

ÇEŞİTLİ ORGANİK KATKILARIN KİREÇİN KARBONİZASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Çiğdem Tekin, Sedat Kurugöl

Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, MSGSÜ, 34427, Fındıklı/İstanbul
cigdemad@hotmail.com, sedatkurugol@gmail.com

(Geliş/Received: 02.03.2011; Kabul/Accepted: 28.06.2012)

ÖZET

Bu çalışmada çeşitli organik katkıların kireç bağlayıcısı üzerindeki etkilerini tespit etmek ve geleneksel yapıların koruma onarım çalışmalarında kullanılabilirliğine dair sonuçlar elde edebilmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda süt, yumurta akı, yumurta sarısı, alkolsüz bira, esmer şeker ve şeker kamışı suyu gibi 6 değişik organik katkı ile iki farklı karışım oranında kireç harçları hazırlanarak bu harçların çeşitli periyotlarla ultrases hızları ölçülmüş ve 28 gün sonunda da mekanik deneylere tabi tutulmuşlardır. Mekanik deneylerden artan harç örnekler üzerinde fenolftalein testi ve XRD analizleri yapılarak, bahsedilen organik katkıların kireç üzerindeki karbonatlaşma ve kimyasal etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucu, kireç harçlarının mekanik dayanımları üzerinde yumurta akı ve yumurta sarısı katkısının olumlu bir etki yaptığı ve artan karışım oranına göre bu etkinin nispeten azaldığı, diğer katkıların ise genellikle priz geciktirici bir etki yaptığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kireç, Karbonatlaşma, Organik katkılar, Sıva, Harç.

IMPACTS OF VARIOUS ORGANIC ADDITIVES ON CARBONIZATION OF LIME

ABSTRACT

This study aims to detect impacts of various organic additives on lime binders and to obtain results about their usability during protective and repair works of traditional structures. In this scope, lime mortars are prepared in two different mixture rates by 6 different organic additives including milk, egg white, egg yolk, root beer, brown sugar and sugar cane juice; ultra sound speeds of these mortars are measured in different periods and mechanical tests are applied at the end of 28 days. Fenolftalein tests and XRD analysis is applied on mortar samples remained after mechanical tests as a result of which carbonization and chemical impacts of organic additives on lime are evaluated. According to the mechanical tests, it is identified that egg white and yolk have positive impact on mechanical strength of lime mortars and this impact relatively decreases on the basis of increasing mixture rate; whereas, other additives have retarding effect.

Key words: Lime, Carbonation, Organic additives, Plaster, Mortar.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alçı ve asfaltın kullanımından sonra, kireçtaşının pişirilmesi işleminin Avrupa'da bulunmasıyla [1], kireç bağlayıcısı harç üretiminin en önemli bileşeni olmuştur. Kirecin MÖ 7000 yıllarında kullanıldığına ilişkin bilgiler yer almaktadır [2]. Kireç, Antik Mısır çağında piramitlerin inşa edilmesinde alçı taşı ile birlikte kullanılmıştır. Kireç üretimi ve kullanımına ilişkin bilgiler Mısır'dan Mezopotamya'ya, daha

sonra Yunanistan, Çin ve Roma'ya yayılmıştır [3]. Erken Yunan döneminde kireç harcı yapı işlerinde kullanılmıştır [4]. Kullanımına ilişkin örneklere Filistin ve Anadolu'da da rastlamak mümkündür [5]. Roma döneminde de harç teknolojisi oldukça gelişmiştir, genellikle kireç-kum ve kireç-alçı karışımli hibrit harçlar uygulama alanı bulmuştur [6]. Sonra kireç harçlarında puzolanik malzemeler olarak; volkanik kül, seramik kırığı ve tuğla tozu [7] kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemelerden üretilen

hidrolik karakterdeki harç türü Roma harcı [8,9] olarak da bilinmekte olup, Avrupa ve Batı Asya’da, 19 yy’da çimentonun keşfine kadar, yaygın bir şekilde kullanılmıştır [9].

Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır. Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak ya da saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir [10]. Geçmişte, kireç esaslı harç ve sıvalar tarihi yapılarda yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Türkiye’de tarihi yapılarda kireç genellikle horasan, tatlı kireç ve lökün harcı olarak kullanılmıştır. Tuğla, kiremit ve benzeri malzemelerin toz ve parçacıkları kireçle karıştırılarak, birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidrolik özellikte olup ülkemizde, Horasan harcı ve sıvaları olarak bilinmektedir. Bu harçlar Roma döneminde “Cocciopesto” [11], Hindistan’da “Surkhi” [12], Arap ülkelerinde “Homra” [10] adlarıyla bilinmektedir.

Tatlı kireç harcı ise; toz halinde elde edilmiş ve bir cins alçı (bazı illerde alçı ve kireç birlikte) olan tatlı kireç, su ile karıştırılarak Orta Anadolu’daki çoğu geleneksel yapının iç ve dış sıvaları ve süslemelerinde kullanılmıştır [13,14]. Lökün ise; kireç ve bezir yağı karışımından elde edilen bir macundur, su yolu ve su künklerinin birbirine yapıştırılmasında ve su sızmasının önlenmesinde, özellikle su yalıtımında kullanılmıştır [15].

2. KİREÇ ESASLI HARÇLARDA ORGANİK KATKILARIN KULLANIMI

(THE USE OF ORGANIC ADDITIVES IN LIME BASED MORTARS)

Antik çağlarda kullanılan kireç harçları, genellikle yetersiz kaliteye sahip olmuştur. Bu nedenle harcın özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, farklı katkı maddeleri kullanılmıştır. Antik Mısır’da harçlarda yumurta beyazı, öküz kanı, meyve suyu, keratin ve

kazeinin kullanıldığına dair kayıtlar bulunmaktadır [3,16].

Zaman içinde kireç harcının özelliklerini iyileştirmek amacıyla, yerel olarak elde edilmesi mümkün olan malzemelerin kullanımı artmıştır. Yerel tarım ürünleri (bakliyat, meyve ve sebzeler), yağlar, yumurta, süt, kan, gübre, hayvan kılı gibi diğer malzemelerinde dahil olduğu farklı kaynaklardan elde edilen birbirinden farklı maddeler kullanılmıştır. Her ne kadar karışımlara, elde edilebilen her şeyin dahil edilmesi mümkünmüş gibi görünse de, bu karışımların ardında geleneksel bir yöntemin yattığı açıktır [16].

Organik ya da inorganik katkı maddeleri diğer özelliklerinin yanı sıra, hazırlanan harçların özelliklerini değiştirmektedir. Hayvansal ve bitkisel kökenli lif ve kıllar, harç ya da sıvanın çekme, eğilme ve çarpma mukavemetini artırmak için kullanılmaktadır. Bu artış kullanılan lifin E-Modülünün matris malzemenin daha yüksek olmasına bağlı olarak değişmektedir [17]. Lifli harç ya da sıvalar daha doymuş bir yapı kazanarak su geçirimsizliği de elde edilmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar esas alınarak, kullanılan katkıların kireç harcı üzerindeki etkileri Tablo 1’de gösterilmiştir [2,3,18-21].

Kireç harcının üretiminde katkı olarak, sıvı (bezir yağı) ve katı (domuz yağı, tereyağ) yağlar da kullanılmıştır. Harçlara eklenmelerinin sebebi ise Tablo 1’de de ifade edildiği gibi harçların hidrofobik hale getirilmesi ve buna bağlı olarak parçalanmaya karşı daha dirençli hale getirilmeleridir. Bu harçlar, özellikle yol kaplamalarında, su ve nemle yüksek seviyede teması olan alanlarda kullanılmıştır [22]. Türkiye’de genellikle lökün harcı olarak kullanımı yaygındır. Protein, sakkarit ve diğer doğal katkı maddelerinin kullanımına ilişkin literatürde çok fazla bilgi olsa da [23-28] bezir yağı, katı ve sıvı yağlara ilişkin çok fazla bilgi elde edilememektedir. Sıvı ve katı yağlar, genellikle sertleştirilmiş harca uygulanan koruyucu kaplama olarak ele alınmaktadır [27,29,30].

