11 - M21	% 0,2 (0,8 g)
M12 - M22	% 0,4 (1,6 g)
M13 - M23	% 0,6 (2,4 g)
M14 - M24	% 0,8 (3,2 g)
M15 - M25	% 1 (4 g)
KATKI MALZEMESİNE GÖRE	
KL	Kenevir Lifi
KK	Keçi Kılı
PE	Polipropilen Elyaf

3.2.2. Horasan harcı karışım oranları ve miktarları

Horasan harcı karışım oranları belirlenirken konu ile ilgili yapılmış çalışmalar dikkate alınmıştır. Harç karışımlarında kullanılan su miktarı tüm karışımlarda sabit tutulmuştur.

Deneysel çalışmada bağlayıcı olarak doğal hidrolik kireç kullanılmıştır. Tüm harçlarda bağlayıcı/agrega oranı sabit tutulmuş ve ağırlıkça 1/3 olarak belirlenmiştir.

Deneysel çalışmada harçların üretiminde agrega olarak 0-2 mm ve 0-4 mm dane boyutunda tuğla kırığı ile 0-2 mm dane boyutunda standart kum kullanılmıştır. Horasan harcı karışımlarında kullanılan agregalar, ağırlıkça %75 tuğla kırığı, %25 kum olacak şekilde tasarlanmıştır.

M10 nolu şahit numune bir birim kireç, üç birim agrega, bir birim su olacak biçimde hazırlanmıştır. 0-2 mm tuğla kırığı yerine aynı oran ve miktarda 0-4 mm tuğla kırığı ikame edilerek M20 nolu şahit numune hazırlanmıştır. 40×40×160 mm boyutlarında 3 bölmeli numune kalıbı için ağırlıkça 400 g kireç, 300 g standart kum, 900 g tuğla kırığı, 400 g su kullanılmıştır. Harç numunelerinin ağırlıkça karışım oranları ve miktarları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Hazırlanan harçlar iki farklı parametreye göre değerlendirilmiştir. İlk olarak harçlarda tuğla kırığı dane boyutları farklı olarak iki grup harç oluşturulmuş, bir grupta 0-2 mm tuğla kırığı kullanılmış (M1), diğer grupta 0-4 mm tuğla kırığı kullanılmıştır (M2), böylece dane boyutunun harçlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Diğer bir değerlendirme farklı liflerin kullanılmasıyla yapılmıştır. Kenevir lifi (KL) bitkisel lif, keçi kılı (KK) hayvansal lif ve yapay lif olarak ise polipropilen elyaf (PE) kullanılmıştır. Lifler ağırlıkça %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında, 19 mm uzunluğunda olacak şekilde harçların içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır. Liflerin horasan harçları üzerindeki etkileri incelenerek değişen parametreler araştırılmıştır.

Çizelge 3.3. Üretilen horasan harçlarına ait ağırlıkça karışım oranları ve miktarları

Harç No	Katkı Oranı (%)	Ağırlıkça Karışım Oranları				Ağırlıkça Karışım Miktarları (g)							
		Su	Kireç	Kum+Tuğla Kırığı (0-2 mm)	Kum+Tuğla Kırığı (0-4 mm)	Kenevir Lifi	Keçi Kılı	Polipropilen Elvaf	Su	Kireç	Kum	Tuğla Kırığı (0-2 mm)	Tuğla Kırığı (0-4 mm)
M10	0	1	1	3	0	0	0	0	400	400	300	900	0
M11KL	0,2	1	1	3	0	0,8	0	0	400	400	300	900	0
M12KL	0,4	1	1	3	0	1,6	0	0	400	400	300	900	0
M13KL	0,6	1	1	3	0	2,4	0	0	400	400	300	900	0
M14KL	0,8	1	1	3	0	3,2	0	0	400	400	300	900	0
M15KL	1,0	1	1	3	0	4,0	0	0	400	400	300	900	0
M11KK	0,2	1	1	3	0	0	0,8	0	400	400	300	900	0
M12KK	0,4	1	1	3	0	0	1,6	0	400	400	300	900	0
M13KK	0,6	1	1	3	0	0	2,4	0	400	400	300	900	0
M14KK	0,8	1	1	3	0	0	3,2	0	400	400	300	900	0
M15KK	1,0	1	1	3	0	0	4,0	0	400	400	300	900	0
M11PE	0,2	1	1	3	0	0	0	0,8	400	400	300	900	0
M12PE	0,4	1	1	3	0	0	0	1,6	400	400	300	900	0
M13PE	0,6	1	1	3	0	0	0	2,4	400	400	300	900	0
M14PE	0,8	1	1	3	0	0	0	3,2	400	400	300	900	0
M15PE	1,0	1	1	3	0	0	0	4,0	400	400	300	900	0
M20	0	1	1	0	3	0	0	0	400	400	300	0	900
M21KL	0,2	1	1	0	3	0,8	0	0	400	400	300	0	900
M22KL	0,4	1	1	0	3	1,6	0	0	400	400	300	0	900
M23KL	0,6	1	1	0	3	2,4	0	0	400	400	300	0	900
M24KL	0,8	1	1	0	3	3,2	0	0	400	400	300	0	900
M25KL	1,0	1	1	0	3	4,0	0	0	400	400	300	0	900
M21KK	0,2	1	1	0	3	0	0,8	0	400	400	300	0	900
M22KK	0,4	1	1	0	3	0	1,6	0	400	400	300	0	900
M23KK	0,6	1	1	0	3	0	2,4	0	400	400	300	0	900
M24KK	0,8	1	1	0	3	0	3,2	0	400	400	300	0	900
M25KK	1,0	1	1	0	3	0	4,0	0	400	400	300	0	900
M21PE	0,2	1	1	0	3	0	0	0,8	400	400	300	0	900
M22PE	0,4	1	1	0	3	0	0	1,6	400	400	300	0	900
M23PE	0,6	1	1	0	3	0	0	2,4	400	400	300	0	900
M24PE	0,8	1	1	0	3	0	0	3,2	400	400	300	0	900
M25PE	1,0	1	1	0	3	0	0	4,0	400	400	300	0	900

3.2.3. Agrega deneyleri

3.2.3.1. Birim hacim ağırlık deneyi

0-2 mm tuğla kırığı, 0-4 mm tuğla kırığı ve standart kum üzerinde birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır (Bkz. Resim 3.11). Numunenin etüvde kurutulmuş kütlelerinin görünür hacmine oranı birim hacim ağırlığı verir (TS EN 1936, 2010).

Önceden ağırlığı (W_1) ve hacmi (V) bilinen bir kap içerisine, üç kademedeki agrega konulmuş, her kademedeki numune 25 defa şişleme çubuğu ile şişlenerek agrega iyice sıkıştırılmıştır. Agrega dolu kap tartılarak toplam ağırlıktan kabın ağırlığı çıkartılmıştır ve agreganın ağırlığı bulunmuştur (W_2). Agreganın ağırlığı, kabın hacmine bölünerek agreganın sıkışık birim hacim ağırlığı bulunmuştur (Δ_s). Aynı işlem sıkıştırma işlemi yapmadan agrega numunesi kaptan biraz taşacak şekilde doldurularak kabın üstü tesviye edilmiş ve agreganın gevşek birim hacim ağırlığı bulunmuştur (Δ_g). Bu iki değerin ortalaması alınarak agreganın birim hacim ağırlığı bulunmuştur. Malzemelerin birim hacim ağırlık değerleri aşağıdaki formül ile bulunmuştur (3.1).

$$\Delta_{s,g} = \frac{(W_2 + W_1) - W_1}{V} \quad (3.1)$$



Resim 3.11. Birim hacim ağırlık deneyi

Buna göre 0-2 mm tuğla kırığının birim hacim ağırlığı $1,29 \text{ g/cm}^3$, 0-4 mm tuğla kırığının birim hacim ağırlığı $1,19 \text{ g/cm}^3$ ve standart kumun birim hacim ağırlığı $1,63 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Agregaların birim hacim ağırlıkları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Agregaların birim hacim ağırlık değerleri

Agrega	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
0-2 mm Tuğla kırığı	1,29
0-4 mm Tuğla kırığı	1,19
Standart kum	1,63

3.2.3.2. Özgül ağırlık tayini

0-2 mm tuğla kırığı, 0-4 mm tuğla kırığı ve standart kum üzerinde özgül ağırlık deneyi yapılmıştır (Bkz. Resim 3.12). Numunenin kuru ağırlığının katı kısmın hacmine oranı özgül ağırlığı verir. Katı kısmın hacmi, numunenin dış yüzeyi ile sınırlı olan hacminden bünyesindeki açık ve kapalı gözeneklerin hacimlerinin çıkarılması ile belirlenir, piknometre yöntemi ile tayin edilir (TS EN 1936, 2010).

Özgül ağırlığı belirlenecek olan malzeme sabit kütleyle ulaşınca kadar (70±5)°C’de havalandırılmalı etüvde kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan malzeme desikatörde ortam sıcaklığına ulaşınca kadar bekletildikten sonra tartılmıştır (W_0). Ağırlığı bilinen bir cam kavanoza tüm hacmini dolduracak kadar saf su eklenmiştir. İçerisinde hava kabarcıkları kalmayacak şekilde ağırlığı bilinen cam kapak ile kavanozun ağzı kapatılıp 0,01 g yaklaşımlı terazide tartılmıştır (W_1). Ardından su dolu kavanozdan bir miktar su boşaltılmış ve kurutulmuş malzemedan 50 g tartılarak kavanoza eklenip malzemenin tamamen kavanozun dibine çökmesi ve içerisindeki suyun berrak hale gelmesi beklenmiştir. Ardından kavanozun boş kalan hacmi tamamen saf su ile doldurulmuştur ve kavanozun içerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde ağzı cam kapak ile kapatılarak 0,01 g yaklaşımlı terazide tartılmıştır (W_2). Kullanılan malzemelerin özgül ağırlık değerleri aşağıdaki formüller (3.2), (3.3) ile hesaplanmıştır.

$$W_0 + W_1 = W_2 + V \quad (3.2)$$

$$\delta = \frac{W_0}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (3.3)$$

$$\delta = \text{Özgül Ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

$$V = \text{Kütle Tarafından Yeri Değiştirilen Sıvı Hacmi (cm}^3\text{)}$$

W_0 = Malzeme ağırlığı (g)

W_1 = Sıvı dolu cam kavanoz ve cam kapak ağırlığı (g)

W_2 = Sıvı ve malzeme dolu cam kavanoz ile cam kapak ağırlığı (g)



Resim 3.12. İnce agregada özgül ağırlık tayini

Yapılan hesaplara göre kullanılan 0-2 mm tuğla kırığının özgül ağırlığı $2,91 \text{ g/cm}^3$, 0-4 mm tuğla kırığının özgül ağırlığı $2,89 \text{ g/cm}^3$ ve standart kumun özgül ağırlığı $2,82 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Agregaların özgül ağırlık değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Agregaların özgül ağırlığı

Agrega	Özgül Ağırlık (g/cm^3)
0-2 mm Tuğla kırığı	2,91
0-4 mm Tuğla kırığı	2,89
Standart kum	2,82

3.2.3.3. Elek analizi

Harç karışımlarında kullanılan agregaların dane boyut dağılımlarının belirlendiği deneydir (TS EN 1015-1).

Bu çalışmada elek sarsma işlemi manuel olarak yapılmıştır. Elek açıklıkları 4,00 mm, 2,00 mm, 1,00 mm, 0,50 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm olan elekler göz açıklığı alttan yukarı doğru artar şekilde arka arkaya dizilerek elek takımı oluşturulmuş ve en

altta üstteki eleklerden geçen numune toplama kabı eklenmiştir. Numune en üstteki elek üzerine dökülerek elenmeye başlanmıştır. 0-2 mm tuğla kırığı, 0-4 mm tuğla kırığı ve standart kum için elek analizi yapılmıştır (Bkz. Resim 3.13). Eleme işleminden sonra elek üstünde kalan malzemeler 0.01 g hassasiyetli terazide tartılıp, elde edilen sonuçlar ayrı ayrı not alınmıştır. Agregaların elek analizi sonuçları Çizelge 3.6’da verilmiştir.



Resim 3.13. Elek analizi deneyi

Çizelge 3.6. Agregaların elek analizi sonuçları

Elek Boyutu (mm)	Elek altına geçen yüzde (%)		
	Tuğla kırığı (0-2 mm)	Tuğla kırığı (0-4 mm)	Standart kum (0-2 mm)
4.00	100	100	100
2.00	100	53,35	100
1.00	70,51	34,12	65,53
0.50	48,07	22,66	32,57
0.250	17,25	8,53	17,39
0.125	0,48	0,182	7,96
0.075	0,01	0,02	1,72
0.063	0	0	0

3.2.4. Fiziksel ve mekanik deneyler

3.2.4.1. Yayılma deneyi

Hazırlanan harç karışımlarının kıvamlarını belirlemek amacıyla yayılma deneyi yapılmıştır. TS EN 1015-3 standardına göre taze harçtan bir miktar hafif nemlendirdiğimiz standart kesik huni içerisine yarı kısmına kadar doldurulup 25 kez şişledikten sonra aynı işlem koninin kalan yarısı için de yapılarak tamamen doldurulmuş ve kalıbın üst yüzeyi bir mala yardımıyla temizlenerek düzlenmiştir. Kalıp yukarı doğru dikkatli bir şekilde çekildikten sonra yayılma tablası çalıştırılmış ve saniyede bir düşüş yapacak şekilde mekanik olarak 25 kez düşüş yapması sağlanmıştır. Yayılma tablası 25 düşüş yaptıktan sonra harcın tabla üzerindeki yayılma çapı birbirine dik dört doğrultuda bir cetvel ile ölçülmüştür (Bkz. Resim 3.14). Dört ölçümün ortalaması alınarak yayılma değerleri belirlenmiştir.



Resim 3.14. Yayılma tablası ile yayılma deneyi

3.2.4.2. Birim hacim ağırlık

Bir cismin kuru numune kütlelerinin görünür hacmine oranıdır. Görünür hacim ise numunenin boşluklarının da dahil olduğu dış yüzeyiyle sınırlı hacmidir. Bu değer küçüldükçe o cismin gözenekli ve boşluklu bir yapıya sahip olduğu anlaşılır (TS EN 1936, 2010).

Numuneler fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmadan önce 0,1 g duyarlı 3000 g kapasiteli elektronik tartıda tartılmış ve ağırlıkları ölçülmüştür. Numunelerin hacmi

geometrik olarak hesaplanmış, bulunan ağırlıklar numunelerin hacimlerine bölünerek birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir (3.4).

$$\Delta = \frac{m}{V} \text{ formülü ile hesaplanır (g/cm}^3\text{)} \quad (3.4)$$

Δ : Birim Hacim Ağırlık (g/cm³),

m : Kütle (g),

V : Hacim (cm³) dir.

Birim hacim ağırlık deneyi 40x40x160 mm boyutlu numunelerin üzerinde uygulanmış (Bkz. Resim 3.15) ve üç adet numunenin ortalaması alınarak sonuçlar birim hacim ağırlık olarak belirlenmiştir.



Resim 3.15. Birim hacim ağırlık deneyi

3.2.4.3. Su emme

Su emme kapasitesi malzemeye giren su miktarının, malzemenin kuru ağırlığına bölünmesiyle bulunmakta ve % olarak ifade edilmektedir (TS EN 13755, 2009).

Numuneler etüvde sabit kütleye ulaşınca kadar kurutulmuştur ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür (W_0). Daha sonra numuneler, bir kap içerisine yerleştirilerek numuneler üzerinde 2 cm su olacak şekilde tamamen su içine batırılmıştır ve 48 ± 2 saat su içerisinde bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numuneler nemli bir bezle kurulandıktan sonra suya doymun ağırlıkları ölçülmüştür (W_1).

Ağırlıkça su emme yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (3.5).

$$A_b = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (3.5)$$

A_b : Ağırlıkça su emme yüzdesi (%),

W_0 : Kuru numune kütlesi (g),

W_1 : Doygun numune kütlesi (g),

Bu işlemler 40x40x160 mm boyutundaki 90 günlük numunelerin eğilme deneyi sonrasında ikiye ayrılan numunelerin iki tanesi üzerinde yapılmıştır (Bkz. Resim 3.16) ve ortalaması alınarak sonuçlar ağırlıkça su emme yüzdesi olarak belirlenmiştir.



Resim 3.16. Su emme deneyi

3.2.4.4. Ultrases geçiş süresi

Cismin içinde ultrases dalgasının geçiş süresi alıcı ve verici sensörler ile ölçülür. Ultrasesin iki uç arasında geçiş süresi saniyenin milyonda biri olan mikrosaniye cinsinden tespit edilir. Buna bağlı olarak ses geçiş hızı aşağıdaki formül ile hesap edilmektedir (3.6) (TS EN 14579, 2006).

$$V = L/t_1 \quad (3.6)$$

V : Ultrases Hızı (km/s)

L : Ses hızının geçtiği numune boyu (mm)

t_1 : Uzunluk boyunca sinyalin aldığı yol (μ s)

Ultrases geçiş deneyi, 40x40x160 mm'lik prizmatik numuneler üzerinde yapılmıştır. lmler proceq ultrasonik test cihazı ile yapılmıştır (Resim 3.17). Alıcı ve verici sensörler tam karşılıklı olarak numunenin düzgün yüzeylerine yerleştirilmiştir. Uygulama esnasında proplar ile numune arasında boşluk kalmaması için ultrases jeli kullanılmıştır.



