



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YUMURTA KATKISININ DOĞAL HİDROLİK KİREÇ
HARCININ DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Talha Furkan MUCUK

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali URAL

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212303414 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Talha Furkan MUCUK tarafından hazırlanan “**YUMURTA KATKISININ DOĞAL HİDROLİK KİREÇ HARCININ DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ali URAL

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Mehmet Emin KARA

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Doç. Dr. Özer SEVİM

Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere uygun olarak yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Talha Furkan MUCUK



TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana çözüm odaklı yol gösteren, destek sağlayan, benimle bilgilerini paylaşan, öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum ve her zaman gurur duyacağım tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ali URAL' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitim ve öğrenim hayatım boyunca bilgileriyle ışık tutan, akademik yolda ilerleme isteği kazandıran Aksaray Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmamı yürütebilmem için bana yardımcı olan ve ayrıca lisans eğitimimi tamamlamış olduğum Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteğini hiç esirgemeyen babam Mehmet MUCUK' a, annem Meryem MUCUK' a sonsuz teşekkür ederim.

Talha Furkan MUCUK
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	3
1.2 Çalışmanın Önemi	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi	4
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Horasan Harcı.....	5
2.2 Horasan Harcının Tarihi	7
2.3 Horasan Harcının Özellikleri	9
2.4 Horasan Harcı Yapımında Kullanılan Malzemeler	11
2.4.1 Bağlayıcı malzemeler	11
2.4.1.1 Kireç.....	11
2.4.1.2 Puzolanlar.....	14
2.4.2 Dolgu malzemeleri	15
2.4.3 Katkı malzemeleri	17
2.5 Horasan Harcı İle İlgili Çalışmalar.....	18
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	26
3.1 Malzeme.....	26
3.1.1 Doğal hidrolik kireç	26
3.1.2 Doğal taş kırıkları ve tozları	27
3.1.3 Dere kumu	28
3.1.4 Yumurta katkısı.....	30
3.2 DeneySEL Yöntem	31
3.2.1 Doğal hidrolik kireç harcı numunelerinin hazırlanması.....	31
3.2.2 Doğal hidrolik kireç harcı karışımının miktarları ve oranları.....	34
3.2.3 Taze birim hacim ağırlık deneyi	35
3.2.4 Kuru birim hacim ağırlık deneyi.....	36
3.2.5 Ultrases geçiş deneyi (pundit aleti)	37
3.2.6 Eğilmede çekme deneyleri.....	38
3.2.7 Basınç deneyleri.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	40
4.1 Referans ve Yumurta Akı Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları.....	40
4.2 Referans ve Yumurta Sarısı Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları.....	42
4.3 Referans ve Yumurta Kabuğu Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları ...	43
4.4 Numunelerin Ortalama Ultrases Geçiş Deneyi Sonuçları	45
4.5 Katkılı Numunelerin Ortalama Birim Hacim Ağırlık Karşılaştırması	47
4.6 Katkılı Numunelerin Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Karşılaştırması .	49
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	57

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUMURTA KATKISININ DOĞAL HİDROLİK KİREÇ HARCININ DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Talha Furkan MUCUK

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali URAL

ÖZET

Geçmişte yapılmış birçok tarihi yığma yapı günümüze ulaşmış ve varlığını sürdürmektedir. Bu tarihi yapıların geçirdiği zorlu yıllar ve maruz kaldıkları deformasyonları göz önüne alırsak, günümüze kadar ulaşmasını sağlayan etmenlerden birisi de içerisinde kullanılan harçtır. Bu kullanılan harç genellikle Horasan harcıdır. Horasan harcı bileşenleri su, kireç, pişmiş kildir. Geçmişte bu yapılarda kullanılmak üzere üretilen Horasan harçlarında harcın dayanımını ve dayanıklılığını artırmak için farklı katkı malzemeleri de harca ilave edilmiştir. Horasan harcının günümüzde yaygın bir kullanımı yoktur ancak tarihi yapılardaki doku bütünlüğünün korunması amacıyla restorasyon ve güçlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır.

Horasan harcıyla benzer özellikte olan ve kullanılan doğal hidrolik kireç harcı, bu tez çalışmasında kullanılmıştır. Tez kapsamında, doğal hidrolik kireç harcı içerisinde yumurta katkısı kullanarak harcın dayanımını ne ölçüde etkilediği araştırılması hedeflenmiştir. Kullanılan yumurta bileşenleri ise bağlayıcı madde olan kirecin ağırlıkça oranına göre farklı yüzdelerde harcın içerisine ilave edilmiştir. Yapılan harç numuneleri üzerinde uygulanan deneyler ile elde edilen veriler incelenmiştir. Numuneler farklı oranlarda ve ortalaması hesaplanabilmesi için üçer adet hazırlanmıştır. Numuneler için ölçüleri 40x40x160 mm dikdörtgen prizmatik kalıplar kullanılmıştır. Eğilmede çekme deneyi için 10cm açıklıklı mesnet, basınç deneyi için 40x40 mm alana sahip başlık kullanılmıştır.

Yapılan numunelerde 3 farklı değişken katkı oranı tercih edilmiştir. Karşılaştırma referans numune ile yapılmıştır. Katkı oranları %0, %5, %15, %25 şeklindedir. Yapılan numuneler 40 günün ardından birim hacim ağırlık, ultrases geçiş, basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre katkı kullanılmayan referans numunelerin basınç ve eğilmede çekme değerleri katkılı numunelere göre daha fazla çıktığı gözlemlenmiştir. Ayrıca katkı oranının artmasıyla kendi içlerinde dayanımın düştüğü görülmüştür. Bu nedenle yumurta katkısının dayanım gerektirecek yerlerde kullanılması tavsiye edilmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Horasan Harcı, Yumurta, Doğal Hidrolik Kireç, Restorasyon Harcı.

Eylül, 2024; 57 sayfa

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF EGG ADDITIVE ON THE STRENGTH OF NATURAL HYDRAULIC LIME MORTAR

Talha Furkan MUCUK

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ali URAL

ABSTRACT

Many historical masonry structures built in the past have survived to the present day. Considering the harsh years and deformations these historical structures have undergone, one of the factors that have allowed them to endure is the mortar used in their construction. This mortar is generally known as Horasan mortar. The components of Horasan mortar are water, lime, and burnt clay. In the past, various additives were included in the mortar to increase its strength and durability for use in these structures. Although Horasan mortar does not have widespread use today, it is employed in restoration and strengthening works to preserve the structural integrity of historical buildings.

In this thesis, natural hydraulic lime mortar, which shares similar properties, has been used. The aim of this study is to investigate the extent to which the addition of egg as an additive affects the strength of the natural hydraulic lime mortar. The egg components were added to the mortar in varying percentages based on the weight ratio of the binding agent, lime. Data obtained from experiments conducted on the prepared mortar samples were analyzed. The samples were prepared in three identical units for different ratios to allow for averaging. Rectangular prism molds measuring 40x40x160 mm were used for the samples. A 10 cm span was used for the tensile test, and a head with an area of 40x40 mm was used for the compression test.

Three different variable additive ratios were preferred for the prepared samples. Comparison was made with a reference sample. The additive ratios were %0, %5, %15, and %25. After 40 days, the samples were subjected to tests for unit weight, ultrasonic transition, compressive strength, and tensile strength in bending. According to the test results, it was observed that the compressive and tensile strength values of the reference samples without additives were higher than those of the samples with additives. Additionally, it was noted that strength decreased within the samples as the additive ratio increased. Therefore, it is not recommended to use egg additives in applications that require high strength.

Keywords: Horasan Mortar, Egg, Natural Hydraulic Lime, Restoration Mortar.

September, 2024; 57 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kanlıdivane ören yeri horasan harcı kullanımı	6
Şekil 2.2. Narlıkuyu mozaik müzesi hamamı.	6
Şekil 2.3. Sönmüş kireç oluşumu.	12
Şekil 3.1. Doğal hidrolik kireç.	27
Şekil 3.2. Doğal taşlar.	27
Şekil 3.3. Dane boyutuna göre ayrılmış taş kırıkları.	28
Şekil 3.4. Dere kumu dane boyutu inceleme.	29
Şekil 3.5. Dane boyutuna göre ayrılmış kumlar	29
Şekil 3.6. Yumurta katkıları.	30
Şekil 3.7. Yumurta kabukları	31
Şekil 3.8. Doğal hidrolik kireç harcının karıştırılması.	33
Şekil 3.9. Harç kalıpları ve numunelerin uygun ortamda bekletilmesi.	33
Şekil 3.10. Yerleştirilen harç numuneleri ve katkı oranları.	34
Şekil 3.11. Numunelerin taze birim hacim ağırlık ölçümü	36
Şekil 3.12. Numunelerin kuru birim hacim ağırlık ölçümü	36
Şekil 3.13. Ultrases deneyi yapımı	37
Şekil 3.14. Eğilmede çekme dayanımı deneyi	38
Şekil 3.15. Basınç dayanımı deneyi.	39
Şekil 4.1. Yumurta akı eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği	41
Şekil 4.2. Yumurta akı ortalama birim hacim ağırlık grafiği	41
Şekil 4.3. Yumurta sarısı eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği	43
Şekil 4.4. Yumurta sarısı ortalama birim hacim ağırlık grafiği	43
Şekil 4.5. Yumurta kabuğu eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği ...	45
Şekil 4.6. Yumurta kabuğu ortalama birim hacim ağırlık grafiği	45
Şekil 4.7. Numunelerin ultrases geçiş ortalama grafiği	46
Şekil 4.8. Katkılı numunelerin kuru birim hacim ağırlık karşılaştırması	47
Şekil 4.9. Katkılı numunelerin taze birim hacim ağırlık karşılaştırması	48
Şekil 4.10. Katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımı karşılaştırması	49
Şekil 4.11. Katkılı numunelerin basınç dayanımı karşılaştırması	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Pusat’ın ürettiği horasan harçlarındaki malzeme oranları.	21
Çizelge 3.1. Doğal hidrolik kireç (NHL 3,5) özellikleri.	26
Çizelge 3.2. Doğal taş granülometrisi.	28
Çizelge 3.3. Dere kumu granülometrisi.	29
Çizelge 3.4. Yumurta kabuğu granülometrisi	31
Çizelge 3.5. Numune isimlendirmeleri.	32
Çizelge 3.6. Doğal hidrolik kireç harcı karışım miktarları ve oranları.....	35
Çizelge 4.1. Yumurta akı katkılı numunelerin deney sonuçları.....	40
Çizelge 4.2. Yumurta sarısı katkılı numunelerin deney sonuçları	42
Çizelge 4.3. Yumurta kabuğu katkılı numunelerin deney sonuçları.	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

b	Numune Kesit Genişliği
cm	Santimetre
cm³	Santimetreküp
F_c	Numunenin Kırıldığı Yük Değeri
F_f	Numune Ortasına Uygulanan Yük
gr	Gram
kN	Kilonewton
l	Mesnetler Arası Mesafe
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N	Newton
NYA	Numune Yumurta Akı
NYK	Numune Yumurta Kabuğu
NYS	Numune Yumurta Sarısı
R_c	Basınç Dayanım Değeri
R_f	Eğilmede Çekme Dayanım Değeri
TS EN	Türk Standartları Avrupa Birliği Standartları
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
µs	Mikrosaniye

1. GİRİŞ

Çağlar boyu insanlar, barınmak ve ibadet etmek gibi ihtiyaçlarını karşılamak için çeşitli yapılar inşa etmişlerdir. Yeniden yapılması zor ve pek mümkün olmayan bu tarihi yapılar, yapıldığı günden itibaren günümüze gelinceye kadarki süreçte yaşanmış olayları, tüm değer yargıları, toplumun gelenek göreneklerini yansıtan ve içerisinde barındırır. Tarihi yapıların en önemli yapı taşlarından birisi de mimari yapısıdır. Bir yapının mimari yapısı, yapıyı inşa eden toplum hakkında birçok veriyi gözler önüne sermektedir. Tarihi yapıların bir milletin ortak mirası olduğunu kabul edip nesiller boyu özgün bir şekilde ayakta kalmasını sağlamak önem arz etmektedir.

Geçmişten günümüze kadar ayakta kalmış tarihi yapılar, zamanla deformasyona uğramakta ve bazı bölümlerinde çöküntüler, açılmalar, kırılmalar olmaktadır. Tarihi yapıların bir milletin ortak malı olduğunu göz önünde bulundurmamak gerekirse, gelecek nesillere aktarılması konusunda her bireyin katkıda bulunması gerektiği göz ardı edilmemelidir. Tarihi miras ve belge niteliği olarak görülen tarihi yapılar, günümüze geçmişin dokusunu ve tarihin tozlu sayfalarını taşıması, bize ve bizden sonraki nesiller için geçmiş hakkında bilgiler vermesi gibi olanaklar sağlamaktadır.

Tarihi yapılar üzerinde uygulanan restorasyon çalışmalarında, yapının yapıldığı dönemin kültürel izlerini ve o dönemin dokusunu taşıması gerekmektedir. Yapının yapıldığı malzemelerin tespit edilmesi ve bu malzemelerin kullanılması son derece önemlidir. Yapılacak restorasyon ve güçlendirme işlemleri belirlenirken detaylı bir araştırma yapılmasında fayda vardır. Tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan harç, yapıya uygun yapılan horasan (doğal hidrolik kireç) harcıdır.

Günümüzde yapılan uygulamaların bazılarında tarihi yapının malzemelerini tespit etmeye yönelik yetersiz çalışmalar, eksik analizler ve tarihi dokuyu olduğu gibi yansıtmayacak koruma yöntemlerinin tercih edilmesi sebebiyle yeterli değildir. Yapıya has malzemelerin düzgün kullanılmayışı ve günümüz şartlarındaki malzemelerin geçmiş zamanda kullanılmış malzemeler ile uyumsuzluğu sonucu, tarihi yapıların kendine has özellikleri yok olmaya yüz tutmuştur.

Tuğla ve doğal taş kırığı ile tozu, dere kumları, kireç ve değişik katkı maddeleri ile karıştırılarak oluşturulan, tarihi yığma yapılarda sıva ve dolgu amaçlı malzeme olarak kullanılan karışma horasan harcı ve horasan sıvası denmektedir.

Mavioğlu (2011) tarihi yapılarda kullanılan horasan harçlarının içerisindeki malzemelere bakıldığında; agregalar, dane tipleri bağlayıcı malzeme türleri, bağlayıcı/agrega oranları gibi etmenler harcın karakteristik özelliklerini oluşmasında önemli bir etmendir.

Horasan harçları, eski yapıların çoğunda yapı elemanları arasında bağlayıcı malzeme ve sıva olarak kullanılsa da günümüzde bu harcın yerini çimento karışumlu harçlar almıştır. Horasan harcı, günümüz şartlarında tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan tamir harcı olarak kullanılmaktadır. Horasan harçları yapılırken içeriğinde kullanılan agregası, kireç, katkı malzemeleri, su oranları farklılık göstermektedir.

Harçların farklı alanlarda, farklı amaçlara hizmet etmesi amacıyla içerisinde; saman, lifler, keçi kılları, yumurta akı, süt, kan, balmumu gibi farklı katkı malzemeleriyle beraber kullanıldığı, geçmişte yapılmış tarihi yapılar incelendiğinde gün yüzüne çıkmaktadır.

Altaş vd. (2012) harman tuğla ve doğal taş kırıkları horasan harcının dayanımını pozitif yönde etkilemektedir. Horasan harcının içeriğindeki agregası ebatları ve oranı harcın kullanım şekline göre değişim göstermektedir. Dolgu harçlarında büyük daneli agregalar kullanılmasının sebebi dayanım sağlaması içindir.

Bu deneysel çalışmada, önceden yapılmış çalışmalar incelenerek harç içeriğini oluşturan malzemelerin oranları hakkında fikir edinilmiş ve sabit oranlarda bileşen içeren doğal hidrolik kireç harcına, bağlayıcı malzeme olan kireç ağırlığının yüzdesine göre değişken oranlarda eklenen yumurta katkıları (yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu) kullanılmıştır. Hazırlanan doğal hidrolik kireç harcı üzerinde, taze haldeyken birim hacim ağırlık, kuru haldeyken pundit aleti ile ultrasonik ses, birim hacim ağırlık, basınç ve eğilmede çekme deneyleri yapılmıştır.