Tablo 1. Çeşitli katkıların harç üzerindeki etkileri (Impacts of various additives on mortar)

Doğal Bileşenler	Harca etkisi
Yumurta beyazı, kan, lor, şeker, domuz yağı, kazein, nişasta	Sertleşmeyi hızlandırıcı
Yumurta beyazı, kan, şeker, meyve suyu, glüten, pekmez	Sertleşmeyi geciktirici
Süt, yumurta beyazı, yağ, şeker, reçine, gübre, nişasta	Plastikleştirici
Yağlar, sıvı yağ, asfalt, şeker	Su geçirmezlik
Süt, yumurta beyazı, kazein, peynir, kan, şeker, pekmez, yağ, meyve suyu, çavdar hamuru, pirinç nişastası, glüten	Dayanıklılık
Hayvan kılı, saman, deniz yosunu, karaağaç kabuğu, lifli bitkiler, pamuk, pirinç, arpa	Takviye

Çin’de, Avrupa ülkelerinden farklı olarak yapışkan pirinç katkıli kireç harçları kullanılmıştır. Yapışkan pirinç, bitki yapraklarının suyu, balık yağı, hayvan kanı ve tung ağacının tohumlarından elde edilen ve yağ niteliği taşıyan doğal organik katkıları, kireç harçlarının performansını oldukça geliştirmiştir [31]. Türkiye’de yapılan bir çalışmada ise, Türkçe’ye çevrilen 500 yıllık eski el yazmalarında Ayasofya Cami’sinin inşasında dışbudak ağacının (Fraxinus Excelsior) yaprağının suda kaynatıldığı ve elde edilen sıvının kireçle karıştırılarak, harç üretiminde kullanıldığı belirtilmektedir [32].

Organik katkı maddelerini ele alan bilimsel çalışmalar, teknik değildir. Ancak, organik katkı maddelerinin uzun yıllardan beri kullanımı, bu maddelerin özelliklerini ve niteliklerini kanıtlamıştır. Bu konuda önemli çalışmalar; 1594 yılında Hugh Plat, 1703’de Joseph Moxon, 1726’de Richard Neve ve 1850’de George Burnel tarafından yapılmıştır.

Doğal katkıların kireç esaslı harçlarda kullanımına ilişkin tarihsel sıralama Hugh Plat, Joseph Moxon, Richard Neve ve George Burnel’in de yaptığı çalışmalar da esas alınarak Sickels, Pliny, Alberti ve Chandra tarafından yapılmıştır (Tablo 2) [16,19,20,22,24,33].

Günümüze kadar sade kireç harcı ya da kireç hamurunda organik katkıların kullanımı ile ilgili deneysel çalışmaya dayalı bir araştırma yok denecek kadar azdır, yapılanlarda karışımında kirecin de bulunduğu melez harçlar ile ilgilidir.

Literatür araştırmasına göre, yapılan araştırmalar genellikle tarihi yapılarda kullanılan harçların analizi ve yapının özgün haline uygun onarım harçları için öneri harcı ya da harç ve genellikle betonun özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlı organik katkıların kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır [3,20,21,33-43]. Harç karışımı içindeki oranı küçük olmasına rağmen,

Tablo 2. Organik katkıların kullanımı (The use of organic additives)

Tarihsel sıralama	Protein	Yağ	Sakkarit	Reçine	Diğer
MÖ 2500-2100 (Orta Doğu)					Bitüm
MÖ 150 (Mısır)	Yumurta, Yumurta Beyazı, Albumin, Hayvansal yapıştırıcı, Kazein, Keratin		İncir suyu, Arap zamkı		Kan
MÖ 46 (Roma İmparatorluğu)	Yumurta beyazı, süt, Kesilmiş süt, Çavdar hamuru	Domuz yağı	İncir suyu		Kan
MS 23 (Roma İmparatorluğu)	Süt, Kıl	Domuz yağı, Sıvıyağ, İçyağ	İncir suyu		Bitüm, Kan, Şarap, Lif, Arpa, Karaağaç kabuğu, Tutkal, Safran
MS 800 (İngiltere)					Kan
13.yy (İngiltere)	Yumurta, Yumurta beyazı, Malt, Glüten	Balmumu	Şeker, Meyve suyu		İdrar, Bira, Pirinç, Tutkal
15.yy	Sıvıyağ				
16.yy	Yumurta, Yumurta beyazı, Malt, Glüten	Balmumu	Şeker, Meyve suyu, Arap zamkı		Kan, İdrar, Bira, Pirinç, Tutkal
17.yy			Arap zamkı		Kan
18.yy (İngiltere)	Yumurta, Yumurta beyazı, Hayvansal yapıştırıcı, Peynir, Süt	Domuz yağı, Balmumu		Bitkisel reçine	Kan
18.yy ortaları	Yumurta, Peynir, Süt, Kesilmiş süt, Yayıklık, Glüten, Çavdar hamuru	Balmumu	Meyve suyu, İncir suyu		Kan, Gübre, Bira, Arpa, Sebze suyu
19.yy (İngiltere)	Yumurta beyazı, Peynir, Süt, Kesilmiş süt	Sıvıyağ, Tereyağ	Şeker, Pekmez		
19.yy (İngiltere)	Yumurta, Yumurta beyazı, Hayvansal yapıştırıcı, Peynir, Süt	Domuz yağı, Sıvıyağ, Balmumu	Arap zamkı, Pamuk	Hayvansal reçine	Kan

organik katkıları, harcın mukavemeti ve dayanımı açısından önemli rol oynarlar. Bu bilgilerin bugünkü teknoloji ile güncellenmesi ve kullanılması hem kaynakların doğru kullanımı, hem de tarihi yapıların özgün niteliğine uygun olarak korunması açısından önemlidir.

3. KİRECİN KARBONATLAŞMASI (CARBONIZATION OF LIME)

Kireç bağlayıcılı harç ve sıvaların sertleşmesi, Ca(OH)_2 'in zamanla karbonatlaşması sonucu gerçekleşmektedir [44]. Karbonatlaşma eksiksiz tamamlanmaya kadar harç, tüm ya da gerçek performansına ya da mukavemetine ulaşmış sayılamaz. Kireç harçlarının hangi hızla ve hangi kapsama kadar karbonatlaştığını bilmek oldukça önemlidir. Ancak, karbonatlaşmanın ölçümüne yönelik uluslararası kabul görmüş bir standart mevcut değildir [45].

Ca(OH)_2 , ortamdaki CO_2 ile reaksiyona girdiğinde tekrar kalsit kristalleri (CaCO_3) haline dönüşmektedir. Kalsit kristalleri farklı kristal yapılarına sahip olduğu için kireç hamurunun mikro yapıları da değişiklik göstermektedir; örneğin, kristaller, birbirleriyle birleşerek bir ağ oluşturmakta ve malzemenin mekanik dayanımını arttırmaktadır [46]. Karbonatlaşma sürecinde çeşitli aşamalar gerçekleşmektedir: (1) CO_2 , hamur boyunca yayılmakta, mikro yapıdan ve su içeriğinden etkilenmektedir [47], (2) CO_2 , gözenek suyuyla çözülmektedir, (3) Suda CO_2 'in kimyasal denkleme gerçekleşmektedir, (4) Ca(OH)_2 , suda çözünmekte, yüzey alanı, su miktarı ve hamurun mikro yapısından ve özellikle de gözenek duvarlarının karmaşıklığından etkilenmektedir [48], (5) CaCO_3 çökeltmektedir, (6) Reaksiyonun bir ürünü olarak H_2O ayrılmaktadır.