Resim 3.17. Ultrases deneyi

3.2.4.5. Eğilme dayanımı deneyi

Eğilme deneyinde, 40x40x160 mm boyutlarında kalıplara dökülen prizmatik harç numuneleri eğilme aparatına düzgün yan yüzeyi üzerine mesnetlere oturacak şekilde yerleştirilmiştir. Mesnetlere oturmayan diğer yan yzeeye tam orta noktadan numune kırılıncaya kadar yük uygulanmıştır.

Eğilme dayanımı (R_f) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır (3.7) (TS EN 196-1, 2016).

$$R_f = (1,5 \times F_f \times I) / b^3 \quad (3.7)$$

R_f = Eğilme Dayanımı (MPa),

b = Prizmatik numune kesit genişliği (mm),

F_f = Prizmatik numunenin ortasına uygulanan yük (N),

I = Mesnet silindirleri arasındaki mesafe (mm).

Eğilme deneyi 40x40x160 mm'lik prizma şekilli harç numunelerinde 28. ve 90. günlerde yapılmıştır (Bkz. Resim 3.18).



Resim 3.18. Eğilme dayanımı deneyi

3.2.4.6. Basınç dayanımı deneyi

Eğilme dayanımından sonra iki parçaya ayrılan numuneler cihazın 40x40 mm boyutlu metal kırma başlıkları arasına yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırılarak numune kırılıncaya kadar basınç yüklemesi yapılmıştır (Bkz. Resim 3.19). Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (3.8) (TS EN 196-1, 2016):

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (3.8)$$

R_c : Basınç dayanımı (MPa),

F_c : Kırılma anındaki en büyük yük (N),

1600: Metal kırma başlıkları alanı (40 mmx40 mm) (mm²).



Resim 3.19. Basınç dayanımı deneyi



4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Kenevir Lifi Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi

Kenevir lifi katkılı horasan harçlarına ait deney sonuçları şahit numune ile birlikte Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının deney sonuçları

	Harç No	Katkı Oranı (%)	Yayılma (mm)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme (%)	Ultrases Geçiş Süresi (µs)	Eğilme Dayanımı (MPa)		Basınç Dayanımı (MPa)	
							28 Gün	90 Gün	28 Gün	90 Gün
M1 GRUBU	M10	0	200	1,70	20,36	82,10	2,36	1,55	4,26	4,33
	M11KL	0,2	190	1,71	20,53	82,00	1,53	1,53	4,09	4,68
	M12KL	0,4	182	1,70	20,57	82,80	1,55	1,61	4,10	4,71
	M13KL	0,6	180	1,70	20,58	83,65	1,67	1,73	4,29	4,73
	M14KL	0,8	165	1,68	20,74	84,40	1,42	1,44	4,22	4,72
	M15KL	1	155	1,67	20,96	84,50	1,31	1,35	4,10	4,68
M2 GRUBU	M20	0	217	1,66	20,56	84,30	2,47	1,79	6,16	4,01
	M21KL	0,2	213	1,69	20,59	82,50	2,68	1,60	6,58	4,00
	M22KL	0,4	184	1,68	20,61	83,50	2,71	1,80	6,62	4,38
	M23KL	0,6	170	1,67	20,62	84,43	2,74	1,88	6,63	4,41
	M24KL	0,8	154	1,67	20,83	84,90	2,75	1,94	6,82	4,59
	M25KL	1	153	1,66	21,34	85,00	2,36	1,78	6,71	4,51

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 190, 182, 180, 165, 155 mm olarak bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 200 mm ölçülmüştür.

M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 213, 184, 170, 154, 153 mm olarak elde edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 217 mm ölçülmüştür.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,71; 1,70; 1,70; 1,68; 1,67 g/cm³ değerinde belirlenmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,70 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,69; 1,68; 1,67; 1,67; 1,66 g/cm³ olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,66 g/cm³ olarak bulunmuştur.

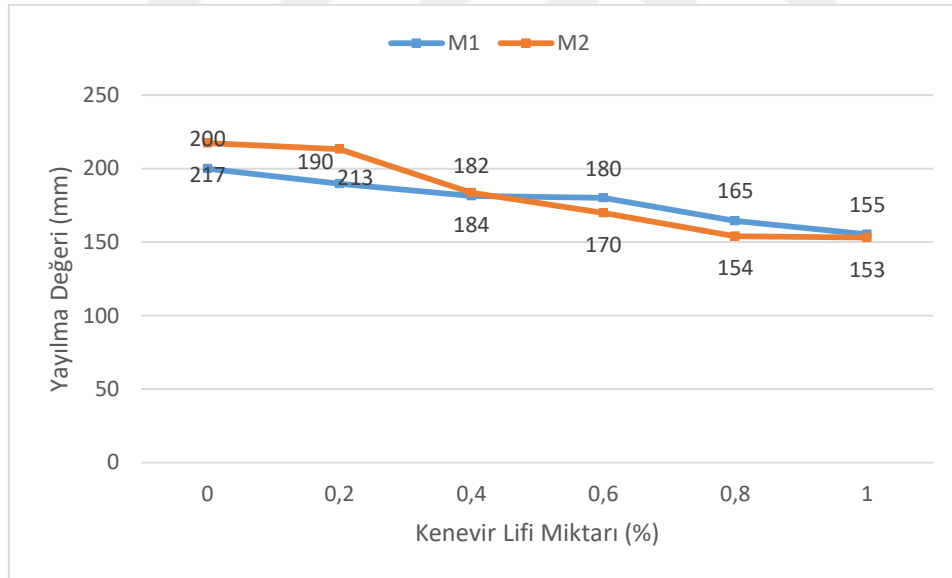
M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,53; 20,57; 20,58; 20,74; 20,96 değerinde tespit edilmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise % 20,36 olarak bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,59; 20,61; 20,62; 20,83; 21,34 değerinde elde edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise % 20,56 olarak bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 82,00; 82,80; 83,65; 84,40; 84,50 µs ölçülmüştür. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 82,10 µs ölçülmüştür. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 82,50; 83,50; 84,43; 84,90; 85,00 µs bulunmuştur. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 84,30 µs ölçülmüştür.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 1,53; 1,55; 1,67; 1,42; 1,31 MPa bulunmuştur. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,53; 1,61; 1,73; 1,44; 1,35 MPa olarak belirlenmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,36 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,55 MPa olarak belirlenmiştir. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,68; 2,71; 2,74; 2,75; 2,36

MPa bulunmuştur. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,60; 1,80; 1,88; 1,94; 1,78 MPa olarak tespit edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,47 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,79 MPa olarak belirlenmiştir.

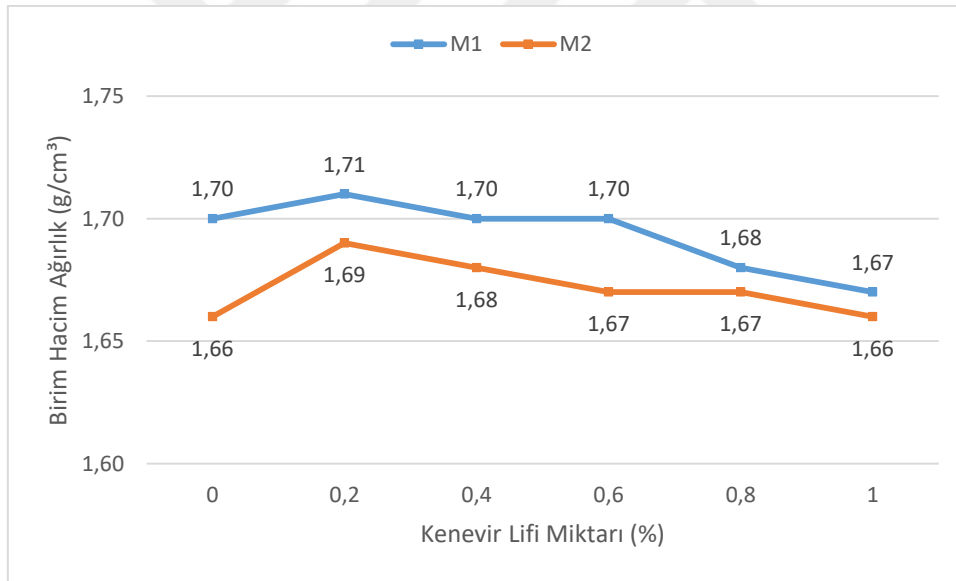
M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,09; 4,10; 4,29; 4,22; 4,10 MPa olarak bulunmuştur. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,68; 4,71; 4,73; 4,72; 4,68 MPa belirlenmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 4,26 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,33 MPa olarak belirlenmiştir. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kenevir lifi katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 6,58; 6,62; 6,63; 6,82; 6,71 MPa olarak belirlenmiştir. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,00; 4,38; 4,41; 4,59; 4,51 MPa bulunmuştur. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 6,16 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,01 MPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri

Şekil 4.1 incelendiğinde kenevir lifi katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M11KL) ile 190 mm, en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı (M15KL) ile 155 mm olarak bulunmuştur. %1 katkı oranı ile 200 mm yayılma değerindeki M1 grubu

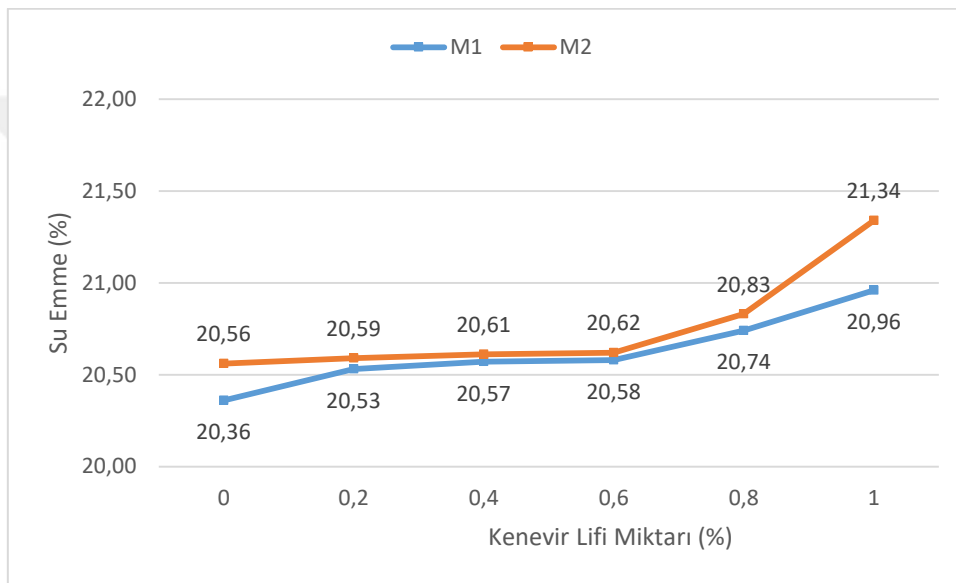
şahit numuneye kıyasla (M10) %22,5 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M21KL) ile 213 mm, en düşük yayılma değeri %1 katkı oranı (M25KL) ile 153 mm ölçülmüştür. %1 katkı oranı ile 217 mm yayılma değerindeki M2 grubu şahit numuneye kıyasla (M20) %29,49 oranında bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KL) 182 mm bulunarak şahit numuneye göre %9 oranında bir azalma olmuştur ve M2 grubu harç numunesi (M22KL) 184 mm bulunarak şahit numuneye göre %15,21 oranında bir azalma olmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KL) 180 mm ölçülmüştür ve şahit numuneye göre %10 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harç numunesi (M23KL) ise 170 mm ölçülmüştür ve şahit numuneye göre %21,66 oranında bir azalma olmuştur. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KL) 165 mm bulunarak şahit numuneye oranla %17,5'lik bir azalma olmuştur ve M2 grubu harç numunesi ise (M24KL) 154 mm ölçülerek şahit numuneye göre %29,03 oranında bir azalma tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri

Şekil 4.2 incelendiğinde kenevir lifi katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerleri azalmaktadır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla birim hacim ağırlık değerleri daha düşük bulunmuştur. M1 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı ile 1,71 g/cm³ ve en düşük değer ise %1 katkı oranı ile 1,67 g/cm³ olarak bulunmuştur. %1 katkı oranı ile 1,70 g/cm³ birim hacim

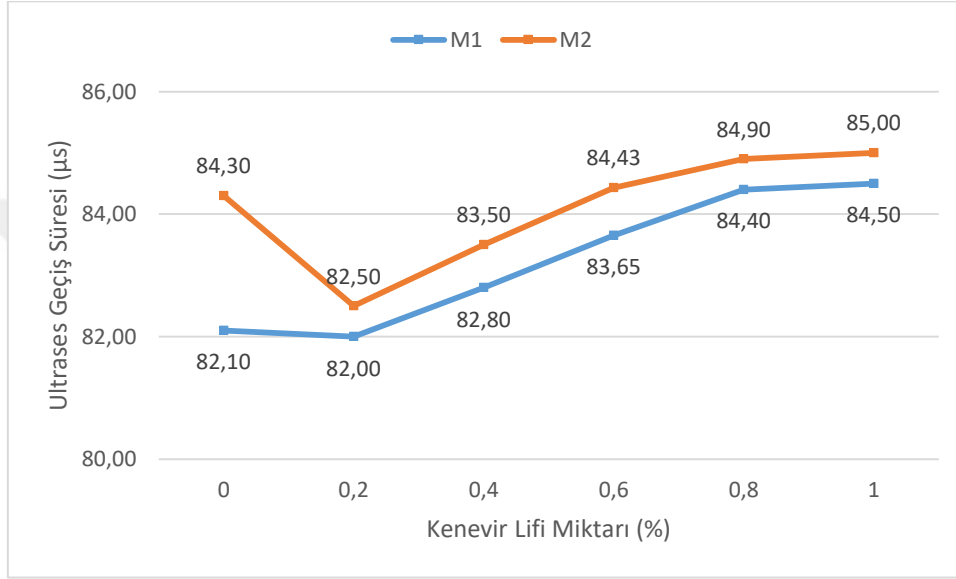
ağırlık değerindeki M1 grubu şahit numuneye kıyasla (M10) %1,77 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı ile 1,69 g/cm³ ve en düşük değer ise %1 katkı oranı ile 1,66 g/cm³ olarak bulunmuştur. %0,2 katkı oranına göre %1 katkı oranı ile %1,81'lik bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KL) 1,70 g/cm³, M2 grubu harç numunesi (M22KL) 1,68 g/cm³ bulunmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KL) 1,70 g/cm³ ve M2 grubu harç numunesi (M23KL) 1,67 g/cm³ bulunmuştur. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KL) 1,68 g/cm³, M2 grubu harç numunesi (M24KL) 1,67 g/cm³ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri

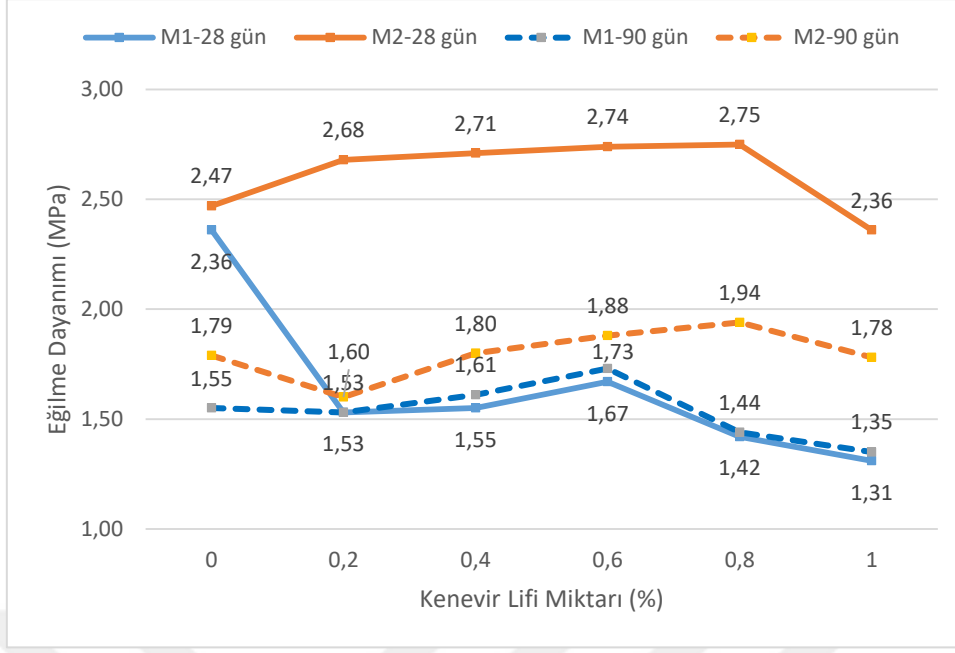
Şekil 4.3 incelendiğinde kenevir lifi katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça su emme değerleri artmıştır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla su emme yüzdeleri daha yüksek değerler almıştır. Agrega dane boyutu arttıkça harçların su emme yüzdeleri artmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı ile %20,96'dır ve %20,36 su emme değerindeki M1 grubu şahit numuneye (M10) oranla %2,95'lik bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı ile %21,34'tür ve %20,56 su emme değerindeki M2 grubu şahit numuneye (M20) oranla %3,79'luk bir artış olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KL) %20,57 bulunarak şahit numuneye göre %1,03 oranında bir artış olmuştur ve M2 grubu harç numunesi (M22KL) %20,61 bulunarak şahit numuneye göre

%0,24 oranında bir artış elde edilmiştir. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KL) %20,58 bulunarak şahit numuneye göre %1,08 oranında bir artış olmuştur ve M2 grubu harç numunesi (M23KL) %20,62 bulunarak şahit numuneye göre %0,29 oranında bir artış tespit edilmiştir. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KL) %20,74 bulunarak şahit numuneye göre %1,87 oranında bir artış olmuştur ve M2 grubu harç numunesi (M24KL) %20,83 bulunarak şahit numuneye oranla %1,31 oranında bir artış olmuştur.