Yapılan deneylerin sonuçları incelenerek, harcı oluşturan bileşenlerin oranları ve deney sonuçları hakkında yorumlamalar ve öneriler yapılmıştır. Yumurta (ak, sarı, kabuk) katkısı, doğal hidrolik kireç harcının dayanımına nasıl bir katkı sağlayacak sorusuna cevap bulmak hedeflenmiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu deneysel çalışmada, farklı oranlarda yumurta (ak, sarı, kabuk) katkılı harçlar üretilerek bu katkıların doğal hidrolik kireç (horasan) harcının dayanımını nasıl etkilediğini, taze haldeyken birim hacim ağırlık ve kuru haldeyken ultrasonik ses, birim hacim ağırlık, eğilmede çekme, basınç deneyi gibi deneysel çalışmalar aracılığıyla ortaya konulması hedeflenmiştir. Deneylerde kullanılmak için üretilen numunelerde, doğal hidrolik kireç harcı bileşenleri (taş kırığı, kum, doğal hidrolik kireç, su) aynı oranda karışım kabına eklenerek sadece katkı malzemeleri olan yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu farklı oranlarda ilave edilmiştir. Yumurta katkılarının, doğal hidrolik kireç harcının dayanımına etkisinin ne yönde olacağını belirlemek için katkı kullanılmadan hazırlanan harç numuneleri ile karşılaştırılarak tespit etmek amaçlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Önemi

Tarihi yapıların yapımında kullanılan horasan harçlarının içerisinde geçmiş zamanlarda katkı olarak; lifler, hayvan kılları, yumurta akı, süt, kan, agrega olarak doğal taş, harman tuğla, mermer kırıkları kullanılmıştır. Horasan harçlarına ilave edilen katkı maddeleri ve dolgu malzemeleri yöreden yöreye değişkenlik gösterebilmektedir. Kimi yerlerde agrega olarak taş, tuğla kırıkları tercih edilirken, kimi yerlerde ise mermer, dere kumu gibi agregalar tercih edilmiştir. Günümüzde ise horasan harcı yerini, çimentoya bırakmış olsa da tarihi yapı restorasyonu için halen gereklidir. Doğal hidrolik kireç, horasan harcı yapımında kullanılmakta ve bu ihtiyacı karşılamaktadır. Yapılan bu deneysel çalışmada tamir harcı olarak kullanılan doğal hidrolik kireç harcında, farklı oranlarda yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu katkıları kullanılarak, harcın dayanımının ne yönde etkileneceğinin ve harca etkilerinin tespiti açısından önem teşkil etmektedir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada agrega olarak doğal taş kırığı ve dere kumu, bağlayıcı madde olan kireç için doğal hidrolik kireç, katkı malzemesi olarak ise farklı oranlarda yumurta bileşenleri (yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu) tercih edilmiştir.

Daha sonra hidratasyonunu sağlanması için karışıma su ilave edilerek, oluşturulan harç numuneleri üzerinde yapılan dayanım deneylerini kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre yorumlamaları ve önerileri içermektedir.

- İlk bölümde genel olarak konuya değinilmiş ve tarihi yapıların korunması gerektiğinden bahsedilmiştir. Deneysel çalışmanın amacından, öneminden ve çalışmanın yönteminden bahsedilmiştir.
- İkinci bölümde deneysel çalışmada da kullandığım horasan harcının ilk olarak nerede ortaya çıktığından, harcın tarihinden, harcı oluşturan malzemelerden, teknik özelliklerinden, içerisinde kullanılan katkı malzemelerinden bahsedilmiştir. Horasan harcı ile alakalı literatürdeki yapılan çalışmalar anlatılmıştır.
- Üçüncü bölümde deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin tanıtımı, deney için yapılan numunelerin hazırlanışı, harç içerisinde kullanılan malzemelerin oranları ve miktarları belirlenerek yapılan deneysel çalışmadan bahsedilmiştir.
- Dördüncü bölümde ise numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları paylaşılmıştır.
- Son bölümde ise deney sonuçlarından elde edilen bilgiler karşılaştırılarak bir sonuca ulaşılmış ve değerlendirme yapılarak gelecek çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Horasan Harcı

Taş, tuğla kırıkları ve tozları, dere kumu gibi dolgu malzemelerinin, bir bağlayıcı bileşen olan ve günümüz çimentosuyla benzer amaçlı kullanılan kireç ile harç özelliğini kazanabilmesi, işlenebilirliğini arttırması ve hidrasyonunun gerçekleşebilmesi için su ilave edilerek oluşan karışımın, homojen şekilde karıştırılmasıyla ortaya çıkan ürüne horasan harcı denir. Bu oluşan karışıma, karışımın bazı özelliklerini arttırmak veya yavaşlatmak için organik ya da organik olmayan süt, yumurta, kan, lifler, puzolanik katkılar, balmumu, saman, hayvan kılları gibi katkı malzemeleri de kullanılmıştır.

Mavioğlu (2011) ve Şimşek (2021) çalışmalarında horasanın ismi, İran'ın doğu tarafında yer alan Horasan bölgesinden geldiği bilinmektedir. Ayrıyeten horasan, Roma zamanında “cocciopesto”, Hindistan'da “surkhi”, Yunanistan'da “korassani”, Arap yörelerinde “homra” ve Arabistan'da “horasan” şeklinde söylenmektedir.

Pusat (2002) çalışmasında horasan harcını, kilin pişirilmesiyle üretilen tuğla, kiremit gibi malzemelerin kırılarak agrega boyutuna getirilmesiyle oluşan parçalara horasan denmektedir. Bu parçalara belirli oranlarda hava kirecinin ve suyun ilave edilmesiyle horasan harcı yapılmaktadır şeklinde tanımlamaktadır.

Harç hamuruna eklenen kırılmış ve ufak hale getirilmiş tuğla ya da kiremitler bu harçları, diğer harçlara göre farklı bir hale getirip günümüzde etkin şekilde kullanılan çimento esaslı harçlar gibi taşıyıcı bir bağlayıcı malzeme haline getirmiştir.

Horasan harçları kirecin keşfinden bu yana birçok yapılarda ve duvarlarda kullanılmıştır. Bu yapılardan bazıları zamanla yok olmuştur. Yok olma eşiğindeki ve halen ayakta olan yapılarda kullanılmış horasan harçları, günümüze ışık tutmakta ve bizlere yapılacak restorasyonlar hakkında fikirler vermektedir. Şekil 2.1.'deki fotoğraf bir ören yerine aittir. Bünyesinde Helenistik, Roma, Geç Antik çağ dönemlerinde yapılmış yapıları barındıran “Kanlıdivane” dir. Mersin ilinde yer almaktadır. Bu yapıların yapımında kullanılan bağlayıcı madde ise horasan harcıdır.



Şekil 2.1. Kanlıdivane ören yeri horasan harcı kullanımı.

Mersin'in Narlıkuyu ilçesindeki mozaik müzesine ait olan bir diğer fotoğrafta yani Şekil 2.2.'de ise geçmiş Roma, Bizans ve Antik çağ dönemine dayanan bir hamam görülmektedir. Yıkılmak amacıyla yapılmış bir havuzun içerisinde horasan harcı ile sıvandığı görülmektedir.



Şekil 2.2. Narlıkuyu mozaik müzesi hamamı.

2.2 Horasan Harcının Tarihi

Geçmişten günümüze kadar insanoğlunun en çok gereksinim duyduğu en temel ihtiyaçlardan birisi de barınma ihtiyacıdır. Önceki zamanlarda göçebe yaşayan topluluklar, zamanla yerleşik hayata geçmeleri ile birlikte kalıcı ve süreklilik arz eden yapılara ihtiyaç duymuşlardır. Bu durum insanları, çevresindeki farklı malzemeleri keşfedip onları kullanarak barınma ihtiyacını karşılamaya yöneltmiştir. Zamanla taşları ve çamuru kullanarak kendilerine, çevrelerinden korunacak duvarlar ve barınacak evler yapmışlardır. Ancak yaptıkları yapılardaki kullandıkları çamur, sağlamlık ve dayanım açısından zayıf olduğu için kullanışlı bir bağlayıcı madde olmamış ve sorun teşkil etmiştir.

Geçmiş yıllarda yapılan yapılarda kullanılan çamuru iyi bir bağlayıcı malzeme olarak saymamız pek olası değildir. İnsanların kullandığı ilk bağlayıcı sayılabilecek malzeme alçı hamurlarıdır. Bu alçı hamurlarını elde edebilmeleri için yüksek sıcaklık (190°C) değerlerine ulaşmaları gerekmektedir.

Taş devri zamanında yaşayan insanlar, barınma ihtiyacı için kalkerli kayaların bulunduğu mağaralarda barınma ihtiyaçlarını gidermişlerdir. Isınma ihtiyaçlarını karşılamak için ateşi kullanmışlardır. Mağara içerisindeki kalkerli kayaların sıcaklıkla karşılaşması sonucu kireci temin etmişlerdir. Ancak bu kireci kullanamamışlardır. Kalsiyum karbonatın, sönmemiş kirece dönüştürülmesi için gereken 900°C'yi temin etmeleri o günün şartlarında ve açık havada zor olduğu için elde ettikleri düşük kalite ürünü kullanamamışlardır. Alçının temin edilmesi daha kolay olduğu için alçıtaşı 190°C ısıtarak alçıyı elde etmişler ve bu sayede alçı harcının kullanımı yaygınlaşmıştır. Daha sonraki dönem olan cıvalı taş devrinde kireç boya, badana işleri için kullanılan bir malzeme olarak kalmıştır. Günümüzden neredeyse altı yüz yıl önce geliştirilen düşey fırınlar ile kirecin sanayi üretimi gerçekleşmiş diyebiliriz. Bu sayede yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılması daha olanaklı olmuş ve kirecin üretimi kolaylaşmıştır. Bu üretilen kireç birbiri ile bağı olmayan yerlerde ve zamanlarda yapılmış duvar ve yapılarda görülmüştür (Akman, 2003; Gökçen, 2021).

Çamlıbel'in (1983) çalışmasında, Bizans ve Roma dönemlerinde horasan harcına "Roman" harcı şeklinde isim edilmiştir. Osmanlı ve Selçuklu dönemlerinde ise harcın yapısından ve renginden ötürü horasan topraklarına benzerliği yüzünden "Horasan" adını almıştır. Bu harç pişen kil ile hazırlanan kireç harcı şeklinde de söylenebilir. Horasan harcı tanımlamaları ve yöreden yöreye horasan harcı isimleri yer almaktadır.

Yunanların yaşadığı bölgede hidrolik özellikte bir bağlayıcı üretmek için Thera toprağı ile elde ettikleri kireci harmanlamışlardır. Böylece dayanımı yüksek bir bağlayıcı elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede puzolanik tepkime oluşturarak kalsiyum alüminat ve silikatların eldesi ile suda çözünmeyen bileşik yapılmaya çalışılmıştır (Şimşek, 2021).

Roma döneminde inşa edilen yapılarda tuğla tozu ile yapılmış horasan harcı, suyun yapıya temas ettiği bölgelerde yalıtım malzemesi amacıyla kullanılmıştır. Osmanlı ve Selçuklu dönemlerinde kullanılan horasan harcı ve sıvalarını, ıslak zeminlerde suyun geçişini azaltması özelliği nedeniyle yalıtım malzemesi olarak hamam, çatı kaplamaları, su kuyuları gibi yapılarda kullanılmıştır. Estetik açıdan ve dayanım sağlaması gibi olumlu etkilerini de göz önüne alırsak, horasan harçları ve sıvaları Osmanlı, Roma ve Bizans zamanında ve daha önceki dönemlerde birçok yapıda kullanılmıştır. Kılıç (2007) çalışmasında Osmanlı zamanındaki inşaat ustaları horasancı adı altında toplanmış, horasan uygulamalarında bulunmuşlar ve gerekli görüldüğü yerde "keyl" ismi ile horasan temin edilmiştir bilgileri yer almaktadır.

Geçmiş dönemlerde yapılmış, büyük ve küçük ölçekli yapıları bir arada tutmak için ve duvarlarda bağlayıcı eleman olarak, hamam gibi ıslak yüzeye sahip yerlerde su geçirgenliğini önlemek için kullanılan horasan harcı, günümüzde yerini dayanımı daha yüksek ve işlevsel olan çimentolu harçlara bırakmıştır. Bu yüzden tarihi yapılarda restorasyon, tamir harcı olarak kullanımına devam edilmektedir.

2.3 Horasan Harcının Özellikleri

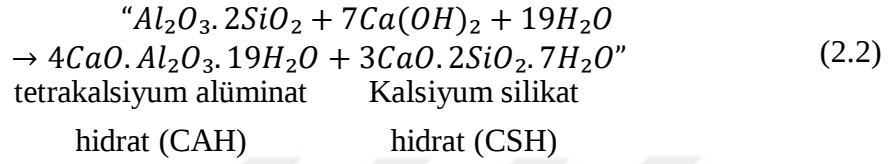
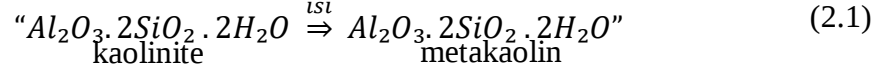
Ülkemizde yapılmış tarihi yapılar incelendiğinde, genellikle kireç harçları kullanılarak yapıldığı, birçok çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. Horasan harcı, içerdiği kireç sayesinde gün geçtikçe sertleşmekte ve dayanım kazanmaktadır. Buna verilebilecek en güzel örnek, günümüze kadar ayakta kalabilmiş tarihi yapılardır. Kireç ile oluşan harçlar, hidrolik sınıf ve hidrolik olmayan sınıf olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Hidrolik olmayan sınıftaki harçlarda kireç, harç içerisine eklenen diğer malzemeler ile tepkimeye girmez. Kirecin açık havaya maruz kalması ile sertleşmesi gerçekleşir ve dayanımı artar. Hidrolik sınıfta yer alan harçlar ise ya kireçle tepkimeye giren puzolanın harca ilave edilmesiyle ya da doğal hidrolik kirecin harç yapımında kullanılmasıyla oluşurlar.

Puzolan eklenerek oluşturulan hidrolik sınıftaki harçlarda kireç, tepkimeye girdiği puzolan ile kalsiyum alüminat hidrat, kalsiyum silikat hidrat gibi ürünler oluşturmaktadır (Özgen, 2012).

Canbaz ve Güler (2017) çalışmalarında hidrolik olmayan sınıfta yer alan kireçle oluşan harçların bir diğer ismi de hava bağlayıcısıdır. Bu demek oluyor ki hava ile teması sayesinde sertleşmektedir. Horasan harcında kireçten ziyade, içerisindeki pişmiş kilin etkisi ile hidrasyon özelliği kazanmakta ve suyun içerisinde bile sertleşmektedir. Tuğla kırıklarının yapısındaki silikatlar, harcın oluşturulduğu ilk zamanda yani kirecin suyla olan ilk temasında oluşan kalsiyum hidroksit ile tepkimeye girmektedir. Bu tepkimeler sonunda su içerisinde çözünmeyen ve harcın dayanımını arttıran kalsiyum silikat hidrat yapısı oluşmaktadır tanımlamasını yapmışlardır.

Agrega olarak kullanılan tuğla kırıkları, içerisinde bulunan minerallerin pişirilme derecesine göre puzolanik nitelik kazanırlar. Killer 500-900°C pişmesi ile amorf puzolanik yapıya ulaşır. Kilin pişirilmesi ile oluşan amorf puzolanik ürünler kireçle tepkimeye girerek kalsiyum alüminat hidrat ve kalsiyum silikat hidratı oluşturacaktır. Bu ürünlerde suda çözünmeyecek ve tuğla kırıklarının gözeneklerinde ve kireç ile oluşturduğu ara yüzeyde yer alacaktır.

Örnek verilecek olursa kaolin ısıtılarak elde edilen amorf metakaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) (2.1) su ve kireçle tepkimeye girip tetrakalsiyum alüminat hidratı ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O$) ve kalsiyum silikat hidratı ($3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$) (2.2) oluşturur (Mavioğlu, 2011).



Bu tepkimelerde görüldüğü üzere hidrolik özelliği olmayan kireç bu özelliği kazanır. Bu hidrolik reaksiyonlarla oluşan bileşikler sayesinde horasan harcının dayanımını arttırmakta ve su içerisinde de sertleşmesini sağlamaktadır (Mavioğlu, 2011; Şimşek, 2021).

Yılmaz (2010) ve Şimşek (2021) horasan harcının içerisinde bulunan kireç, Romalıların yaptığı gibi Osmanlı zamanında da sönmüş haldeyken uzun yıllar bekledikten sonra kullanılmıştır. Kirecin bekletilmesinin sebebi ise su tutma özelliğinin arttırılmak ve plastiklik özelliğinin iyileştirilmek istenmesidir. Bekleme sırasında küçüleceği için kireç parçalarının ebatları da küçülecektir. Daha sonra dışarıdaki karbondioksit ile tepkimeye girerek yüzeyi genişleyecek ve karbonatlaşma hızı artacaktır. Harç içerisinde kullanılan kirecin bazı özelliklerinden bahsetmiştir.

Horasan harçları yapılırken bazı harçlarda kum kullanılırken, bazı harçlarda nohut kadar büyüklükte tuğla, taş, kiremit kırıklarına rastlanmaktadır. Tuğla, taş ve kiremit kırıkları ile yapılan harçlar, diğer harçlara göre farklı bir yapıda olup ve günümüzdeki betona yakın taşıma gücü değerlerine sahip harçlar ortaya çıkarmaktadır.

Doğal hidrolik kireç ile yapılan horasan harçlarının, dayanım kazanması için suya ihtiyacı vardır. Ancak içeriğindeki puzolanik yapıdaki malzemelerin tepkimeye girmesi için uzun zaman gerekirken ama yine de bu süre içerisinde horasan harcı dayanım kazanmaktadır.

Mavioğlu (2011) ve Şimşek (2021) tarihi yığma yapılarda kullanılan horasan harcı üzerine çokça çalışmanın var olduğundan ve bu harçların kimyasal ve mekanik özelliklerinden bahsetmişlerdir. Bunlar şu şekildedir;

- Harç tuğla, taş parçaları ve dere kumunun, kireç ile karıştırılmasıyla oluşur.
- Harç içerisindeki bağlayıcı madde/agrega oranı 1/3, 2/3 şeklinde hazırlanır.
- Harç içerisinde kullanılacak agregalarda fazla kil olmamalıdır. Yapısında SiO_2 , Al_2O_3 gibi bileşikler fazla oranda bulunmalıdır. Killerin amorf yapı ve puzolanik aktiflik kazanması için agregaların iyi pişirilmiş olması gerekir.
- Harçların düşük yoğunlukta olmasının sebebi gözenekli yapıya sahip olmasındandır.