Kirecin karbonatlaşmasına etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri su miktarı, karbondioksit gazının derişimi ve kirecin gaz geçirgenliğidir [49]. Karbondioksit derişiminin artması ile karbonatlaşma artmaktadır. Suyun yokluğunda ya da aşırı miktarda varlığında, karbonatlaşma çok yavaş gelişmektedir. Ortam bağıl nemi de karbonatlaşmaya etki eden başka bir etkidir. Bağıl nem arttıkça karbonatlaşma artmaktadır [50]. Karbonatlaşma kirecin dış yüzeyinden iç yapısına doğru olmaktadır. Bu nedenle, kireç harçlarının ve sıvalarının kalınlığı, kireç/agrega oranları, agrega dağılımları, karıştırma ve bunların sonucunda oluşan gözenekli yapı karbonatlaşmaya etki etmektedir. Karbonatlaşmanın ölçümüne yönelik çok fazla yöntem olsa da [51], bu sürecin tespitine ilişkin geleneksel yöntem, yeni parçalanmış harç yüzeyine fenolftalein spreylemektir. Yüzeyin derin pembe renge sahip olması, yüksek seviyede alkali kalsiyum hidroksit var olduğunu göstermektedir. Renksiz bölgeler ise kalsiyum hidroksitin nötr kalsite dönüştüğünü göstermektedir. Bu ifadeden çıkarılan

anlam genellikle karbonatlaşmış ve karbonatlaşmamış malzeme arasında keskin bir sınır olduğu yönündedir [52]. Karbonatlaşmanın ölçümüne yönelik bir diğer yöntemde ultra ses hızıdır. Bu yöntemin avantajı, tahribatsız olması ve hızlı bir şekilde çok sayıda ölçümün yapılabilmesine olanak tanınmasıdır. Bu teknik, mutlak veriler vermez, ancak harçta meydana gelen mekanik özellik ve iç yapı değişikliklerine ilişkin bilgiler verebilmektedir. Cazalla [53,54], bu tekniğin hızlı, ucuz ve farklı bileşenlerin performansını kıyaslayan tahribatsız bir yöntem olduğunu ifade etmektedir. Karbonatlaşmaya bağlı olarak harcın mekanik özellikleri de değiştiğinden, mekanik deneylerde karbonatlaşmanın ölçümünde kullanılabilir.

Bu çalışmada, çeşitli organik katkıların, kireç bağlayıcının karbonatlaşma mekanizmasına etkileri araştırılmaktadır. Karbonatlaşmanın hızını ve miktarını tespit etmek amacıyla da, ultra ses hızı, mekanik dayanım ve fenolftalein testleri ile XRD analizleri yapılmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA VE YÖNTEM (EXPERIMENTAL STUDY AND METHODOLOGY)

Bu çalışmada deneysel çalışmaya dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Çalışma kapsamına, bağlayıcı kirece, alt başlıklarda belirtilen 6 değişik organik katkı maddesi iki farklı karışım oranında katılarak, bu maddelerin harç üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir.

4.1 Katkı maddeleri ve hazırlanan örnekler (Additives and samples prepared)

Çalışmada, yumurta akı (LE), yumurta sarısı (LY), kesik süt (LM), bira (alkolsüz) (LB), şeker kamışı suyu (LK) ve esmer şeker (LS) olmak üzere altı değişik organik katkı kullanılarak, bunlarla iki farklı karışım oranında kireç bağlayıcılı harçlar hazırlanmıştır. Ayrıca, katkıların kireç üzerindeki etkisini mukayese edebilmek için 1 seri katkısız kireç (L-Ref) karışımı da hazırlanarak toplam 7 seri örnek üretilmiştir. Kireç bağlayıcılı harç ve sıvaların organik malzemeler ile karışım hazırlanabilmesi için mevcut bir standart olmadığından, karışım oranları, geleneksel yöntemler değerlendirilerek belirlenmiştir. Referans kireç harcının karışım oranı; bağlayıcı/su hacimce 1/1,6'dır. Hazırlanan karışımlarda bağlayıcı oranı sabit tutularak, uygun kıvam için tespit edilmiş olan karışım suyuna organik katkıları hacimce ilave edilmiştir.

Her bir organik katkı ile hazırlanan karışımlar 40x40x160mm boyutlarındaki standart harç kalıplarında hazırlanmıştır (Tablo 3). Organik katkıların kireç üzerindeki etkisini değerlendirmek amaçlandığından, agrega etkileşimini göz ardı etmek için hazırlanan karışımlarda kum (agrega) kullanılmamıştır. Üretilen harç serilerinin kodları

Tablo 3’de, bağlayıcı olarak kullanılan kirecin fiziksel ve kimyasal analizi de Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Üretilen harç serileri (Mortar series produced)

Örnekler	Karışımlar
LE06	Kireç-Yumurta Akı-Su
LE02	Kireç-Yumurta Akı-Su
LY06	Kireç-Yumurta Sarısı-Su
LY12	Kireç-Yumurta Sarısı-Su
LS03	Kireç-Esmer Şeker-Su
LS06	Kireç-Esmer Şeker-Su
LK06	Kireç-Şeker Kamışı-Su
LK12	Kireç-Şeker Kamışı-Su
LM06	Kireç-Kesik Süt-Su
LM12	Kireç-Kesik Süt-Su
LB06	Kireç-Bira-Su
LB12	Kireç-Bira-Su
L-Ref	Kireç-Su

Tablo 4. Bağlayıcı kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Physical and chemical features of binding lime)

Analizler	Değerler	Birim
CaO+MgO	90	%
CaO+Ca(OH) ₂	85	%
CO ₂	7	%
MgO	5	%
SO ₃		%
Asitte çözünmeyen+SiO ₂	1,5	%
R ₂ O ₃	0,5	%
Özgül ağırlık	2,2	g/cm ³
Birim ağırlık	0,60	g/cm ³
Elek analizi , kalan		
200 µ	2	%
90 µm	7	%
Soundness	20	mm
Kızdırma kaybı	2,6	%
Penetrasyon	10<x<50	mm

4.2. Ultrases hızı ölçümleri-Mekanik deneyler ve Fenolftalein Testi (Ultrasonic velocity measurements-mechanical experiments and phenolphthalein test)

Üretilen tüm örnekler, 48 saat sonra kalıptan alınarak T=23±2 °C sıcaklıkta ve RH= % 60 bağıl nem koşullarında küre tabi tutulmuşlardır. Bütün örnekler, mekanik deneylerin yapıldığı 28.nci güne kadar 2’şer günlük periyodlarla PRESICA 4000C model elektronik terazide tartıldıktan sonra PUNDIT markalı ultrases ölçüm cihazında ses geçiş süreleri uzunlamasına ölçülerek, buradan ultrases hızları (EN 14579 standardına göre) tespit edilmiştir. Daha sonra örnekler, mekanik testlere, tabi tutularak, tek eksenli yük altında eğilme, eğilmeden kalan parçalar üzerinde de basınç deneyleri (TS EN 1015-11 standardına göre) yapılmıştır. Mekanik deneyler 60-600N kapasiteli Amsler marka 6DB7F120 üniversal hidrolik preste ¼ yükleme hızında yapılmıştır. Mekanik deneylerden arta kalan parçalar üzerinde fenolftalein püskürtülerek karbonatlaşma derinliği belirlenmeye çalışılmıştır.

4.3. XRD Analizi (XRD Analysis)

Her gurubun mekanik deneylerden kalan parçaları öğütülüp toz haline getirildikten sonra, 90 mikron elekten geçirilmiş ve bu örneklerin mineralojik kompozisyonu XRD analizleriyle Philips X-Pert Pro X-Ray Diffractometer (XRD) cihazında tespit edilmiştir (İYTE MAM Lab).

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME (RESULTS AND EVALUATION)

Hazırlanan örnekler üzerinde yapılan ve yukarıda belirtilmiş olan deneysel çalışmaların sonuçları, ayrı ayrı alt başlıklarda değerlendirilmektedir.