Şekil 4.4. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süresi

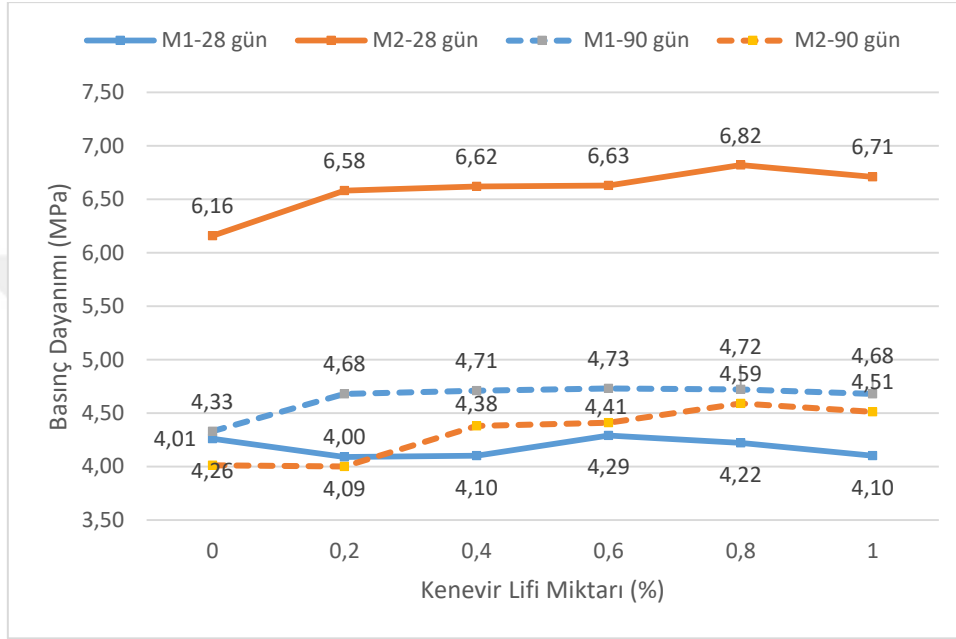
Şekil 4.4 incelendiğinde kenevir lifi katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça ultrases geçiş süreleri artmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı ile 84,50 µs ölçülmüştür ve 82,10 µs ultrases geçiş süresi değerindeki M1 grubu şahit numuneye (M10) oranla %2,84'lük bir artış elde edilmiştir. M2 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı ile 85,00 µs bulunmuştur ve 84,30 µs ultrases geçiş süresi değerindeki M2 grubu şahit numuneye (M20) oranla %0,83'lük bir artış görülmüştür. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KL) 82,80 µs, M2 grubu harç numunesi (M22KL) 83,50 µs bulunmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KL) 83,65 µs, M2 grubu harç numunesi (M23KL) 84,43 µs ölçülmüştür. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KL) 84,40 µs, M2 grubu harç numunesi (M24KL) 84,90 µs bulunmuştur.



Şekil 4.5. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.5 incelendiğinde kenevir lifi katkılı harç numunelerinde M2 grubu harçlar M1 grubu harçlara göre daha yüksek eğilme dayanımına sahiptir. Agrega dane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmakta ve %0,6 katkı oranından sonra ise eğilme dayanımı azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,6 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde şahit numuneye göre eğilme dayanımında azalma olmuştur. En iyi sonuç %0,6 katkı oranı (M13KL) ile 1,67 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,36 MPa olan şahit numuneye (M10) kıyasla %29,24 oranında bir azalma olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı (M15KL) ile 1,31 MPa bulunmuş ve şahit numuneye göre %44,5 oranında bir azalma olmuştur. M1 grubu 90 günlük numunelerde ise %0,6 katkı oranı ile en iyi sonuç 1,73 MPa olarak bulunmuştur ve eğilme dayanımı 1,55 MPa olan şahit numuneye (M10) göre %11,61'lik bir artış olmuş, zamana bağlı olarak eğilme dayanımında artış gözlenmiştir. En düşük değer ise %1 katkı oranı (M15KL) 1,35 MPa olarak belirlenmiştir ve şahit numuneye göre %12,9 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu kenevir lifi katkılı harçlarda en iyi 28 günlük eğilme dayanımı %0,8 katkı oranı (M24KL) ile 2,75 MPa olarak bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,47 MPa olan şahit numuneye kıyasla %11,34'lük bir artış olmuştur. En düşük

değer ise %1 katkı oranı (M25KL) ile 2,36 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %4,45 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu kenevir lifi katkıli 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç %0,8 katkı oranı ile 1,94 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 1,79 MPa olan şahit numuneye göre %8,38'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M21KL) ile 1,6 MPa ölçülmüştür ve şahit numuneye oranla %10,61 oranında bir azalma tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Şahit numune ve M1-M2 grubu kenevir lifi katkıli horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri

Şekil 4.6 incelendiğinde kenevir lifi katkıli 28 günlük harç numunelerinde M2 grubu basınç dayanım değerleri M1 grubuna göre daha yüksek değerler almıştır. Agrega dane boyutunun artması ile basınç dayanımı artmıştır. 90 günlük numunelerde ise basınç dayanımı değerleri birbirine yakın çıkmakla birlikte M1 grubu değerleri M2 grubuna göre daha yüksek değerler almıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmakta ve %0,6 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,6 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde en iyi sonuç %0,6 katkı oranı (M13KL) ile 4,29 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,26 MPa olan şahit numuneye kıyasla %0,7 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı ile (M11KL) 4,09 MPa olarak bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3,99 oranında bir azalma olmuştur. M1

grubu 90 günlük numunelerde ise %0,6 katkı oranı (M13KL) ile en iyi sonuç 4,73 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,33 MPa olan şahit numuneye (M10) göre %9,24'lük bir artış olmuş, 28 günlük numunelere kıyasla zamana bağlı olarak basınç dayanımında artış gözlenmiştir. En düşük değer ise %0,2 (M11KL) ve %1 (M15KL) katkı oranı ile 4,68 MPa olarak belirlenmiştir. Şahit numuneye oranla %8,08 oranında bir artış görülmüştür. M2 grubu kenevir lifi katkılı harçlarda 28 günlük en yüksek basınç dayanımı %0,8 katkı oranı ile 6,82 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 6,16 MPa olan şahit numuneye kıyasla %10,71'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M21KL) ile 6,58 MPa olarak bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %6,82 oranında bir artış olmuştur. M2 grubu kenevir lifi katkılı 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç %0,8 katkı oranı ile 4,59 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,01 MPa olan şahit numuneye göre %14,46'lık bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M21KL) ile 4,00 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %0,25 oranında bir azalma olmuştur.

4.2. Keçi Kılı Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi

Keçi kılı katkılı horasan harçlarına ait deney sonuçları şahit numune ile birlikte Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının deney sonuçları

	Harç No	Katkı Oranı (%)	Yayılma (mm)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme (%)	Ultrases Geçiş Süresi (µs)	Eğilme Dayanımı (MPa)		Basınç Dayanımı (MPa)	
							28 Gün	90 Gün	28 Gün	90 Gün
M1 GRUBU	M10	0	200	1,70	20,36	82,10	2,36	1,55	4,26	4,33
	M11KK	0,2	199	1,71	20,50	81,87	2,66	1,42	4,78	4,33
	M12KK	0,4	198	1,70	20,75	82,20	2,87	1,47	4,90	4,36
	M13KK	0,6	194	1,69	20,89	83,05	2,90	1,51	5,09	4,49
	M14KK	0,8	187	1,69	20,94	83,15	2,93	1,61	5,20	4,50
	M15KK	1	173	1,68	20,98	84,10	2,81	1,50	4,58	4,21
M2 GRUBU	M20	0	217	1,66	20,56	84,30	2,47	1,79	6,16	4,01
	M21KK	0,2	203	1,70	20,61	78,37	2,71	1,91	4,81	5,10
	M22KK	0,4	196	1,69	20,81	78,73	2,99	1,98	4,81	5,11
	M23KK	0,6	193	1,68	21,14	79,57	3,19	2,05	4,92	5,15
	M24KK	0,8	188	1,67	21,24	79,65	3,34	2,11	4,94	5,21
	M25KK	1	180	1,67	21,46	80,23	3,36	2,13	4,98	5,32

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 199, 198, 194, 187, 173 mm bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 200 mm ölçülmüştür. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 203, 196, 193, 188, 180 mm olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 217 mm ölçülmüştür.

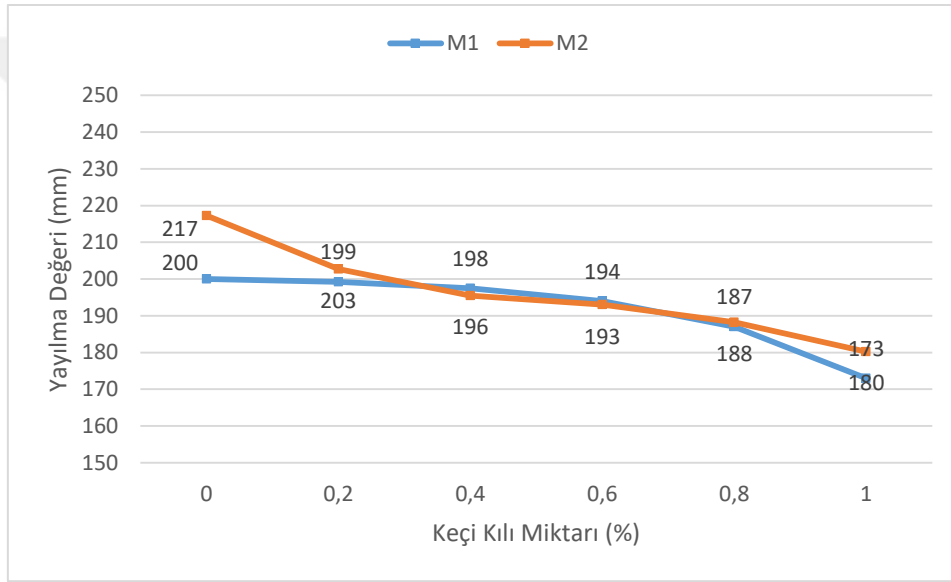
M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,71; 1,70; 1,69; 1,69; 1,68 g/cm³ bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,70 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,70; 1,69; 1,68; 1,67; 1,67 g/cm³ değerinde elde edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,66 g/cm³ bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,50; 20,75; 20,89; 20,94; 20,98 olarak tespit edilmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise %20,36 bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,61; 20,81; 21,14; 21,24; 21,46 olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise %20,56 bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 81,87; 82,20; 83,05; 83,15; 84,10 µs ölçülmüştür. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 82,10 µs bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 78,37; 78,73; 79,57; 79,65; 80,23 µs olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 84,30 µs ölçülmüştür.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,66; 2,87; 2,90; 2,93; 2,81 MPa tespit edilmiştir. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,42; 1,47; 1,51; 1,61; 1,50 MPa olarak bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,36 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,55 MPa değerinde bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,71; 2,99; 3,19; 3,34; 3,36 MPa olarak belirlenmiştir. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,91; 1,98; 2,05; 2,11; 2,13 MPa olarak tespit edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,47 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,79 MPa değerinde bulunmuştur.

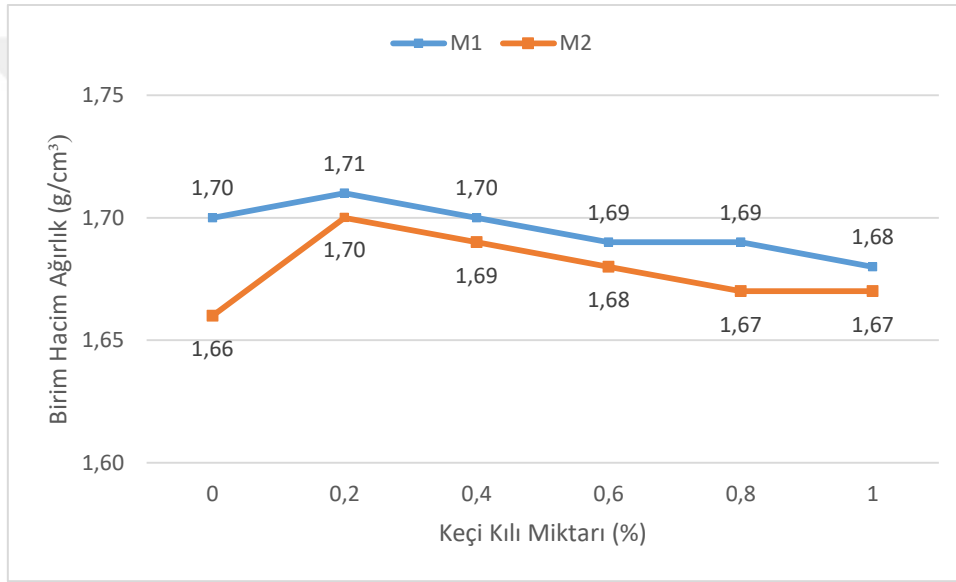
M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,78; 4,90; 5,09; 5,20; 4,58 MPa bulunmuştur. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,33; 4,36; 4,49; 4,50; 4,21 MPa olarak elde edilmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 4,26 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,33 MPa bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,81; 4,81; 4,92; 4,94; 4,98 MPa bulunmuştur. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 5,10; 5,11; 5,15; 5,21; 5,32 MPa olarak tespit edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 6,16 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,01 MPa bulunmuştur.



Şekil 4.7. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri

Şekil 4.7 incelendiğinde keçi kılı katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M11KK) ile 199 mm ve en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı (M15KK) ile 173 mm ölçülmüştür. %1 katkı oranı ile yayılma değeri 200 mm olan M1 grubu şahit numuneye (M10) göre %13,5 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M21KK) ile 203 mm ve en düşük yayılma değeri %1 katkı oranı (M25KK) ile 180 mm olarak bulunmuştur. %1 katkı oranı ile yayılma değeri 217 mm olan M2 grubu şahit numuneye (M20) göre %17,05'lik bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KK)

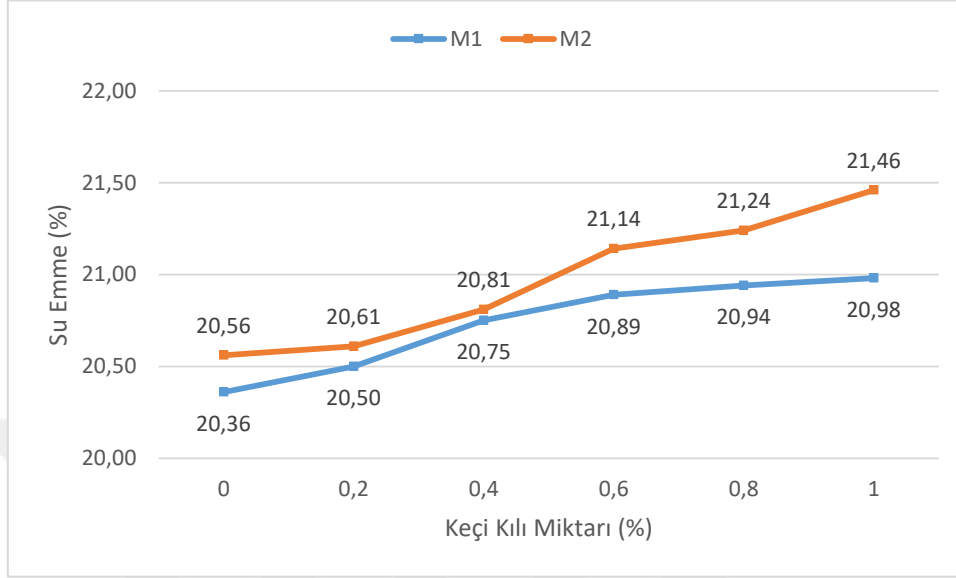
yayılma değeri 198 mm ölçülmüştür ve şahit numuneye göre %1 oranında bir azalma olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M22KK) yayılma değeri ise 196 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %9,68 oranında bir azalma olmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KK) yayılma değeri 194 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3 oranında bir azalma olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M23KK) yayılma değeri ise 193 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %11,06 oranında bir azalma olmuştur. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KK) yayılma değeri 187 mm ölçülmüştür ve şahit numuneye göre %6,5 oranında bir azalma olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M24KK) yayılma değeri ise 188 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %13,36 oranında bir azalma görülmüştür.