2.4 Horasan Harcı Yapımında Kullanılan Malzemeler

2.4.1 Bağlayıcı malzemeler

Horasan harcının en önemli malzemesi bağlayıcılarıdır. Horasan harcı içerisinde bağlayıcı olarak kireç kullanılmaktadır. Bağlayıcı malzemeler, kum, doğal taş kırığı, tuğla kırığı gibi agregaları birbirine bağlayan ve bir arada durmasını sağlayan malzemelerdir. Kireçler iki sınıfta yer alır. Hidratasyon kireci (hidrolik kireç) su ile tepkimeye girer ve zamanla sertleşme özelliği gösterir. Bir diğeri ise hava kirecidir. Atmosferdeki karbondioksit ile tepkimeye girerek içerisindeki suyun havaya uçması sonucu sertleşir. Hava kireci hidrolik olmayan kireçtir. Kirecin yanı sıra bağlayıcılık özelliğini artırmak ve hidrolik özellik kazandırmak için puzolanlar da harç içerisine ilave katkı olarak kullanılmaktadır.

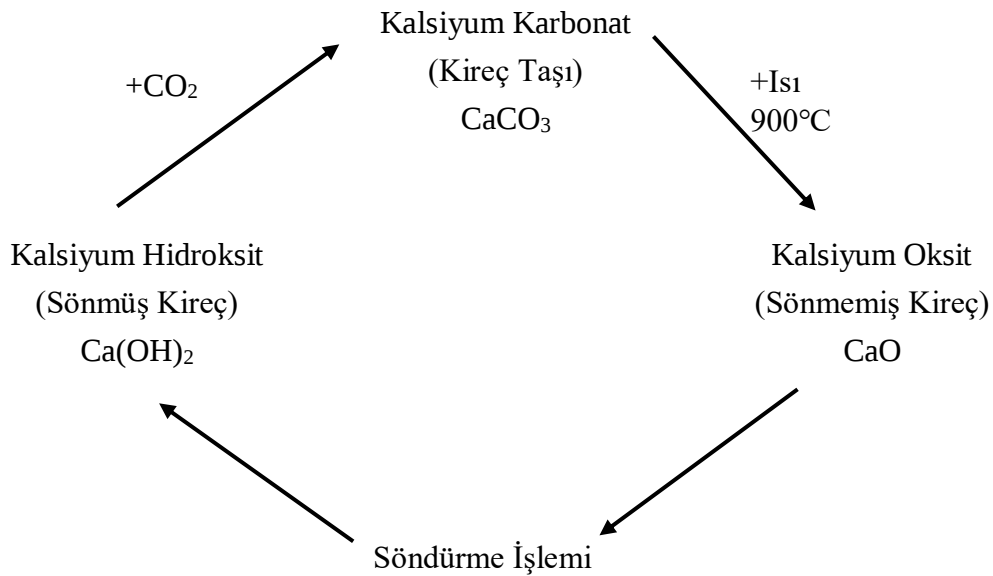
2.4.1.1 Kireç

Kireç, toplumların yerleşik hayata geçmeye başlamasından beri yapılan yapılarda etkin rol oynamıştır. Ulukaya (2016), Şimşek (2021) çalışmalarında kireç yapımının gelişimini şu şekilde anlatmışlardır, ilk zamanlarda kalkerli mağaralarda ısınmak amaçlı yakın ateş ile keşfedilen alçı ve kireç daha sonra, kireç taşının bir çukur içerisinde yakılacak malzemeler ile karışık şekilde ateşin üzerine koyularak yapılmıştır.

Açılan çukurda oksijenin giriş çıkışı için boşluklu olacak şekilde ayarlanmış ve üstü organik malzemeler ile kapatılmıştır. Bu sistem günümüzde ise düşey fırınlar sayesinde yapılmaktadır.

Kirecin, zamanla kapalı ortamlardaki fırınlar içerisinde yapılmasının sebebi ise daha yüksek sıcaklık değerleri erişilmesinin kolay olmasıdır. Kireci kullanmaya başlamadan önce söndürme işlemi için ayrılan süre önemlidir. Kozlu (2010) bu süre ortalama iki yıl olmalıdır.

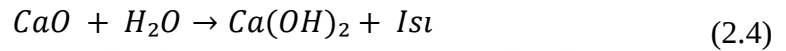
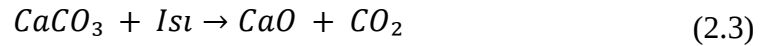
Kösa (2022) kireç söndürme işlemi hakkında yaptığı çalışmada bu bilgilere yer vermiştir, önceleri kireç kuyuları kullanılmaktadır. Bu işlem yapılırken kirecin sönmesi için fazla miktarda suya ihtiyaç duyulmaktadır. Oluşan bu kirece kaymak kireç denmekte ve dış ortamdaki hava ile teması halinde, karbondioksit ile tepkimeye girerek hızlı bir şekilde prizini almaktadır. Prizini aldığı için bağlayıcılık özelliğini yitirmektedir. Kireç kalitesini etkileyen birçok etmen vardır. Bunlardan bazıları; kirecin gözenek yapısı, büyüklüğü, kireç taşının kil oranı gibi örnekler verilebilir. Bunlara ek olarak söndürme işlemi sırasında kullanılan suyun da saflık derecesi önem arz etmektedir.



Şekil 2.3. Sönmüş kireç oluşumu (Ulukaya, 2016).

Kireç oluşumunda, kalsiyum karbonat ısıya maruz bırakılarak Şekil 2.3.'te kalsiyum oksiti kalsinasyon tepkimesi ile oluşturmaktadır (2.3). Bu tepkime sonucunda sönmemiş kireç elde edilir (Ulukaya, 2016; Şimşek, 2021).

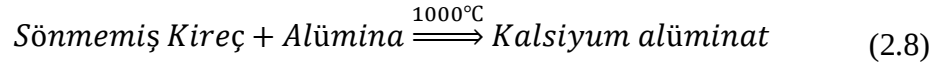
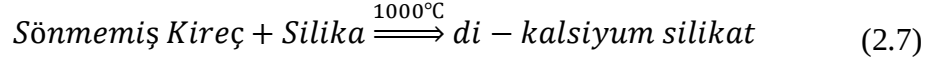
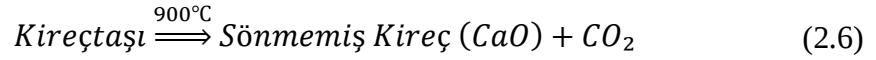
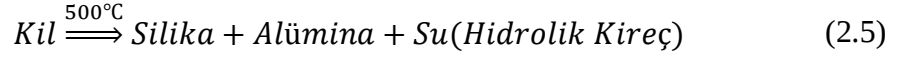
Kalsiyum karbonatın ısıtılma işlemine kalsinasyon adı verilir. Bu reaksiyon sonucunda oluşan sönmemiş kireç kararsız bir halde olduğu için söndürmeye ihtiyaç duymaktadır. Söndürme işlemi hidrasyon tepkimesi uygulanır ve su veya havanın kendisi kullanılır sonucunda kalsiyum hidroksit elde edilir (2.4) (Ulukaya, 2016).



Akman (1990) çalışmasında kireç söndürme işlemi uygulanırken dikkat etmekte fayda vardır. Kireç sönmek için su ile tepkimeye girdiği zaman hacimce büyümeye başlar ve yeterli sürede beklenilmez ise hacim artışı yüzünden, kirecin kullanıldığı yerde hasara sebebiyet verebilir. Bundan dolayı kirecin söndüğünden tamamen emin olmak gerekmektedir. Bu söndürme işlemi uygularken teknelerin, kireç kuyularının ve büyük havuzların içinde suda bekletilerek kireci söndürme işlemleri yapılmalıdır şeklinde bahsetmiştir.

Hidrolik kireçler silis ve alüminyum içerikli marnlı taşların ateş ile tepkimesi sonucu oluşur ve dayanımı hava kirecine göre oldukça yüksektir (Şimşek, 2021). Bu kireç, alüminat ve kalsiyum silikatın yüksek sıcaklıklarda ısıya tabi tutulmasıyla oluşur. Isıl işlem esnasında elde edilen sönmemiş kireç alümin ve silis ile bileşir ve suyla tepkimeye uğratılarak toz şekline getirilir (2.5) (Kozlu, 2010).

Kozlu (2010) ve Şimşek (2021) çalışmalarında, değişken miktarda kaolin, attapulgit ve montmorilonit vb. kil minerali içeriğine sahip kireçtaşından yapılan kireçlere ise doğal hidrolik dendiğinden bahsetmişlerdir.



Hidrolik kireçler, kendisini oluşturan kireçtaşları içeriğindeki kil miktarına göre değişik isimler alır. <12 ise zayıf hidrolik (NHL 2,5), 12-18 ise normal hidrolik (NHL 3,5), 18-25 ise güçlü hidrolik (NHL 5) adını almaktadır (Uğur ve Güleç, 2016). Hidrolik kirecin alt sınıfları bulunmaktadır. Doğal hidrolik, tasarlanmış ve hidrolik kireç şeklindedir. Doğal hidrolik kireç, bünyesinde silis ve kil barındıran kireç taşlarından elde edilen kireçlerdir. Hidrolik kireç ise çimento, uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun karışımı ile oluşmaktadır. Tasarlanmış kireç ise doğal hidrolik kireç veya/ve hava kirecinin içerisine puzolanik veya/ve hidrolik malzemelerin eklenmesiyle elde edilmektedir (TS EN 459-1, 2015; TS EN 459-2, 2012).

2.4.1.2 Puzolanlar

Tek başlarına bir bağlayıcılığı olmayan puzolanlar, çimento ve kireç gibi bağlayıcılar ile birlikte kullanılarak bağlayıcılık kazandırılmış malzemelerdir. Pusat (2002) puzolanların yapısında silikon dioksit (SiO₂) ile eser düzeyde alüminyum oksit (Al₂O₃) bulunduğundan bahsetmiştir.

Puzolanlar oluşumuna göre doğal veya yapay şeklinde iki türdür. Doğal olanlar, volkanik köz, tuf, opal, diatom ve traslı toprak gibi doğanın ürettiği malzemeler, yapay olanlar ise tuğla gibi pişirilmiş, kiremit, uçucu köz, silis tozu ve pirinç kabuğu külleri gibi malzemeler yer almaktadır.

Hidrolik harç oluştururken doğal puzolanların olmadığı yerlerde kiremit veya pişmiş tuğla gibi yapay puzolanları tercih etmişlerdir.

Mavioğlu (2011) horasan harçları içerikleri hakkında, Osmanlıdan önceki dönemlerde Bizans ve Roma zamanında hazırlanan horasan harçları birbirine benzer şekilde olsa da Bizanslılar harçlarının içerisine kireç, doğal puzolan ve agregaya ek olarak tuğla kırıklarını kullandıkları gözlemlenmiştir ancak Romalılarda tuğla kırıkları görülmemiştir.

Gökçen (2021) çalışmasında Osmanlı ve Roma dönemindeki horasan harçları incelendiğinde, agrega olarak kullanılmış tuğla kırıklarının mullit, kristobalit gibi yüksek sıcaklıklarda oluşan minerallere sahip olmadığından bahsetmiştir.

Hazırlanan horasan harcında kullanılması gereken tuğlaların puzolanik özelliği olmalıdır. Bu sayede harç hidrolik özellik kazanmaktadır. Akman vd. (1986) Osmanlı zamanında harç içinde kullanılması gereken tuğlaların, yeteri kadar pişirilmesi gerektiği ile ilgili bilgi Osmanlı şartnamesinde yer almaktadır.

Erdoğan ve Erdoğan (2007) yaptıkları çalışmada puzolaniklerin yeteri miktarda bağlayıcı özelliğe sahip olabilmesi için aşağıdaki özellikleri içermelidir.

- Amorf bir yapıya sahip olmalıdır
- Yüksek oranda alümina ve silika içermelidir
- Daneleri ince olmalı veya ince dane olacak şekilde öğütülmelidir

2.4.2 Dolgu malzemeleri

Horasan harcında kullanılan agrega adı altında birçok dolgu malzemesi vardır. Bunlardan bazıları dere kumu, pişmiş tuğla veya doğal taşların kırıkları, mermer parçaları vb. gibi doğada bulunan birçok taşı bu gruba dahil edebiliriz. Bu agregalar kullanım yerine göre yapılacak sıva veya harçlarda değişik boyutlarda ve şekillerde kullanılmaktadır.

Geçmişte yapılmış tarihi yapıların çoğunda, dere kumu agrega olarak tercih edilmiştir. Bunun en temel sebebi, kumlar derenin içerisinde yıkanmış halde bulunduğundan bünyesindeki zararlı mineraller ve yapılardan (kil ve silt) arınmış halde bulunmakta ve kumun hammaddesi olan silisin varlığındandır.

Denizden alınan kumlar, dere kumlarına göre daha düzenli bir yapıya sahip görünse de içerisindeki tuzdan dolayı yapıya zarar vereceği öngörülmüş ve agregalar olarak kullanılmamıştır. Bir kazı sonucu zeminden alınan toprak topluluğundaki kumlarda ise içerisinde kilin var olabileceği düşünülmeli ve kilden arındırılıp kullanılması gerekmektedir.

Horasan için kullanılan agregalar ise genellikle tuğlalardır. Böke vd. (2004) horasan harcında kullanılan tuğla agregaların tercih edilme sebebini, sıva ve harçlara hidrolik özellik kazandırmasından dolayı diyerek açıklamışlardır. Sıva harcı olarak tercih edilen ve hamam, su yapıları gibi birçok yapıda kullanılan tuğla tozu ile kireç karışımı kil sınıfına dahil edilebilir. Kiremit, pişmiş tuğla gibi yapı malzemesinin ana maddesi kuvars ve kil mineralidir. Uğurlu ve Böke (2009) harç karışımında kilin görevi plastiklik özelliği olurken, kuvars boşlukları doldurmakla görevlidir.

Uğurlu ve Böke (2009) kullanılan kilin türüne göre, 450-800°C aralığındaki sıcaklık değerlerinde kristalliği bozulan kil puzolanik amorf üretmektedir. 800°C üzerindeki değerlerde, kilin yüzey alanı azalmakta ve kristobalit, mullit minerallerini oluşturmakta ve puzolanik özelliğini yitirmektedir. Kullanılacak tuğlaların taze olması, su ile ilk temasından önce tepkimeye girme özelliğini kaybetmemesi için gereklilik arz etmektedir. Su ile etkileşim halinde olan tuğla agregada, amorf silikatlar etkin duruma geçmekte ve silisik asit ortaya çıkarak tuğlalarda olan karbonatlar ile tepkimeye girerek reaktiflik özelliklerini kaybetmektedir (Pusat, 2002; Şimşek, 2021).

Dayanım ve dayanıklılık için harç ve sıvalarda kullanılan agregaların şekilleri önemlidir. Sürtünme kuvvetini artırdığı ve bununla birlikte dayanımı, dayanıklılığı artırdığı için köşeli agregalar, yuvarlak ve düzgün şekilli agregalara nazaran daha çok tercih sebebidir. Kahraman (2008) köşeli agregalar tercih edilmesinin bir diğer sebebi ise harç dayanım kazanırken oluşabilecek çatlakların önüne geçebilmektir. Köşeli agregalar dayanımı yüksek yapı oluşturmaktadır ve boşluklu yapı oluşturma oranı yuvarlak ve düz agregalara göre fazla olduğundan, donma çözülme, tuz gibi etmenlere karşı harcın direncini artırmaktadır. Düzgün ve yuvarlak şekilli agregalar harç içerisinde aderansı pek sağlayamayacağı için bağlayıcı madde ile kendi arasındaki tutunma zayıf olacaktır bu durum harcın dayanımını düşürecektir. Aslan (2019) agregalar olarak kireçtaşı kullanımının harcın mekanik dayanımını artıracığından bahsetmiştir.

2.4.3 Katkı malzemeleri

Hazırlanan horasan harç ve sıvalarında, içerisinde kullanılan kirecin özelliklerinden daha iyi yararlanmak ve harcın daha iyi mekanik, fiziksel özelliklere sahip olması için kullanılan ve yöreden yöreye değişiklik gösteren, organik ve organik olmayan katkıları kullanılmıştır.

Böke vd. (2004), Gökçen (2021) çalışmalarında harç içerisine kullanılan katkı malzemelerinin bazılarında şu şekilde bahsetmiştir; şeker, yumurta akı, süt, kan, keçi kılı, bitkisel lifler, balmumu, saman gibi örnekler verilebilir.

Bu kullanılan katkı malzemeleri rastgele değil bir amaç doğrultusunda harca ilave edilmiştir. Örnek vermek gerekirse, Kılıç (2007) maden cevherleri, pişmiş kiler vb. parçalanmış maddeler sıvanın ve harcın sahip olduğu hidrolik özelliği artıracak yönde etkilediğinden bahsetmiştir. Sayın (2016) harcın ve sıvanın büzülmesini önlemek için balmumu tercih edildiğinden söz etmiştir. Özgen (2012) çalışmasında organik bir katkı olan yumurta akının, harcın plastiklik özellik kazanmasını sağladığından ve işlenebilirliğini artırdığından bahsetmiştir. Şişik (2017) harçta kullanılan samanın rötreinin önlenmesine katkı sağladığından bahsetmiştir. Şimşek (2021) yaptığı çalışmada keçi kılı ve bitki lifleri gibi katkıların daha çok çekme, eğilme gibi mekanik özellikleri artırmak amacıyla kullanıldığından söz etmiştir.

Dayanım için agrega ve bağlayıcı malzemelerin yanı sıra harç içerisinde lifli katkıları oldukça fazla kullanılmıştır. Günümüz tamir harçlarına bakıldığında birçok uygulama alanında lifli katılara harç ve sıvalarda rastlanmaktadır.

