

Acemhöyük Sarıkaya Sarayı Kerpiç Koruma Ve Onarımında Nano Kireç Ve Yumurta Akı Kullanımı

Ali Ç. İDİL¹
N.Cansen KILIÇÇÖTE²

Makale Geliş Tarihi: 14.09.2020
Yayıma Kabul Tarihi: 24.05.2021

Özet

Kerpiç, Anadolu'da tarih boyunca kullanılmış bir yapı malzemesidir. Ancak zaman içerisindeki doğa koşullarından etkilenen kerpiç özellikle arkeolojik alanlarda büyük bir koruma sorunu haline dönüşmektedir. M.Ö. 2000 yıllarına tarihlenen Acemhöyük Sarıkaya Sarayı da böylesi bir koruma sorunu ile karşı karşıyadır. Bu araştırmada, kireç/ kil gurubu bileşikleri ve su ilişkisinin yıllar içindeki etkisi sonucu yapıda oluşmuş çatlak ve boşlukları doldurmak için kullanılabilir malzeme önerileri getirilmeye çalışılmaktadır. Yapıdan alınan küçük boyutlardaki örneklerde jeo-kimyasal bileşik, parçacık dağılımı ve yoğunluk analizleri yapılmıştır. Sonrasında kerpiç yapı malzemesinin temel ögesi olan sönmüş kireç, Nano-kireç ve yumurta akı ile hazırlanan karışım üzerinde temel sağlamlaştırma deneyleri yapılmıştır. Sonuçta, Saray duvarlarındaki çatlak ve boşluklarda kullanılmak üzere "Temel onarım çözümleri" ve "imitasyon onarım harç /sıva karışımı" olarak ayrı ayrı onarım reçeteleri hazırlanmıştır. Temel süspansiyon çözeltisi duvar yüzeyine uygulanmış ve doğa koşullarına açık bırakılarak beş yıl gözlemlenmiştir. Hazırlanan reçetelerin genel bilgileri özet olarak yazımız içinde de verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Acemhöyük, NanoKireç, Yumurta Akı, SEM ve XRD Analizleri

THE USE OF NANO LIME AND EGG WHITES FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF MUDBRICK AT ACEMHÖYÜK SARIKAYA PALACE

Abstract

Mudbrick is a construction material that is used in Anatolia throughout the history. However, especially in archaeological sites, mudbrick which is affected by the natural conditions over time becomes a major conservation problem. AcemhöyükSarıkaya Palace which dates 2000 BC also faces such a conservation problem. In this research, it is tried to bring compound suggestions that can be implemented to fill cracks and gaps occurred in palace as a result of the effect of lime/clay group compounds and water interaction over the years. Geochemical compound, particle distribution and density analyzes were held on small sized samples taken from the building. After that basic reinforcement experiments were carried out on the mixture prepared with lime which is the basic element of mudbrick, Nano-lime and egg whites. Finally, two conservation material prescriptions were prepared as "basic conservation solution" and "imitation repair mortar/plaster" for use in cracks and gaps on the mudbrick walls of the palace. The basic suspension solution was implemented to the wall surface and was left open to natural conditions for five years for observation. General information of the prepared prescriptions is also given in this article.

Keywords: Acemhöyük, Nano Lime, Egg Whites, SEM and XRD Analysis

¹Ali Çetin İdil. E-posta: alicedil@hotmail.com.tr. ORCID: 0000-0001-9315-4432

² N. Cansen Kılıçöte, Yarı Zamanlı Öğretim Görevlisi, Atılım Üniversitesi Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Ankara, E-posta: cansenk@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-2577-3101

GİRİŞ

Toprak İlk çağlardan günümüze gelen seramik endüstrisinin ilksel maddesidir. Ayrıca mimarlık mirası eserlerinin birçoğunda yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Dünyanın tepesi Himalaya Dağlarından (Ahluwalia, Chattapadhyay ve Mandal, 2009:35) GöbiÇölüne (Xudong,2010:351), beş kıta üzerinde arkeolojik alanlarda, şehirlerde sivil yapılarda, surlarda (Zhao, Li, Han, Sun ve Wang, 2007:28) toprak esaslı siva, tuğla, kerpiç kullanıldığını görmekteyiz. Bugün Dünya nüfusunun % 30-40'ının kerpiç malzeme ile yapılmış yapılarda yaşadığı bilinmektedir (Öztürk,1992:65).

Toprak esaslı sanat eserleri, duvar resimleri ve taş eserlerin koruma ve onarımında çok yönlü araştırmalar yapılmaktadır. Avrupa'da oluşturulan EU-Stoneware araştırma grupları taş ve duvar resimleri onarımında kullanılan sentetik maddeler yerine doğal malzemelerin kullanılması üzerinde çalışmaları sürdürmekte ve sonuçlarını tüm Avrupa Birliği Ülkeleri ile paylaşmaktadır. Bununla birlikte kerpiç yapı malzemesinin koruma ve onarımı için bireysel, grup ve enstitülerin desteklediği çalışmalar bulunmaktadır. Yezd'de (İran) ICCROM ve UNESCO katılımı ile düzenlenen 1972 yılındaki ilk konferansa ancak 30 kişi katılmıştır. 2008 yılında Barmako'da (Mali) yapılan 10. konferansa ise 400 kişi katılmıştır (Houben,2011:1-4). Getty Koruma Enstitüsü ve New Mexico-Devlet Anıtlar Müzesi işbirliği içerisinde 1989-1995 yılları arasında Selden Kalesi'nin kerpiç koruma ve onarım araştırma projesi yürütülmüştür. Samara'da toprak esaslı mimarlık eserlerinin korunması ve onarımı üzerine araştırmalar yapılmıştır (Rainer ve Rivera,2004:5-12). 1983 yılında ICCROM, UNDP/ UNESCO bölgesel iş birliği ile Lima'da (Peru) uluslararası kerpiç koruma sempozyumu ve çalışma grubu oluşturulmuştur (Erder, 1983:7-8).