5.1. Ultrases Hızı (USH) Sonuçları (Ultrasound Pulse Velocity (UPV) Results)

Hazırlanan tüm karışımların mekanik deneyler öncesinde 28 gün boyunca ikişer gün arayla ölçülen ultrases geçiş sürelerinden hareketle belirlenen ultra ses hızları Tablo 5’de topluca verilmiştir.

Aynı organik katkının, farklı oranlarda katılmasıyla üretilen harç serileri, kendi içinde değerlendirildiğinde, ultrases hızlarının genellikle birbirine yakın değerler aldıkları görülmektedir. Tüm örneklerin ultrases hızları (USH), ikinci günde birbirine yakın değerlerde olup, geçen zamanla birlikte USH değerleri de artmaktadır. Bu artış oranları, yaklaşık ilk iki hafta süresince daha fazla olup, neredeyse lineer bir davranış göstermekte, sonraki günlerde ise artış oranları azalmaktadır. Bu durum harçların karbonatlaşmaya bağlı olarak rijit bir iç yapı oluşumunun, ilk iki hafta içinde daha hızlı geliştiğini ve sonraki günlerde ise bu oluşumun yavaşlayarak devam ettiğini göstermektedir.

28.ci gün sonucundaki ölçümlerde ise organik katkılı harçların, ultra ses hızlarının farklı değerler aldığı ve özellikle yumurta akı (LE06, LE12) katkılı karışımların daha yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 5). Referans kireç harcı (L-Ref) ile kıyaslandığında, bu örneklerin USH değerindeki artış oranları LE06 serisinde, %9, LE12 serisinde ise %6 şeklindedir. Yumurta akı karışım oranının artması (LE12) ses hızını biraz düşürmüştür. Yumurta sarısı katkılı LY06 karışımının USH değeri, referans kireç harcıyla aynı değerleri almış olup, bu karışım oranının artması USH değerlerini de azaltmıştır (Tablo 5). Esmer şeker katkılı (LS03) serilerinde ise, 28.nci gündeki USH değerleri L-Ref örneğine göre daha düşük elde edilmiştir (Tablo 5). Bununla birlikte esmer şeker karışım oranının artması LS06, LS03 karışımına göre, ses hızını da %3 oranında arttırmıştır.

Tablo 5. Üretilen harç örneklerin zamana bağlı olarak USH (km/s) değerlerindeki değişimler (Time-dependent change in UPV (km/s) values of mortar samples produced)

Katkı Malzemesi	Örnek No	2. gün	4. gün	6. gün	8. gün	10. gün	12. gün	14. gün	16. gün	18. gün	20. gün	22. gün	24. gün	26. gün	28. gün
Yumurta Akı	LE06	0,95	1,65	1,68	1,71	1,77	1,81	1,81	1,83	1,85	1,87	1,88	1,89	1,90	1,90
	LE12	0,93	1,71	1,73	1,73	1,82	1,86	1,87	1,87	1,88	1,89	1,90	1,90	1,91	1,92
Yumurta Sarısı	LY06	1,09	1,70	1,70	1,71	1,72	1,72	1,73	1,73	1,75	1,75	1,77	1,78	1,79	1,79
	LY12	1,04	1,62	1,63	1,64	1,64	1,65	1,67	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,72
Esmer Şeker	LS03	0,89	1,03	1,01	1,06	1,12	1,19	1,22	1,26	1,34	1,39	1,41	1,43	1,46	1,49
	LS06	0,95	1,00	1,08	1,09	1,16	1,22	1,31	1,36	1,42	1,46	1,54	1,60	1,63	1,65
Şeker Kamışı	LK06	0,84	1,33	1,33	1,35	1,47	1,48	1,49	1,55	1,59	1,64	1,69	1,71	1,72	1,73
	LK12	0,87	1,12	1,18	1,29	1,36	1,41	1,45	1,47	1,52	1,54	1,58	1,59	1,60	1,60
Kesik Süt	LM06	0,97	1,16	1,50	1,57	1,60	1,64	1,64	1,65	1,65	1,66	1,67	1,67	1,68	1,68
	LM12	0,93	1,20	1,49	1,53	1,55	1,56	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	1,58	1,59	1,61
Alkolsüz Bira	LB06	0,93	1,06	1,28	1,39	1,67	1,72	1,74	1,74	1,74	1,75	1,77	1,77	1,78	1,79
	LB12	0,99	1,14	1,20	1,24	1,27	1,30	1,33	1,35	1,37	1,40	1,41	1,41	1,44	1,44
Sade Kireç	L-REF	0,98	1,14	1,38	1,50	1,62	1,71	1,71	1,72	1,72	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79

Şeker kamışı suyu katkısının (LK) kireç üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, artan hacim oranına (LK12) bağlı olarak ultrases hızında azalmalara neden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Kesik süt katkılı her iki karışımın (LM06, LM12) ultrases hızları birbirine yakın değerler almıştır. Fakat her iki karışımın UHS değerleri referans kireç harcının (L-Ref) USH değerinden daha düşüktür. Dolayısıyla kesik süt katkısının, kireç harcının USH değerine bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Bira karışımını LB06 örneğinin USH değerinde artış görülürken, katkı oranının artması ise (LB12) ses hızını düşürmüştür (Tablo 5). Tüm karışımlar referans kireç bağlayıcılı örnek ile kıyaslandığında, yumurta akı (LE06) ile bira karışımını (LB06) örnekler hariç diğer tüm organik katkılı karışımların ultrases hızı daha düşük değerler almaktadır. LK06 örneğinin USH değeri ise referans değere nispeten yakın sayılabilir.

Bu verilerin genel bir değerlendirmesi yapılacak olursa, belirtilen örnekler dışında diğer karışımların, USH değerleri daha düşük olup, yumurta akının ise özellikle LE06 kodlu karışımda ultrases hızını 28.nci günde nispeten biraz arttırdığı söylenebilir. Bu artış oranı referans kireç harcına göre %9 şeklindedir.

5.2. Mekanik Deneysel Sonuçları (Mechanical Experiment Results)

Örnekler üzerinde 28.nci günde yapılan eğilme ve basınç deneylerinden elde edilen değerler Tablo 6'de karşılaştırılmalı olarak da Şekil 1'de gösterilmektedir.

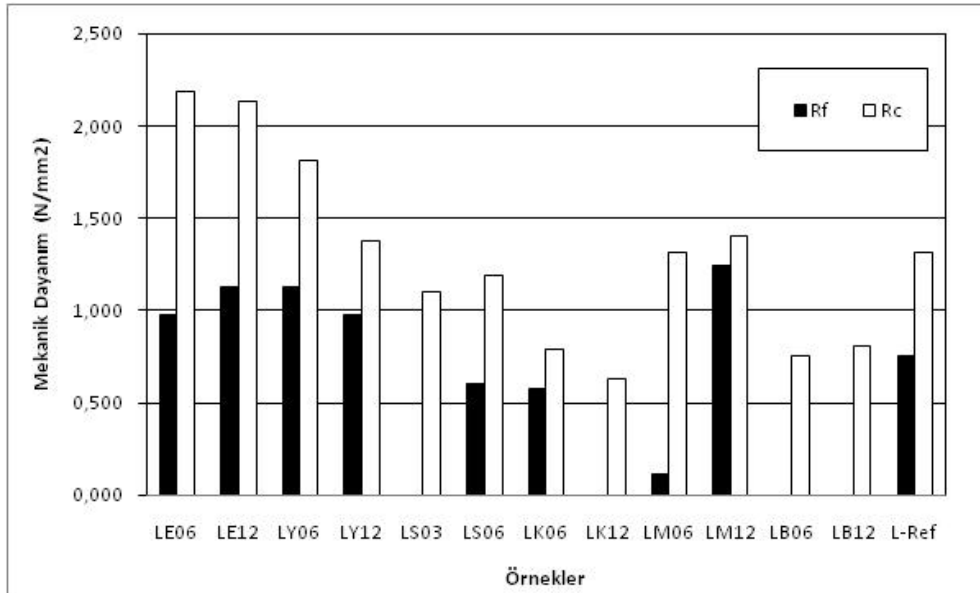
28.nci günde yapılan mekanik deneylerde, LS03 (esmer şeker katkılı), LK12 (şeker kamışı suyu katkılı), LB06 ve LB12 (bira katkılı) örnekler sadece basınç testleri uygulanmış, eğilme deneyleri yapılamamıştır. Elde edilen tüm veriler referans kireç harcı ile karşılaştırıldığında, sadece yumurta akı (LE06, LE12) ve yumurta sarısı (LY06, LY12) ile kesik süt katkılı LM12 örneklerin basınç ve eğilme