Şimşek (2021) İngiltere’de yüzyıl önce kullanılan horasan harcında ve sıvalarında talaş ve kenevir liflerine rastlandığından bahsetmiştir. Lifler yapısı itibarıyla bir boyutu diğerine göre büyük olan malzemelerdir. Bu durum dayanım için olumlu bir etki göstermekte ve dayanımın yüksek olduğunu. Üretim şekli sentetik veya doğal şeklindedir. Kavasoglu (2019) liflerin yüksek elastisite modülüne sahip olduğunu belirtmiştir.

Kılıç (2011) yaptığı çalışmada, yumurta akının kullanıldığı harç içerisinde boşluklu bir yapı oluşturduğundan bahsetmiş ve bu boşluklu yapının ses ve ısı yalıtımı gerektiren yerlerde kullanılan harç ve sıvalara katkı malzemesi olarak kullanılabilmesini tavsiye etmiştir.

Böke vd. (2004) domuz yağı, bağlayıcı olan kirecin priz alma süresini kısaltırken, yumurta akı ve kan aynı bağlayıcı kirecin priz alma süresini artıracak yönde etkilemektedir. Yumurta akı, süt, şeker gibi katkıların kirecin kırılma özelliğini azalttığından bahsetmiştir.

Pekmezci (2012) çalışmasında, lif katkı olan hayvan kıllarının harca ilave edilmeden önce temizliğine dikkat edilmelidir. Boyutu uzun ve dayanıklı olanları seçilmelidir. Harcın hacmine göre 1m³ için yaklaşık olarak 4 kg şeklinde kıl kullanılması gerektiğinden bahsetmiştir.

Mavioğlu (2011) ve Kösa (2022) arpa, idrar gibi katkıların kullanılması harcın dayanıklılığını artırmaktadır. Şeker, suda oluşan donma-erime hallerinden kaynaklanan bozulmaların hızını azaltırken, balmumu, horasan harcının büzülmesine engel olmaktadır diyerek bazı harç katkılarının etkilerinden bahsetmişlerdir.

Pusat (2002) çalışmasında, İstanbul'daki Jüstinyen kilisesinin duvarında kullanılan harç üzerinde yapılan araştırma sonucu, içerisinde sıcak arpa suyu ve karaağaç kabuğu kullanıldığı tespit edildiğinden bahsetmiştir.

Kösa (2022) çalışmasında Ayasofya'nın inşasında kullanılan harcın içerisinde dışbudak ağacının kabuğunun ve yaprağının suyu kullanılmıştır. Mimar Sinan da yapmış olduğu eserlerde, ağaç yapraklarının ve kabuklarının özlerinden faydalanmış, yaprak ve kabukları kaynatarak elde ettiği suyu karışım suyu olarak harç içerisinde kullanıldığından bahsetmiştir.

2.5 Horasan Harcı ile İlgili Çalışmalar

Tarihi yapıların birçoğunda kullanımı yaygın olan horasan harcı üzerinde yapılan çalışmalar, analizler, restore amaçlı kullanılacak harç önerileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve bu bölümde özetlenmiştir.

Kalkan ve Gündüz (2017), üzerinde çalıştıkları horasan harcı, katkı malzemeli içeriğe sahip ve organik olmayan özel bağlayıcılı harçlar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada bağlayıcı madde olarak kalsiyum sülfat anhidriti, agrega olarak pişmiş tuğla kırıklarını CL80 sınıfından sönmüş kireci harmanlamışlardır. Katkı maddesi olarak ise çinko stearat, kül ile lif kullanarak horasan harcı üretmişlerdir. Standartlara uygun eğilme numuneleri üreterek onları mekanik deneylere tabi tutmuşlar ve pozitif sonuçlar elde etmişlerdir.

Canbaz ve Güler (2017) farklı kireç türleri ile iki ayrı horasan harcı üretmişler ve bu harçların mekanik ve fiziksel özelliklerine bakmışlardır. Kullanılan iki farklı kireçten yağlı olan kireç ile yapılan harcın birim ağırlığı hidrolik kireçle yapılan harca göre %2,5 fazla çıkmıştır. Ultrasonik ses deneyi sonuçlarına göre geçiş hızı yağlı kireçle üretilen harçta %80'e yakın bir değer elde edilmiştir. Yapılan harçlarda hidrate kireç kullanılması durumunda, numunelerin eğilme dayanımını azalttığını, basınç dayanımını ise artırdığını gözlemlemişlerdir.

Özgen vd. (2013) üzerinde çalıştıkları çalışmada Damatris Sarayı'nın sıva ve harçlarını incelemiş ve harç içeriklerine bakmışlardır, harcın bünyesinde az oranda (%3-5) keten kırıntı lifli katkısına rastlamışlardır.

Kozlu ve Ersen (2011), yaptıkları çalışmada daha önce Kayseri'de yaşamış Roma, Selçuklu, Osmanlı ve Bizans devletlerinin döneminde yapılmış, tarihi yığma yapıların duvar ve dolgu harçlarında, iç mekanda kullanılan sıvalarda incelemelerde bulunmuşlardır. Yaptıkları incelemeler sonucunda puzolanik madde olan volkanik tüflere rastlamışlardır, ayrıyeten dere kumlarının ve ocak kumlarının agrega olarak horasan harcında kullanıldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Dayı vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada Bursa İnegöl'de yapılmış on altıncı yüzyıl eseri olan bir Osmanlı hamamının yapısından aldıkları harç örnekleri üzerinde kimyasal, mekanik ve fiziksel özellikleri incelemişlerdir. Bağlayıcı/agrega miktarlarının 1/3 ve 1/1 değerleri arasında değişkenlik gösterdiğini ve ayrıca basınç dayanımını 2,5 MPa olduğunu tespit etmişlerdir. Alınan harç numunelerinin boşluklu bir yapıda, düşük birim hacim ağırlığına sahip, yüksek elastiklik özelliğinde ve basınç dayanımının düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Uğurlu ve Böke'nin (2009) yapmış oldukları çalışmada Osmanlı eseri olan Bursa'da yer alan Ördekli Hamamı, Edirne'de yer alan Saray ve Beylerbeyi hamamlarından, İzmir'de Seferihisar'daki Düzce Hamamı ile İzmir'deki Hersekzade ve Kamanlı hamamlarından numune olarak temin edilen horasan harçlarının nitelikleri incelenmiştir. Horasan harçlarının içerisindeki kireç ve tuğlanın aralarındaki bağın kuvvetli olduğu mikro yapı analizi ile belirlenmiştir. Kireç-tuğla arasında homojen bir yüzey ve yaklaşık olarak 2-10 µm kalınlığına sahip olduğunu ve silisyum, kalsiyum, alüminyum gibi elementlerin fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir. Horasan harçlarının %31-54 gözenek yapısına sahip olduğu ve 1,2-1,7 yoğunluğunda olduğu belirlenmiştir. Bağlayıcı/agrega miktarı ise $1/2 - 3/2$ aralığında olduğu gözlemlenmiştir.

Güleç ve Emre'nin (2009) yapmış oldukları çalışmada, İstanbul Sultanahmet obelisk otelinin ek binasından alınan numune örnekleri incelenmiştir. Restorede kullanılacak benzer sıva ve harç örnekleri önermişlerdir.

Gündüz ve Kalkan'ın (2018) yapmış oldukları çalışmada lif kıtık katkısı ile hidrolik horasan harcı üretmişlerdir. Lif kıtık olarak samanı tercih etmişlerdir. Bu malzemenin boyu, çapı, çeper kalınlıkları değiştirilerek hazırlanan harcın mekanik ve fiziksel özelliklere etkisi incelemişlerdir. Kıtık katkısının farklı oranlarda ve danelerde kullanılmasına bağlı olacak şekilde değişen sonuçlar elde etmişlerdir.

Kılıç (2007), Vitruvius, Pozzuoli kentinin toprağı hakkında, hidrolik özelliğinden bahsetmiş kireç ve kumdan oluşturulan bir harcın içerisine $1/3$ miktarında tuğla ve pişmiş toprak, öğütülmüş ve elenmiş şekilde eklendiğinde iyi bir harcın elde edileceğini belirlemiştir.

Gürdal ve Acun'un (2004) yapmış oldukları çalışmada polipropilen lifler ile mineral içerikli harç karışımı yapılmıştır. Numunelerin mekanik ve fiziksel değişen özelliklerini incelemişlerdir.

Şimşek (2021) yaptığı çalışmada horasan harcında keçi kılı, kenevir lifi ve polipropilen elyaf katkıları kullanmışlardır. Yaptığı numunelerde farklı dane boyutlarında agregalara yer vermişlerdir.

Lifler %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında değişkenlik gösterirken, agregaların dane boyutları 0-4 mm ile 0-2 mm tercih edilmiş ve harç içerisinde aynı oranda kullanılmıştır. Katkı kullanmadan yapılan numuneler ile katkılı numuneleri karşılaştırmışlar ve değişen değerleri incelemişlerdir. Lifli katkıların boy çap oranı harcın özelliğini etkileyeceği için dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Yapmış oldukları horasan harcı içerisinde kullandıkları lifli katkıların, numuneler üzerinde yapılan mekanik ve fiziksel deney sonuçlarına göre, harcın özelliklerini olumlu yönde etkilediğini gözlemlemişlerdir (Şimşek, 2021).

Özgen'in (2012) yapmış olduğu deneysel çalışmalar ışığında, tarihi yığma yapılarda çoğunlukla kullanılmış 12 tane horasan harcı numunesi yapılmış ve bu numunelerin basınç dayanımları incelenmiştir. Bu numuneleri yaparken yumurta akı, dişbudak yaprağının özü, arpa suyu gibi organik katkılar kullanılmıştır. Numuneler 28 günün ardından basınç deneyine tabi tutulmuştur. Yapılan deney sonuçlarına göre dişbudak yaprak özü kullanılarak yapılan horasan harcının basınç dayanımı diğer katkılar ile yapılan numunelere göre daha fazla olduğu görölmüştür.

Pusat (2002) on farklı horasan harcı yapmış ve farklı malzemeler ile karışım oranları kullanmıştır. Harçta kullandığı oranlar Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Numuneleri 90 günün ardından basınç ve eğilme deneyine tabi tutulmuş ve dayanımları bulunmuştur. Sonuçlarda eğilme için en yüksek değer 0,5 MPa çıkarken, basınç için en yüksek değer 3,1 MPa olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 2.1. Pusat'ın ürettiği horasan harçlarındaki malzeme oranları.

Harç Tipi	Su	Kireç	Standart Kum	Pişmiş Toprak Kırıntısı	Yüksek Fırın Cürufu	Pişmiş Toprak Tozu
A	0,46	1	3	0	0	0
B	1,4	1	0	3	0	0
C10	0,76	0,9	3	0	0,1	0
C20	0,76	0,8	3	0	0,2	0
C30	0,76	0,7	3	0	0,3	0
C40	0,76	0,6	3	0	0,4	0
D10	0,76	0,9	3	0	0	0,1
D20	0,76	0,8	3	0	0	0,2
D30	0,76	0,7	3	0	0	0,3
D40	0,76	0,6	0	0	0	0,4

Kılıç'ın (2021) yapmış olduğu çalışmada, yumurta akı katkılı horasan harcı üretilmiş ve yumurta akı katkısının harcın niteliklerine etkisi incelenmiştir. Harç içerisine eklenen katkı kirecin ağırlığınca %5, %10, %15, %20, %25 şeklinde eklenmiştir. Harç yapılırken kıvam deneyi, dayanımını kazanmış numunelere ise 28 günün sonunda birim hacim ağırlık, eğilme ve basınç dayanımı, ultrases geçiş deneyleri uygulanmıştır. Kıvam deneyi sonucunda %5 ve %10 orandaki katkılı harçların yayılmalarının fazla olduğu gözlemlenmiştir. Yumurta akı oranı arttıkça horasan harcı hacimsel olarak büyümüş ve birim hacim ağırlığının düştüğü gözlemlenmiştir. 28 günün ardından basınç ve eğilme deneyine tabi tutulan numunelerde yumurta akı oranı arttıkça dayanımlarında azalma görülmüştür. Uygulanan deneylerin sonuçlarına bakıldığında harca ilave edilmesi gereken yumurta akı oranı kirecin ağırlığının %5'ini geçmeyecek şekilde olması tavsiye edilmiştir.

Mavioğlu'nun (2011) yaptığı çalışmada horasan harcında kullanılmak üzere iki farklı incelikte öğütülmüş puzolanik katkı ile tamir harcı üretilmiştir. Yapılan numuneler üzerinde mekanik ve fiziksel deneyler uygulanmıştır. Fiziksel yapılacak deneyler 28 günün ardından, mekanik olarak yapılacak deneyler 28, 60, 90 günün ardından numunelere uygulanmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları şu şekildedir.

- 1,40-1,55 g/cm³ arasında değişen birim hacim ağırlık.
- Yapılan ultrases deneyi numunedeki gözenek arttıkça azalmaktadır. Zamanla artış gözlemlenmiştir.
- Yapılan basınç ve eğilme deneyleri sonuçları 28, 60, 90 günlük numunelerde gittikçe arttığı gözlemlenmiştir.
- Basınç ve eğilme deneyi sonuçları ince öğütülmüş puzolan eklenen harçlarda, katkısız harçlara göre daha fazla çıkmıştır.
- Puzolanik katkıların inceliği arttıkça harcın puzolanik etkisinin ve dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Numunelere yapılan eğilme deneyi sonuçlarındaki artış yüzdesi, basınç deneyi sonuçlarındaki artışa göre düşük olduğu görülmüştür.

Ekşi Akbulut'un (2006) yaptığı çalışmada 10 tane horasan harcı yapılmıştır. Bu horasan harçlarında dolgu malzemesi olarak silisli kum tercih edilmiştir. Harçlardan 5 tanesi lifli, kalan 5 tanesi de lifsiz şekilde üretilmiştir.

Ayrıca agrega olarak tuğla kırıklarının da kullanıldığı 10 tane numune hazırlanılmıştır. Çalışma sonucunda, puzolan katkısının harç dayanımını artırdığı gözlemlenmiştir. Lif katkısının rötre oluşumunu düşürdüğü, mekanik davranışları geliştirdiği, tuğla kırıklarının harcın mekanik niteliklerini azalttığı gözlemlenmiştir.

Işık ve Kapur'un (2012) birlikte yaptıkları çalışmada Anadolu'daki bazı tarihi yapılardan tuğla ve horasan harcı numuneleri almışlar ve alınan numuneler üzerinde kimyasal ve fiziksel testler yapmışlardır. İncelemeler sonucunda alınan numunelerde yüksek miktarda fosfor (yumurta kabuğu, saç, kemik) içeriğine rastlamışlardır. Elek analizleri ortalama boyutları, orta ve ince kum için (250-150µm) şeklinde tespit edilmiştir.

Gökçen (2021) yaptığı çalışmada, farklı oranlarda ve türde agregalar kullanarak horasan harcı üretmişler, kullandıkları agregaların harç üzerindeki mekanik ve fiziksel özelliklere etkisini incelemişlerdir. Hazırladıkları numuneler üzerinde yaptıkları deneylerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, horasan harcının yapımında kullanılan bileşenler harcın ağırlığınca karışım oranları 0,875 su 1 kireç 2,5 agrega ile 1 su 1 kireç 3 agrega şeklinde kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Agrega oranı olarak ise 1/3 oranının iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. Harç içerisinde kullanılan tuğla kırığı miktarının artması, harcın ultra ses geçiş süresini ve kıvamını azalttığını gözlemlemişlerdir. Tuğla miktarının artması, basınç ve eğilme dayanımını artırmış olsa da ilerleyen zamanlarda numunenin dayanımlarını düşürdüğünü saptamışlardır (Gökçen, 2021).

Diker vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, horasan harcında bitkisel katkı malzemeleri kullanarak numuneler üretmişlerdir. Numuneler üzerinde mekanik incelemeler yaparak katkının etkisini tespit etmişlerdir. Yaptıkları numunelerde katkı karaağaç kabuğu ve dişbudak ağacının yaprağını katkı malzemesi olarak kullanmışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda bu bitkisel katkıların, numunelerin mekanik özelliklerini artırdığını tespit etmişlerdir.

Gürhan vd. (2017) yaptıkları araştırmada, Aydın Eski Hamamı'ndan horasan harcı örnekleri temin edilerek incelenmiştir. İncelenen horasan harcı örneklerinin birim hacim ağırlıkları 1,2/1,4 g/cm³ aralığında ve porozitelerinin %47-53 oranında olduğunu tespit etmişlerdir.

Işıkdag ve Topçu (2013) yapmış oldukları çalışmada, horasan harcında yüksek fırın cürufu kullanarak, harç özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapmış oldukları numunelerin basınç dayanım değerleri, yüksek fırın cürufu miktarının artmasıyla doğru orantılı şekilde arttığını gözlemlemişlerdir. En yüksek basınç dayanımı olan numune ise %40 yüksek fırın cürufu ve kiremit tozunu içeren numune olduğunu tespit etmişlerdir.

Özgünler vd. (2010) tarafından yapılan araştırmada, Yedikule Kara Suları T4 kulesinin yapımında kullanılmış harçlar üzerinden deneyler yapılmıştır. Harç yapımında tuğla kırıkları, kireçtaşı parçaları, dere kumu ve sönmüş kireç kullanıldığı tespit edilmiştir. İncelemeler sonucunda ise harçların genellikle büyük boyutlarda olduğu ve porozitesinin %22-38 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bağlayıcı/agrega oranlarının 1/3 ve 1/2 arasında, basınç dayanımlarının 4-6 MPa değerlerinde olduğu tespit edilmiştir.