NANO-KİREÇ VE KİREÇ

Benli nanoteknolojinin“en az bir boyutunda metrenin milyonda birine inebilen maddenin incelendiğiveya işlendiği bir bilim dalı” olduğunu yazmaktadır (Benli, 2008:143). Bilim insanları, nanodeğerinin $\text{mgr/l} = \text{ppm}$ değerinden 10^{-3} daha küçük olduğunu açıklamaktadır.

1960 yılından itibaren koruma uzmanlarının çalışmalarında nano-kireç kullanmaları konuya yeni bir bakış açısı getirmiştir. 2010-2013 yıllarında yürütülen araştırmalar kireç taşı ve kireç esaslı sıvaların onarımında kireç suyunun fiziksel ve kimyasal olarak uyum sağladığını göstermiştir.D'Armada,Hirst kalsiyum hidroksitin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde çalışmış ve lapa kireç

ile nano-kireç arasındaki parçacık büyüklüklerini karşılaştırarak nano-kirecin kullanılmasındaki kolaylıkları açıklamıştır. Taş ve sıva onarımı için lapa kireç kullanılması halinde yüzeyde kuruma, nem, tuz ve kristalleşme gibi sorunlar oluşmaktadır (D'Armada ve Hirst, 2012:63-64).

Kireç üzerinde ilk bilimsel tanım Marcus Vitruvius Pollio tarafından yapılmıştır. M.Ö. 1. yüzyılda yaşadığı bilinen Vitruvius'un sıva için kirecin nasıl söndürüleceği ve kullanılacağı hakkındaki bilimsel anlatımları günümüze kadar gelmiştir (Vitruvius, 1990:144-146).

Kireç taşı (CaCO_3) 1000 °C de yakılınca kalsiyum oksite (CaO) dönüşmekte ve kalsiyum oksit (CaO) suda eritilerek en az 6 ay bekletilmektedir. Lapa haline gelen kısım sönmüş kireç olarak bilinmekte ve su ile karıştırıldığında sulu kireç oluşmaktadır.

Kireç taşı (CaCO_3) -----> $\text{CaO} + \text{CO}_2$ Sönmemiş kireç) + Karbon dioksit

Kireç (CaO) + Su (H_2O) -----> $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Sönmüş kireç

Sönmüş kireç $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$ -----> CaCO_3 Kalsiyum Karbonat

Sönmüş kireç kesme/moloz taş duvarlarda, harç ve sıvalarda, duvar resimleri ve mozaik onarımlarında kullanılmaktadır. Havadaki karbondioksit (CO_2) ile zaman içinde tekrar kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşmaktadır.

1960-70 yıllarında İtalya'da uzmanlar duvar resimleri üzerinde yaptıkları onarımlarda kazein ile sulu kireç karışımı kullanmıştır (Mora, Mora ve Philippot, 1984: App.1,2).

1984 yılında İtalya'da Santa Maria Assunta Kilisesi mozaiklerinin onarımında bir akrilik reçine olan Primal AC-33 malzemesi ile sulu kireç karışımı kullanmıştır (İdil, 1984:1).

Londra'da Wells koruma grubu kalker kabartmaların onarımında kireç kullanmışlardır. Sönmüş kireç suyu içindeki parçacıkların lapa kireç parçacıklarına göre daha başarılı sonuç verdiğini saptamışlardır (Pesce, Morgan, Odgers, Henry, Allen ve Ball, 2013:214). Frogberg Avrupa 7. Çerçeve Programı kapsamında trakit olan Roma tütünün onarımında nano-kireç kullanıldığını yazmaktadır (Frohberg, 2016:22).

Goffer Ortadoğu'da toprak malzemenin bitüm ile karıştırıldığını yazmaktadır. Kullanılan toprağın fazla oranda kil bileşikleri içermediği ve yaşam yerlerine yakın yörelerden temin edildiği bilinmektedir (Goffer, 2007:145-146).

TÜRKİYE'DE KERPİÇ HARÇ/ SIVA KULLANILMASI

Anadolu'da eski çağlardan beri toprak malzeme kullanıldığını arkeolojik belgeler göstermektedir. Kerpicing toprak, kireç, saman veya uzun bitkisel elyaf ile karıştırıp güneşte kurutulurak yapıldığını günümüze gelen sözlü ve yazılı belgelerden öğrenmekteyiz. Ahşap hatıl üzerine sırası ile hasır kil+kireç toprak, saman karışımı yayılarak konutların tavanı yapılmaktadır. Yöresel adı 'dam' olan bu çatıların üzerinde bulunan taş silindir, yağmur sonrası kabaran yumuşamış alanlar üzerinde gezdirilerek su dışarı atılır. Alanya Kalesi Orta Mahalle'de, Eskişehir'deki Nasrettin Hoca Köyü evlerinde ve Anadolu'nun pek çok yöresinde bu kullanım görülmektedir.

1974 yılında başlatılan ICCROM ve Kültür Bakanlığı ortak girişimi ile Kapadokya Kaya Kiliseleri duvar resimleri onarım çalışmaları sırasında Tokalı Kilisenin doğaya açık üst örtüsünde fırça ile yapılan procem çözeltisi uygulaması başarılı olmuştur (İdil, 1995:141).

1978 yılında Nevşehir Orta Hisar Araştırma Değerlendirme Koruma Projesi kapsamında mimarlık, turizm ve jeomorfolojik doku incelemiştir (Akçura,1975:5). 1980 yılında ICOM, ICOMOS ve ODTÜ iş birliği ile uluslararası kerpiç sempozyumu düzenlenmiştir (Üstüncök ve Madran, 1980: 1-290).