dayanımlarının daha yüksek değerler aldığı ve diğer harçların aynı özellik değerlerinde ise çeşitli oranlarda azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Özellikle yumurta akı karışımını örneklerin, basınç ve eğilme dayanımları daha yüksek değerler almaktadır. Basınç dayanımı değerleri, referans kireç harcıyla karşılaştırıldığında, yumurta akı katkılı LE06 serisinde %40, LE12 serisinde %38, yumurta sarısı katkılı LY06 serisinde %28 ve LY12 serisinde de %5 oranında artışlar olduğu belirlenmiştir. Aynı değerlendirmeler eğilme dayanımları açısından yapıldığında, kireç harcının eğilme dayanımına göre, yumurta akı katkılı LE06 serisinde %6, LE12 serisinde %23, yumurta sarısı katkılı LY06 serisinde %38, LY12 serisinde de %34 oranında artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler kireç harçların mekanik dayanımları üzerinde yumurta akı ve sarısı katkısının olumlu bir etki yaptığını ve artan karışım oranına göre bu etkinin nispeten azaldığını göstermektedir. Bu tespitler aynı örneklerin USH değerleriyle de uyum içinde olduklarını göstermektedir. LM06 ve LB06 örneği ile, referans kireç harcının basınç dayanımları ise birbirine yakın değerlerdedir. Bu verilere göre çalışmada kullanılmış olan organik katkıların kirecin mekanik özellikleri ve sertleşmesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sadece yumurta akı ile sarısının ve kesik sütün böyle bir etki yarattığı anlaşılmaktadır.

Genel olarak mekanik deney sonuçları ve USH arasında tam bir uyum söz konusu değildir. Örneğin bira katkılı LB06 örneğinin, mekanik dayanımı diğer örneklerle kıyaslandığında daha düşük olmasına rağmen, USH değerleri ise nispeten yakın değerler almıştır. Aynı örneklerin XRD sonuçlarına göre karbonatlaşma oranı, mekanik dayanım sonuçlarını doğrulayacak şekilde düşük seviyededir. Bu durum bira katkısının 28. günde karbonatlaşma miktarı az olduğundan mekanik dayanımının düşük olmasına neden olurken, tersine yüksek USH değeri ile harcın daha gözeneksiz olduğunu göstermektedir. Aynı davranış şeker kamışı katkılı (LK06-12) örnekler içinde geçerlidir.

Tablo 6. Üretilen harçların 28 günlük Mekanik ve USH değerleri
(28-day Mechanical and UPV values of mortars)

Örnek No	Ort. Eğilme Day. (N/mm ²) (28 gün)	Ort. Basınç Day. (N/mm ²) (28 gün)	Ort. UltraSes Hızı (km/s) (28 gün)
LE06	0,98	2,19	1,90
LE12	1,13	2,13	1,92
LY06	1,13	1,81	1,79
LY12	0,98	1,38	1,72
LS03	0,00	1,10	1,49
LS06	0,61	1,19	1,65
LK06	0,57	0,79	1,73
LK12	0,0	0,63	1,60
LM06	0,11	1,31	1,68
LM12	1,24	1,40	1,61
LB06	0,00	0,75	1,79
LB12	0,00	0,81	1,44
L-REF	0,75	1,31	1,79

**Şekil 1.** Üretilen örneklerin 28.nci gündeki eğilme ve basınç dayanım değerleri
(Bending and compression strength values of samples prepared on 28th day)

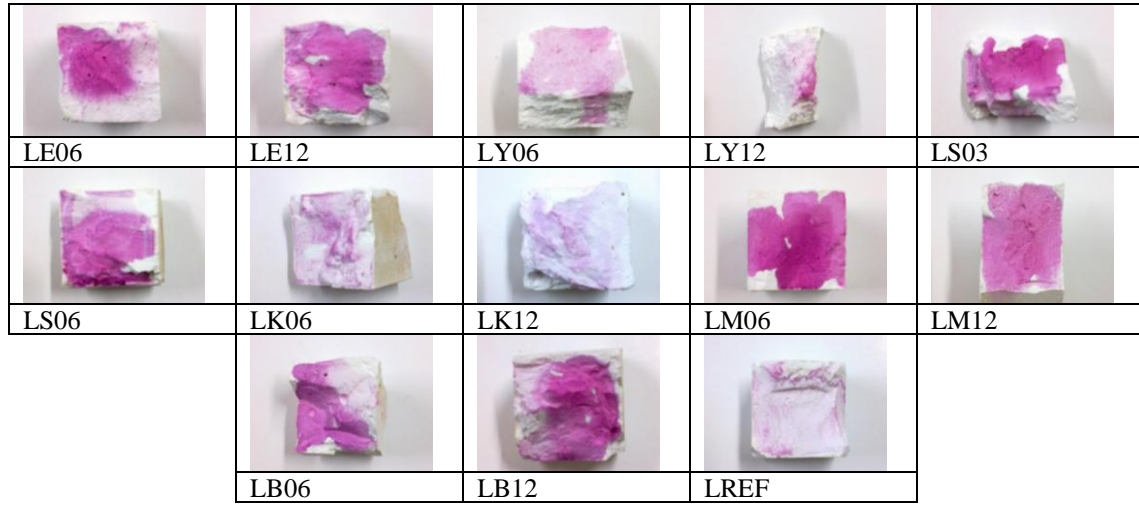
5.3. Fenolftalein testi (Phenolphthalein test)

Örnekler üzerinde karbonatlaşma derinliği, geleneksel bir metod olan fenolftalein yöntemiyle de test edilmiştir. Mekanik testlerden kalan parçalar üzerine fenolftalein püskürtülerek, renk değişimi ile karbonatlaşma derinliği değerlendirilmiştir. Fenolftalein, pH'a bağlı olarak rengini değiştiren asidobazik bir göstergedir. pH>8,5 değerindeyken, oldukça bazik olan taze harçta olduğu gibi mor bir renge sahiptir, pH<8,5 iken karbonatlandırılmış harçta olduğu gibi renksizdir (Şekil 8).

Yumurta sarısı (LY06-LY12), şeker kamışı suyu (LK06-LK12) ile hazırlanan örnekler ve sade kireç hamurunda karbonatlaşma diğer organik katkılara göre yüksektir (Şekil 2). Bu durum XRD sonuçları ile karşılaştırıldığında şeker kamışı suyu ile hazırlanan

örneklerdeki CaCO₃ oluşumu %26,3 ile bu testin sonucunu doğrulamaktadır. Ancak, mekanik mukavemet değerleri ile tam bir uyum içinde değildir.