Şekil 4.8. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri

Şekil 4.8 incelendiğinde keçi kılı katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerleri azalmakta ve buna bağlı olarak boşluk miktarı artmaktadır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla birim hacim ağırlık değerleri yakın olmakla birlikte nispeten daha düşük değerler almıştır. Agrega dane boyutu arttıkça harçlardaki boşluk miktarı artmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı (M11KK) ile 1,71 g/cm³ ve en düşük değer ise %1 katkı oranı (M15KK) ile 1,68 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. %1 katkı oranı ile 1,70 g/cm³ birim hacim ağırlık değerindeki M1 grubu şahit numuneye kıyasla (M10) %1,18 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı

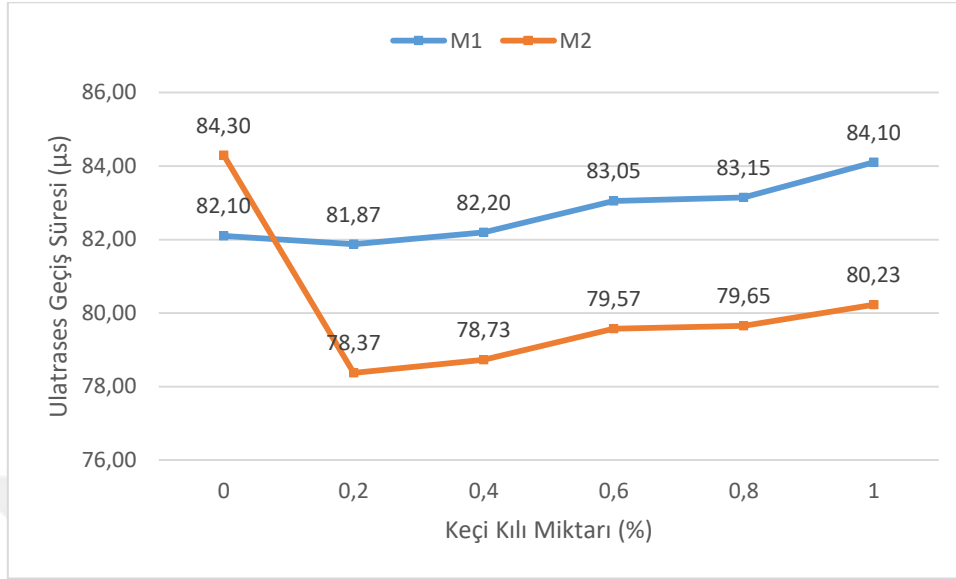
(M21KK) ile $1,70 \text{ g/cm}^3$ ve en düşük değer ise %0,8 (M24KK) ve %1 (M25KK) katkı oranı ile $1,67 \text{ g/cm}^3$ bulunmuştur. %0,8 ve %1 katkı oranı ile %0,2 katkı oranına göre %1,77 oranında bir azalma görölmüştür.



Şekil 4.9. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri

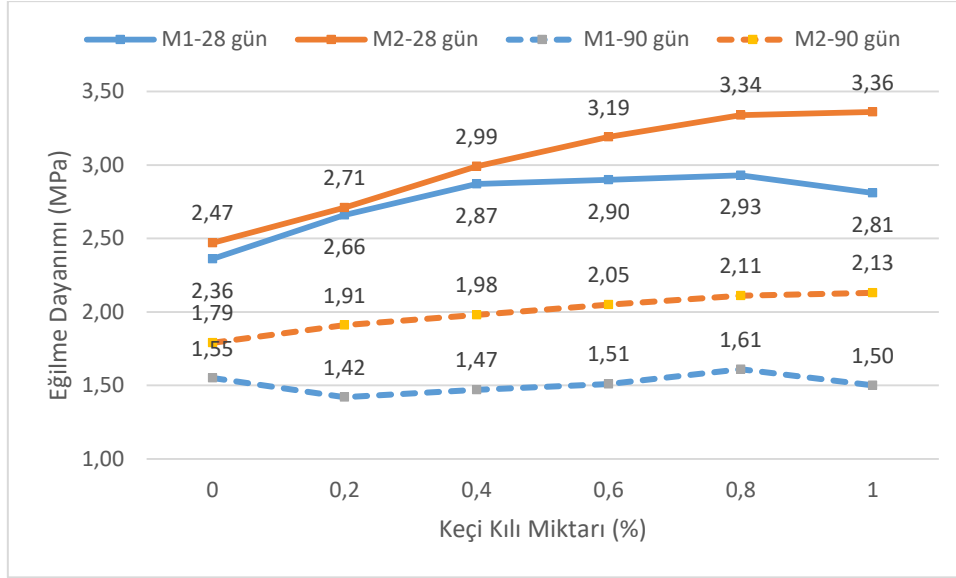
Şekil 4.9 incelendiğinde keçi kılı katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça su emme değerleri artmıştır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla su emme yüzdeleri daha yüksek çıkmıştır. Agrega dane boyutu arttıkça harçların su emme yüzdeleri artmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı (M15KK) ile %20,98 bulunmuştur ve su emme yüzdesi %20,36 olan şahit numuneye oranla %3,05'lik bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı (M25KK) ile %21,46 bulunmuştur ve su emme yüzdesi %20,56 olan şahit numuneye oranla %4,38 oranında bir artış olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KK) %20,75 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %1,92 oranında bir artış olmuştur, M2 grubu harç numunesi ise (M22KK) %20,81 bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %1,22 oranında bir artış elde edilmiştir. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KK) %20,89 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %2,60 oranında bir artış elde edilmiştir, M2 grubu harç numunesi ise (M23KK) %21,14 bulunarak şahit numuneye göre %2,82 oranında bir artış tespit edilmiştir. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KK) %20,94 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %2,85 oranında bir artış elde edilmiştir, M2 grubu

harç numunesi ise (M24KK) %21,24 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3,31 oranında bir artış tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkıli horasan harçlarının ultrases geçiş süresi

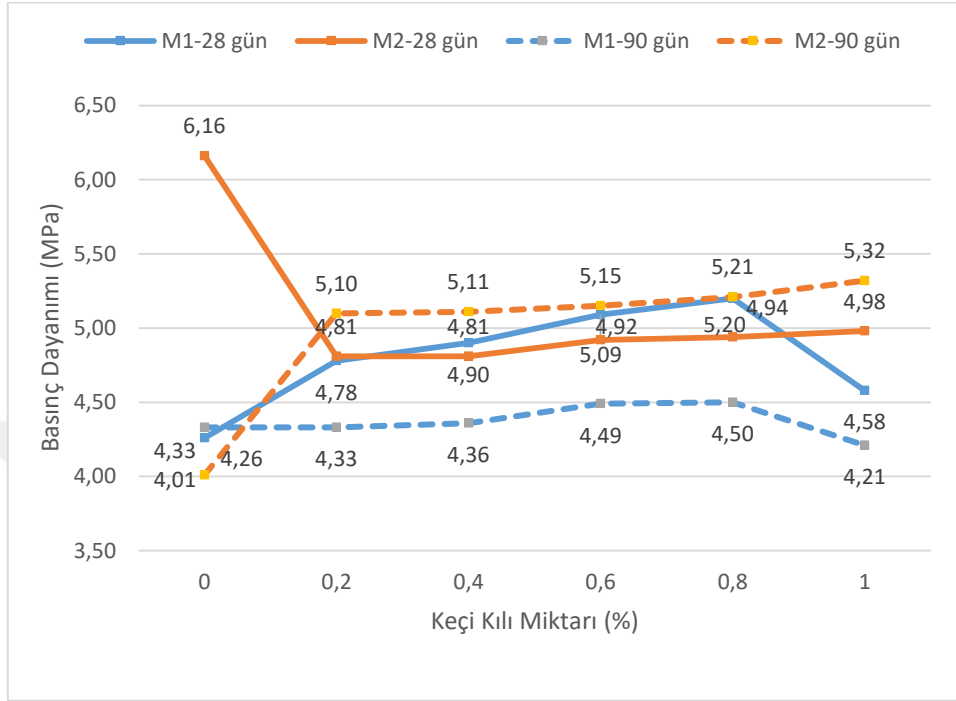
Şekil 4.10 incelendiğinde keçi kılı katkıli harç numunelerinde katkı oranı arttıkça ultrases geçiş süreleri artmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı (M15KK) ile 84,10 µs ölçülmüştür ve ultrases geçiş süresi 82,10 µs olan şahit numuneye (M10) oranla %2,44'lük bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı (M25KK) ile 80,23 µs ölçülmüştür ve ultrases geçiş süresi 84,30 µs olan şahit numuneye (M20) oranla %4,83'lük bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12KK) 82,20 µs, M2 grubu harç numunesi (M22KK) 78,73 µs bulunmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13KK) 83,05 µs, M2 grubu harç numunesi (M23KK) 79,57 µs ölçülmüştür. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14KK) 83,15 µs, M2 grubu harç numunesi (M24KK) 79,65 µs olarak bulunmuştur.



Şekil 4.11. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.11 incelendiğinde keçi kılı katkılı harç numunelerinde M2 grubu M1 grubuna göre daha yüksek eğilme dayanımına sahiptir ve %1 katkı oranı ile 3,36 MPa olarak en yüksek eğilme dayanımı elde edildi. Agrega dane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmıştır ve en iyi sonuçlar %1 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde en iyi sonuç %0,8 katkı oranı (M14KK) ile 2,93 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,36 MPa olan şahit numuneye (M10) kıyasla %24,15'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M11KK) ile 2,66 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %12,71 oranında bir artış olmuştur. M1 grubu 90 günlük numunelerde ise %0,8 katkı oranı (M14KK) ile en iyi sonuç 1,61 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 1,55 MPa olan şahit numuneye (M10) göre %3,87'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı ile (M11KK) 1,42 MPa ölçülmüştür ve şahit numuneye oranla %8,39 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu keçi kılı katkılı harçlarda 28 günlük en iyi eğilme dayanımı %1 katkı oranı (M25KK) ile 3,36 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,47 MPa olan şahit numuneye kıyasla %36,03 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı ile 2,71 MPa ölçülmüştür ve şahit numuneye oranla %9,77'lik bir artış olmuştur. M2 grubu keçi kılı katkılı 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç %1 katkı oranı (M25KK) ile 2,13 MPa

bulunmuştur ve eğilme dayanımı 1,79 MPa olan şahit numuneye göre %18,88 oranında bir artış görülmüştür. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı ile (M21KK) 1,91 MPa olarak bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %6,7'lik bir artış olmuştur.



Şekil 4.12. Şahit numune ve M1-M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri

Şekil 4.12 incelendiğinde keçi kılı katkılı 28 günlük harç numunelerinde basınç dayanımı değerlerinde en iyi sonuç M1 grubu %0,8 katkı oranı (M14KK) ile 5,20 MPa bulunmuştur. 90 günlük numunelerde ise M2 grubu M1 grubuna göre daha yüksek değerler almıştır ve en yüksek basınç dayanımı %1 katkı oranı (M25KK) ile 5,32 MPa bulunmuştur. 90 günlük numunelerde agrega dane boyutunun artması ile basınç dayanımı artmıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise basınç dayanım değeri azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmıştır ve en iyi sonuçlar %1 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde en iyi sonuç %0,8 katkı oranı (M14KK) ile 5,20 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,26 MPa olan şahit numuneye kıyasla %22,07'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı (M15KK) ile 4,58 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %7,51'lik bir artış olmuştur. M1 grubu 90 günlük numunelerde ise %0,8 katkı oranı (M14KK) ile en

iyi sonuç 4,50 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,33 MPa olan şahit numuneye göre %3,93'lük bir artış olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı (M15KK) ile 4,21 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %2,77'lik bir azalma görülmüştür. 28 günlük M2 grubu keçi kılı katkılı harçlarda şahit numuneye kıyasla basınç dayanımında azalma olmuştur. 28 günlük basınç dayanımı en yüksek %1 katkı oranı (M25KK) ile 4,98 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 6,16 MPa olan şahit numuneye kıyasla %19,16 oranında bir azalma olmuştur. En düşük değer ise %0,2 (M21KK) ve %0,4 (M22KK) katkı oranları ile 4,81 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye göre %21,92 oranında bir azalma tespit edilmiştir. M2 grubu keçi kılı katkılı 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç %1 katkı oranı (M25KK) ile 5,32 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,01 MPa olan şahit numuneye göre %32,67 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M21KK) ile 5,1 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %27,18 oranında bir artış olmuştur. M2 grubu keçi kılı katkılı harçların basınç dayanımlarında zamana bağlı olarak bir artış gözlemlenmiştir.

4.3. Polipropilen Elyaf Katkılı Horasan Harçlarının İncelenmesi

Polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarına ait deney sonuçları şahit numune ile birlikte Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının deney sonuçları

	Harç No	Katkı Oranı (%)	Yayılma (mm)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme (%)	Ultrases Geçiş Süresi (µs)	Eğilme Dayanımı (MPa)		Basınç Dayanımı (MPa)	
							28 Gün	90 Gün	28 Gün	90 Gün
M1 GRUBU	M10	0	200	1,70	20,36	82,10	2,36	1,55	4,26	4,33
	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
M2 GRUBU	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

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 184, 181, 172, 167, 157 mm ölçülmüştür. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 200 mm bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 201, 184, 172, 160, 146 mm bulunmuştur. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 217 mm ölçülmüştür.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,72; 1,72; 1,71; 1,71; 1,70 g/cm³

bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,70 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,67; 1,66; 1,65; 1,64; 1,64 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,66 g/cm³ bulunmuştur.

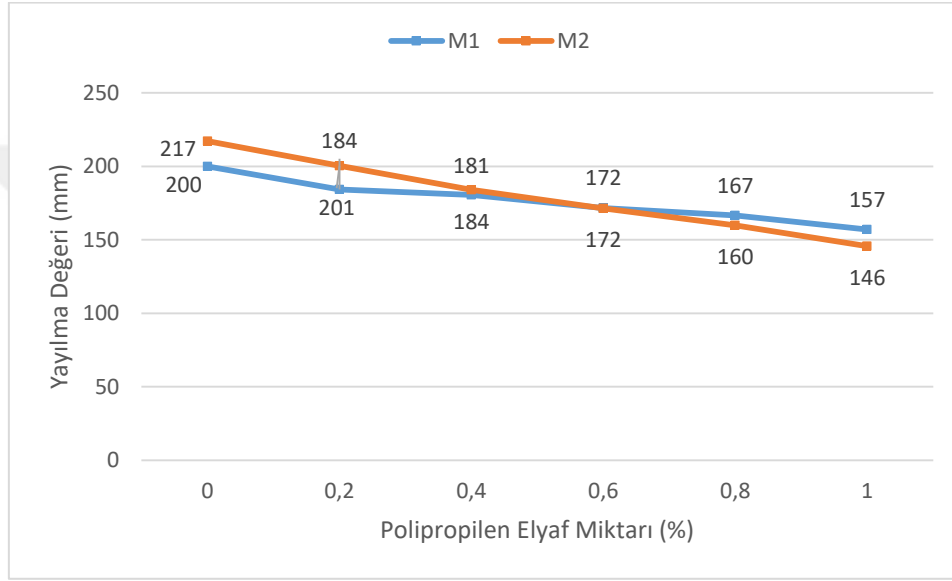
M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,94; 20,97; 20,97; 20,99; 21,00 olarak bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise %20,36 bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında su emme yüzdeleri sırasıyla %20,96; 21,03; 21,05; 21,15; 21,47 olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme yüzdesi ise %20,56 olarak bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 83,20; 84,30; 84,70; 84,70; 84,90 µs ölçülmüştür. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 82,10 µs bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında ultrases geçiş süresi sırasıyla 80,50; 80,80; 81,50; 82,60; 82,80 µs ölçülmüştür. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait ultrases geçiş süresi ise 84,30 µs bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 1,70; 1,78; 1,79; 1,92; 1,70 MPa bulunmuştur. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,35; 1,39; 1,41; 1,65; 1,62 MPa bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,36 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,55 MPa bulunmuştur. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,85; 2,98; 3,30; 3,25; 3,17 MPa bulunmuştur. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,90; 2,04; 2,07; 2,01; 1,89 MPa olarak tespit edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,47 MPa, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 1,79 MPa bulunmuştur.