2016 yılında İstanbul'da Kerpiç 16 konferansında dayanıklılık, deprem sismik müdahale, güçlendirme konuları tartışılmış, katılımcılar Diyarbakır Surları, Yezd (İran) şehirdeki yapılarda kerpiç malzeme araştırmalarını sunmuşlardır (Işık,2016:72-78).

Bilim insanları, su ile toprağı oluşturan bileşiklerin fiziko-kimyasal reaksiyonlarını Wander-Walls yasaları ile açıklamaktadır (Toracca, 1982:3). Ayrıca kil teknolojisi bu bileşiklerin tane dağılımı üzerinde çalışmalar yapmaktadır (Kuşçu,Cengiz veŞener,2007:1-725).

ACEMHÖYÜK KAZISI VE SARIKAYA SARAYI

Acemhöyük Anadolu'nun Kapadokya bölgesinde Aksaray ilinin Yeşilova kasabası sınırları içindedir. Tuz Gölü, Melendiz Çayı ve İhlara Kanyonu'na yakın olan Acemhöyük Koloni Çağı'nın yaşam belgelerini taşımaktadır.

Acemhöyük kazılarına 1962 yılında, Kültür ve Turizm Bakanlığı Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü ile Ankara Üniversitesi adına, Prof. Dr. Nimet Öz-

güç başkanlığında bir ekiple başlanmıştır (Özgüç, 1968:3).Kazılar, 1989-2019 yılları arasında da Prof. Dr. Aliye Öztan başkanlığında yürütülmüştür (Öztan, 1991:247).

Kazı alanı“Höyük” ve “Aşağı Şehir” olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Yerleşimin Höyük bölümünün boyutları kuzey-güney yönünde 650 m, doğu-batı yönünde 700 m’dir. Aşağı Şehir bölümü ise Höyüğün kuzey ve doğu tarafında, Yeşilova kasabası yapılarının altındadır. Yapılan sondaj çalışmaları Aşağı Şehir alanının Höyükten daha büyük olduğunu göstermektedir. Höyük deniz seviyesinden 970 m yüksektir. Orta kısmı düz, yan kısımları dört ayrı yükseltiden oluşur.Anıtsal nitelikli yapılar bu yükseltelerde yer almaktadır.

Bugüne kadar Höyük bölümünde 12 tabaka gözlenmiştir. Eski Tunç Çağı II (ETÇ II)’ye tarihlenen XII. ve XI. yapı katları AcemHöyük’ün yerleşim yeri olarak seçilmesine yönelik en eski verileri taşımaktadır. Prof. Dr. Nimet Özgüç başkanlığındaki kazılarda Asur Ticaret Kolonileri Çağı’nda kentte inşa edilmiş anıtsal yapılardan Sarıkaya Sarayı ve Hatipler Sarayı açığa çıkartılmıştır. Prof. Dr. Aliye Öztan başkanlığı döneminde yapılan kazılarda da yine aynı döneme tarihlenen Hizmet Binası açığa çıkartılmıştır. Sarıkaya Sarayı Höyüğün en yüksek yeri olan güney kesiminde yer almaktadır. Sarıkaya Sarayı’nın kuzeybatı yönündeki yükseltide Hatipler Sarayı yer almaktadır.Hizmet Binası ise Sarıkaya Sarayı’nın kuzeyindeki yükseltidedir. Sarıkaya Sarayı, 6 tabaka olarak saptanan Koloni Çağı’nın IV. tabakasinda bulunmaktadır Yapı arkeolojik buluntularla da uygunluk gösteren M.Ö. 2000 yılları başına tarihlenmektedir (Görsel I) (Öztan veArbuckle, 2013:279).



Görsel I. Acem Höyük Anıtsal Yapılar(Kaynak: Kazı Arşivi)

1965-66 yılı çalışmalarında açığa çıkarılmış Sarıkaya Sarayı MA-VA/41-48 plan karelerinde yer almaktadır. Bugüne kadar sarayın kuzey-güney yönünde 59 m doğu-batı yönünde 61 metrelik bölümü açığa çıkartılmıştır. Günümüze ulaşabilen 3095 m² oturma alanı sarayın kuzey ve güneyinde yer alan bölümleri ile batı duvarları geç dönem müdahaleleriyle zarar görmüştür. İzlerine ulaşılmış olan revaklı avlusu ile birlikte düşünüldüğünde dikdörtgen planlı yapının toplam oturma alanı 5467 m²'ye ulaşmaktadır (Özgüç, 1977:357).Yapım teknikleri, malzeme kullanımı ve yapıda saptanan izlere göre, özgününde iki katlı olduğu anlaşılmaktadır. Plan ve kesit ölçümlerinde duvar yükseklikleri bazı mekânlarda 3,80 m ye ulaşmaktadır(Özgüç, 1968:9).

Sarıkaya Sarayı'nın yapımında taş, kerpiç ve ahşap kullanılmıştır. Temel görevi gören alt bölümde, genişliği 3,30-4,00 m arasında değişen, ortalama 50 cm yükseklikte, yüzeyleri düzeltilmiş tek sıra taş döşenmiş ve üzerinde duvar genişliğinde ahşap hatıllar dizilmiştir (Özgüç, 2015:7). Bu sistem ortalama 1,5 m kalınlığındaki yapı duvarların altının sağlam olmasını sağlamıştır. Yapının duvarlarının ana malzemesi farklı boyutlardaki kerpiçtir. Bu boyutlar 30-40x25-36x10-14 cm aralığında değişmektedir.Ancak duvarda yalnızca kerpiç bloklar kullanılmamış, kerpiçler ahşap bir kaset sisteminin içine doldurularak duvar örülmüştür (Görsel 2). Kaset sistem için alt bölümdeki ahşap hatıllara dik olarak ve 90 cm aralıkla ahşap dikmeler yerleştirilmiştir. Böylece ahşap iskelet oluşturularak kerpiç duvarın yekpareliği nedeni ile oluşabilecek statik sorunlar engellenmiştir. Düşeyde ise alt bölümden yaklaşık 2m yükseklikte ahşap hatıl kullanılmıştır. Birbiri üzerine bindirilerek çakılan bu hatıllar aynı zamanda tavan ve üst kat döşemesinin kirişlerinin bağlandığı elemanlar olarak kullanılmıştır.