Kurugöl ve Güleç (2010) yaptıkları araştırmada, tarihi yapılarda kullanılan harçların basınç dayanımlarını incelemişlerdir. Kireç harçları 0,5-2,0 MPa aralığında değişken sonuçlarda olduğu görülmüştür. Hidrolik kireç ile yapılmış harçların basınç dayanımları ise 2,0-15,0 MPa aralığında olduğu tespit edilmiştir. İncelenen numunelerin birim hacim ağırlıkları, harç yapımında kullanılan puzolan ve kireçlere göre 1,5-2,1 g/cm³ arasında olduğu gözlemlenirken, harcın porozitesinin %18-45 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Altun vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada horasan harcı üretmişlerdir. Harç içerisinde doğal hidrolik kireç, kırma taş ve kireç agregası kullanmışlardır. Harcın toplam hacminin %0,5 ve %1 oranında polipropilen lif katkısı eklemişlerdir. Eklenen katkının etkisi ile arzu edilen yayılma miktarını elde etmek için su azaltıcı bir katkının gerekliliğinden bahsetmişlerdir.

Topçu vd. (2015) yaptıkları çalışmada horasan harcında genleştirilmiş perlit kullanmışlardır. Yaptıkları karışımların hacimce %0-10-20-30-40 oranlarında genleştirilmiş perlit, 0-2 mm kiremit tozunu agrega olarak kullanmışlardır. Perlit oranının artmasıyla, yapılan numunelerin basınç ve eğilme dayanımlarında düşüş olduğunu görmüşlerdir.

Konya'daki Çeçen Süleyman Konağı'ndan alınan horasan harcı sıvasına ait örnekler incelendiğinde ve yapılan deneysel çalışmalar ışığında, harç bünyesinde yoğun bir şekilde kullanılmış keçi kılı ve saman katkılarına rastlanılmıştır (Aktaş ve Aruntaş, 2019).

Aktürk vd. (2017) yapmış olduğu çalışmada, farklı aktivatörler kullanarak aktif hale getirilmiş yüksek fırın cürufu katkılı harçların, hidrolik kireç ile yapılmış harçlar ile dayanımlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Numuneler yapılırken yüksek fırın cürufu, aktivatör olarak ise sodyum silikat ve hidroksit kullanılmıştır. Hidrolik kireç ile yapılan harcın 28 günlük ortalama değerleri; basınç dayanımı 2,3-2,4 MPa ve eğilme dayanımı 1,0 MPa olarak tespit edilmiştir.

3. MALZEME YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında doğal hidrolik kireç harcı yapımında; doğal hidrolik kireç, dere kumu, su, doğal taş kırıkları ve tozları kullanılmıştır. Yumurta katkısı için tavuk yumurtası tercih edilmiştir ve yumurtanın sarısı, beyazı ve kabukları ayrılmış farklı kaplarda muhafaza edilmiştir. %5-15-25 oranlarında hazırlanan yumurta akı, yumurta sarısı ve farklı gramlarda 27gr, 53gr, 80gr yumurta kabuğu katkılı numune harçları için ayrı karışımlar hazırlanmıştır. Karşılaştırmanın yapılabilmesi için katkı kullanılmadan hazırlanan numune referans alınmıştır.

Doğal hidrolik kireç harcının üretiminde kullanılacak bağlayıcı malzeme, agregalar temin edilmiş ve numunelerin yerleştirileceği plywood kalıplar hazırlanmıştır. Literatürde yer alan daha önceki çalışmalar incelenerek, harç içerisinde kullanılacak malzemelerin miktarları hakkında bilgi edinilmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde, taze halde birim hacim ağırlık, kuru halde ise birim hacim ağırlık, eğilmede çekme ve basınç deneyleri yapılmıştır.

3.1 Malzeme

3.1.1 Doğal hidrolik kireç

Hazırlanan harçlarda kullanılmak üzere, tarihi yapı restorasyonunda kullanılan ve piyasadan temin edilmiş “TEKNOREP 550” doğal hidrolik kireç tercih edilmiştir. NHL 3,5 sınıfına ait doğal hidrolik kireç ve TS EN 459-1 standardına uygun olan ve çimento içermeyen doğal hidrolik kireçtir. Şekil 3.1.’de fotoğrafı özellikleri ise Çizelge 3.1’ de görülmektedir.

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

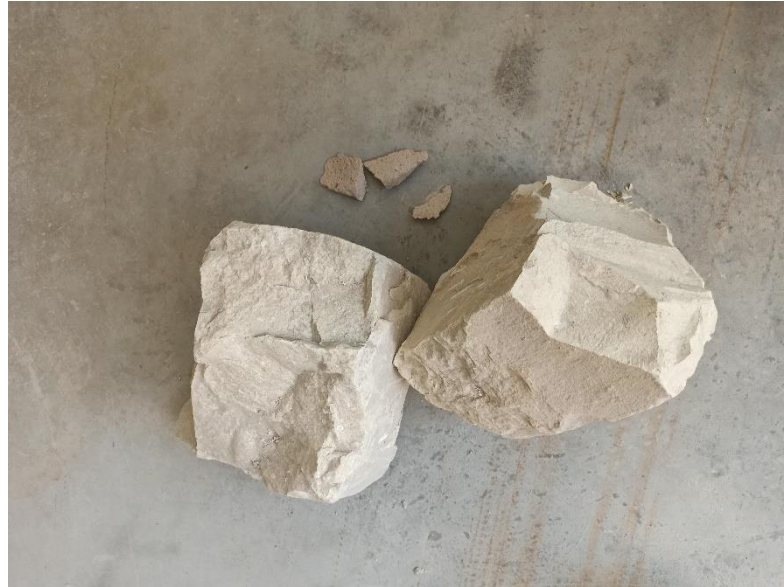
Serbest Kireç Oranı	$\geq \% 25$
Basınç Dayanımı (28 gün)	3,5 MPa
SO ₃ Oranı	$\leq \% 2$
Eğilme Dayanımı (28 gün)	1,0 MPa



Şekil 3.1. Doğal hidrolik kireç.

3.1.2 Doğal taş kırıkları ve tozları

Yapılan deneyde kullanılmak üzere Şekil 3.2. doğal taşlar tercih edilmiştir. Büyük halde bulunan taşlar el yordamıyla kırılmıştır. Taşlar 4mm-0,125mm arası dane çapına sahip elekler ile elenerek Çizelge 3.2. granülometrisi yapılmıştır. Dane çaplarına göre ayrı kaplara konularak, harç karışımında kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.2. Doğal taşlar.

Yapılacak doğal hidrolik kireç harcında kullanılmak üzere, soldan sağa sırasıyla Şekil 3.3.'de 2mm, 1mm, 0,425mm dane çapına sahip taş kırıkları görülmektedir.

Çizelge 3.2. Doğal taş granülometrisi.

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	Elekten Geçen (gr)
4	28,84	6455
2	25,55	5719
1	21,46	4803
0,425	10,08	2256
0,250	14,07	3148

Hazırlanan granülometri sonucunda doğal taşların, 2mm nolu eleğin yukarısında ve 0,250mm nolu eleğin altında kalan taş kırıkları ve tozları, hazırlanacak doğal hidrolik kireç harcı karışımlarında dahil edilmemiştir. Deney için, numune karışımında 2mm, 1mm ve 0,425mm eleklerinden geçen taşlar tercih edilmiştir.



Şekil 3.3. Dane boyutuna göre ayrılmış taş kırıkları.

3.1.3 Dere kumu

Deneyde kullanılan dere kumu dane boyutu 0-4 mm aralığındadır Şekil 3.4.'de verilmiştir. Dere kumu piyasada satış yapan hırdavatçılardan temin edilmiştir. Alınan kum elenerek, içerisindeki iri danelerin çıkarılması ve istenilen dane çapındaki malzeme elde edilene kadar elenmiştir.



Şekil 3.4. Dere kumu dane boyutu inceleme.

Elenen kumlar üzerinde yapılan elek analizi sonuçları Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Dere kumu granülometrisi.

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	Elekten Geçen (gr)
4	20,95	5572
2	45,95	12223
1	28,32	7533
0,425	1,60	427
0,250	3,18	847

Elek analizi yapılan farklı dane boyutundaki dere kumları, farklı kaplara bölünerek Şekil 3.5.'deki gibi ayrılmıştır.



Şekil 3.5. Dane boyutuna göre ayrılmış kumlar.

Hazırlanacak deney numunelerinde kullanılmak üzere, 2mm ve 1mm dane çapına sahip kumlar tercih edilmiştir. 0,425mm nolu eleğın altında kalan ve 2mm nolu eleğın üzerinde kalan kumlar harç içerisinde kullanılmamıştır.

3.1.4 Yumurta katkısı

Yumurta katkısı şekil 3.6.'daki gibi tavuk yumurtası tercih edilmiştir ve içerisindeki sarı, beyaz kısımları birbirinden ayrılmış farklı kaplarda bekletilmiştir. Hazırlanacak numunelerde kullanılacak oranlara göre, ayrı ayrı bölünmüş ve karışım kaplarına eklenmiştir.



şekil 3.6. Yumurta katkıları.

Katkı olarak kullanılacak yumurta kabukları, bir tava yardımıyla kurutulmuş ve içeriğindeki ıslaklık buharlaştırılmıştır. Kurutulan yumurta kabukları, harçlara eklenebilmesi için silindir yardımıyla ezilerek şekil 3.7.'deki gibi çok küçük toz haline getirilmiştir.



Şekil 3.7. Yumurta kabukları.

Toz haline gelen yumurta kabuklarının granülometri değerleri Çizelge 3.4.'de incelenmiştir.

Çizelge 3.4. Yumurta kabuğu granülometrisi.

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	Elekten Geçen (gr)
1	58,13	93
0,425	14,37	23
0,250	14,37	23
0,125	13,13	21

Toplamda 160gr yumurta kabuğu, hazırlanan karışımlarda kullanılmıştır. Granülometrisi bu şekilde olan yumurta kabukları, homojen bir şekilde kendi içlerinde karıştırılarak hazırlanan karışımlara uygun oranlarda eklenilmiştir.

3.2 DeneySEL Yöntem

3.2.1 Doğal hidrolik kireç harcı numunelerinin hazırlanması

Hazırlanan numunelerin deneylerde kullanılmak için, standartta belirtilen ölçülerde 40x40x160mm olmasına dikkat edilmiştir. Numune isimlendirmeleri Çizelge 3.5.'de açıklanmıştır.

Çizelge 3.5. Numune isimlendirmeleri.

N0a	Katkısız referans 1. Numune
NYA5a	%5 yumurta akı oranlı 1. Numune
NYA15a	%15 yumurta akı oranlı 1. Numune
NYA25a	%25 yumurta akı oranlı 1. Numune
NYS5a	%5 yumurta sarısı oranlı 1. Numune
NYS15a	%15 yumurta sarısı oranlı 1. Numune
NYS25a	%25 yumurta sarısı oranlı 1. Numune
NYK1a	27 gr yumurta kabuğu katkı 1. Numune
NYK2a	53 gr yumurta kabuğu katkı 1. Numune
NYK3a	80 gr yumurta kabuğu katkı 1. Numune

Belirlenen kireç, agrega, su oranları ile yapılan harç karışımları bir karıştırma kovalarında homojen bir şekilde 4dk süre ile Şekil 3.8.'deki gibi karıştırılmıştır. Hazırlanan harçlara gerekli olan oranlarda yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabukları harçlar karıştırılırken eklenmiştir. Eklenen katkı malzemeleri oranı, sabit orandaki kirecin ağırlığınca yüzdesine göre eklenmiştir. Yumurta kabuğu için bu oran (%5,%15,%25) geçerli olmamakla birlikte, granülometrisi yapılan yumurta kabukları homojen karıştırılıp 3 farklı oranda (%3,38-%6,63-%10) harca eklenmiştir. Önceden yağlanmış kalıplara yerleştirilmeden önce, taze haldeki birim hacim ağırlık değerlerini tespit etmek amacıyla ağırlığı ve hacmi bilinen bir kap yardımıyla, ağırlıkları ölçülmüş ve not edilmiştir. Ağırlıkları ölçülen harçlar kalıplara yerleştirmek üzere tekrar karışım kabına ilave edilmiştir.



Şekil 3.8. Doğal hidrolik kireç harcının karıştırılması.

Harç numunelerin kalıp içerisine yerleşmesi için şişleme işlemi ve kalıp çekiçleme işlemi yapılmıştır. Kalıba yerleşen harçların üst yüzeyi mala yardımıyla düzeltilmiştir. Prizi alması için uygun ve zarar görmeyecek bir alanda bekletilmiştir. Prizini alan numuneler kalıplardan çıkarılmıştır ve deney gününe kadar Şekil 3.9.'deki gibi muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.9. Harç kalıpları ve numunelerin uygun ortamda bekletilmesi.

3.2.2 Doğal hidrolik kireç harcı karışımının miktarları ve oranları

Harç karışımlarında kullanılacak oranlar seçilirken daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve fikir edinilmiştir. Katkılı harç numunelerin içerisinde kullanılan doğal hidrolik kireç, agrega, su miktarları sabit tutulmuş ve değişen oranlar sadece katkı malzemelerinin yüzdesel miktarlarıdır.

Bu çalışmada bağlayıcı madde olarak doğal hidrolik kireç tercih edilmiştir. Hazırlanan tüm harçlarda bağlayıcı/agrega oranı sabit tutularak harçlar hazırlanmıştır. Agregalar kendi içerisinde 1/3 oranında dere kumu, 2/3 oranında doğal taş kırıkları olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan numuneler 40x40x160 mm dikdörtgen kalıplara yerleştirileceği için her bir katkı oranı için 2500gr harç hazırlanmıştır. Hazırlanan harçta 800gr kireç, 500gr su, 400gr dere kumu, 800gr doğal taş kırığı miktarları tercih edilmiştir. Hazırlanan numunelerin katkı oranları ve miktarları Çizelge 3.6.'da verilmiştir. Yerleştirilen numuneler Şekil 3.10.'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Yerleştirilen harç numuneleri ve katkı oranları.

Çizelge 3.6. Doğal hidrolik kireç harcı karışım miktarları ve oranları.

Numune No	Katkı Oranı (%)	Karışım Miktarları (gr)									
		Su	Kireç	2mm Dere Kum	1mm Dere Kum	2mm Taş Kırığı	1mm Taş Kırığı	0.425mm Taş Kırığı	Yumurta Akı	Yumurta Sarısı	Yumurta Kabuğu
N0a	0	500	800	200	200	400	300	100	0	0	0
NYA5a	5								40	0	0
NYA15a	15								120	0	0
NYA25a	25								200	0	0
NYS5a	5								0	40	0
NYS15a	15								0	120	0
NYS25a	25								0	200	0
NYK1a	3,38								0	0	27
NYK2a	6,63								0	0	53
NYK3a	10								0	0	80

Çizelge 3.6.'da gösterilen miktarlar ve oranlar sadece 1 numune içindir. Ortalaması alınmak üzere her bir oran için 3 adet numune, toplamda 30 adet numune hazırlanmıştır. Harç içerisine katılan katkı malzemeleri, kireç ağırlığının yüzdesi alınarak hesaplanmıştır.

3.2.3 Taze birim hacim ağırlık deneyi

Harç numunelerinin taze birim hacim ağırlığı, ağırlığı ve hacmi bilinen bir boş kap yardımıyla ölçülmektedir. Kap içerisine doldurulan taze harçların hassas terazi yardımıyla Şekil 3.11.'deki gibi ağırlıkları ölçülür. Dolu halde ölçülen ağırlığından kabın boş ağırlığı çıkarılarak elde edilen gramın, kabın bilinen hacim değerine bölünmesiyle elde edilen yoğunluk değeri taze numunenin birim hacim ağırlık değerini vermektedir.



Şekil 3.11. Numunelerin taze birim hacim ağırlık ölçümü.

3.2.4 Kuru birim hacim ağırlık

Prizini almış 40x40x160mm ebatlarındaki deney numuneleri üzerinde ilk olarak birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır. Ağırlıkları hassas terazi Şekil 3.12. yardımıyla ölçülmüştür. Çıkan değerlerin numune hacmine bölünmesiyle kuru haldeki birim hacim ağırlık sonucu elde edilmektedir. Her orandaki 3 numune için ölçümler yapıp, ortalamaları alınıp ve kaydedilmiştir. Standart TS EN 1015-10 dikkate alınmıştır.



Şekil 3.12. Numunelerin kuru birim hacim ağırlık ölçümü.

3.2.5 Ultrases geçiş deneyi (pundit aleti)

Deney numunesinin ultrases geçiş süresi, porselen uçlu alıcı ve verici ile ölçülmektedir. Deneyde proceq ultrasonik ses aleti kullanılmıştır. Deneye başlanılmadan önce deney aleti kalibresi yapılmıştır.

40x40x160mm ebatlarındaki numunenin uzun doğrultusu boyunca yapılan deneyde sensörler karşılıklı şekil 3.13.'deki gibi yerleştirilmiştir. Porselen uçlar ile numune arasında boşluk kalmaması için jel kullanılmıştır. Deneyde ölçülmek istenen mesafe alete veri olarak girilmiştir ve değerler ölçülmüştür. Ses en hızlı katıda, daha sonra sıvı ve gazda ilerlemektedir. Boşlukta ses iletimi söz konusu değildir. Bu deneydeki amaç numune içerisindeki boşluk oranının tespitidir. Bu durum sonucunda numune hakkında bizlere bilgi vermektedir. İletilen ses dalgası ne kadar kısa sürede diğer ua ulaşırsa numunenin dayanımı o kadar iyi diyebiliriz. Boşluklu yapıya sahip numunede ses iletimi, boşluk oranı az olan bir numuneye göre daha fazla olacaktır. Boşluk oranı fazla olan bir numunenin dayanımı da az olacağı düşünülebilir. Ulaşan sesin süresi mikrosaniye cinsinde ölçülmektedir. Tüm numuneler için bu deney yapılmış ve ortalama değerleri alınmıştır. Deney yapılırken TS EN 1015-1 standartları dikkate alınarak deney gerçekleştirilmiştir.