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,58; 4,58; 4,60; 4,63; 4,04 MPa olarak belirlenmiştir. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,19; 4,23; 4,29; 4,39;

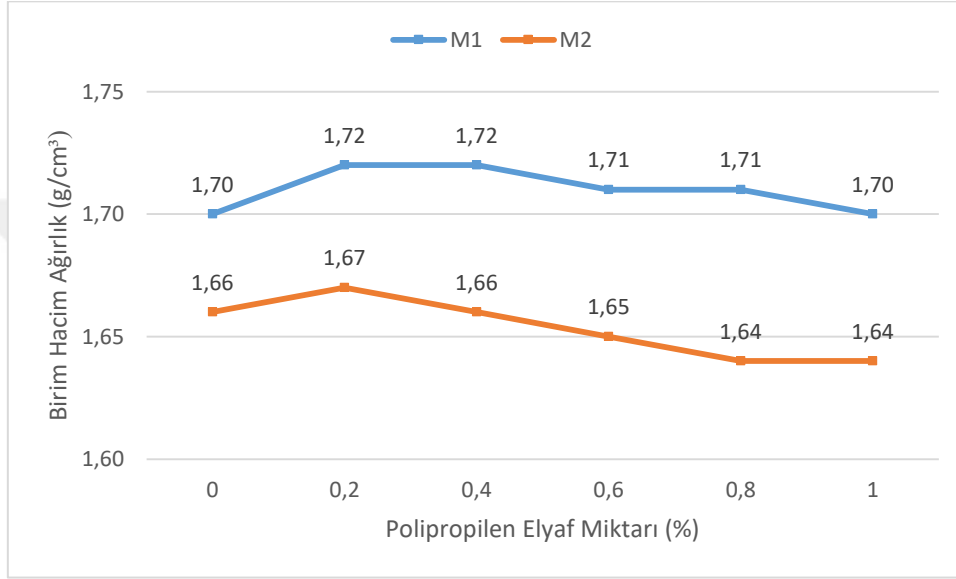
4,22 MPa bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 4,26 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,33 MPa olarak elde edilmiştir. M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 7,25; 7,33; 7,81; 7,48; 7,39 MPa bulunmuştur. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,74; 4,83; 4,95; 4,46; 4,40 MPa bulunmuştur. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 6,16 MPa, 90 günlük basınç dayanımı değeri 4,01 MPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma değerleri

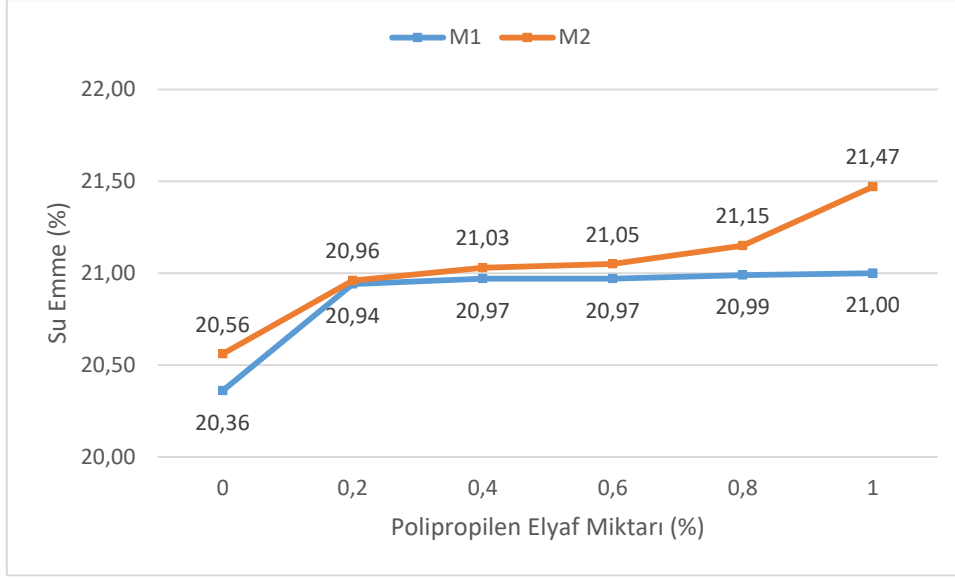
Şekil 4.13 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M11PE) ile 184 mm, en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı (M15PE) ile 157 mm ölçülmüştür. %1 katkı oranı ile M1 grubu yayılma değeri 200 mm olan şahit numuneye (M10) göre %21,5 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı (M21PE) ile 201 mm ve en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı (M25PE) ile 146 mm ölçülmüştür. %1 katkı oranı ile M2 grubu yayılma değeri 217 mm olan şahit numuneye (M20) göre %32,72 oranında bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12PE) yayılma değeri 181 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %9,5 oranında bir azalma tespit edilmiştir, M2 grubu harç numunesi (M22PE) yayılma değeri ise 184 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %15,21 oranında bir azalma görülmüştür.. %0,6 katkı oranı

incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13PE) yayılma değeri 172 mm ölçülmüştür ve şahit numuneye göre %14 oranında bir azalma olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M23PE) yayılma değeri ise 172 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %20,74 oranında bir azalma olmuştur. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14PE) yayılma değeri 167 mm bulunmuştur ve şahit numuneye göre %16,5 oranında bir azalma olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M24PE) yayılma değeri ise 160 mm bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %26,27 oranında bir azalma tespit edilmiştir.



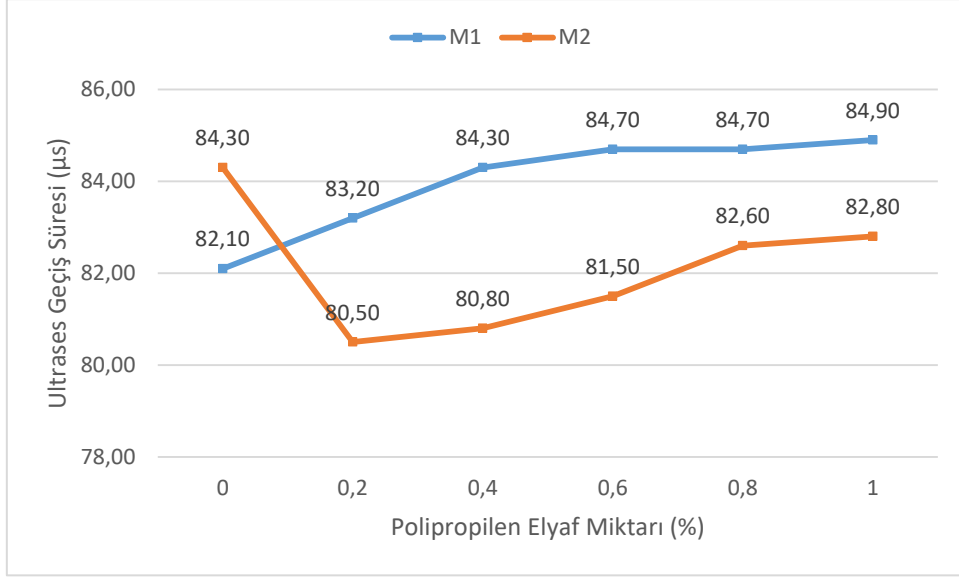
Şekil 4.14. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri

Şekil 4.14 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerleri azalmaktadır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla birim hacim ağırlık değerleri daha düşük değerler almıştır. Agrega dane boyutu arttıkça harçlarda birim hacim ağırlık değeri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 (M11PE) ve %0,4 (M12PE) katkı oranı ile 1,72 g/cm³ ve en düşük değer ise %1 katkı oranı (M15PE) ile 1,70 g/cm³ bulunmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0,2 katkı oranı (M21PE) ile 1,67 g/cm³ ve en düşük değer ise %0,8 (M24PE) ve %1 (M25PE) katkı oranı ile 1,64 g/cm³ bulunmuştur. %0,8 ve %1 katkı oranı ile 1,66 g/cm³ birim hacim ağırlık değerinde olan şahit numuneye (M20) göre %1,21 oranında bir azalma tespit edilmiştir.



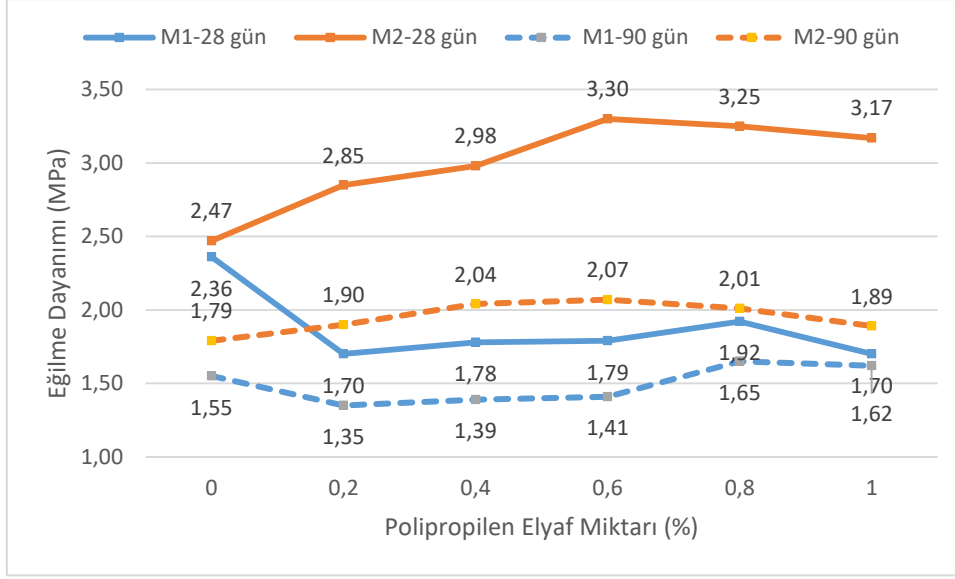
Şekil 4.15. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının su emme yüzdeleri

Şekil 4.15 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça su emme değerleri artmıştır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla su emme yüzdeleri daha yüksek değerler almıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı (M15PE) ile %21,00 bulunmuştur ve su emme yüzdesi %20,36 olan şahit numuneye (M10) oranla %3,14'lük bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri %1 katkı oranı (M25PE) ile %21,47 olarak belirlenmiştir ve su emme yüzdesi %20,56 olan şahit numuneye oranla %4,43 oranında bir artış olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12PE) %20,97 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3 oranında bir artış olmuştur, M2 grubu harç numunesi (M22PE) %21,03 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %2,29 oranında bir artış olmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13PE) %20,97 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3 oranında bir artış olmuştur, M2 grubu harç numunesi ise (M23PE) %21,05 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %2,38 oranında bir artış olmuştur. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14PE) %20,99 bulunmuştur ve şahit numuneye göre %3,09 oranında bir artış olmuştur, M2 grubu harç numunesi ise (M24PE) %21,15 olarak bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %2,87'lik bir artış olmuştur.



Şekil 4.16. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının ultrases geçiş süresi

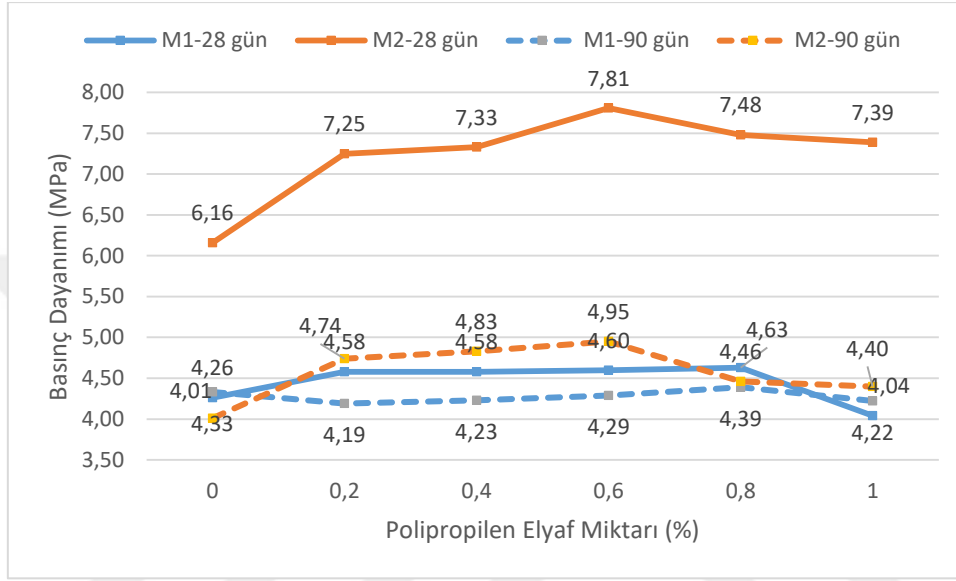
Şekil 4.16 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde katkı oranı arttıkça ultrases geçiş süreleri artmıştır. M1 grubu harçlarda M2 grubu harçlara oranla ultrases geçiş süreleri daha yüksek çıkmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı (M15PE) ile 84,90 µs ölçülmüştür ve ultrases süresi 82,10 µs olan şahit numuneye (M10) oranla %3,41'lik bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en yüksek ultrases geçiş süresi %1 katkı oranı (M25PE) ile 82,80 µs bulunmuştur ve ultrases geçiş süresi 84,30 µs olan şahit numuneye (M20) oranla %1,78 oranında bir azalma olmuştur. %0,4 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M12PE) 84,30 µs, M2 grubu harç numunesi (M22PE) 80,80 µs bulunmuştur. %0,6 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M13PE) 84,70 µs, M2 grubu harç numunesi (M23PE) 81,50 µs ölçülmüştür. %0,8 katkı oranı incelendiğinde M1 grubu harç numunesi (M14PE) 84,70 µs, M2 grubu harç numunesi (M24PE) 82,60 µs bulunmuştur.



Şekil 4.17. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.17 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı harç numunelerinde M2 grubu M1 grubuna göre daha yüksek eğilme dayanımına sahiptir ve %0,6 katkı oranı (M23PE) ile 3,30 MPa olarak en yüksek eğilme dayanımı elde edilmiştir. Agrega dane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı artmakta ve %0,6 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,6 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde en iyi sonuç %0,8 katkı oranı (M14PE) ile 1,92 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,36 MPa olan şahit numuneye kıyasla %18,64'lük bir azalma olmuştur. En düşük değer ise %0,2 (M11PE) ve %1 (M15PE) katkı oranı ile 1,70MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %27,97 oranında bir azalma olmuştur. M1 grubu 90 günlük numunelerde ise zamana bağlı olarak eğilme dayanımında artış meydana gelmiştir ve %0,8 katkı oranı (M14PE) ile en iyi sonuç 1,65 MPa olarak belirlenerek, eğilme dayanımı 1,55 MPa olan şahit numuneye göre %6,45'lik bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M11PE) ile 1,35 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %12,9 oranında bir azalma olmuştur. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı harçlarda 28 günlük eğilme dayanımı %0,6 katkı oranı (M23PE) ile 3,30 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 2,47 MPa olan şahit numuneye kıyasla %33,60 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı ile

(M21PE) 2,85 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %15,39'luk bir artış olmuştur. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç olarak %0,6 katkı oranı (M23PE) ile 2,07 MPa bulunmuştur ve eğilme dayanımı 1,79 MPa olan şahit numuneye göre %15,64 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı ile (M25PE) 1,89 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye göre %5,59 oranında bir artış olmuştur.



Şekil 4.18. Şahit numune ve M1-M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri

Şekil 4.18 incelendiğinde polipropilen elyaf katkılı 28 ve 90 günlük numunelerde agrega dane boyutunun artması ile basınç dayanımı artmıştır. M2 grubu %0,6 katkı oranı (M23PE) ile sırasıyla 7,81 MPa ve 4,95 MPa olarak en yüksek basınç dayanımı elde edilmiştir. M1 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmakta ve %0,8 katkı oranından sonra ise azalmaktadır. En iyi sonuçlar %0,8 katkı oranı ile elde edilmiştir. M2 grubu 28 ve 90 günlük harç numunelerinde lif katkı oranı arttıkça basınç dayanımı artmıştır ve %0,6 katkı oranından sonra ise azalmıştır. En iyi sonuçlar %0,6 katkı oranı ile elde edilmiştir. M1 grubu 28 günlük numunelerde en iyi sonuç %0,8 katkı oranı (M14PE) ile 4,63 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,26 MPa olan şahit numuneye kıyasla %8,69'luk bir artış olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı ile (M15PE) 4,04 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye göre %5,16 oranında bir azalma olmuştur. M1 grubu 90 günlük numunelerde ise %0,8 katkı oranı (M14PE) ile en iyi sonuç 4,39 MPa bulunmuştur ve basınç dayanımı 4,33 MPa olan şahit