Görsel 2. Ahşap Kaset Sistem ve Kerpiç Blokları

Acemhöyük'te M.Ö. 18. yy. da yaşanan büyük yangında saray duvarlarının ahşap elemanların yanması ile oluşan yüksek sıcaklık kerpicingin kimyasal yapısını değiştirmiş, yer yer erimiş ve yarı pişmiş tuğla bloklar oluşmuştur.

SARIKAYA SARAYI'NIN FİZİKİ DURUMU

Sarıkaya Sarayı M.Ö. 2000 yıllarında aktif kullanılmış sonra terk edilmiş, 1968-70 kazı mevsimlerinde ortaya çıkarılmıştır. Rüzgâr, kar suyu, yağmur gibi doğa etkenlerine açık olarak günümüze kadar gelmiştir.

Kullanıldığı yıllarda yangın geçiren ve yüzyıllarca doğa koşullarına açık olan yapının özgün durumunu korumak amacıyla kazı mevsimi içinde bozulan bölümlerde basit onarımlar yapılmaktadır. Yanmış ahşap hatıl ve dikmelerin oluşturacağı statik hareketleri önlemek için boşluklar geçici olarak cüruf ile doldurularak sağlamlaştırma yapılmıştır.

1988 ve 1989 yıllarında önceki yıllarda yıkılmış bölümlerde ve alt kısmı boşalmış, yıkılmak üzere olan bölümlerde tamamlama yapılmıştır. Bu tamamlamalarda dağılmış özgün malzeme kullanılmış, yetişmediği yerler için benzer boyutta yeni kerpiç üretilerek duvar örülmüştür (Öztan, 1991:247-248).

Duvarlar, kazı mevsimi dışında önleyici koruma yaklaşımıyla jeotekstil malzeme ile örtülerek korunmaktadır. Yangın sırasında ahşap elemanların yok olması ile oluşan hatıl boşlukları yapının statik dengesini bozmuş, yer çekimine karşı direnemeyen kütlelerin ayrışması gerçekleşmiştir. Ayrıca tüm duvarlarda yer yer kerpiç malzemenin kaybindan oluşmuş boşluklar bulunmaktadır.

Kerpiç bloklarda gözlenen farklı ölçüler incelenmiş, imalat ile kullanım yeri arasında ilişki olmadığı saptanmıştır (Özgüç, 2015:7).

ANALİZLER

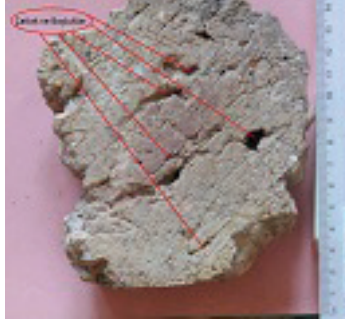
Toprağın kimyasal bileşikleri, tane büyüklüğü, kerpiç yüzeyinde görülen çatlak ve oyukların hacim hesaplamaları, TS EN ISO/IEC 17025'e göre akreditasyonu olan TPAO Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analizlerde geçen tanımlarda dil birliğini sağlamak amacıyla farklı disiplinlerde kullanılan bazı kelimeler tanımlanmıştır. (Görsel 3)

Oyuklar: Kerpiç blokların yüzeyinde görülen irili ufaklı çukurlardır.

Gözenek: Kerpiç blokların iç kısımlarında oluşmuş yüzeydeki oyuklar ile bağlantılı veya bağlantısız dar/geniş çatlaklar/ boşluklardır.

Büyük boşluklar: Duvarların üst veya ortalarından blok ayrılmalarıdır.

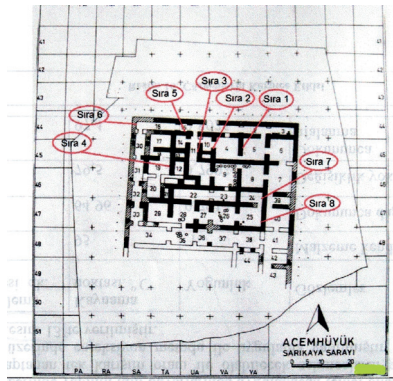
Çukurlar: Blok ayrılmaların ilk aşamasıdır. Yağmur ve rüzgârın etkisi ile yüzeyde ufalanarak çukur oluşmasıdır.



Görsel 3. Kerpiç Bloklardaki Çatlak ve Boşluklar

ÖRNEKLERİN ALINMASI/ HAZIRLANMASI

Saray duvarlarının tümünden örnek alınması olanağı yoktur. Çalışılacak kerpiç örnekler yapıya zarar vermeden ardışık alanlardan alınarak plan üzerinde işaretlenmiştir (Görsel 4). Yapıdan 32-40 X 26-36 X 10-14 boyutları arasında değişen kerpiç bloklar alınarak bunlardan analiz ve deneyler için çalışma şartlarına uygun parçalar hazırlanmıştır.



Görsel 4. Örnek Alınan Yerler (Plan Kaynak: Kazı Arşivi)

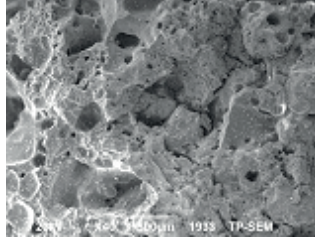
Standart sapma deneyi yapılmış terazi, hız kontrolü olan karıştırıcı ve diğer gerekli araçların hazırlandığı kazı evindeki mekânda temel onarım çözeltisi araştırmaları yapılmıştır.

TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOP (SEM)

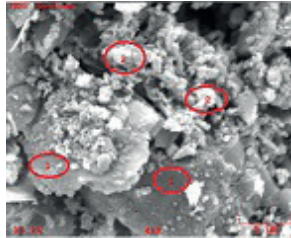
Örnek hazırlama: SEM/EDS analizleri için, örneklerden seçilmiş küçük parçalar numune taşıyıcısı üzerine yerleştirilerek etüvde 600 °C'de, 2 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler EMS-550X kaplama cihazı ile 200 Å kalınlığında altın kaplanmıştır.

Sistem/Çalışma: JEOL JSM-6490LV SEM ve IXRF-EDS-2004 SEM hızlandırıcı gerilim: 15 kVSEM demet akımı: 1µA EDS analiz programı: SQEDS düzeltme programı: ZAF

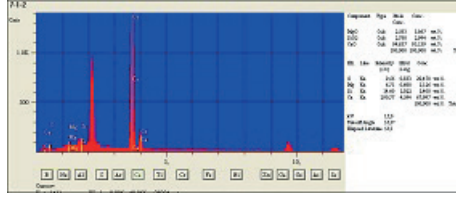
İncelemelerde örneklerin genel yapısı içinde gözenekler görülmüştür (Görsel 5). İğnemsî yapıdaki paleo-organik lifler ve uyumsuz kristallerin yanında karbon kalıntıları tespit edilmiştir (Görsel 6, 7, 8). İç ve dış kısımlarda kılcal çatlaklar, morfolojik içyapılarını oluşturan minerallerin kristal formları ojit element bileşimleri ile homojen olmayan bağlayıcıların izleri olan fosilleşmiş odunsu lifler gözlenmiştir (Görsel 9).



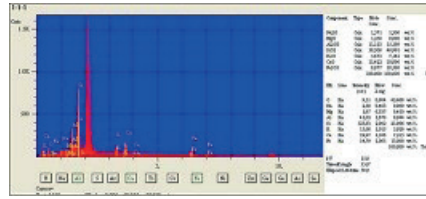
Görsel 5. 5 No.lu Örnek, Kerpiç Matris İçerisindeki Gözenekli Doku



Görsel6. 1 No.lu Örnek Üzerlerinde Kristal Büyümeleri Bulunan, İğnemsî Yapıdaki Paleo-Organik Lifler



Görsel 7. 1 No.lu Örnek Üzerlerinde "1" İle Gösterilen Nokta Ojit Kristali



Görsel 8. 1 No.lu Örnek Üzerlerinde "2" İle Gösterilen Nokta Ojit Kristali



Görsel 9. 4 No.lu Örnek Üzerlerinde Kristal Fosil Odunsulifler

X-IŞINIMI DİFRAKTOMETRESİ (XRD)

Çalışma: Jeneratör, Rigaku D/Max-2200 Ultima+/PC -Tüp: Cu Gerilim: 40 Kv

Akım 20 mA Dalga Boyu: (CuK α_1) 1.54059 Angström

Tarama hızı: 1 %/dk uluslararası difraksiyon veri merkezinde bulunan inorganik kristal yapısı yazılımının referans şiddet oranları dikkate alınmıştır.

Örneklerde saptanan minerallerin, cins ve bağıl bolluk oranları belirlenmiştir. Cihazın algılama sınırları içerisinde, tüm kaya minerallerin, (k=2 için) 0.01 genişletilmiş belirsizlik oranı (%I) olarak saptanmıştır.

İlk sekiz örnekte toplam kil cinsi olarak illite kil bileşiği saptanmıştır. Dokuzuncu örnek savunma amaçlı hazırlanmış sapan taşı kuru topraktır. Bu malzeme

yangının etkisi dışında kaldığı için smektit, illite ve kaolinit toplam kil miktarları ölçülmüştür (Görsel 10).

Örnek Sıra No	Tüm Kaya Mineral Bileşimi (% wt)						Kil Mineral Bileşimi (wt)			
	Kuvars	Feldispat	Kalsit	Pirit	Öjit	Toplam Kil	Smektit	İllit	Klorit	Kaolinit
1	16	33	6	8	26	11	0	11	0	0
2	16	53	2	0	24	5	0	5	0	0
3	5	63	2	2	19	9	0	9	0	0
4	10	20	0	0	16	4	0	4	0	0
5	34	51	1	1	15	8	0	8	0	0
6	12	39	0	0	44	5	0	5	0	0
7	10	62	0	0	25	3	0	3	0	0
8	8	65	0	0	25	2	0	2	0	0
9	19	39	16	0	0	26	13	7	0	6

Görsel 10. XRD-Tüm kaya ve Kil Analiz Sonuçları

SU EMME TAYİNİ

Örnekler açık havada ve 22°C su içinde bekletilerek aralıklı olarak tartılmıştır. Değişmeyen tartı değeri emilen su miktarını vermektedir. Sağlamaştırma yapıldıktan sonra örnekler aynı koşullarda su içinde bekletilerek emilen su oranı saptanmıştır. Sağlamaştırma öncesi ve sonrası değerler Görsel 11'de verilmiştir.

Örnek Sıra No	Sağlamaştırma öncesi emilen su % gr/kütle			Sağlamaştırma sonrası Emilen su % gr/Kütle		
	5 dk	10 dk	30dk	5 dk	10 dk	180 dk
1	15,30	28,75	Dağıldı	0	8,69	11
6	20,22	Yüzeyde ufulanma	Dağıldı	0,	9,04	14
7	7,66	25,12	Dağıldı	0	10,09	12

Görsel 11. Su Emme Oranları

TANE DAĞILIMI

Ağırlığı bilinen örnekler normal şartlarda su içinde 30 dakika bekletilmiştir. Kerpiç örnekler dağılarak tane büyüklüğüne göre dibe çöktükten sonra çökelti süzülerek ayrılmış ve 105 °C de dört saat kurutulmuştur. Hava kurusu ortamına gelmesi için 8 saat açık havada bekletilmiş ve ASTM standardına uygun kare

gözlü eleklerden elenerek tane dağılımı saptanmıştır (Görsel 12).