Yumurta akı (LE06) katkılı örnekte dıştan içe doğru daha pembe olması iç bölgede karbonatlaşmanın tamamiyle gerçekleşmediğini göstermektedir. LE12'de katkı oranının artması karbonatlaşma hızına etki etmemiştir. Yumurta sarısı (LY06-LY12) katkılı örneklerde karbonatlaşma oranı oldukça yüksektir, pH<10'dur. Esmer şeker (LS03-LS06) ve kesik süt (LM06-LM12) katkılı örneklerde pH>10'dur. Ancak örnekler kendi içinde katkı oranı arttıkça mor rengin pembeye yakın hale gelmesi karbonatlaşmanın daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bira katkılı (LB06-LB12) örneklerde pH>10'dur. Karbonatlaşma örneğin merkezine doğru homojen değildir.



Şekil 2. Örneklerde renk değişimi (Color change in samples)

5.4. XRD Analizleri (XRD Analysis)

Hazırlanan örneklerin XRD analizleri ile tespit edilen mineral içerikleri Tablo 7’de verilmiştir. Yumurta sarısı katkılı LY06 ve LY12 örneklerin XRD analizleri yapılamamıştır. XRD analiz sonuçlarına göre diğer bütün örneklerde portlandit (kalsiyum hidroksit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) baskın durumda olup, kalsit (CaCO_3) mineralleri ise 5 örnek dışında diğer tüm örneklerde bulunmaktadır. Şeker kamışı suyu ve bira katkılı örneklerde çeşitli oranlarda Hedenbergit ile Magnezyum, süt katkılı karışımda ise Kalsiyum demir oksit (CaFe_2O_3) mineralleri tespit edilmiştir.

Yumurta akı katkılı LE06 örneğinin XRD piklerinde 28.nci gündeki CaCO_3 oluşumu, %9,8 iken LE12 karışımında ise bu oluşum %8,1 olarak tespit edilmiştir. Referans L-Ref örneğinin XRD pikinde 28.nci gündeki CaCO_3 oluşumu ise %12,9 şeklindedir. Her iki karışım oranında yumurta akı katkısının en azından bu süre içinde CaCO_3 oluşumu üzerinde fazla etkili olmadığı görülmektedir. LE06 kodlu karışımda karbonatlaşma daha fazla iken artan

karışım oranına bağlı olarak LE12’de kalsit oluşumu da azalmaktadır. Bu davranış harçların mekanik değerleriyle de örtüşmektedir. Dolayısıyla, artan yumurta akı karışım oranının, kirecin karbonatlaşma hızında azalmalar ya da gecikmeler meydana getirdiği söylenebilir.

Referans saf kireç karışımının (L-REF) 28.nci gündeki karbonatlaşma yani CaCO_3 oluşum miktarı %12,9’dur. Esmer şeker katkısı ile üretilen örneklerin XRD sonuçlarına göre her iki karışım oranında da kirecin sertleşmesini geciktirici bir etki yapmaktadır. Düşük karışım oranında (LS03) kalsit oluşumu %10 iken, artan karışım oranında ise $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oranı ise %100 olarak elde edilmiştir ki bu durum LS06 karışımının tamamen kalsiyum hidroksitten meydana geldiğini ve karbonatlaşmanın gerçekleşmediğini göstermektedir. Dolayısıyla fazla miktarda kirece katılan şekerin karbonatlaşmayı önleyici, daha düşük oranda katılması ise karbonatlaşmayı yavaşlatıcı bir etki yapmaktadır. Bu karışım oranında harçtaki CaCO_3 oluşum miktarı referans L-Ref örneğinin değerinden daha düşüktür. Bu veriler, bu serilerin

Tablo 7. Örneklerin mineralojik kompozisyonu (Mineralogical composition of samples)

Minerals	Portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (P)	Kalsit (CaCO_3) (C)	Magnezyum (M)	Hedenbergit $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ (H)	Kalsiyum demir oksit CaFe_2O_3 (CIO)
Örnekler					
LE06	++++	+	-	-	-
LE12	++++	+	-	-	-
LY06			Yapılmadı		
LY12			Yapılmadı		
LS03	++++	+	-	-	-
LS06	+++++	-	-	-	-
LK06	++++	++	-	-	-
LK12	++++	+	+	-	-
LM06	+++++	-	-	+	-
LM12	++++	-	-	-	++
LB06	+++++	-	-	+	-
LB12	++++	-	-	+	-
L-Ref	++++	++	-	-	-

+++++= çok fazla, +++=fazla, ++= var, += az var, - = yok-

mekanik davranışlarıyla da genel olarak uyum içinde olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla düşük oranda kirece katılan esmer şekerin priz geciktirici bir etkisi olduğu söylenebilir.

Şeker kamışı suyu ile hazırlanmış LK06 örneğinin XRD pikinde CaCO_3 oluşumu %26,3 şeklindedir. LK12 örneğinde ise bu miktar %8,1 olarak elde edilmiştir. Bu verilere göre düşük karışım oranında şeker kamışı suyunun karbonatlaşmayı hızlandırdığı, bununla birlikte artan karışım oranına bağlı olarak karbonatlaşmayı geciktirici bir etki yaptığı görülmektedir.

Kesik süt karışımli LM06 örneğinin Ca(OH)_2 miktarı %95 şeklindedir. Bu örnekte %5 oranında da Hedenbergit ($\text{CaFe(Si}_2\text{O}_6)$) minerali tespit edilmiştir. Bir silikat sistemi olan Hedenbergit kireçte süt etkisiyle demirli bir silikat oluşumuna neden olmaktadır. Artan karışım oranına bağlı olarak kalsiyum hidroksit miktarında azalmalar olduğu, LM12 karışımının XRD pikinde görülen %70,2 oranındaki Ca(OH)_2 'den anlaşılmaktadır. Bu örnekte Hedenbergit gözlenmemiş, fakat yaklaşık %30 oranında bir kalsiyum demir oksit (CaFe_2O_3) oluşumunun meydana geldiği belirlenmiştir. Dolayısıyla bu verilere göre kesik süt katkısının kireç üzerinde aynı zamanda silikatlaşma da meydana getirerek nispeten sertleşmeyi hızlandırıcı bir etkisi olmakta ve bu etki artan karışım oranına göre hızlanmaktadır. Bu bakımdan kirecin sertleşmesini hızlandırmak için süt katkısı karışım oranının fazla olması gerektiği anlaşılmaktadır. LM12 karışımının mekanik açıdan L-Ref örneğine göre daha yüksek değerler olması da bunu destekler niteliktedir.

Biranın ise sertleşme üzerinde fazla bir etkisi olmadığı, LB06 ve LB12 örneklerin XRD piklerindeki Ca(OH)_2 miktarlarından belli olmaktadır. Bu her iki örnekte de portlandit (Ca(OH)_2) yanında kesik süt katkılı karışımlarda olduğu gibi Hedenbergit minerali de tespit edilmiştir. Fakat bu örneklerde Hedenbergit oluşumu LB06'da %3,8 ve LB12'de de %4,3 şeklinde daha az olup her iki karışım da yüksek oranda Ca(OH)_2 'den meydana gelmektedir. Bu oranlar LB06 örneğinde %96,2, LB12 örneğinde ise %95,7 şeklinde birbirine çok yakın değerler almaktadır. Dolayısıyla fazla miktarda portlandit tespit edilmesi bu örneklerde sertleşmenin yeterli miktarda gerçekleşmediğini göstermektedir. Bu karışımların mekanik dayanımlarının düşük olması da bunun bir göstergesidir.