numuneye göre %1,39'luk bir artış olmuştur. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M11PE) ile 4,19 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %3,23'lük bir azalma tespit edilmiştir. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı harçlarda 28 günlük basınç dayanımı %0,6 katkı oranı (M23PE) ile 7,81 MPa olarak tespit edilmiştir ve basınç dayanımı 6,16 MPa olan şahit numuneye kıyasla %26,79 oranında bir artış elde edilmiştir. En düşük değer ise %0,2 katkı oranı (M21PE) ile 7,25 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye oranla %17,7'lik bir artış belirlenmiştir. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı 90 günlük numunelerde ise en iyi sonuç %0,6 katkı oranı (M23PE) ile 4,95 MPa olarak belirlenmiştir ve basınç dayanımı 4,01 MPa olan şahit numuneye göre %23,44 oranında bir artış olmuştur. En düşük değer ise %1 katkı oranı (M25PE) ile 4,4 MPa bulunmuştur ve şahit numuneye göre %9,73 oranında bir artış elde edilmiştir.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılı horasan harçları üzerinde yapılan çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Üretilen harçların yayılma değerleri 146-217 mm arasında belirlenmiştir. Lif katkısı ile harçların yayılma değerleri azalmıştır. Keçi kılı katkısı ile yayılma en az oranda etkilenmiştir. %1 katkı oranı ile M1 grubu M15KK kodlu harçlarda %13,5, M2 grubu M25KK kodlu harçlarda %17,05 oranlarında yayılma değerinde bir azalma tespit edilmiştir. Yayılma değerinin en fazla azaldığı harç numunesi ise %32,72 azalma oranı ile M2 grubu %1 polipropilen elyaf katkılı M25PE kodlu harç numunesi olmuştur.
- Üretilen harçların birim hacim ağırlık değerleri 1,64-1,72 g/cm³ arasında belirlenmiştir. Lif ilavesi ile harçların birim hacim ağırlık değerleri azalmıştır. M10 şahit numune 1,70 g/cm³ ve M20 şahit numune ise 1,66 g/cm³ olarak birim hacim ağırlık değerlerini vermiştir. Dane boyutunun artması ile harçların birim hacim ağırlık değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda lif katkı oranının artması ile en boşluklu yapı kenevir lifi katkılı harçlarda elde edilmiştir. %1 katkı oranı ile M15KL kodlu harcın şahit numuneye oranla birim hacim ağırlık değerinde %1,77 bir azalma meydana gelmiştir. M2 grubu harçlarda ise %1 katkı oranı ile M25PE kodlu polipropilen elyaf katkılı harcın şahit numuneye oranla birim hacim ağırlık değerinde %1,21 azalma tespit edilmiştir.
- Üretilen harçların su emme değerleri %20,36-21,47 arasında belirlenmiştir. M10 şahit numune %20,36 ve M20 şahit numune ise %20,56 olarak su emme değerleri elde etmişlerdir. Lif katkı oranı arttıkça harçların su emme değerleri artmıştır. Polipropilen elyaf katkılı harçlarda en yüksek su emme değerleri elde edilmiştir.
- Üretilen harçların ultrases geçiş süreleri 78,37-85,00 µs arasında belirlenmiştir. M10 şahit numune 82,10 µs ve M20 şahit numunede ise 84,30 µs olarak ultrases geçiş süresi ölçülmüştür. Dane boyutunun artması ile ultrases geçiş süresi de artmıştır. Lif ilavesi ile M1 grubu harçlarda ultrases geçiş süresi genel olarak şahit numuneye oranla artmıştır. Daha iri agrega dane boyutu kullanılarak üretilen M2 grubu harçlarda

ise lif ilavesi ile şahit numuneye oranla ultrases geçiş süresinde genel olarak bir azalma gözlemlenmiştir. M1 grubu harçlarda polipropilen elyaf katkılı %1 katkı oranı ile M15PE kodlu harçta en yüksek değer ölçülmüştür ve şahit numuneye (M10) oranla %3,41 artış olmuştur. M2 grubu harçlarda ise keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılı harçlarda ultrases geçiş süresi azalmıştır. M2 grubu kenevir lifi katkılı harçlarda ise %1 katkı oranı ile M25KL kodlu harçta şahit numuneye (M20) oranla %0,83'lük bir artış tespit edilmiştir.

- Üretilen harçların eğilme dayanım değerleri 1,31-3,36 MPa arasında belirlenmiştir. M10 şahit numunenin 28 günlük eğilme dayanımı 2,36 MPa ve 90 günlük eğilme dayanımı ise 1,55 MPa bulunmuştur. M20 şahit numunenin 28 günlük eğilme dayanımı 2,47 MPa ve 90 günlük eğilme dayanımı ise 1,79 MPa olarak belirlenmiştir. Dane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu harçlarda kenevir lifi katkısı %0,6, keçi kılı katkısı %0,8 ve polipropilen elyaf katkısı %0,8 oranları ile en yüksek eğilme dayanımı değerlerini vermişlerdir. M2 grubu harçlarda ise kenevir lifi katkısı %0,8, keçi kılı katkısı %1 ve polipropilen elyaf katkısı %0,6 oranları ile en yüksek eğilme dayanımı değerlerini vermişlerdir. Lif kullanılması ile harçların eğilme dayanım değerleri artmıştır. Eğilme dayanımında şahit numuneye göre en yüksek artış oranı %36,03 ile M2 grubu 28 günlük %1 keçi kılı katkılı M25KK kodlu harç numunesinde tespit edilmiştir.
- Üretilen harçların basınç dayanım değerleri 4,00-7,81 MPa arasında belirlenmiştir. M10 şahit numune 28 günlük basınç dayanımı 4,26 MPa ve 90 günlük basınç dayanımı ise 4,33 MPa bulunmuştur. M20 şahit numunede 28 günlük basınç dayanımı 6,16 MPa ve 90 günlük basınç dayanımı ise 4,01 MPa olarak belirlenmiştir. Dane boyutunun artması ile basınç dayanımı artmıştır. M1 grubu harçlarda kenevir lifi katkısı %0,6, keçi kılı katkısı %0,8 ve polipropilen elyaf katkısı %0,8 oranları ile en yüksek basınç dayanımı değerlerini vermişlerdir. M2 grubu harçlarda ise kenevir lifi katkısı %0,8, keçi kılı katkısı %1 ve polipropilen elyaf katkısı %0,6 oranları ile en yüksek basınç dayanımı değerlerini vermişlerdir. Lif kullanılması ile harçların basınç dayanım değerleri artmıştır. Basınç dayanımlarında şahit numuneye göre en yüksek artış oranı %32,67 ile M2 grubu 90 günlük %1 keçi kılı katkılı M25KK kodlu harç numunesinde elde edilmiştir.

Kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyafın ideal oranlarda katkı olarak kullanılması, horasan harcının özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Liflerde boy/çap oranındaki değişikliğin, harcın özelliklerini etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.





KAYNAKLAR

- Acar, M. ve Dönmez, A.** (2019). Kenevire Farklı Bir Bakış. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun.
- Ahunbay, A.** (2009). Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon (5.bs). YEM Yayın-28. İstanbul, Mayıs.
- Akman, S.** (1990). Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Akman, M. S.** (2003). Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426 (s. 30-36).
- Akman, M. S., Güner, A., Aksoy, İ. H.** (1986). Horasan Harcı ve Betonunun Tarihi ve Teknik Özellikleri. II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi. İ.T.U. İstanbul.
- Aköz, F. ve Yüzer, N.** (2009). Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler. IMO-1. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, (s. 6-7). İstanbul.
- Aksoy, D., Aytaç, S. ve Pahlı, R.** (2019). Endüstriyel Kenevir Gerçeği. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi, (s. 850-858). Samsun.
- Aktürk, B., Ulukaya, S., B. Kızılkant, A. ve Yüzer, N.** (2017). Yüksek Fırın Cürufu Esaslı Harçların Sıva Olarak Tarihi Yapılarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, (s. 559-568). İMO Teknik Dergi, Kasım.
- Akyol, A. A. ve Kadioğlu, Y. K.** (2007). Kütahya Balıklı Cami Yapı Malzemeleri Arkeometrik Çalışmaları. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, (s. 293-299). Ankara.
- Alhan Şimşek, E. T.** (2018). Tarihi Yapılarda Tuğla Duvarların Çelik Hasır Ve Tekstil Donatılı Horasan Harcı İle Güçlendirilmesinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altaş, G., K., Özgünler, S., A. ve Gürdal, E.** (2012). İstanbul'daki Roma Dönemi Saray Yapılarındaki Horasan Harçlarının İncelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı Dergisi, Sayı: 4 (s. 21-29), İstanbul.
- Altaş, G., K., Özgünler, S., A. ve Gürdal, E.** (2013). İstanbul'da Bulunan Erken Bizans Dönemi Savunma Yapılarında Kullanılan Horasan Harçların Özellikleri. Vakıf Restorasyon Yıllığı Dergisi, Sayı: 6 (s. 81-88), İstanbul.
- Altun, M. G., Özen, S. ve Mardani Aghabaglou, A.** (2018). Polipropilen Lif Kullanımının Doğal Hidrolik Kireçli Harçların Kuruma Büzülmesine Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), (s. 427-435).

- Aslan, G.** (2019). Mozaikli Villa (Tripolis-Denizli) Mekân Duvarlarında Kullanılan Harçların Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Arkeoloji Enstitüsü.
- Badagliacco, D., Megna, B. Ve Valenza, A.** (2020). Induced Modification of Flexural Toughness of Natural Hydraulic Lime Based Mortars by Addition of Giant Reed Fibers. *Case Studies in Construction Materials* 13, e00425.
- Baronia, G. ve Binda, L.,** (1997). Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays. *Construction and Building Materials* (11/1), 41-46.
- Bayazit, M. ve Yıldız, D.** (2019). Fatih Paşa Cami (Diyarbakır) Sıva ve Harç Örneklerinin Arkeometrik Karakterizasyonu. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi Cilt 10, Sayı 2*, (s. 709-720).
- Berkgil, M. ve Ayaz, Y.** (2020). Polipropilen Lif Katkılı Kerpiç Tuğlaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 13(1) (s. 105-114).
- Binan, C.** (2016). Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi ve Koruma-Restorasyon Uygulamalarında İlkelerin Önemi Üzerine Bir Değerlendirme. *Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları-122, Kültür Varlıklarında Koruma Türkiye ve İtalya'dan Restorasyon Uygulamaları Sempozyumu Bildiri Kitabı*, (s. 106-121). Ankara.
- Borrelli, E.** (1999). Binders. *ARC Laboratory Handbooks. ICCROM. S.p.A. Pres. Rome.*
- Böke, H., Akkurt, S. ve İpekoğlu, B.** (2004). Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı Ve Sıvalarının Özellikleri. *Yapı Dergisi* 269 (s. 90-95), Nisan.
- Canbaz, M. ve Güler, E.** (2017). Kireç Türünün Horasan Harcı Özelliklerine Etkisi. *Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*, (s. 543-548). Kasım.
- Çizer, Ö., Böke, H. ve 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, 6-8.(s. 1-13). İstanbul.
- Çomak, B., Bideci, A. ve Sallı Bideci, Ö.** (2018). Effects Of Hemp Fibers On Characteristics Of Cement Based Mortar. *Construction and Building Materials* 169 (s. 794-799).
- Diker, H., F., Özgünler, S. A. ve Buzlu, F.** (2020). Bizans Ve Osmanlı Yazmalarındaki Organik Harç Katkıları Üzerine Bir Araştırma. *Uluslararası Ayasofya Sempozyumu Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Yayınları*; 41 (s. 835-856). İstanbul.
- Eksi Akbulut, D.** (2006). Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harçların Seçimine Yönelik Bir Öneri. *Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Erdoğan, Ş., Nas, M., Nayır, S. ve Kandil, U.** (2017). Uçucu Kül Ve Polipropilen Lifli Kireç Harçlarının Çimento Takviyesi İle Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi. *Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu* (s. 247-256). Trabzon. Kasım.

- Ersen, A. ve Güleç, A.** (2009). Basit ve İleri Analiz Yöntemleri ile Tarihi Harçların Analizi. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi Sayı:3 (s. 65-73). KUDEB, İstanbul.
- Gedik, G., Avınç, O. O. Ve Yavaş, A.** (2010). Kenevir Lifinin Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 3, (s. 39-48).
- Göre, M. ve Kurt, O.** (2020). Bitkisel Üretimde Yeni Bir Trend: Kenevir. International Journal of Life Sciences and Biotechnology. Cilt: 4, Sayı: 1. (s138-157).
- Güleç, A.** (1992). Bazı Tarihi Anıt Harç Ve Sıvalarının İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Güleç, A.** (2009). Enez Ayasofyası Harç Ve Sıva Analizleri. Kâgir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri, KUDEB (s. 176-186). İstanbul, Eylül.
- Güleç, A.** (2012). Nuruosmaniye Camii'ne Ait Malzemelerin Nitelik Ve Problemlerinin Analizi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, Sayı: 5 (s. 59-75). İstanbul.
- Güleç, A.** (2013). Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi harç ve sıvalarının Karakterizasyonu. Vakıf Restorasyon Yıllığı, Sayı: 7, (s. 109-118). İstanbul.
- Güleç, A. ve Emre, G.** (2009). Sultanahmet Büyük Saray Kazıları Kalıntıları Harç Sıva Analizleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Restorasyon Konservasyon Raporu Cilt:1 Sayı:2, KUDEB (s. 50-60). İstanbul.
- Güleç, A. ve Tulun, T.** (1996). "Physico-Chemical and Petrographical Studies of Old Mortars and Plasters of Anatolia. Cement and concrete research, Vol. 27, No. 2, pp. 227-234.
- Gündüz, L. ve Kalkan, Ş. O.** (2018). Yapısal Restorasyon Harçlarında Kıtık Boyutlarının Harcın Teknik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. ECSAC, Avrupa Bilim, Sanat ve Kültür Konferansı, (s. 243-251). Antalya, 19-22 Nisan.
- Güney, B. A.** (2012). Development Of Pozzolanıç Lime Mortars For The Repair Of Historic Masonry. Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Gündüz, L. G. ve Atalayer, G.** (2019). Kıl Dokuma ile Kültürel Mirası Geleceğe Aktarmak Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD) Cilt: 4 Sayı: 2 (s. 322-332).
- Gür, D.** (2019). Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılmak Üzere Puzolan Katkılı Hidrolik Kireç Esaslı Onarım Harcı Üretilme Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürdal, E., Kahraman Altaş, G. ve Acun Özgünler, S.** (2011). İstanbul'da Bulunan Erken Bizans Dönemi Dini Yapılarında Kullanılan Horasan Harçların Özelliklerinin İncelenmesi. Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları, Restorasyon Yıllığı Dergisi, 2 (s. 63-72).
- Gürdal, E. ve Acun, S.** (2004). Mineral Esaslı Sıvalarda Polipropilen Lif Katkısının Fiziksel Ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. 2.Ulusal Yapı

malzemesi Kongre ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul.

- Gürhan, F., Uğurlu Sağın, E. ve Böke, H.** (2017). Aydın Eski Hamam Sıva Özellikleri. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, (s. 227-236). Kasım.
- Işık, Ö. ve Kapur, S.** (2012). Konya Şerafeddin Camisi Yakınındaki Türbenin Tuğla Duvar Malzemesinin Arkeometrik Yönden Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt: 28 Sayı: 2 (s. 177-187). Adana.
- Iucolano, F., Boccarusso, L. ve Langella, A.** (2019). Hemp as eco-friendly substitute of glass fibres for gypsum reinforcement: Impact and flexural behaviour. Composites Part B 175, 107073.
- Jayaseelan, J., Vijayakumar, K. R., Ethiraj, N., Sivabalan, T. and Andrewnallayan, W.** (2017). The effect of fibre loading and graphene on the mechanical properties of goat hair fibre epoxy composite. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 282, Busan, Korea.
- Kahraman, G.** (2008). Erken Bizans Dönemi Horasan Harçlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kalkan, Ş. O. ve Gündüz, L.** (2017). Tarihi-Eski Yapıların Onarımı Amaçlı Yeni Nesil Kompozit Harçların Kullanımı Üzerine Bir İnceleme. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu (s. 153-162), Trabzon.
- Kanıt, R. ve Işık, N. S.** (2004). Horasan Harcı Kullanılarak Yapılan Model Kemerin Performansının Deneysel ve Sayısal Olarak Belirlenmesi. Politeknik Dergisi Cilt:7 Sayı: 2, (s. 179-183). Gazi Üniversitesi.
- Kavasoğlu, E.** (2019). Mikro Fiber Ve Uçucu Kül Katkılı Çimento Harçlarının Dayanıklılık İndeksinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kılıç, İ.** (2007). Horasan Harç ve Sıvaları. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, (s. 277-283). Ankara.
- Kocaman, B., Tunç, T., Okuroğlu, M. ve Örüng, İ.** (2005). Doğal Hafif Agregaların Tarımsal Yapılarda Duvar ve Sıva Harcı Yapımında Kullanılma Olanakları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36 (2), (s. 187-191).
- Kozlu, H. H.** (2010). Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Kozlu, H. ve Ersen, A.** (2011). Kayseri’de Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemi Yapıları Harçlarının Özellikleri Ve Onarım Harçları Tasarımı. İTÜ Dergisi/A Mimarlık, Cilt: 10 Sayı:1 (s. 125-136). İstanbul, Mart.
- Kurtuldu, E. ve İşmal, Ö. E.** (2019). Sürdürülebilir Tekstil Üretim Ve Tasarımında Yeniden Değer Kazanan Lif: Kenevir. Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, Cilt:12 Sayı:24, (s. 694-718).