Örnek Sıra No	1 mm <	500 mm <	250 mm <	125 <	63 <	Elek altı
6	0	0	18,36	27,55	34,12	20,23
7	0	0	26,70	32,81	30,32	10,21

Görsel 12. Kare Gözlü Eleklerden Elenmiş Kerpiç Örneklerin Dağılımı (% gr/ kütle)

BOŞLUK TAYİNİ

Kerpiç örnekler hassas terazide tartılıp, vakum-basınç ortamı sağlanan desikatör içine yerleştirilmiştir. Desikatörün havası alındıktan sonra hacmi belirlenmiş, civa 1000 psig2/gram basınç ile desikatöre aktarılmıştır. Bir süre bekletilerek fazla civa geri alınmış ve örnekler tekrar tartılmıştır. Açık/kapalı gözenekler ve tane yoğunluğu hesap edilmiştir (Görsel 13).

Örnek Sıra No	Gözeneklik (% hacim)	Tane Yoğunluk (g/cc)
1	46.6	2.49
6	30.9	2.63
7	38.5	2.53

Görsel 13. Gözeneklik ve Tane Yoğunlukları

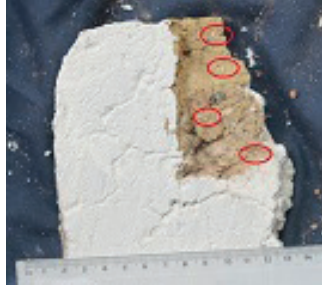
UYGULAMA

Kerpiç örnekler su metil, etil, n-propil alkoller alkolçözgenler içinde bekletilmiştir. Zaman içinde dağılma, uflanma, yoğunlaşma özellikleri incelenmiştir (Görsel 14). Uygulamada püskürtme ve fırça sonucu yüzeyde badana katmanı oluştuğu (Görsel 15), çözeltilerin emilmediği görülmüştür.

Küçük kerpiç örnekler üzerinde yapının tüm duvarlarında uygulanacak temel onarım çözeltilisinin olası karışım oranları denenmiştir. Saptanan tek karışım oranı ile olabilecek sakıncaların gözlemlenebilmesi için daha büyük kerpiç örnekler üzerinde enjeksiyon metodu ile uygulama yapılmıştır (Görsel 16). Sağlama sonrası su emme oranı Görsel 11'de verilmiştir.

Kullanılan Çözgen	Bekleme süresi dk.	Kaynama noktası, ° C	Yoğunluk	Gözlemler
Su	30	95	1	Malzeme kendiliğinden dağıldı
Metil alkol	50	64,96	0,7914	Dokununca dağıldı
Etil alkol	120	79,5	0,7993	Değişiklik yok
n-Propil alkol	50	97,4	0,8035	Dokununca yüzeyde tozuma ve ufalanma

Görsel 14. Çözgenlerin Kerpice Etkisi



Görsel 15. Fırça ile Uygulama İç Kısma Giremeyen Kerpiç Badana



Görsel 16. Kerpiç Örnek Üzerinde İnce Çatlak ve Gözeneklerin Sağlamaştırılması

ONARIM ÇÖZELTİSİNİN HAZIRLANMASI

Ayrı ortam ve konsantrasyonlarda iki farklı çözelti hazırlanmış ve birleştirilerek ‘temel onarım çözeltisi’ elde edilmiştir.

Birinci Çözelti: 5 gr Ca(OH)₂ sönmüşkiireç 250 ml su içinde 15 dakika kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır.

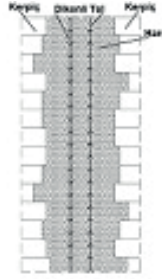
İkinci Çözelti: 1 adet yumurta akı 50 ml su içinde 30 dakika süre ile kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır.

2 lt'lik kap içine konan ikinci çözeltiye 500 ml etil alkol (% 98) ve 1 gr nano-kireç ilave edilerek homojen dağılım olacak şekilde 4 saat kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır. Üzerine birinci çözeltiden 50 ml ilave edilerek iki saat karıştırılmış ve % 98 saflıkta etil alkol ile 2lt'yetamamlanarak tekrar 15 dakika hızlı karıştırılmıştır. Bu çözelti yapılacak işin miktarına göre günlük hazırlanarak karbon dioksit (CO₂) etkisi önlenmiştir.

Temel onarım çözeltisinde kullanılan nano kireç ve yumurta akı önerilen konsantrasyondan daha düşük kullanıldığında yüzeyde beyazlaşma (Görsel 15) oluşmaktadır. Çözeltilerin önerilenden daha seyreltik kullanılması halinde ise temel onarım çözeltisi kerpiç çatlakları içinde uzak yerlere akarak çalışmayı zorlaştırmaktadır. En uygun temel onarım çözeltisi duvar yüzeyindeki çatlak ve boşluklar dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu nedenle uygulama sırasında duvar yüzeylerinde bozunma paftası yapılacaktır.

İMİTASYON ONARIM HARÇ/SIVA KARIŞIMI ÖNERİSİ

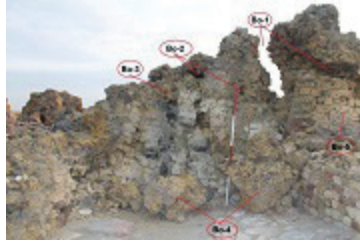
Onarım yapılması gereken alanlar için kerpiç veya bu özellikteki toprak elenecek uygun oranda temel onarım çözeltisi ile karıştırılıp harç /sıva haline getirilerek kullanılabilir (Görsel 17).