5.5. Değerlendirme (Evaluation)

Yapılan çalışmalarda, genellikle varlığını sürdüren tarihi yapıların harç analizleri yapılmıştır. Bu nedenle bu çalışmalarda yeni bir kompozit malzeme üretimi yapılmadığı için bu çalışma sonuçları ile birlikte değerlendirilememiştir. Kompozit malzeme üretimine

dayalı çalışmalarda, karışımlarda matris olarak genellikle çimento kullanılmıştır [20,21,35,36,38-42], kireç esaslı çalışmalar oldukça azdır, genellikle tek organik katkı kullanılarak kompozit malzeme üretilmiştir. Kireç esaslı ulaşılabilen kaynaklar içinde; Ceccova [33]; keten tohumu yağının 6 farklı kireç esaslı harcın özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Karışımlara, bağlayıcı ağırlığına göre %1 ve %3 oranlarında keten tohumu yağı ilave etmiştir. %1 keten tohumu yağının eklenmesi ile poroziteyi büyük ölçüde etkilemeden ya da karbonatlaşma derecesini azaltmadan, yağın örneklerdeki mekanik özellikleri iyileştirip, harçtaki su emilimini sınırladığını tespit etmiştir. Santiago ve Mendonca De Oliveira [34]; kirecin ağırlığına göre karışıma, %2 ve %5 konsantrasyonlar halinde balina yağının ilave etmiştir. Yağ içeren harçların, içermeyen harçlara göre daha düşük bir basınç dayanımına sahip olduğunu, bunun yağın Ca(OH)_2 partiküllerini kapsadığı ve karbonatlaşma sürecinin meydana gelmesini önlediğinden ileri geldiğini ifade etmiştir. Rovnaniková [3]; keten tohumu yağının kireç harcı üzerindeki etkisini incelemiştir. Kaynatılmış keten tohumu yağının, ağırlıkça, %1, %5 ve %10'luk konsantrasyonlar halinde karışımlara ilave etmiştir. Yağın eklenmesiyle basınç dayanımı büyük oranda artmış, eğilme dayanımı ise düşmüştür. Su buharı geçirgenliği ise etkilenmemiştir. Meksika'da bir çalışmada, kireç harcına hint inciri ve kaktüs suyu ilave edilmiştir. Örneklerin mekanik mukavemetlerinin, su geçirimsizliğinin ve çatlaklara karşı performansının iyi olduğu tespit edilmiştir [43].

Bu çalışmada amaç organik katkıların kirecin karbonatlaşma hızına etkisini tespit etmek olduğundan, yapılan deneyler bu amaca yöneliktir. Elde edilen mekanik mukavemet sonuçlarına bakıldığında yumurta akı, yumurta sarısı ve düşük oranda bira katkısının kirecin mekanik mukavemetlerini iyileştirdiği, yumurta sarısı ve şeker kamışı suyunun karbonatlaşma hızını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu verilere göre bundan sonra yapılacak çalışmalarda üretilen kireç esaslı harçlarda yumurta akı, yumurta sarısı ve şeker kamışı suyu üzerine yoğunlaşılabilir. Yukarıda ifade edilen çalışmalarda da organik katkı olarak genellikle yağ grubu kullanılmış ve belli oranlarda katkının harcın mukavemetini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Sonuçta, tarihi yapıların restorasyonunda öncelikle özgün yapısına uygun olarak onarım harçlarının hazırlanmasında organik katkılardan faydalanılabileceği bu çalışmalarda kanıtlanmıştır. Benzer çalışmalarda da yapılması gereken organik katkının türü ve harç içinde bulunma oranlarının iyi analiz edilmesidir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Değerlendirmeleri yapılan organik katkılarla üretilen kireç bağlayıcılı örneklerin deney sonuçlarına

bakıldığında, kullanılan organik katkıların kimyasal içeriğinden dolayı karbonatlaşma hızına etkileri farklıdır. XRD sonuçlarına göre kalsit oluşumunun, referans kireç harcı ile kıyaslandığında en fazla yumurta akı, esmer şeker ve şeker kamışı suyunda gerçekleştiği görülmüştür.

Yumurta akı ile üretilen kireç bağlayıcı örneklerde karbonatlaşma oranı %10 civarındadır. Yumurta akı katkı oranının artması karbonatlaşma hızını fazla arttırmamış, priz geciktirici bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu örneklerin 28 günlük basınç eğilme dayanımları kireç harcına göre nispeten daha yüksek değerler almaktadır. Esmer şeker katılarak hazırlanan kireç bağlayıcı karışımlarda karbonatlaşma oranı, organik katkı malzemesi oranının artması ile tamamen azalmış ve mekanik açıdan da düşük değerler almışlardır. Şeker kamışı suyu ile üretilen örneklerde katkı oranı az iken %30 civarında karbonatlaşma görülmüş, oranın %100 arttırılması ile karbonatlaşma 1/3 oranında azalmıştır. Bu örneklerin de mekanik dayanımları katkısız kireç harcına göre daha düşüktür. Kesik süt katkısı ile üretilen karışımlarda, sütün bir silikat/karbonat oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir. Az miktardaki süt, hedenbergite minerali oluşumuna yol açmıştır. Katkının %100 arttırılması ile %30'a yakın kalsiyum demir oksit $Ca(Fe_2O_3)$ minerali olduğu gözlenmiştir. Bu mineral demirli bir karbonat sistemi olduğundan, kesik sütün karbonatlaşmaya bir etkisi olduğu söylenebilir. Bu katkı oranındaki harcın basınç dayanımı da referans kireç harcından daha fazladır. Alkolsüz bira ile üretilen örneklerde de %3-4 oranında hedenbergite minerali tespit edilmiştir. Katkı malzemesi oranının arttırılması ile %1 oranında bu mineralin oluşumunda artış görülmüştür. Biranın karbonatlaşmaya etkisi gözlenmemiş, priz geciktirici ve sertleşmeyi önleyici bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bira karışımı örneklerin mekanik dayanımları da katkısız kireç harcına kıyasla daha düşük değerler almaktadır. Burada özellikle düşük oranlarda kirece katılan yumurta akı ve yumurta sarısı katkısının harcın mekanik özellikleri üzerinde olumlu yönde bir etki yaptığını söylemek mümkündür. Katkı oranının artmasına bağlı olarak mekanik dayanımlar da azalmaktadır.

Bu verilere göre çalışma kapsamınca kireç bağlayıcıya katılan diğer organik katkıların genellikle priz geciktirici bir etki yaptığı söylenebilir. Ayrıca, referans kireç harcı ile kıyaslandığında yumurta akı ile sarısı ve kesik sütle üretilen örneklerin mekanik dayanımlarının yüksek olması az karışım oranlarında bu organik katkıların kireç harçlarda kullanılabileceği sonucunu vermektedir. Diğer yandan, çalışmanın bütünlüğü açısından diğer başka organik katkı maddeleri kullanılarak da benzer çalışmaların yapılması ayrıca önerilebilir.

Kaynaklar (References)

1. Davey, N. A **History of Building Materials; Phoenix House: London**, pp 97-98, 1961.
2. Kotlík, P., et al. **Vápno**. Praha : STOP, 80-902668-8-6, 2001.
3. Rovnaníková, Pavla. **Omítky**. Praha : STOP, 80-86657-00-0, 2002.
4. Cowan, H. J. **The Master Builders: A History of Structural and Environmental Design from Ancient Egypt to the Nineteenth Century**. John Wiley & Sons: New York, 1977.
5. Von Landsberg, D., The history of lime production and use from early times to the Industrial Revolution. **Zement-Kalk-Gips**, 45, pp.199-203, 1992.
6. Riccardia, M. P.; Duminucob, P.; Tomasic, C. Thermal, Microscopic and X-ray Diffraction Studies on Some Ancient Mortars. **Thermochim. Acta**, 321, 207–214, 1998.
7. Böke, H.; Akkurt, S.; İpekoğlu, B.; Uğurlu, E. Characteristics of Brick Used as Aggregate in Historic Brick-Lime Mortars and Plasters. **Cem. Concr. Res.**, 36, 1115–1122, 2006.
8. Gülec, A.; Tulun, T. Physico-Chemical and Petrographical Studies of Old Mortars and Plasters of Anatolia. **Cem. Concr. Res.**, 27 (2), 227–234, 1997.
9. Sickels, L.B. Organics vs. synthetics: Their use as additives in mortars. **Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings**, Symposium. Rome, pp. 25-52, 1981.
10. Lea, F.M. **Investigations on Pozzolanas**, Building Research, Technical Paper No.27, s.1-63, 1940.
11. Massazza, F., Pezzuoli, M. Some Teachings of a Roman Concrete Mortars, Cement and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, **Proceedings of Symposium in Rome**, s. 219-245, 1981.
12. Spence, R. Lime and Surkhi Manufacture in India, **Appropriate Technology**, 1 (4), s.6-8, 1974.
13. Urak, G., Çelebi, G. An Investigation on the Tatli Plaster Application Traditional Beypazari Houses, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 20(3):401-409, 2005.
14. Kurugöl, S., Tekin, Ç. Evaluation of Sivas Traditional "Sweet Plasters", **Gazi University Journal of Science**, 24(1):161-173, 2011.
15. Tayla, H. **Geleneksel Türk Mimarisinde Yapı Sistem ve Elemanları**, İstanbul, 2007.
16. Sickels, L.B. Organic additives in mortars. **Edinburgh Architecture Research**, Vol. 8, pp. 7-20, 1981.
17. Ersoy, H.Y. **Kompozit Malzeme**, Literatür yayıncılık, İstanbul, s. 96-97, 2001.
18. Kuckova, S., Crhova, M., Vankova, L., Hnizda, A., Hynek, R., Kodicek, M., Towards proteomic