şekil 3.13. Ultrases deneyi yapıımı.

3.2.6. Eğilmede çekme deneyleri

Eğilmede çekme deneyi için 40x40x160 mm boyutlarında hazırlanan numuneler, düzgün yüzeyi yükün uygulanacağı yöne getirilecek şekilde yapılmıştır.

Numune 10cm açıklığa sahip mesnetler üzerine oturtulmuş ve yük tam ortadan etki edebilmesi için numunenin tepesine demir çubuk yerleştirilmiştir.

Yüklemeye sonunda elde edilen veriler kN cinsinden olduğu için dayanım değerini vermemektedir. Dayanım değeri için (R_f) gerekmektedir. Eğilme dayanımı bu şekilde hesaplanmaktadır (3.1) (TS EN 1015-11, 2020). Eğilmede çekme deneyi Şekil 3.14.'deki yapılmıştır.

$$R_f = (1,5 \times F_f \times l) / b^3 \quad (3.1)$$

R_f = Eğilme Dayanımı (MPa)

F_f = Numune ortasına uygulanan yük (N)

l = Mesnet olarak koyulan demir silindirler arası mesafe (mm)

b = Numune kesit genişliği (mm)



Şekil 3.14. Eğilmede çekme dayanımı deneyi.

3.2.7. Basınç deneyleri

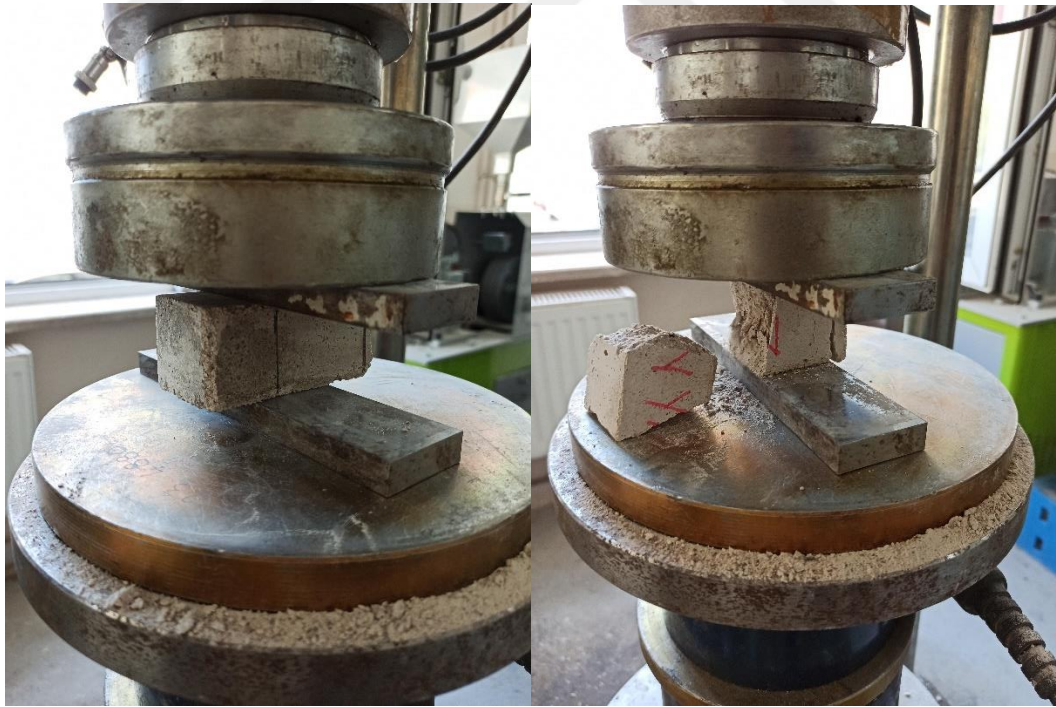
Basınç deneyi için eğilme deneyinden sonra ikiye ayrılan numuneler, 40x40 mm boyutundaki metal başlık altına düz yüzeyleri başlıklara değecek şekilde yerleştirilmiştir. Numuneler üzerine yük yavaş yavaş ve hassas bir şekilde uygulanmış ve kırılincaya kadar sabit hızda yükleme yapılmıştır. Elde edilen değer KN cinsinden olup dayanım değerini vermemektedir. Basınç dayanımının hesaplanması için (3.2) deki denklem kullanılır (TS EN 1015-11, 2020). Yükün numuneye etki ettiği alana oranı ile tespit edilmektedir. Basınç deneyi Şekil 3.15.'deki gibi yapılmıştır.

$$R_c = F_c / b^2 \quad (3.2)$$

R_c = Basınç Dayanımı (MPa)

F_c = Numunenin kırıldığı yük değeri (N)

b^2 = Metal kırma bağılığı alanı (mm^2) (40x40 mm)



Şekil 3.15. Basınç dayanımı deneyi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Referans ve Yumurta Akı Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları

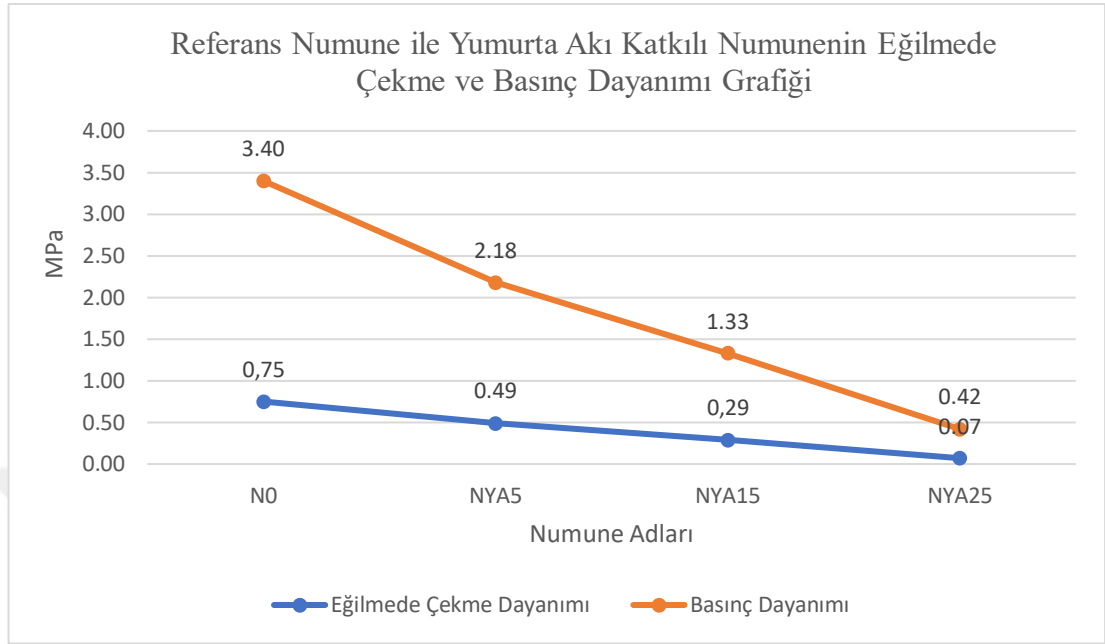
Yumurta akı katkılı ve referans numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.1.'deki gibidir.

Çizelge 4.1. Yumurta akı katkılı numunelerin deney sonuçları.

Numune Adı	Katkı Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)		Ultras ses Geçiş Deneyi (µs)	Eğilmede Çekme Deneyi (MPa)	Basınç Deneyi (MPa)
		Taze	Kuru			
N0a	0	2,00	1,69	69,70	0,77	3,37
N0b	0		1,66	68,50	0,82	3,51
N0c	0		1,67	68,00	0,65	3,32
NYA5a	5	1,96	1,66	76,80	0,49	2,21
NYA5b	5		1,59	76,00	0,52	2,29
NYA5c	5		1,61	75,00	0,45	2,05
NYA15a	15	1,85	1,31	96,20	0,27	1,36
NYA15b	15		1,38	96,10	0,33	1,38
NYA15c	15		1,44	96,50	0,26	1,26
NYA25a	25	1,66	1,19	119,50	0,08	0,55
NYA25b	25		1,28	122,70	0,08	0,36
NYA25c	25		1,27	120,90	0,06	0,34

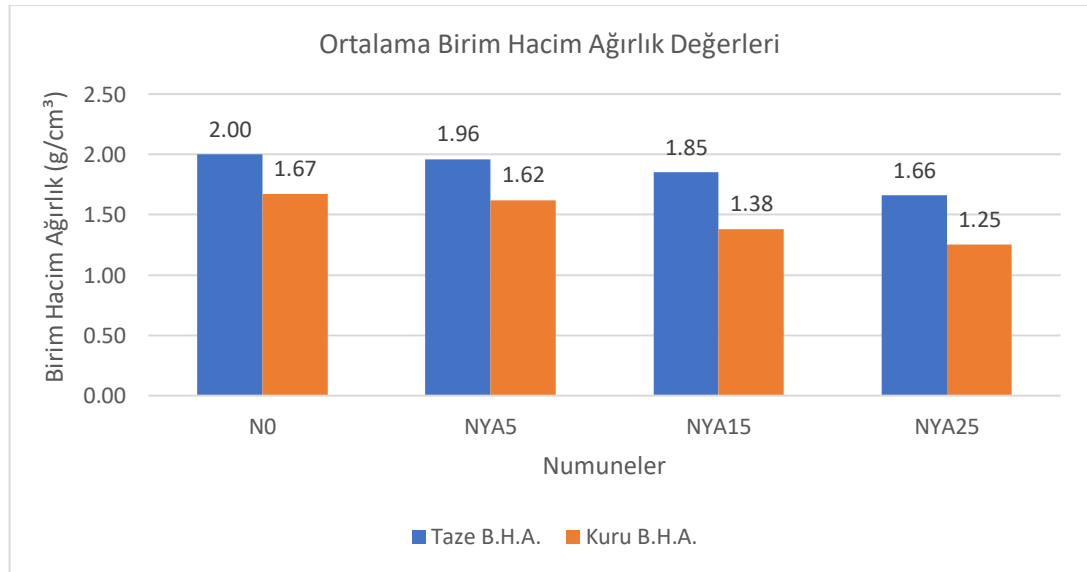
Deney sonuçlarına göre referans numunelerden alınan dayanım değerleri (0,82MPa – 3,51MPa), yumurta akı katkılı numunelere (0,52MPa – 2,29MPa) göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Harç içerisindeki yumurta akı oranı arttıkça, numunelerin dayanımlarında bariz bir düşüş görülmüştür. Yumurta akı katkılı numuneler arasında en fazla dayanıma sahip numune, “NYA5” yüzde beş katkılı numune olmuştur. Harç içerisindeki yumurta akı oranı arttıkça, numuneler hacimsel bir büyüme gerçekleştirmiş ve birim hacim ağırlık değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Ayrıca oranın artması ile numune içerisinde boşluk oranının arttığı ultras ses geçiş deneyi sayesinde tespit edilmiştir. Kılıç (2021) yaptığı çalışmada yumurta akı katkısı kullanmıştır ve 28 günlük harç numuneleri üzerinde yaptığı deney sonuçlarına göre, eğilme ve basınç dayanımının düştüğünden, yumurta akının harç içerisinde boşluklu bir yapı oluşturduğundan ve hacimce büyüme sağladığı için birim hacim ağırlığının düştüğünden bahsetmiştir.

Yumurta akı katkı ve referans numunelerin ortalama eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yumurta akı eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği.

Bu grafikte alınan sonuçlara göre, katkı oranının artmasıyla dayanımdaki düşüş daha net görülmektedir. Katkı oranı arttıkça hacimsel bir büyümenin gerçekleştiği ve birim hacim ağırlık oranlarında düşmelerin olduğu Şekil 4.2.'de görülmüştür. Bu durum numunelerin dayanımı konusunda bizlere fikir vermektedir.



Şekil 4.2. Yumurta akı ortalama birim hacim ağırlık grafiği.

4.2 Referans ve Yumurta Sarısı Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları

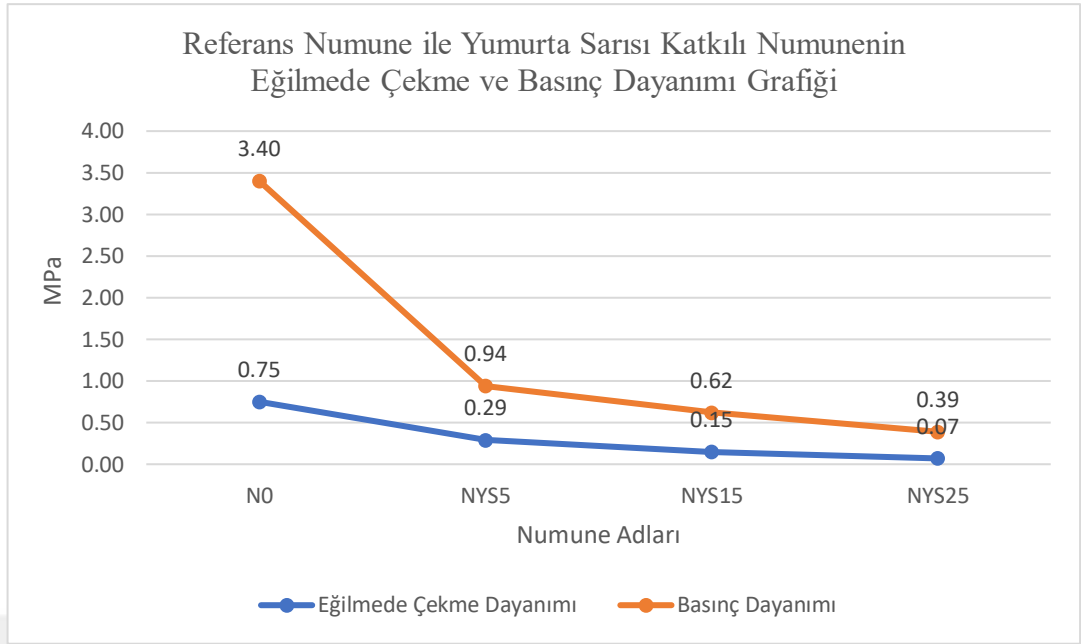
Yumurta sarısı katkılı ve referans numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.2.'deki gibidir.

Çizelge 4.2. Yumurta sarısı katkılı numunelerin deney sonuçları.

Numune Adı	Katkı Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)		Ultrases Geçiş Deneyi (μs)	Eğilmede Çekme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
		Taze	Kuru			
N0a	0	2,0	1,69	69,70	0,77	3,37
N0b	0		1,66	68,50	0,82	3,51
N0c	0		1,67	68,00	0,65	3,32
NYS5a	5	1,65	1,51	103,00	0,35	1,09
NYS5b	5		1,50	105,80	0,23	0,85
NYS5c	5		1,48	103,80	0,28	0,87
NYS15a	15	1,55	1,19	127,80	0,15	0,61
NYS15b	15		1,22	129,10	0,14	0,59
NYS15c	15		1,22	126,70	0,15	0,65
NYS25a	25	1,50	1,14	159,80	0,08	0,45
NYS25b	25		1,19	155,60	0,07	0,41
NYS25c	25		1,17	158,00	0,06	0,32

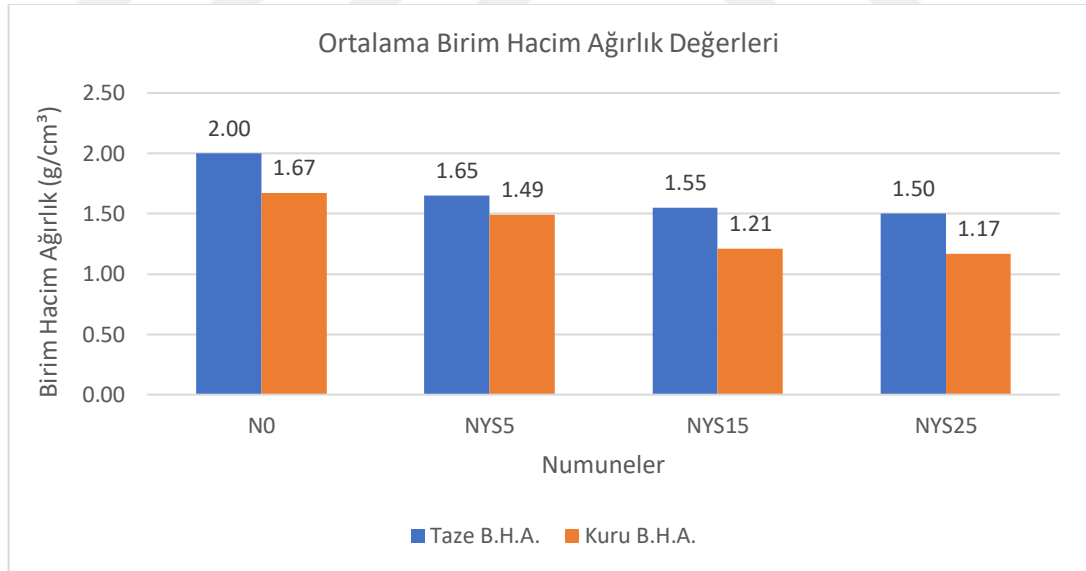
Deney sonuçlarına göre referans numunelerden alınan değerler (0,82MPa – 3,51MPa), yumurta sarısı katkılı numunelere (0,35MPa – 1,09MPa) göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Harç içerisindeki yumurta sarısı oranı arttıkça, numunelerin dayanımlarında bariz bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Yumurta sarısı katkılı numuneler arasında en fazla dayanıma sahip numune, “NYS5” yüzde beş katkılı numune olmuştur. Harç içerisindeki katkı (yumurta sarısı) oranının artması, numunelerin ağırlığında düşüşe sebebiyet vermiş ve birim hacim ağırlık değerlerinde düşmeler gözlemlenmiştir. Ayrıca oranların artması ile numune içerisinde boşluk oranının arttığı ultrases geçiş deneyi sonuçlarıyla ortaya konulmuştur.