Görsel 17. Yatay ve Düşey Büyük Boşluklar İçin Uygulama Önerisi

KAZI ALANINDAKİ ÇALIŞMALAR

Sarayın 12 no'lu mekânında doğadan kaynaklanan bozulmalar (Görsel 18) ve tanımları (Görsel 19,20) örnek verilmiştir. Uygulamada yapılacak çalışmalar için aynı mekanın enjeksiyon delikleri ve yüzey tamiri yapılan alanlar beş yıl süre ile takip edilmiştir.



Görsel 18. Kerpiç Duvar Yüzeylerinde Saptanan Bozulmalar

Bozulma tipi	Bozulmanın kısa tanımı	Ayrıntılı tanım
Bo-1	Yatay ve Düşey Büyük Boşluklar	0,5 dm ³ < küçük Boşluklar açılmış alanlar
Bo-2	Yatay ve Düşey Küçük Boşluklar	0,5 dm ³ > küçük Boşluklar açılmış /ayrılmış alanlar
Bo-3	Yangın ile kerpiç yapısında değişim	Sinterleşmiş bloklar yerinde korunacak
Bo-4	Üst Kotlardan Yere Düşmüş Kütleler	Küteller projelendirilerek ayırdıkları alanlarda izleri bulunacak, bütünlüştürmek amacıyla kullanılacaktır.
Bo-5	Yüzeydeki Çatlak ve Oyuklar	kerpiç Blok/ tuğlaların iç kısımlarındaki boşluk ve çatlakları enjeksiyon ile sağlamlaştırma

Görsel 19. Kerpiç Duvar Yüzeylerinde Saptanan Bozulma Tanımları

Müdahaleler		Kullanılacak agreganın karışım oranı % Hacim							Agrega + Bağlayıcı cinsi/oranı	
Bozulma Tipi	Uygulama	2<	1<	0,5 <	0,25<	0,125 <	0,030	Alınacak oran %		
Bo-1	Hid. Kireç + agrega harç (imitasyon paslanmaz çelik tel donatılı)	30	15	10	20	5	0	10	Hidrolik kireç/5	
Bo-2	Hidrolik kireç+agrega (harç)	Müdahale edilecek alanların büyüklüğüne göre kerpiç ilave edilecek								
Bo-3	Yangın ile kerpiç yapısında değişim/ sinterleşme (Resim 24)	Müdahale getirilmeyecek								
Bo-4	Nano kireç+agrega enjeksiyonu (Yerinde koruma)	Projesine göre değişen oranlarda kerpiç toprak								Nano-kireç çözültisi/
Bo-5	Nano kireç +agrega çözültisi	0	0	0	0	10	10	10	Nano-kireç çözültisi/5	

Görsel 20. Kerpiç Duvar Yüzeylerinde Saptanan Bozulmalar Bozulma alanlarında kullanılacak “temel onarım çözültisi” ve “imitasyon onarım harç /sıva karışımı ” Reçete Özeti

TARTIŞMA VE SONUÇ

Mekânlarda ısı ile oksitlenmiş veya yarı erimiş yüzeyler, sıva katmanları, kömürleşmiş ahşap parçacıklarının bulunduğu hatıl boşlukların reçeteleri örnek olarak 12 No.lu mekânda denenmiştir. Kazı alanında duvar üzerinde bu deneme 0,25 m² lik alanı kaplamaktadır. 2015 yılında yapılan bu çalışma 2019 kazı mevsimine kadar takip edilmiştir. Kerpiç malzemede suyun neden olduğu bozulma saptanmamıştır.

Konsolidasyon uygulama tekniklerinde kullanılan sentetik esaslı malzemelerde olduğu gibi nano-kireç geri dönüşümlü değildir. Bununla birlikte analiz sonuçlarında saptanan kalsiyum karbonat (CaCO₃) varlığı ile nano-kireç fiziksel olarak çekme/kopma veya genişleme davranışları göstermemiş ve sağlamlaştırma yapılan örnekler üzerinde olumsuz etkileri gözlenmemiştir.

Yumurta akı kılcal boşluk içinde akışkanlığı azaltmış ve etil alkol+nano kireç karışımına dolgu amacıyla katılan toprak, enjeksiyon yapılan bölgeye yakın yerde çökerek çatlağı doldurmuştur.

M.Ö. 2000 yıllarında Sarıkaya Sarayı ustalarının Kapadokya Kavak formasyonu neojen volkanizması (Akçura, 1975:4) özellikleri hakkındaki bilgilerinin bilinmemesi. Ancak kerpiç imalatında 500 mikrondan küçük tane boyutundaki toprağı kullanmış olmaları ustalıklarını göstermektedir.

Korkanç "Nevşehir yapı taşı İgnimbiritlerinde gözenek ölçümleri %21-25 gr/hacim olarak bulunduğunu yazmaktadır" (Korkanç, 2007:57). Sarayın kerpiçlerinde ise gözeneklilik %30-46 gr/hacim olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin Nevşehir yapı taşında doğal oluşmuş gözeneklerden fazla olması doğanın etkisini göstermektedir.

Kazı alanında uygulama sırasında dikkat edilmesi gereken konulara aşağıda belirtilmektedir:

- Beklenmiş çözelti içindeki nano-kireç kalsiyum karbonat (CaCO₃) tabaka oluşturduğundan çalışmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kullanılacak çözelti günlük hazırlanmış olmalıdır.

- Yumurta akı iyi karıştırılmış olmalıdır.

- Kullanılacak toprak, kerpiç malzeme ile benzer bileşikleri içermeli, elenmiş (1 mm, 500 mm, 250 mm ve 125 mm kare gözlü eleklerden) ve temiz olmalıdır. Çekme/ genişleme hareketinden dolayı yüksek orandaki illite bile-

şığıne sahip olan kerpiçler dağılmaktadır. Bu nedenle toprak bileşiminde illite bileşiminin çok az olması gerekmektedir.