- Kurugöl, S. ve Güleç, A.** (2010). Anadolu Hisarı Harçlarının Fiziko-Kimyasal ve Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi. Restorasyon Konservasyon Raporu, Sayı:5, KUDEB (s. 59-69). İstanbul.
- Lawrence, R.M.M.,** (2006). A Study of Carbonation in Non-Hydraulic Lime Mortars. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Faculty of Engineering and Design Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, October, UK.
- Mavi, Ö.** (2000). Kireç Harç ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mavioğlu, Ü. A.** (2011). Farklı Puzolanik Katkılar İle Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Merdan, N., Koçak, D. Ve Acar, K.** (2012). Kenevir Liflerinin Konvansiyonel Ve Mikrodalga Yöntemine Göre Maleik Anhidrit İle Yüzey Modifikasyonu. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sayı: 22 (s. 71-78).
- Oğuz, C., Türker, F. ve Koçkal, N. U.** (1015). Andriake Limanı' nda Roma, Bizans ve Selçuklu Dönemi Harçların Özellikleri. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, (s. 6993-7013).
- Özgen, Ö.** (2012). Horasan Harcı Üzerine Deneysel Çalışmalar. Uzmanlık Tezi, Kültür Ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve Ve Anıtlar Müdürlüğü, İstanbul.
- Özgen, S., Aysal, N., Kongaz, T., Şahin, O., Baykır, M. ve Eruş, M.** (2013). Damatris Sarayı'nın Yapı Taşları, Sıva ve Harçlarının Petrografisi. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi Sayı:11, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (s. 57-68).
- Özgünler, A. S., Ersen, A. ve Güleç, A.** (2010). Yedikule Kara Surları' nda Kullanılan Erken Bizans Dönemi Harçlarının Karakterizasyonu Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi (5) (s. 31-39).
- Özgünler, A. S., Gürdal, E. ve Kahraman G.** (2009). Anemas Zindanlarının Restorasyonunda Kullanılacak Onarım Harcının Üretimi İçin Yapılan Deneysel Çalışmalar. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (s. 22-34).
- Polat Pekmezci, I.** (2012). Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu Ve Onarım Harçları İçin Öneriler. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pusat, S. E.** (2002). Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harç Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Satongar, Ş. L.** (1994). İstanbul Şehir Surları Horasan Harçları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Sayın, B.** (2016). Tarihi Yığma Yapıların Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Uygulama Önerileri. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi Cilt: 7 Sayı: 3 (s. 387-398). Diyarbakır, Eylül.

- Serin, S., Macit, M. E., Çınar, E. C. ve Çelik, S.** (2018). Doğal Kenevir Lifli Kullanımının Asfalt Beton Karışımlara Etkisi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (s. 732-744).
- Sickels, B.L.** (1981). Organics vs. Synthetics: Their Use as Additives in Mortars. Cements and Grouts Used in Conservation of Historic Buildings, Rome, S.25-52.
- Stefanidou, M., Kesikidou, F. And Papachristoforou, M.** (2016). Fiber- reinforced lime mortars. 4th Historic Mortars Conference, (s. 421-430).
- Şirikçi, S. T.** (2013). Tarihi Eserlerde Yapı Malzeme Cinslerinin Araştırılması ve Korunmaları İçin Alınacak Önlemler. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şişik, Ö.** (2017). Edirne’de Bulunan 15.Yy Ve 16.Yy’da İnşaa Edilmiş Tarihi Cami Ve Türbelerin Taşıyıcı Sistem Analizi Ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Topçu, İ. B., Canbaz, M. ve Karanfil, H.** (2005). Horasan harç ve betonun özellikleri. Yapı mekaniği semineri, Eskişehir.
- Topçu, İ. B., Demirel, O. E. ve Uygunoğlu, T.** (2017). Polipropilen Lif Katkılı Harçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Politeknik Dergisi, 20 (1) (s.91-96). Ankara.
- Topçu, İ. B., Gökbel, S. ve Işıkdag, B.** (2015). Genleştirilmiş Perlitin Horasan Harçlarında Kullanılması. II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS 2015), (s. 133-137). 28-30 Mayıs, Türkiye.
- Tosee V. R.** (2018). Different Percentage of Bagass And Hair Of Goat In Concrete Slab: Application, PSC Reduction, and Strength. Soil Structure Interaction Journal (SSIJ), Vol. (1), pp. 47-52.
- Tosun, Y., Oltulu, M., Polat, R., Şahin, R. ve Bingöl, A. F.** (2015). Hidrolik Kireçli Harçlarda Uçucu Kül Kullanımı. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Cilt:1 (s. 103-111). TMMOB.
- TS EN 459-1,** (2015). Yapı kireci-Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri, TSE, Ankara.
- TS EN 1936,** (2010). Doğal taşlar - Deney Yöntemleri - Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1,** (2016). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1015-1,** (2000). Kağıt Harcı - Deney Metotları - Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-3,** (2000). Kağıt harcı - Deney Metotları - Bölüm 3: Taze Harç Kıvamının Tayini (Yayımla Tablası İle), TSE, Ankara.
- TS EN 13755,** (2009). Doğal Taşlar - Deney Metotları - Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 14579**, (2006). Doğal taşlar-deney metotları-ses hızı ilerlemesinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uğur, T.** (2013). Perge Antik Kenti Mozaik Harçlarının Analizi. Kârgir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri, KUDEB (s. 85-102). İstanbul, Aralık.
- Uğur, T. ve Güleç, A.** (2016). Harç, Sıva ve Diğer Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlayıcılar ve Özellikleri. Restorasyon ve Konservasyon Dergisi, Sayı 17, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (s. 77-91) . İstanbul.
- Uğurlu, E.** (2005). Characterization Of Horasan Plasters From Some Ottoman Baths In İzmir. Yüksek Lisans Tezi. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Uğurlu, E. ve Böke, H.** (2009). Osmanlı Dönemi Yapılarında Kullanılan Horasan Sıvalarının Özellikleri. Kârgir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri, KUDEB (s. 135-142). İstanbul, Eylül.
- Uğurlu, E. ve Böke, H.** (2009). Tarihi Yapıların Özgün Değerleri İle Korunması. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, cilt. 1, sayı. 2, (s. 17-19). İstanbul.
- Ulukaya, S.** (2016). Tarihi Kireç Harcı Özelliklerine Uygun Yeni Malzemelerin Üretimi ve Sayısal Analiz İçin Malzeme Parametrelerinin Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Url-1** <https://www.teknoyapi.com.tr/Documents/TDS_teknorep_550.pdf>, erişim tarihi: 05.07.2021)
- Url-2** <<https://atlas1.com.tr/DataSheet/Betonfiber-BF-19.pdf>>, erişim tarihi: 04.04.2021)
- Valek, J. ve Veiga, R.** (2005). Characterisation of mechanical properties of historic mortars: testing of irregular samples. International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, No.9, MALTE, Vol.83, Malta, (pp.365-374).
- Vitruvius**, (2005). Mimarlık Üzerine On Kitap. Çev. Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, 4. baskı, İstanbul.
- Yarbaşı, N.** (2020). Doğal Bir Materyal Olarak Keçi Kılı Lifleriyle Modifiye Edilen Kohezyonlu Zeminlerin Donma-Çözülme Direnci. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Sayı: 13, (s. 157-166).
- Yılmaz, C.** (2010). Portland Çimentosu Kullanımının Horasan Harcı Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



EKLER

EK A - Toplu Deney Sonuçları

Çizelge A.1. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M1KL	AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)				
				28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün		
						Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2	
M11KL (%0,2)	M11KL-1	435	1,70	81,9	1,5	1,69	4,15	4,25	4,61	*
	M11KL-2	437,7	1,71	82,9	1,54	1,3	4	3,84	4,6	4,99
	M11KL-3	437	1,71	81,2	1,56	1,6	3,99	4,31	*	4,51
M12KL (%0,4)	M12KL-1	433	1,69	82,6	1,6	1,51	3,99	4,08	4,48	*
	M12KL-2	436,5	1,71	83	1,61	1,74	4,12	4,02	4,99	*
	M12KL-3	434,9	1,70	82,8	1,44	1,57	4,2	4,19	4,72	4,65
M13KL (%0,6)	M13KL-1	436,3	1,70	83,6	1,8	1,6	4,59	4,00	*	*
	M13KL-2	437	1,71	83,7	1,84	1,74	4,44	4,14	4,5	4,71
	M13KL-3	436,1	1,70	83,6	1,38	1,86	**	**	4,52	5,19
M14KL (%0,8)	M14KL-1	427,8	1,67	84,5	1,65	1,52	4,26	4,32	4,74	*
	M14KL-2	428	1,67	84,4	1,4	1,4	4,18	4,09	*	4,5
	M14KL-3	432,9	1,69	84,3	1,21	1,39	4,2	4,24	4,74	4,91
M15KL (%1)	M15KL-1	430,2	1,68	84	1,59	1,3	4,44	4,33	5,09	*
	M15KL-2	427,4	1,67	85	1,23	1,4	4,49	3,93	4,82	4,26
	M15KL-3	428	1,67	84,5	1,11	1,34	3,75	3,65	*	4,55

* Su emme deneyinde kullanıldı.

** Deney yapılamadı.

Çizelge A.2. M1 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M1KK		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M11KK (%0,2)	M11KK-1	439,1	1,72	80,5	1,05	1,66	4,44	4,83	*	4,7
	M11KK-2	435,1	1,70	82,5	2,65	1,25	4,75	4,81	4,41	*
	M11KK-3	435,3	1,70	82,6	4,29	1,36	4,86	4,99	4,22	4
M12KK (%0,4)	M12KK-1	435,4	1,70	82,2	2,14	1,35	4,95	4,89	4,4	*
	M12KK-2	436,4	1,70	82,1	2,6	1,39	4,68	4,99	4,38	4,45
	M12KK-3	435,3	1,70	82,3	3,86	1,67	5,27	4,64	4,19	*
M13KK (%0,6)	M13KK-1	431,7	1,69	83,1	2,9	1,44	5,27	4,95	4,64	*
	M13KK-2	429,9	1,68	83,1	3,1	1,23	4,94	5,27	4,51	*
	M13KK-3	432,8	1,69	83	2,7	1,85	4,83	5,28	4,91	3,9
M14KK (%0,8)	M14KK-1	432,5	1,69	83,3	2,89	1,45	5,09	5,27	4,65	4,37
	M14KK-2	431,6	1,69	83,2	2	1,78	5,34	5,44	4,53	*
	M14KK-3	432,1	1,69	83	3,91	1,59	5,09	4,96	4,44	*
M15KK (%1)	M15KK-1	433,3	1,69	84	2,92	1,62	4,32	4,79	*	4,5
	M15KK-2	432	1,69	84,3	2,81	1,39	4,24	5,00	*	4,34
	M15KK-3	428,7	1,67	84	2,7	1,49	4,45	4,66	3,79	4,2

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.3. M1 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M1PE		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M11PE (%0,2)	M11PE-1	439,4	1,72	83,4	1,69	1,31	4,54	4,7	4,36	*
	M11PE-2	439,9	1,72	83,2	1,7	1,18	4,5	4,71	4,07	*
	M11PE-3	437,9	1,71	83	1,72	1,57	4,3	4,7	4,26	4,05
M12PE (%0,4)	M12PE-1	442,8	1,73	84,3	1,93	1,46	4,77	4,38	4,3	4,49
	M12PE-2	436,8	1,71	84,4	1,79	1,55	4,57	4,82	*	3,57
	M12PE-3	438,5	1,71	84,2	1,63	1,17	4,38	4,53	*	4,57
M13PE (%0,6)	M13PE-1	438	1,71	84,8	1,79	1,43	4,92	4,24	4,42	*
	M13PE-2	439,2	1,72	84,6	1,89	1,37	4,83	4,15	4,65	4,05
	M13PE-3	437,9	1,71	84,7	1,68	1,44	5,03	4,4	*	4,04
M14PE (%0,8)	M14PE-1	438,7	1,71	84,7	2,55	1,79	4,42	4,87	5,08	4,26
	M14PE-2	438,3	1,71	84,7	1,6	1,64	4,43	4,51	*	4,15
	M14PE-3	439	1,71	84,7	1,62	1,53	4,67	4,9	*	4,05
M15PE (%1)	M15PE-1	438,6	1,71	84,9	1,76	1,53	3,92	4,05	4,38	*
	M15PE-2	434,2	1,70	84,8	1,63	1,68	4,1	4,05	*	4,38
	M15PE-3	435,2	1,70	85	1,7	1,65	4,08	4,01	4,11	4

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.4. M2 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M2KL		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M21KL (%0,2)	M21KL-1	432,6	1,69	82,7	2,62	1,65	6,53	6,63	3,99	4,13
	M21KL-2	433,1	1,69	82,5	2,61	1,46	6,55	6,57	*	3,7
	M21KL-3	431,5	1,69	82,3	2,8	1,7	6,59	6,62	*	4,17
M22KL (%0,4)	M22KL-1	431	1,68	83,6	2,71	1,86	6,98	7,16	4,17	4,48
	M22KL-2	426,7	1,67	83,4	2,71	1,71	6,38	6,47	*	4,49
	M22KL-3	428,7	1,67	83,5	2,7	1,84	6,76	5,94	4,39	*
M23KL (%0,6)	M23KL-1	429	1,68	83,9	2,74	1,9	6,59	6,57	4,28	*
	M23KL-2	431,2	1,68	84,1	2,8	1,89	6,54	6,59	4,6	4,39
	M23KL-3	425,7	1,66	85,3	2,69	1,86	6,77	6,72	*	4,36
M24KL (%0,8)	M24KL-1	426,4	1,67	85	2,81	1,74	7,05	6,86	*	*
	M24KL-2	428,1	1,67	84,9	2,65	1,91	6,8	6,66	4,25	4,91
	M24KL-3	424,8	1,66	84,8	2,79	2,17	6,88	6,67	4,54	4,67
M25KL (%1)	M25KL-1	428,4	1,67	84,8	2,44	1,82	7,22	6,19	*	*
	M25KL-2	424,5	1,66	85	2,41	1,77	6,75	6,79	4,59	5,17
	M25KL-3	425,4	1,66	85,2	2,24	1,74	6,55	6,78	4,1	4,18

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.5. M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M2KK		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M21KK (%0,2)	M21KK-1	434,9	1,70	78	4,61	1,82	5,18	4,91	5,02	4,91
	M21KK-2	433,8	1,69	78,5	1,78	2	4,78	4,45	*	5,12
	M21KK-3	433,5	1,69	78,6	1,75	1,91	4,79	4,74	5,35	*
M22KK (%0,4)	M22KK-1	432,5	1,69	79,4	2,98	2,02	4,66	5,17	*	5,2
	M22KK-2	432,3	1,69	78	2,99	1,93	4,35	4,7	5,11	*
	M22KK-3	431,5	1,69	78,8	3,01	2	4,74	5,22	5,13	5,01
M23KK (%0,6)	M23KK-1	432	1,69	79,8	3,4	1,82	4,78	5,55	*	5,06
	M23KK-2	428,2	1,67	80	3,28	2,04	4,71	4,75	5,19	*
	M23KK-3	426,8	1,67	78,9	2,89	2,28	4,61	5,1	5,21	5,15
M24KK (%0,8)	M24KK-1	427,8	1,67	79,5	3,27	2,05	4,74	5,18	*	5,35
	M24KK-2	430,2	1,68	79,8	3,45	2,11	4,73	5,12	5,07	5,22
	M24KK-3	428,3	1,67	79,7	3,31	2,18	4,53	5,36	*	5,18
M25KK (%1)	M25KK-1	427,4	1,67	80,4	3,36	1,96	5,09	5,11	*	5,25
	M25KK-2	428,7	1,67	80,1	3,38	2,12	4,88	4,96	*	5,39
	M25KK-3	428,4	1,67	80,2	3,35	2,32	4,95	4,89	5,23	5,42

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.6. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının toplu deney sonuçları

M2PE		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M21PE (%0,2)	M21PE-1	430,2	1,68	81	2,81	2,06	7,19	7,29	*	4,73
	M21PE-2	424,8	1,66	80,5	2,88	1,79	7,21	7,24	4,69	*
	M21PE-3	425,1	1,66	80	2,85	1,84	7,33	7,26	4,94	4,6
M22PE (%0,4)	M22PE-1	423,5	1,65	80,8	2,8	2,08	7,32	7,42	4,63	5,13
	M22PE-2	426,3	1,67	80,8	3,41	1,86	7,19	7,38	4,72	4,83
	M22PE-3	424,2	1,66	80,8	2,74	2,17	7,47	7,18	*	*
M23PE (%0,6)	M23PE-1	422	1,65	81,5	3,3	2,1	7,86	7,8	*	5,15
	M23PE-2	425,1	1,66	81	3,36	2,2	7,85	7,74	4,76	5,03
	M23PE-3	422,7	1,65	82	3,23	1,92	7,98	7,64	*	4,87
M24PE (%0,8)	M24PE-1	419,1	1,64	82,5	3,25	2,14	7,36	7,21	4,39	4,43
	M24PE-2	421,8	1,65	82,6	3,3	1,91	7,82	7,29	*	4,45
	M24PE-3	420,8	1,64	82,7	3,2	1,97	7,53	7,64	*	4,56
M25PE (%1)	M25PE-1	423,5	1,65	82,9	2,92	1,91	6,6	6,75	4,61	4,57
	M25PE-2	420,9	1,64	82,8	3,41	1,98	7,73	7,8	*	*
	M25PE-3	416,8	1,63	82,7	3,19	1,78	7,82	7,61	4,16	4,27

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.7. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının toplu deney sonuçları

		AĞIRLIK (g)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ULTRASES (μs)	EĞİLME (MPa)		BASINÇ (MPa)			
					28 Gün	90 Gün	28 Gün		90 Gün	
							Basınç 1	Basınç 2	Basınç 1	Basınç 2
M10 (%0)	M10-1	433,6	1,69	82,1	2,71	1,73	4,57	4,79	4,26	4,97
	M10-2	435	1,70	82,2	2,36	1,47	4,22	4,47	4,7	*
	M10-3	434	1,70	82	2	1,44	3,84	3,66	*	3,4
M20 (%0)	M20-1	425,7	1,66	84,3	2,29	1,99	6,01	5,94	*	4,7
	M20-2	425,3	1,66	84,2	2,52	1,57	6,35	6,29	*	3,51
	M20-3	426,9	1,67	84,4	2,6	1,81	6,24	6,15	3,76	4,06

* Su emme deneyinde kullanıldı.