Yumurta sarısı katkılı ve referans numunelerin ortalama eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre alınan sonuçlarda, katkı oranının artmasıyla dayanımdaki düşüş daha net görülmektedir.



Şekil 4.3. Yumurta sarısı eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği.

Katkı oranı artmasıyla numunenin ağırlık kaybına uğradığı ve birim hacim ağırlık oranlarının düşmüş olduğu Şekil 4.4.'de görülmektedir. Bu durum numunelerin dayanımının düşük olacağı hakkında fikir vermektedir.



Şekil 4.4. Yumurta sarısı ortalama birim hacim ağırlık grafiği.

4.3 Referans ve Yumurta Kabuğu Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları

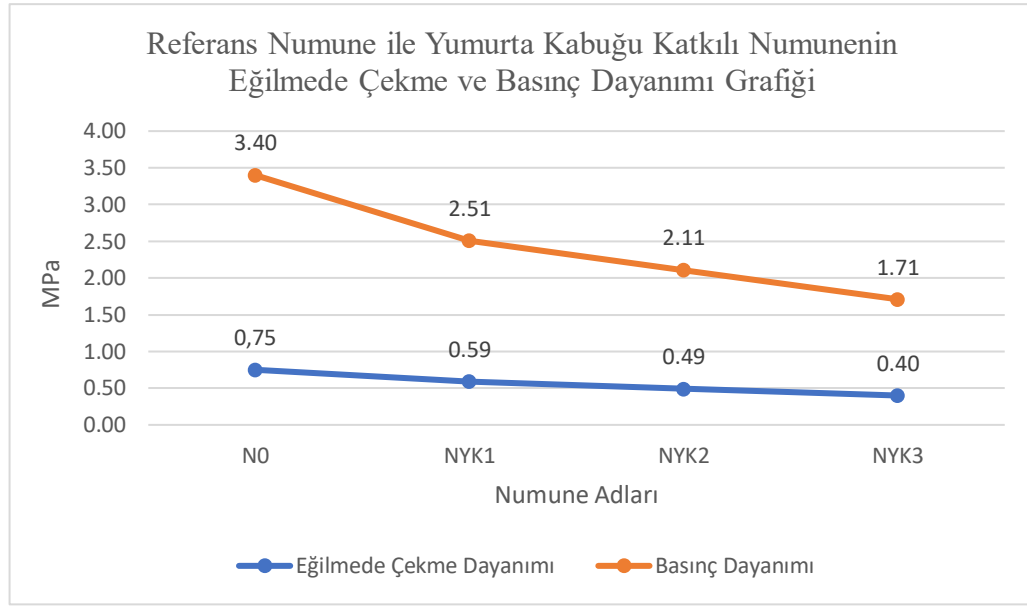
Yumurta kabuğu katkılı ve referans numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yumurta kabuğu katkılı numunelerin deney sonuçları.

Numune Adı	Katkı Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)		Ultrases Geçiş Deneyi (μs)	Eğilmede Çekme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
		Taze	Kuru			
N0a	0	2,0	1,69	69,70	0,77	3,37
N0b	0		1,66	68,50	0,82	3,51
N0c	0		1,67	68,00	0,65	3,32
NYK1a	3,38	1,90	1,56	70,00	0,63	2,77
NYK1b	3,38		1,66	70,70	0,54	2,24
NYK1c	3,38		1,57	72,10	0,59	2,52
NYK2a	6,63	1,89	1,60	72,50	0,47	1,98
NYK2b	6,63		1,53	72,80	0,49	2,11
NYK2c	6,63		1,55	72,20	0,52	2,23
NYK3a	10	1,88	1,51	75,50	0,45	1,75
NYK3b	10		1,49	78,30	0,35	1,67
NYK3c	10		1,49	77,20	0,40	1,71

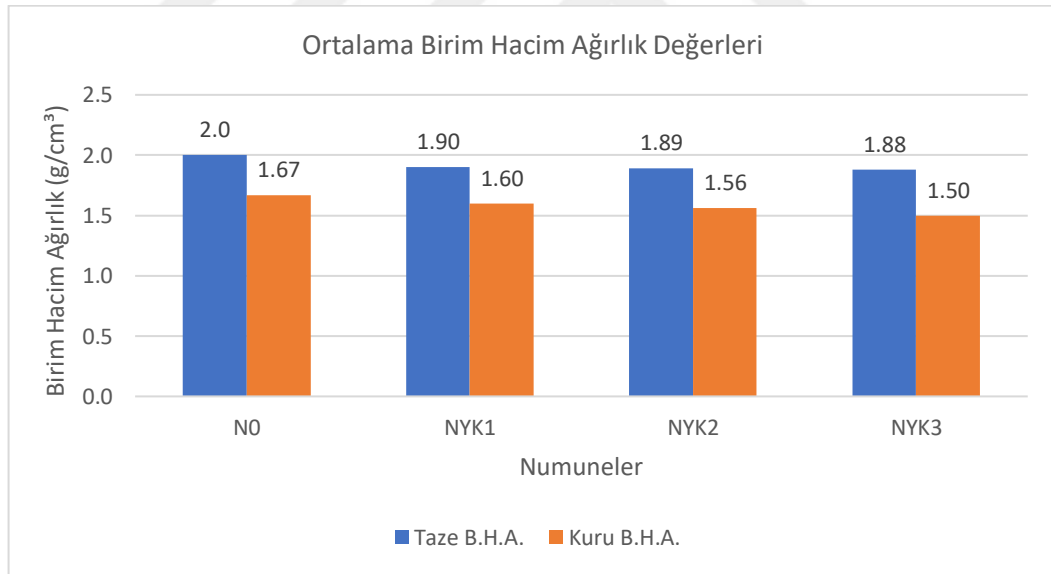
Deney sonuçlarına göre referans numunelerin değerleri (0,82MPa – 3,51MPa), yumurta kabuğu katkılı (0,63MPa – 2,77MPa) numunelere göre daha olumlu olduğu tespit edilmiştir. Harç içerisindeki yumurta kabuğu oranı arttıkça, numunelerin dayanımlarında bir düşüş olduğu görülmüştür. Kabuk katkılı numuneler arasında en fazla dayanıma sahip numune, “NYK1” (0,63-2,77 MPa) olmuştur. Ayrıca ultrases geçiş deneyi (70μs) sonucu referans numuneye en yakın değer elde edilmiştir. Harç içerisinde kullanılan yumurta kabuğunun yapısı itibarıyla %95’i kalsiyum karbonat, geri kalan kısmı ise proteinden oluşmaktadır. Hammadde olarak kirece benzese de kireç gibi su ile tepkimeye giremediği görülmektedir. Harç içerisindeki kabuk oranının artması ile numune içerisinde boşluk oranının az da olsa arttığı gözlemlenmiştir. Ultrases geçiş deneyi sonuçlarına göre iletim hızında artmalar görülmektedir. Birim hacim ağırlıklarında katkı oranının artması ile düşüş gözlemlenmiştir.

Yumurta kabuğu katkılı ve referans numunelerin ortalama eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 4.5.’de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre harç içerisindeki katkı oranının artmasıyla dayanımdaki düşüş daha net gözlemlenmektedir.



Şekil 4.5. Yumurta kabuğu eğilmede çekme ve basınç dayanımı ortalama grafiği.

Katkı oranı artması, birim hacim ağırlık değerlerinin düşmesine sebebiyet vermiştir bu durum Şekil 4.6.'da görülmektedir.

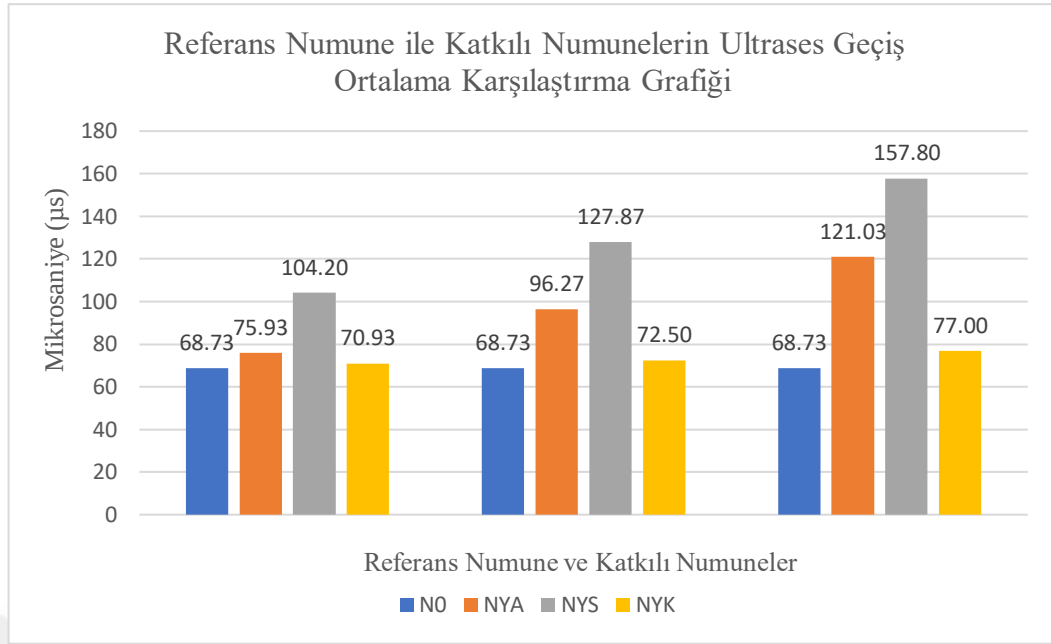


Şekil 4.6. Yumurta kabuğu ortalama birim hacim ağırlık grafiği.

Bu durum numunelerin ağırlık kaybına uğradığını göstermektedir. Dayanımların azalacağı hakkında fikir vermektedir.

4.4 Numunelerin Ortalama Ultrases Geçiş Deneyi Sonuçları

Tüm numunelerin ortalama ultrases geçiş deney sonuçları Şekil 4.7.'de verilmiştir.

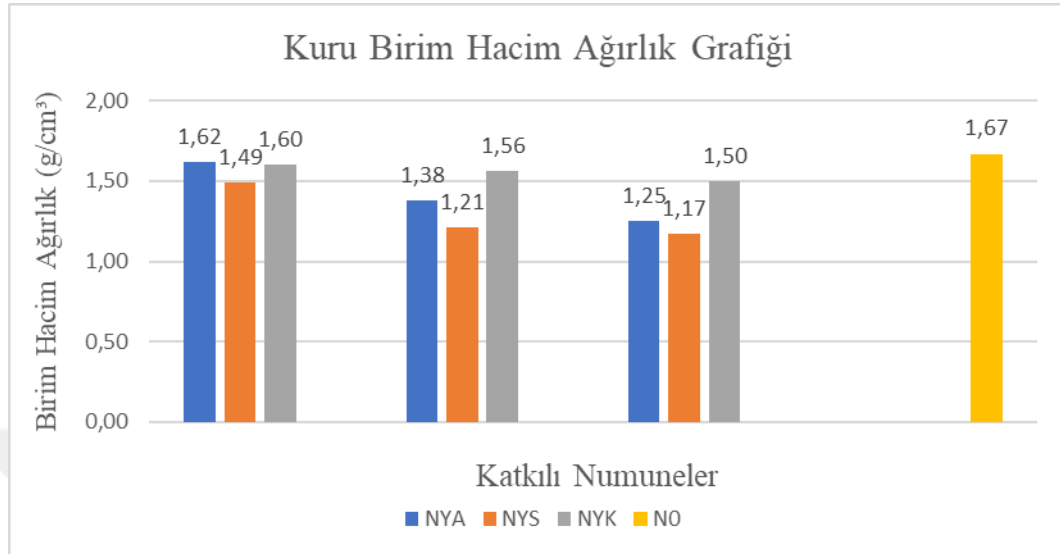


Şekil 4.7. Numunelerin ultrases geçiş ortalama grafiği.

Deney sonuçlarına göre boşluk oranı en az olan numune referans numune N0 (68,73 μ s) olduğu görülmüştür. %5 - %15 - %25 katkılı numuneler incelendiğinde en fazla boşluk oranına yumurta sarısı katkılı (NYS) numunelerin sahip olduğu tespit edilmiştir. NYK1 (%3,38) oranında yumurta kabuğu katkısı olan numune, referans numuneye yakın sonucu vermiştir. En fazla boşluk oranına sahip numune NYS25 (157,80 μ s) olduğu görülmüştür. Grafik, harç içerisinde kullanılan katkı oranlarının artmasıyla ultrases geçiş sürelerinin arttığını göstermektedir. Bu durum boşluk oranının fazla olduğunun göstergesidir.

4.5 Katkılı Numunelerin Ortalama Birim Hacim Ağırlık Karşılaştırması

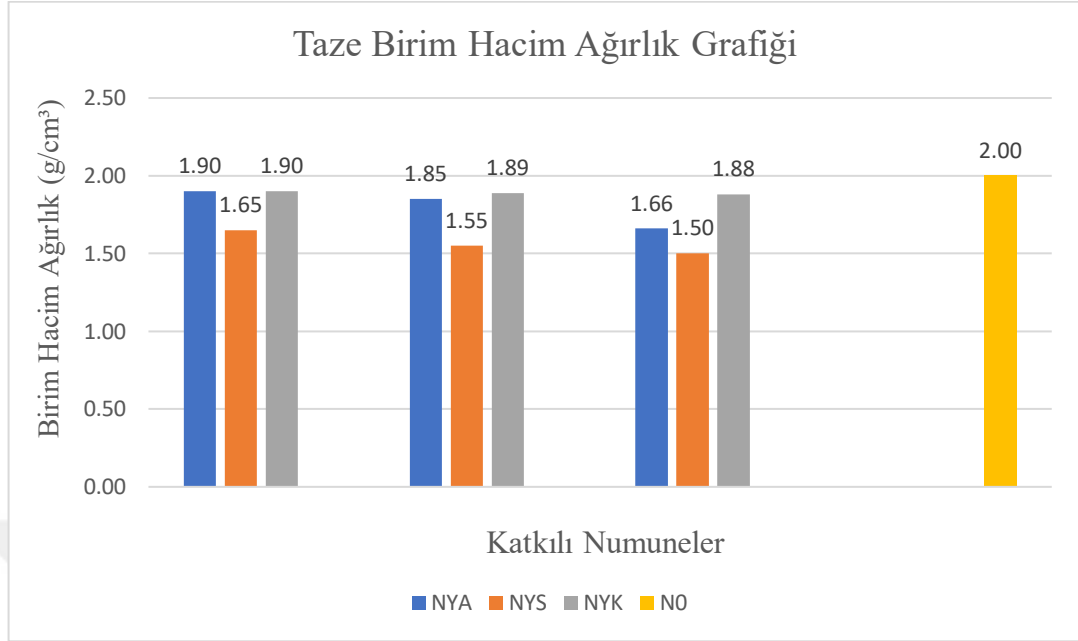
Tüm numunelerin ortalama kuru birim hacim ağırlık değeri Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Katkılı numunelerin kuru birim hacim ağırlık karşılaştırması.

Katkılı numunelerin kuru birim hacim ağırlık değerlerinin bulunduğu grafik incelendiğinde, her sütunun altında numunelerin içerisindeki katkı oranları yer aldığı görülmektedir. Düşük katkı %5 oranındaki “NYA” yumurta akı numunelerinin en fazla birim hacim ağırlık değerine sahip katkı olduğu görülmüştür. Düşük katkı %3,38 oranındaki “NYK” yumurta kabuğu olan numunelerin ortalama birim hacim ağırlığı, yumurta akı %5 ile yakın sonuç vermiş olsa da harç içerisindeki katkı oranının artması ile birim hacim ağırlıklarında düşüş görülmüştür. Bu düşüş yumurta akı katkılı numunelerde fazla iken, yumurta kabuğu olan numunelerde az olduğu tespit edilmiştir. Her katkı oranında en düşük birim hacim ağırlık değerine sahip olan “NYS” yumurta sarısı katkısı ise diğer katkıların önüne geçememiş ve en fazla boşluk oranına sahip numuneler olmuştur. Grafiğin en sağında referans numunenin kuru birim hacim ağırlık değeri verilmiştir.

Tüm numunelerin ortalama taze birim hacim ağırlık değerleri Şekil 4.9.'da verilmiştir.