- Tamamlama yapılacak bölgelerde yeni kerpiç ile eski malzeme arasına sağlamaştırma çözeltisi fırça ile uygulanmalıdır. Katılacak toprak 0,5 mm göz açıklığı olan kare gözlü elekten elenmiş ve kurutulmuş olmalıdır. Hatıl boşluklarında sağlamaştırma yapılacak ise 125 mm altında kalan temiz toprak kullanılmalıdır.

- Alkolün buharlaşması ile yüzeyde oluşacak beyazlık temiz alkol ile yıkanmalıdır.

- Şantiyede uzman personel çalıştırılmalıdır. Emniyetli şekilde apsollü etil alkol depolanmalıdır. Çalışma süresince maske ve eldiven kullanılmasına ve sigara içilmemesine dikkat edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Sarıkaya Sarayı'nda çalışma ve kazı arşivinden yararlanma olanağı verdiği için Sayın Prof. Dr. Aliye Öztan'a teşekkür ederiz. Çalışma sırasında katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. H. Yeter Göksu ve analizlerin yapılmasında verdikleri katkılarından dolayı Sayın Macide Zeynep Yücel, Sayın Turgay Çelik, Sayın YinalNeşesHuvaj ve Sayın Mehmet Koray Ekinci'ye teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ahluwalia, C., Chattapadhyay, S., ve Mandal, P. (2009). "Conservation Treatments For Earthen Structures In The Western Himalayas Of India", APT Bulletin, 40, 35-42.
- Akçura, N. (1975). Ortahisar Göreme Araştırma Değerlendirme Genel Koruma. Ankara: TC.Kültür Bakanlığı Eski Eserler Müzeler Genel Müdürlüğü.
- Benli, B. (2008). "Nanoteknoloji Ve Antik Çağlara Uzanan Killi Nanoyapılar", Clay Science and Technology, 1, 143-162.
- D'Armada, P. ve Hirst, E.M. (2012). "Nano-Lime For Consolidation Of Plaster And Stone", Journal of Architectural Conservation, 18, 63 - 80.
- Erder, C. (1983). "Presentation", International Symposium and Training Workshop on The Conservation of Adobe, Lima Peru, (s. 7-9), Roma.
- Frohberg, B. (2016). "Der Dom zu Xanten: Eine Konservierung von Drachenfels-Trachyt und Römertuff mit Nanokalkprodukten", Restauro, 7, 22-27.
- Goffer, Z. (2007). Archaeological Chemistry. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Houben, H. (2011). "Keynote address: l'architecture de terre, une discipline à part entière?", Terra 2008: The 10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, 1-4.
- Işık, B. (2016). "Opening Remarks", kerpiç'16 Cultural Landscape: Rebuilding After Decay International Conference, (s. IV), İstanbul.
- İdil, A.Ç. (1984). Santa Maria Assunta Kilisesi Mozaik Onarım, Yayınlanmamış Şantiye Günlükleri, Venedik.
- İdil, A.Ç. (1995). "Testing Three Products In Göreme Valley, Cappadocia", The Safeguard Of The Rock-Hewn Churches Of The Göreme Valley: Proceedings Of The International Seminar, (s. 143-149), Roma.
- Kuşcu, M., Cengiz, O. ve Şener, E. (Ed.). (2007). XIII. Ulusal Kil Sempozyumu: Bildiriler Kitabı; 12-14 Eylül 2007, (s. 1-725), Isparta.
- Korkanç, M. (2007). "İğnibirirlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı". Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 31 (1), 49-60.
- Mora, P., Mora, M. ve Philippot, P. (1984). Conservation Of Wall Paintings. Londra: Butterworths.

Özgüç, N. (1968). "Acemhöyük Kazıları/Excavations at Acemhöyük", Anadolu/Anatolia, X, 1-28/29-52.

Özgüç, N. (1977). "Acemhöyük Saraylarında Bulunmuş Olan Mühür Baskılar", Belleten, 41 (162), 357-381.

Özgüç, N.(2015). Acemhöyük-Buruşhaddum I. Ankara: TTK Yayınları

Öztaş, A. (1991). "1989 Yılı Acemhöyük Kazıları", XII. Kazı Sonuçları Toplantısı-I, (s. 247-258), Ankara.

Öztaş, A. ve Arbuckle, B.S. (2013). "2011 yılı Acemhöyük Kazıları Ve Sonuçları", XXXIV. Kazı Sonuçları Toplantısı-I, (s. 275-294), Ankara.

Öztürk, I. (1992). Alkoxysilanes Consolidation of Stone and Earthen Building Materials, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pennsylvania Üniversitesi, Pennsylvania.

Pesce, G.L., Morgan, D., Odgers, D., Henry, A., Allen, M., ve Ball, R.J. (2013). "Consolidation Of Weathered Limestone Using Nanolime", Construction Materials, 166 (4), 213-228.

Rainer, L. ve Rivera, A.B. (2004). The Conservation Of Decorated Surfaces On Earthen Architecture, Proceedings From The International Colloquium Organized by the Getty Conservation Institute And The National Park Service, (s. 1-191) Los Angeles.

Toracca, G. (1982). Porous Building Materials Science For Architectural Conservation. Roma: ICCROM

Üstüncök, O. ve Madran, E., (1980). III. Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği.

Vitruvius. (1990). Mimarlık Üzerine On Kitap (çev. S. Güven). Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı.

Xudong, W.C., Zuixiong, L. ve Lu, Z. (2010). "Condition, Conservation And Reinforcement Of The Yumen Pass And Hecang Earthen Ruins Near Dunhuang", Conservation Of Ancient Sites On The Silk Road, Proceedings Of The Second International Conference On The Conservation of Grotto Sites, (s. 351-357), Los Angeles.

Zhao, H., Li, Z., Han, W., Sun, M. ve Wang, X. (2007). "Study On The Main Disease Of The Great Wall And Its Conservation In Gansu Province", Sciences of Conservation and Archaeology, 1, s. 28-32.