Çizelge A.8. M1 grubu horasan harçlarının yayılma deney sonuçları (mm)

HARÇ NO	1.OKUMA	2.OKUMA	3.OKUMA	4.OKUMA
M11 KL (%0,2)	192	187	184	196
M12 KL (%0,4)	184	175	179	188
M13 KL (%0,6)	183	167	187	183
M14 KL (%0,8)	171	160	155	172
M15 KL (%1)	154	152	154	161
M11 KK (%0,2)	208	186	203	200
M12 KK (%0,4)	205	188	198	199
M13 KK (%0,6)	198	187	194	197
M14 KK (%0,8)	193	181	186	188
M15 KK (%1)	180	170	171	171
M11 PE (%0,2)	184	179	189	185
M12 PE (%0,4)	183	173	182	184
M13 PE (%0,6)	178	167	169	173
M14 PE (%0,8)	169	168	166	164
M15 PE (%1)	154	153	163	158
M10 (%0)	207	197	201	195

Çizelge A.9. M2 grubu horasan harçlarının yayılma deney sonuçları (mm)

HARÇ NO	1.OKUMA	2.OKUMA	3.OKUMA	4.OKUMA
M21 KL (%0,2)	230	194	230	199
M22 KL (%0,4)	188	179	183	184
M23 KL (%0,6)	170	168	168	173
M24 KL (%0,8)	153	156	152	155
M25 KL (%1)	155	152	152	153
M21 KK (%0,2)	208	198	198	207
M22 KK (%0,4)	198	188	198	198
M23 KK (%0,6)	199	183	193	197
M24 KK (%0,8)	193	184	188	188
M25 KK (%1)	182	178	179	182
M21 PE (%0,2)	195	202	203	202
M22 PE (%0,4)	183	183	184	186
M23 PE (%0,6)	173	168	172	173
M24 PE (%0,8)	163	160	159	158
M25 PE (%1)	145	145	148	145
M20 (%0)	223	211	212	223

Çizelge A.10. M1 grubu horasan harçlarının su emme deney sonuçları (%)

Harç No	Deney No	Suya Doygun Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Su Emme (%)
M11 KL (%0,2)	1-	288,8	239,6	20,53
	2-	265,3	220,1	20,54
M12 KL (%0,4)	1-	273,1	226,4	20,63
	2-	277,8	230,5	20,52
M13 KL (%0,6)	1-	287,6	238,9	20,39
	2-	296,4	245,4	20,78
M14 KL (%0,8)	1-	269,4	223,1	20,75
	2-	276,5	229	20,74
M15 KL (%1)	1-	272,8	225,8	20,81
	2-	306,5	253,1	21,10
M11 KK (%0,2)	1-	276,1	229,5	20,31
	2-	289,3	239,7	20,69
M12 KK (%0,4)	1-	322,7	267,4	20,68
	2-	276,8	229,1	20,82
M13 KK (%0,6)	1-	293,5	242,8	20,88
	2-	262,1	216,8	20,89
M14 KK (%0,8)	1-	259,3	214,4	20,94
	2-	273,2	225,9	20,94
M15 KK (%1)	1-	290	239,2	21,24
	2-	259,9	215,3	20,72
M11 PE (%0,2)	1-	275,2	227,6	20,91
	2-	295,9	244,6	20,97
M12 PE (%0,4)	1-	256,4	211,9	21,00
	2-	280,7	232,1	20,94
M13 PE (%0,6)	1-	269,3	222,5	21,03
	2-	280,5	232	20,91
M14 PE (%0,8)	1-	275,9	228	21,01
	2-	278	229,8	20,97
M15 PE (%1)	1-	279,9	231,5	20,91
	2-	263,5	217,6	21,09
M10 (%0)	1-	276,7	229,8	20,41
	2-	249,3	207,2	20,32

Çizelge A.11. M2 grubu horasan harçlarının su emme deney sonuçları (%)

Harç No	Deney No	Suya Doygun Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Su Emme (%)
M21 KL (%0,2)	1-	271,1	224,7	20,65
	2-	282,4	234,3	20,53
M22 KL (%0,4)	1-	260,5	215,6	20,83
	2-	271	225,1	20,39
M23 KL (%0,6)	1-	248,7	206,1	20,67
	2-	257,9	213,9	20,57
M24 KL (%0,8)	1-	270,1	223,7	20,74
	2-	264,1	218,4	20,92
M25 KL (%1)	1-	265,9	219,1	21,36
	2-	254,9	210,1	21,32
M21 KK (%0,2)	1-	265,9	220,4	20,64
	2-	260,2	215,8	20,57
M22 KK (%0,4)	1-	271	224	20,98
	2-	271,2	224,8	20,64
M23 KK (%0,6)	1-	274,1	225,8	21,39
	2-	264,5	218,8	20,89
M24 KK (%0,8)	1-	275,2	227,1	21,18
	2-	275	226,7	21,31
M25 KK (%1)	1-	284,7	234,7	21,30
	2-	278,6	229,1	21,61
M21 PE (%0,2)	1-	261,9	217,1	20,64
	2-	275,9	227,5	21,27
M22 PE (%0,4)	1-	267,1	220,6	21,08
	2-	263,5	217,8	20,98
M23 PE (%0,6)	1-	263,2	217,2	21,18
	2-	257,8	213,2	20,92
M24 PE (%0,8)	1-	250,1	206,9	20,88
	2-	264,7	218	21,42
M25 PE (%1)	1-	263,4	217,1	21,33
	2-	262,8	216,1	21,61
M20 (%0)	1-	270,3	224,6	20,35
	2-	264,5	219	20,78

EK B - Deney Fotoğrafları

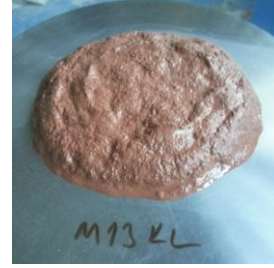
Çizelge B.1. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 kenevir lifi katkıli



%0,4 kenevir lifi katkıli



%0,6 kenevir lifi katkıli



%0,8 kenevir lifi katkıli



%1 kenevir lifi katkıli

Çizelge B.2. M1 grubu keçi kılı katkıli horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 keçi kılı katkıli



%0,4 keçi kılı katkıli



%0,6 keçi kılı katkıli



%0,8 keçi kılı katkıli



%1 keçi kılı katkıli

Çizelge B.3. M1 grubu polipropilen elyaf katkıli horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 polipropilen elyaf katkıli



%0,4 polipropilen elyaf katkıli



%0,6 polipropilen elyaf katkıli



%0,8 polipropilen elyaf katkıli



%1 polipropilen elyaf katkıli

Çizelge B.4. M2 grubu kenevir lifi katkıli horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 kenevir lifi katkıli



%0,4 kenevir lifi katkıli



%0,6 kenevir lifi katkıli



%0,8 kenevir lifi katkıli



%1 kenevir lifi katkıli

Çizelge B.5. M2 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 keçi kılı katkılı



%0,4 keçi kılı katkılı



%0,6 keçi kılı katkılı



%0,8 keçi kılı katkılı



%1 keçi kılı katkılı

Çizelge B.6. M2 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



%0,2 polipropilen elyaf katkılı



%0,4 polipropilen elyaf katkılı



%0,6 polipropilen elyaf katkılı



%0,8 polipropilen elyaf katkılı



%1 polipropilen elyaf katkılı

Çizelge B.7. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının yayılma deney fotoğrafları



M10 şahit



M20 şahit

Çizelge B.8. M1 grubu kenevir lifi katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri



%0,2 kenevir lifi katkılı



%0,4 kenevir lifi katkılı



%0,6 kenevir lifi katkılı



%0,8 kenevir lifi katkılı



%1 kenevir lifi katkılı

Çizelge B.9. M1 grubu keçi kılı katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri



%0,2 keçi kılı katkılı



%0,4 keçi kılı katkılı



%0,6 keçi kılı katkılı



%0,8 keçi kılı katkılı



%1 keçi kılı katkılı

Çizelge B.10. M1 grubu polipropilen elyaf katkılı horasan harçlarının kesit görünüşleri



%0,2 polipropilen elyaf katkılı



%0,4 polipropilen elyaf katkılı



%0,6 polipropilen elyaf katkılı



%0,8 polipropilen elyaf katkılı



%1 polipropilen elyaf katkılı

Çizelge B.11. M2 grubu kenevir lifi katkıli horasan harçlarının kesit görünüşleri



Çizelge B.12. M2 grubu keçi kılı katkıli horasan harçlarının kesit görünüşleri



Çizelge B.13. M2 grubu polipropilen elyaf katkıli horasan harçlarının kesit görünüşleri



%0,2 polipropilen elyaf katkıli



%0,4 polipropilen elyaf katkıli



%0,6 polipropilen elyaf katkıli



%0,8 polipropilen elyaf katkıli



%1 polipropilen elyaf katkıli

Çizelge B.14. M1 ve M2 grubu şahit numune horasan harçlarının kesit görünüşleri



M10 şahit



M20 şahit

Teknorep 550

Doğal Hidrolik Kireç



TS EN 459-1 NHL 3,5

Ürün Tanımı

Çimento içermeyen, tarihi yapılar için hazırlanmış özel bir Üründür. Horasan harcı imalatında bağlayıcı olarak kullanılmak üzere üretilmiş doğal hidrolik kireçtir.

Kullanım Alanları

- Tarihi kâgir yapıların onarımı ya da güçlendirilmesinde,
- Kâgir kubbelerin ve tonozların çatıların onarımında,
- Mevcut tarihi yapıların taş, tuğla ve duvar örme işlerinde,
- Yüksek su buharı geçirgenliği istenen yapılarda sıva yapımında,
- Restorasyon uygulamaları ve yeşil binalarda harç, derz ve tamir uygulamalarında,
- Derz imalatlarında, kullanılacak horasan harcı hazırlanmasında bağlayıcı olarak kullanılır.

Özellikleri ve Avantajları

- Tarihi yapılarla uyumludur.
- Farklı özelliklerde harç imalatına imkan verir.
- Su buharı geçirgenliği yüksektir.
- Yüksek mukavemetlidir.
- Çimento içermez.

Uygulama Talimatları

Harç analizinde belirtilen malzemeler ölçülerek gerekli miktarlarda karıştırılırlar. Karşıma yine horasan harcı formülünde belirtilen miktarda su ve TEKNOREP 550, eklenerek homojen bir kıvam elde edilene kadar karıştırmaya devam edilir. Tarihi kâgir yapıların onarılacak ve sıvanacak yüzeylerinin sağlam, tozsuz ve temiz olmasına dikkat edilmelidir. Aderansı zayıflatacak her türlü yağ, gres, pas vb. maddeler yüzeyden iyice temizlenmelidir. Uygulama yapılacak duvar yüzeyinin harcin yapışma ve priz süresini iyileştirmek için önceden nemlendirilmesi gerekmektedir. Eğer yüzeyde su akıntısı varsa uygun bir tıkaç yardımı ile kapatılmalı ve su drene edilmelidir. Yüzeyde yapışmayı engelleyecek serbest su bulunmamalıdır. Uygulama yapılırken harcin suyunu çekmesi beklenir ve sıvacı fırçası ile suyunu çekmiş harcin üzerine su serpilerek çelik veya ahşap mala ile yüzey istenilen şekilde bitirilir. Birden fazla kat uygulamaları, bir önceki kat sertleştikten sonra yapılmalıdır. Açık alan ve geniş yüzey uygulamalarında hızlı kurumaya karşı önlem alınmalıdır. 1 - 2 gün süre ile ıslak çuval ya da su ile hızlı su kaybı tolere edilmelidir.

Yüzey ve Çevre Sıcaklığı: +5°C - +35°C

Uygulama Metodu / Ekipmanlar: Malzemenin prizini tamamlaması için, ortam ve zemin ısı, izin verilen minimum sıcaklığın altına düşmemelidir. Dış yüzey uygulamalarında, yüzeyin uygulamadan sonra ilk 24-48 saat arasında güneşten, rüzgardan, yağmurdan ve dondan korunması gerekir.

Sarfiyat: Yoğunluk 1,65 ± 0,1 kg/lt.

Şekil C.1. Doğal hidrolik kireç teknik özellikler-1

Temizlik: Uygulamadan sonra direk güneş ışığı, şiddetli rüzgâr, yüksek hava sıcaklığı (+35°C üzeri) yağmur ve don gibi olumsuz hava koşullarına karşı korunmalıdır. Ürün tam kûrünü alıp sertleşmeden, eller su ve deterjan ile temizlenmelidir.

Ekipmanların Temizliği: Uygulamadan hemen sonra, henüz sertleşmeden, ekipmanlar su ile temizlenmelidir. Ürün sertleştiikten sonra mekanik yöntemler ile temizlenmelidir.

Pota Ömrü (Potlife): 20 °C sıcaklıkta yaklaşık 30 dakika

Temizlenebilme Süresi: 20 °C sıcaklıkta yaklaşık 30 dakika

Teknik Bilgi

Genel Bilgiler	
Görünüm	Doğal Beyaz ve Bej / White and beige
Raf ömrü	12 ay / months
Ambalaj	16 kg kraft torba / bags
Uygulama Bilgileri	
Karışım Oranı	Horasan harcı formülüne göre değişkendir.
Uygulama Sıcaklığı	(+5°C) – (+3 5°C)
Sarfıyat	Horasan harcı formülüne göre değişkendir.
Performans Bilgileri	
Eğilme Dayanımı	Min. 1,0 Mpa
Basınç Dayanımı	Min. 4,0 Mpa
Tehlikeli Maddeler	Güvenlik Bilgi Formuna bakınız
Yangına Tepki	A1 Sınıfı

Teknik bilgiler, +20°C hava sıcaklığında ve %50 rölatif hava nemi oranına göre elde edilen bitmiş ürünlerin, 28 gün sonraki performansı için geçerli olan ve Tekno Yapı Kimyasalları Laboratuvar çalışmasında elde edilen yaklaşık değerlerdir.

Şekil C.2. Doğal hidrolik kireç teknik özellikler-2

BETONFİBER® BF19 POLİPROPİLEN ELYAF GENEL ÖZELLİKLER

BETONFİBER® Çelik Fiberler; betonun mukavemetinin, aşınma direncinin, tokluğunun artırılması ve çatlak oluşumunun engellenmesi amacıyla uzun yıllardır inşaat sektöründe çelik hasır yerine kullanılan malzemelerdir. BETONFİBER®; soğuk çekmeli çelik telden ASTM A820 standardına göre üretilmektedir. Özellikle endüstriyel zemin betonları sabit yüklerle birlikte hareketli yüklere (forklift, vb.) de maruz kalmaktadır. Betonun içerisine homojen olarak dağılmış BETONFİBER®, betonun tokluğunu yani enerji yutma kapasitesini yükselterek, yüklemeye çatlaklarının önüne geçilmesini sağlar. Ayrıca tünellerde; şakrit (püskürtme beton) ve nihai kaplamalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır.



BETONFİBER® BF19 PP ELYAF		BETONFİBER® BF19 PP FIBER	
Standart	ASTM C1116 CE, EN 14889-2BBA 92/2830	Standard	ASTM C1116 CE, EN 14889-2 BBA 92/830
Görünüm	Doğal Beyaz Lif	Appearance	Natural White Fibers
Tip	Polipropilen	Type	Polypropylene
Safık	%100 Saf	Purity	%100 Pure
Yoğunluk	0.91 g/cm ³	Specific Gravity	0.91 g/cm ³
Uzunluk	6mm – 12mm – 19mm	Length	6mm – 12mm – 19mm
Kesit & Çap	Dairesel, 18µm – 20µm	Profile & Diameter	Circular, 18µm – 20µm
Kullanım Alanları	BF12 Şap Betonlar	Application Areas	BF12 Concrete Screeds
Çekme Mukaveti	450-700 N/mm ² (Mpa)	Tensile Strength	450-700 N/mm ² (Mpa)
Elastisite Modülü	3000-3500 N/mm ² (Mpa)	Module of Elasticity	3000-3500 N/mm ² (Mpa)
Erime Noktası	162 oC	Melting Point	162 oC
Yanma Noktası	593 oC	Ignition Point	593 oC
Asit Reaksiyonu	Asit etkisine karşı dayanıklı	Acid Reactions	Acid resistant
Tuz Reaksiyonu	Tuz etkisine karşı dayanıklı	Salt Reactions	Salt-resistant
Alkali Reaksiyonu	Alkali etkisine karşı dayanıklı	Alkali Reactions	Alkali-resistant
UV Direnci	UV etkisine karşı dayanıklı	UV Resistance	UV-resistant
Oksidasyon Direnci	Yüksek	Oxidation Resistance	High
Aşınma Dayanımı	Yüksek	Corrosion Resistance	High
Çimento ile Uyum	Çok İyi	Compability with cement	Very Good
Nem Tutma	0	Moisture Retention	0
Raf Ömrü	Kuru ortamda sınırsız	Shelf Life	Unlimited, in dry conditions
Ambalaj	Suda eriyebilen 600 gramlık paketler halinde, kolide 21 kg	Packaging	600 grams of packages covered withsoluble paper in water

Şekil C.3. BF19 Polipropilen elyaf teknik özellikler