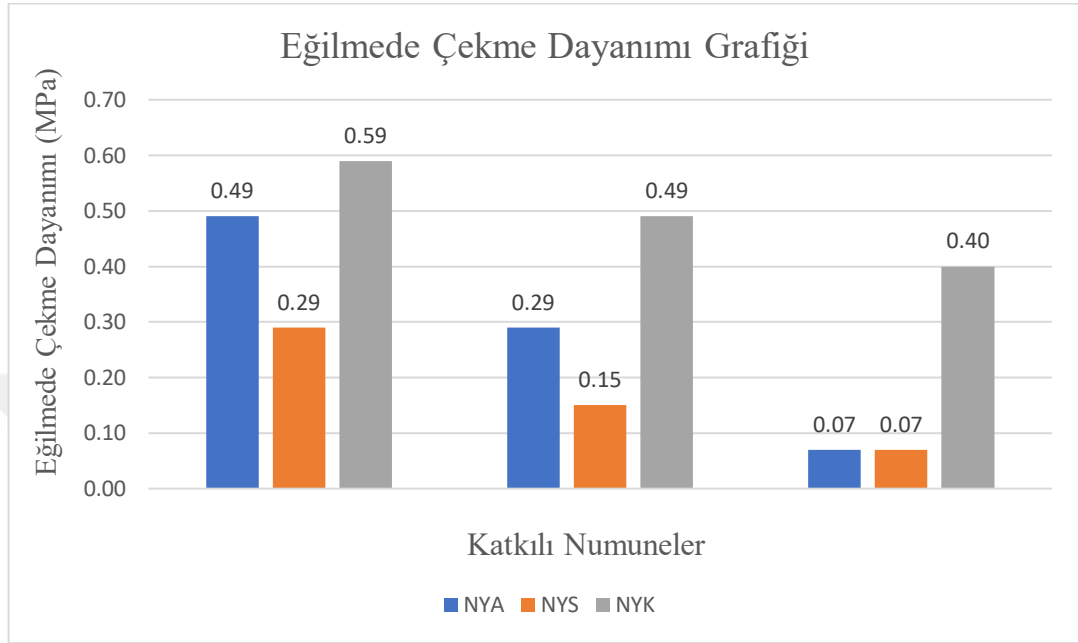


Şekil 4.9. Katkılı numunelerin taze birim hacim ağırlık karşılaştırması.

Katkılı numunelerin taze birim hacim ağırlık ortalama değerlerinin bulunduğu grafik incelendiğinde, her sütunun altında numunelerin katkı oranlarının yer aldığı görülmektedir. Her oranda en düşük taze birim hacim ağırlık değerine sahip katkı “NYS” yumurta sarısı olduğu tespit edilmiştir. En fazla birim hacim ağırlık değerine sahip numuneler, %5 yumurta akı ve %3,38 yumurta kabuğu katkılı numuneler olduğu (1,90 g/cm³) olduğu görülmüştür. Katkı oranlarının artması tüm numuneler için birim hacim ağırlık değerlerinde düşüşe sebebiyet vermiştir. En az değişime uğrayan katkı “NYK” yumurta kabuğu olduğu görülmüştür. Numunelerin birim hacim ağırlıklarındaki bu değişim bünyelerindeki boşluk oranı ve kazanacakları dayanım hakkında bizlere ön fikir vermektedir. Grafiğin en sağında referans numunenin taze birim hacim ağırlık değeri verilmiştir.

4.6 Katkılı Numunelerin Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Karşılaştırması

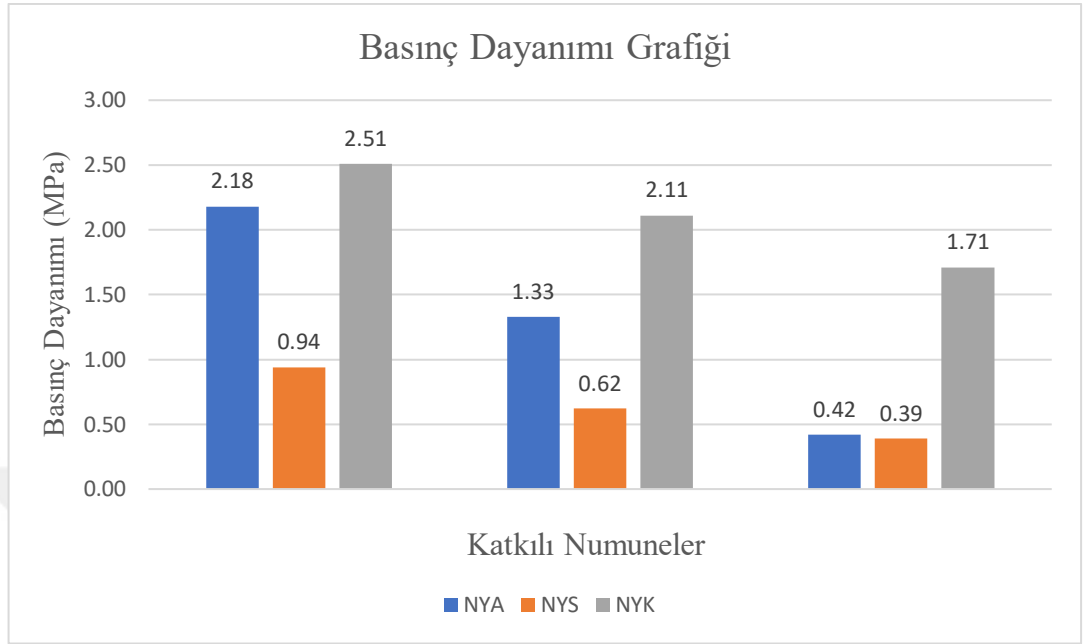
Katkılı numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanım değerleri Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımı karşılaştırması.

Katkılı numunelerin kendi aralarındaki ortalama eğilmede çekme dayanımları incelendiğinde, sütunların alt kısmında ilgili katkı oranlarının yer aldığı görülmektedir. Yapılan tespite göre %3,38 yumurta kabuğu “NYK” katkısının en fazla dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Numunelerdeki katkı oranının artması, her katkı için eğilmede çekme dayanımlarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Yumurta sarısı katkısı “NYS” kullanılan numuneler her oranda en düşük dayanıma sahip numuneler olmuştur.

Katkılı numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri Şekil 4.11.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.11. Katkılı numunelerin basınç dayanımı karşılaştırması.

Katkılı numunelerin kendi aralarındaki ortalama basınç dayanımları incelendiğinde sütunların alt kısmında ilgili katkı oranlarının yer aldığı görülmektedir. En fazla basınç dayanımına sahip numunelerin %3,38 oranındaki yumurta kabuğu katkılı numuneler olduğu görülmüştür (2,51 MPa). Her bir katkı için katkı oranının artırılması, basınç dayanımını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Yumurta kabuğu katkılı numunelerdeki düşüşün en az olduğu görülmüştür. Her oran için en az basınç dayanımına sahip katkılı numuneler ise yumurta sarısı kullanılan numuneler olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda, doğal hidrolik kireç harcında farklı oranlarda yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu kullanılarak 40 günün sonunda, birim hacim ağırlık, ultrases geçiş, basınç ve eğilmede çekme deneyleri yapılmış ve sonuçları tespit edilmiştir. Deneylerden alınan sonuçlar ışığında aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.

- Yapılan eğilmede çekme deneyi sonuçlarının ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek değer referans numuneye (0,75 MPa) ait olduğu tespit edilmiştir.
- Yumurta akı, yumurta sarısı, yumurta kabuğu katkılarının kendi içlerinde oranlarının artması, numunelerin boşluk oranını artırmıştır.
- En yüksek boşluk oranına sahip numuneler, %25 oranında yumurta sarısı katkılı numuneler olduğu tespit edilmiştir.
- Numunelerin ortalama basınç dayanımlarına bakıldığında, alınan sonuçlar incelendiğinde en yüksek değer referans numuneye (3,40 MPa) ait olduğu tespit edilmiştir.
- Katkılı doğal hidrolik kireç harcı numunelerinde, katkı oranının artması ile eğilmede çekme ve basınç dayanımlarında bariz düşüşlerin olduğu gözlemlenmiştir.
- Numunelerin kuru birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde, en fazla değer referans numunesinde ($1,67 \text{ g/cm}^3$) olduğu görülmüştür. Diğer numuneler incelendiğinde her oran kendi içinde kıyaslanırsa, yumurta kabuğu > yumurta akı > yumurta sarısı şeklinde sıralanmıştır. Katkı oranlarının artması numune ağırlığının düşmesine sebebiyet vermiştir. Bu durum birim hacim ağırlıkta düşüşe neden olmuştur.
- Yumurta akının harç numunesinin kırılganlığını azalttığı, harcın adezyonunu artırdığı çalışma ile belirlenmiştir. Özgen (2012) çalışmasında yumurta akı katılan harcın, katkısız harca göre daha yoğun ve akıcılığının az olduğundan bahsetmiştir.
- Yumurta kabuğunun, kireç taşına benzer bileşen olan kalsiyum karbonat (CaCO_3) içermesine rağmen, harç içerisinde tepkimeye girememiş ve dayanıma katkısının olmadığı görülmüştür.

Elde edilen bulgular ışığında, restorasyon harcı olarak bilinen doğal hidrolik kireç harcı için katkı olarak kullanılan yumurta akının harcın dayanımında düşüşe sebep olduğu için dayanım gerektirecek yapı elemanlarında kullanılması önerilmemektedir. Ayrıca harcın yapısında oluşan boşluk oranının fazla olması, harcın özelliklerini dayanım yönünden olumsuz etkilemektedir. Kılıç (2021) çalışmasında yumurta akı katkısının, horasan harcının eğilme ve basınç dayanımlarında azalmaya sebep olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca boşluklu yapısı itibariyle ses ve ısı yalıtımı gerektiren yerlerde yalıtım harcı olarak kullanılabileceğini düşündüğünü söylemiştir. Özgen (2012) yumurta akı ile ilgili yapmış olduğu çalışmada katkının basınç dayanımına herhangi bir etkisinin olmadığından bahsetmiştir.

Çalışmalar sonucunda doğal hidrolik kireç harcı ile ilgili olarak, yumurta sarısı katkısının kullanılması halinde 40 günlük süreçte ortaya çıkan veriler ışığında, yapı elemanlarında kullanılacak harcın boşluklu bir yapıda olacağı ve eğilme ve basınç dayanımları açısından ciddi bir düşüş yaşayacağı tespit edilmiştir. Yumurta sarısı katkısının da dayanım için kullanılması tavsiye edilmemektedir.

Yumurta kabuğu harç içindeki kireç ile benzer bileşene sahip olsa da tepkimeye giremediği için numunelerin dayanımında azalmaya sebep olmuştur. Harç içerisinde kullanılan diğer katkılara göre daha olumlu sonuçlar gösterse de referans numune kadar iyi sonuçlar veremediği için dayanım açısından yumurta kabuğunun kullanılması tavsiye edilmemektedir.

Bu bilgiler ışığında deneysel çalışmada kullanılan katkıların, farklı agregalar (tuğla, mermer) ve farklı katkı malzemeleri (lifler, kırıntı, puzolan) ile birlikte kullanımında nasıl etkiler oluşturacağı, doğal hidrolik kireç harcının dayanımı artıracak yönlerde ne gibi katkılar sağlayacağı incelenebilir ve farklı kombine katkılar hakkında araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akman, S., 1990. Yapı malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Akman, M. S., 2003. Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 426, 30-36.
- Akman, M. S., Güner A. ve Aksoy İ. H., 1986. Horasan harcı ve betonunun tarihi ve teknik özellikleri, II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi, İstanbul, 16. Yüzyılda Türk ve İslam Bilim ve Teknolojisi Kitabı, 1, 305.
- 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, Trabzon, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi Kitabı, 559-568.
- Altaş, G. K., Özgünler, S. A. ve Güldal, E., 2012. İstanbul'daki Roma dönemi saray yapılarındaki horasan harçlarının incelenmesi, Vakıf Restorasyon Yıllığı Dergisi, 4, 21-29.
- Altun, M. G., Özen, S. ve Mardani A. A., 2018. Polipropilen lif kullanımının doğal hidrolik kireçli harçların kurma büzülmesine etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 427-435.
- Aslan, G., 2019. Mozaikli Villa (Tripolis-Denizli) mekân duvarlarında kullanılan harçların arkeometrik yöntemlerle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Arkeoloji Enstitüsü, Denizli.
- Böke, H., Akkurt, S. ve İpekoğlu, B., 2004. Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvalarının özellikleri, Yapı Dergisi, 269, 90-95.
- Canbaz, M. ve Güler, E., 2017. Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisi, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 543-548.
- Cinemre, M., 2019. Kesme taş duvarlarda kullanılan tarihi horasan harçlarının mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.
- Çamlıbel, N., 1996. Sinan mimarlığında yapı strüktürünün analitik incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, İstanbul.
- Dayı, M., 2017. Tarihi yapılarda kullanılan horasan harçlarının incelenmesi ve alternatif horasan harcının üretilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Diker, H. F., Özgünler, S. A. ve Buzlu, F., 2020. Bizans ve Osmanlı yazmalarındaki organik harç katkıları üzerine bir araştırma, Uluslararası Ayasofya Sempozyumu, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 41, 835-856.
- Ekşi Akbulut, D., 2006. Tarihi yapıların onarımında kullanılacak harçların seçimin yönelik bir öneri, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, S. ve Erdoğan, T., 2007. Puzolanik mineral katkıları ve tarihi geçmişleri, 2. Yapılarda Kimyasal Katkıları Sempozyumu, Ankara, Bildiriler Kitabı, 263-275.
- Gökçen, G., 2021. Horasan harcında farklı tür ve oranlarda agrega kullanımının harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Güleç, A. ve Emre, G., 2009. Sultanahmet büyük saray kazıları kalıntıları harç sıva analizleri, Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 1, 2, 50-60.
- Gündüz, L. ve Kalkan, Ş. O., 2018. Yapısal restorasyon harçlarında kırılgan boyutlarının harcın teknik özelliklerine etkisinin incelenmesi, ECSAC Avrupa Bilim-Sanat ve Kültür Konferansı, Antalya, Bildiriler Kitabı, 19-22, 243-251.
- Gürdal, E. ve Acun, S., 2004. Mineral esaslı sıvalarda polipropilen lif katkısının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongre ve Sergisi, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 2.
- Gürhan, F., Uğurlu Sağın, E. ve Böke, H., 2017. Aydın eski hamam sıva özellikleri, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 227-236.
- Işık, Ö. ve Kapur, S., 2012. Konya Şerafeddin camisi yakınındaki türbenin tuğla duvar malzemesinin arkeometrik yönden araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28, 2, 177-187.
- Işıkdag, B. ve Topçu, İ., 2013. The effect of ground granulated blast-furnace slag on properties of horasan mortar, Construction And Building Materials, 40, 448-454.
- Kahraman, G., 2008. Erken Bizans dönemi horasan harçlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavasoğlu, E., 2019. Mikro fiber ve uçucu kül katkılı çimento harçlarının dayanıklılık indeksinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Kılıç, İ., 2007. Horasan harç ve sıvaları, Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Ankara, Bildiriler Kitabı, 1, 277-283.

- Kılıç, İ., 2021. Horasan harcında yumurta akı kullanımının incelenmesi, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 7, 122-134.
- 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, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/A Mimarlık, 10, 1, 125-136.
- Kurugöl, S. ve Güleç, A., 2010. Anadolu hisarı harçlarının fiziko-kimyasal ve petrografik özelliklerinin incelenmesi, Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 5, 59-69.
- Mavioğlu, Ü. A., 2011. Farklı puzolanik katkıları ile hazırlanan horasan harçlarının değişen parametrelerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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, 11, 57-68.
- Özgünler, A. S., Ersen, A., ve Güleç, A., 2010. Yedikule kara surlarında kullanılan erken Bizans dönemi harçlarının karakterizasyonu üzerine bir araştırma, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 5, 31-39.
- Pekmezci, P., 2012. Çukurova bölgesindeki (Kilikya) bazı tarihi yapılarda kullanılan harçların karakterizasyonu ve onarım harçları için 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.
- Sağın, E. U. ve Böke, H., 2010. Koruma amaçlı üretilecek horasan harç ve sıvalarda kullanılacak kirecin ve tuğlaların özellikleri, 5. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 385-396.
- Sayın, B., 2016. Tarihi yığma yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulama önerileri, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7, 3, 387-398.
- Şimşek, N., 2021. Kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılı horasan harcının özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

- Şişik, Ö., 2017. Edirne’de bulunan 15.yy Ve 16.yy’da inşaa edilmiş tarihi cami ve türbelerin taşıyıcı sistem analizi ve çözüm önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Topçu, İ. B., Gökbel, S. ve Işıkdag, B., 2015. Genleştirilmiş perlitin horasan harçlarında kullanılması, II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, Ankara, Bildiriler Kitabı, 133-137.
- TS EN 1015-1, 2000. Kagit harcı-deney metotları- tane büyüklüğü dağılımı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-10, 2001. Kagit harcı-deney metotları-bölüm10, sertleşmiş harcın boşluklu kuru birim hacim kütlelerinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-11, 2020. Kagit harcı-deney yöntemleri-bölüm 11, sertleşmiş harcın eğilmede çekme ve basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 14579, 2006. Doğal taşlar-deney metotları-ses hızı ilerlemesinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2016. Çimento denet metotları, dayanım tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 459-1, 2015. Yapı kireci, tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 459-2, 2012 Yapı kireci- bölüm 2: deney Yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uğurlu, E. ve Böke, H., 2009. Tarihi yapıların özgün değerleri ile korunması, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 1, 2, 17-19.
- Uğur, T. ve Güleç, A., 2016. Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri, Restorasyon ve Konservasyon Dergisi, 17, 77-91.
- Ulukaya, S., 2016. Tarihi kireç harcı özelliklerine uygun yeni malzemelerin üretimi ve sayısal analiz için malzeme parametrelerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, C., 2010. Portland çimentosu kullanımının horasan harcı özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Talha Furkan MUCUK

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
2015-2019

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2021-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. -

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Mucuk, T. F., 2024. Yumurta akı katkısının horasan harcının dayanımına etkisinin incelenmesi, 2. Uluslararası Matematik ve Mühendislik Kongresi, Bursa, Bursa 2. Uluslararası Matematik ve Mühendislik Kongresi Kitabı, 198.