- analysis of milk proteins in historical building materials, **International Journal of Mass Spectrometry** **284**, 42–46, 2009.
19. Doubravová, K. Přírodní organické materiály používané v minulosti jako přísady do vápenných malt. **Zprávy památkové péče**. Vol. 60, 8, 229-232, 2000.
 20. Chandra, S. **History of Architecture and Ancient Building Materials in India**, Part II, 2003.
 21. Chandra, S., Eklund, L. and Villarreal, R.R. Use of cactus in mortars and concrete. **Cement and Concrete Research**, Vol. 28, 1, 41-51, 1998.
 22. Alberti, L. B. **Ten Books on Architecture**. [trans.] J. Leoni. London, 149, 1965.
 23. Moropoulou, A., Bakolas, A., Anagnostopoulou, S. Composite materials in ancient structures, **Cem. Concr. Compos.** 27, 295–300, 2005.
 24. Pliny. **The Natural History**. [trans.] John Bostock and H.T. Riley. London, 1857. 372-377. Vol. VI., Book XXXVI., Chapter 58.
 25. Alberti, L. B. **On the Art of Building in Ten Books**. [trans.] Joseph Rykwert, Neil Leach and Robert Tavenor. Cambridge, Massachusetts; London, England : The MIT Press, 90. Book III., chap. 16, 52V-54V. 0-262-51060-X, 1997.
 26. Cowper, A. **Lime and Lime Mortars**. s.l. : Donhead, 1-873394-29-2, 1998.
 27. Hošek, J., Ludvík, L. **Historické omítky - Průzkum, sanace, typologie**. Praha : Grada Publishing, 978-80-247-1395-3, 2007.
 28. Arcolao, C., Dal Bo, A. L'Influenza delle Sostanze Proteiche Naturali su Alcune Proprieta degli Stucchi. **Scienza e Beni Culturali "Lo Stucco: Cultura, Tecnologia, Conoscenza**. Edizione Arcadia Ricerca, 527-538, 2001.
 29. Cennini, C. **The Craftsman's handbook**. [trans.] D.V. Thompson. New York : Dover Publications, 1594.
 30. Hošek, J., Muk, J. **Omítky historických staveb**. Praha : SPN, 80-04-23349-X, 1990.
 31. Song, Y., Tian Gong Kai Wu Y. Commercial Press: Shanghai, 197, 1958.
 32. <http://www.dunyakulturvesanat.org> "Ayasofya'nın Sırrı çözüldü" (Son Erişim 2010)
 33. Cechova, E. **The effect of linseed oil on the properties of lime-based restoration mortars**, Alma Mater Studiorum-Universite di Bologna, Dottorato di Ricerca, 2009.
 34. Santiago, C. C., Mendonca De Oliveira, M. Organic additives in Brazilian lime mortars. Neville Hill, Stafford Holmes and David Mather. London : Intermediate Technology Publications, **Lime and other alternative cements**. 1-85339-178-6, 1992.
 35. Chandra, S. **Use of natural polymers in concrete**. Nice, France, 1994.
 36. Chandra, S., Ohama, Y. **Polymers in concrete**. s.l. : CRC Press, Inc., 1994. 0-8493-4815-3, 1994.
 37. Baronio, G., Binda, L., Lombardini, N. The role of brick pebbles and dust in conglomerates based on hydraulic lime and crushed bricks. **Construction and Building Materials**. 11, Vol. 1, 33-40, 1997.
 38. Chandra, S., Aavik, J. Influence of proteins on some properties of portland cement mortar. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, Vol. 9, 2, 91-94, 1987.
 39. Justnes, H., Østnor, T.A., Barnils Vila, N. Vegetable oils as water repellents for mortars, **Proceedings of the International Conference on recent Trends in Concrete technology and Structures**, Coimbatore, India 2003.
 40. Vikan, H., Justnes, H. Influence of vegetable oils on durability and pore structure of mortars. **Proceedings of the Seventh CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete**. pp. 417-430. May 28-June 3, ACI SP-234-25, 2006.
 41. Aimin, Xu, Chandra, S. Influence of polymer addition on the rate of carbonation of portland cement paste. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**. Vol. 10, 1, 1988.
 42. Chandra, S., Aavik, J. Influence of black gram (natural organic material) addition as admixture in cement mortar and concrete. **Cement and Concrete Research**, Vol. 13, 423-430, 1983.
 43. Cardenas, A., Arguelles, W. M., Goycoolea, F. M., On the Possible Role of Opuntia ficus-indica Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. www.jpacd.org/downloads/.../RAC_4.pdf (son erişim ocak 2012).
 44. Moorehead, D.R. Cementation by the Carbonation of Hydrated Lime, **Cement and Concrete Research**, 16, s.700-708, 1986.
 45. Lawrence, R. **A Study of Carbonation in Non-hydraulic Lime Mortars**, A thesis of Doctor, University of Bath, Faculty of Engineering and Design, Department of Architecture and Civil Engineering, 2006.
 46. Arandigoyen, M., Bicer-Simsir, B., Alvarez, J. I., Lange, D.A. Variation microstructure with carbonation in lime and blended pastes, **Applied surface science**, 252, 7562-7561, 2006.
 47. Van Balen, K., Van Gemert, D. **Mater. Struct.** 27, 393–398, 1994.
 48. Rodriguez, C., Navarro, O., Cazalla, R. Soc. 458, 2261–2273, 2002.
 49. Van Balen, K., Van Gemert, D. Modelling Lime Mortar Carbonation, **Materials and Structures**, 27, s.393-398, 1994.
 50. Swenson, E.G., Sereda, P.J. Mechanism of the Carbonation Shrinkage of Lime and Hydrated

- Cement, **Journal of Applied Chemistry**, 18, s.111-117, 1968.
51. Lawrence, R.M.H. A critical review of techniques used for the assessment of carbonation in lime mortars. **Proceedings of the 2005 International Building Lime Symposium**, 9-11 March 2005 Florida. Washington DC: National Lime Association, 2005.
52. Moorehead, D.R. Cementation by the carbonation of hydrated lime. **Cement and Concrete Research**, 16, pp.700-708, 1986.
53. Cazalla, O., Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Cultrone, G., De La Torre, M.J. Ageing of lime putty: effects on traditional lime mortar carbonation, **Journal of the American Ceramic Society**, 83 (5), pp.1070-1076, 2000.
54. Cazalla, O., Sebastian, E., Cultrone, G., Nechar, M., Bagur, M.G. Three-way ANOVA interaction analysis and ultrasonic testing to evaluate air lime mortars used in cultural heritage conservation projects. **Cement and Concrete Research**, 29 (11), pp.1749-1752, 1999.