

Yüzyıl dönümünde İstanbul’da yapı dış cephelerinde kullanılan yapay taşların mimari değerlendirmesi

Nilüfer BATURAYOĞLU YÖNEY*, Ahmet ERSEN

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık - Restorasyon Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

“Yapay taş” olarak tanımlanan malzeme, 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başı mimarlığında özellikle dış cephelerde sıklıkla kullanılan, bağlayıcı, agrega ve diğer bazı katkılardan oluşan ve doğrudan yüzeylere uygulanan ya da kalıplara dökülerek hazırlandıktan sonra yüzeylere sabitlenen, bir kaplama ve bezeme malzemesi ve tekniğidir. 19. yüzyılda gerçekleşen Endüstri Devrimi’nin de etkisiyle standartlaşan ve serileşen mimarlık üretimi, gerektirdiği iş gücü ve süre nedeniyle maliyeti yüksek geleneksel sistemlerden uzaklaşarak, döneminin dinamikleşen sosyal, ekonomik ve kültürel yapısına uygun malzeme ve uygulama yöntemlerinin arayışına girer. Ortaya çıkan çözümlerden biri, pahalı ve yavaş geleneksel taş işçiliği yerine benzer görünüme sahip, daha hızlı ve seri olarak üretilebilen yapay taş teknolojisidir. Bu araştırmanın amacı, sözü edilen dönemde yapı dış cephelerinde kullanılan yapay taşları mimarlık ve koruma bilimi açısından değerlendirmektir. Öncelikle malzemelerin gelişimi ve yaygın kullanıma girişine yönelik, mimari uygulama yöntemleri ve üslupları da kapsayan geniş bir kaynak taraması gerçekleştirilmiştir. Kullanımla ilgili incelemeler ise yapı dış cephelerinin mimari, malzeme ve uygulama niteliklerine odaklanmıştır. Arazi çalışması sonucu, döneminin özelliklerini yansıtan yapılar seçilerek, yapı dış cephelerinin mimari düzeni içinde yer alan farklı yapay taş uygulamalarından örnekler alınmıştır. Yapay taş başlığı altında farklı sıva teknikleri ile kabartma bezekli mimari elemanlar ele alınmaktadır. Benzer harç ve sıvalar için literatürde önerilen çalışma programları esas alınarak ilgili ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilen deneylerle, temelde hidrolik nitelik taşıyan harçlardan oluşan bu örneklerin fiziksel, hammadde ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay taş, hidrolik bağlayıcıların gelişimi, erken çimentolar.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Nilüfer BATURAYOĞLU YÖNEY. baturayogl@itu.edu.tr; Tel: (212) 293 12 00 dahili: 2287. Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık - Restorasyon Programı’nda tamamlanmış olan "19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başı yapı cephelerinde kullanılan yapay taşların mimarlık ve koruma bilimi açısından değerlendirilmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 25.07.2008 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 10.11.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmiştir.

An architectural evaluation of the artificial stones used on exterior façades at the turn of the century in Istanbul

Extended abstract

The material defined as “artificial stone”, frequently used on the façades of the late 19th and early 20th century buildings, is a mixture of binder, aggregate and other additives and may either be applied directly as a coating on wall surfaces or precast in moulds and then attached to façades as decorative architectural elements. One of the effects of the Industrial Revolution in 19th century was a tendency to standardize architectural production, which in turn moved away from time-consuming and costly traditional techniques in search of those in accordance with the dynamic social, economic and cultural structure of the period. One of the resulting solutions was the rapidly mass-produced artificial stones that replaced the traditional stone masonry.

The aim of this research is to evaluate the use of artificial stone on the exterior façades of buildings dated to turn of the last century in terms of architecture and conservation science. The program includes a detailed research in written sources focusing on material history, studying their invention, development and use as well as architectural design and construction techniques and styles. The sources which may be categorized as a history of materials and techniques, including books, booklets, reports and patent texts are very colourful, detailed and bear much first-hand information as well as extensive cross-references. It is very interesting to see that not only these early modern scientist but also the authors who are in fact master craftsmen were very well informed about the work of their predecessors as well as that of their colleagues in different countries.

Turkey and more specifically Istanbul, located on the periphery of these developments in architecture, techniques and materials, was also affected contemporaneously. However, it is only partially possible to trace this transformation in publications and archive material. The main sources of information are the period buildings themselves. Thus, the use of artificial stone was evaluated with reference to architectural, material and application characteristics. Field-work enabled the selection of ca. 30 buildings for sampling, and the number was reduced to 15 in

the final stage, focusing on those buildings reflecting the characteristics of their period. Samples were taken from various types of artificial stone used in architectural programs of different styles. Generally speaking, artificial stones consist of flat plaster coatings applied in-situ and architectural elements with decorative reliefs, some of which may be load-bearing and which may be produced with different types of moulds either in-situ or precast at the workshop.

The experiments, conducted according to related national and international standards based on research programs recommended for similar mortar and plaster samples in literature, enabled the determination of the physical, raw material and mineralogical characteristics of the samples.

Results indicate that all the binders have hydraulic quality, some being artificial cements and/or natural water limes and others being fat limes mixed with mostly artificial pozzolanic additives, such as brick dust and ash, charcoal or slag as well as some natural pozzolanas such as opal. Some of the limes included magnesite, which is known to enhance the mechanical properties, whereas the identification of calcium sulphate (in XRD and SEM-EDS analyses) enabled the identification cements, as this additive is known to have been used since the 1850s to regulate the setting characteristics of these binders. Those including higher ratios, on the other hand, may be identified as calcium sulphate based binders, which appear frequently in literature.

The physical characteristics of the plasters are somewhat different, compared to similar mortars and concretes: The densities and binder/aggregate ratios are generally higher, porosities lower and the size of the aggregates is smaller. The plasters may have single or multiple (two to three) layers. As it may be expected, compared to the lower rough layers, the upper finishing layers are denser, have higher binder/aggregate ratios and include aggregates smaller in size and usually lighter in colour, such as white sands and lime stones as well as marble pieces in some cases. Fibrous aggregates as well as artificial aggregates with pozzolanic qualities are used in almost all samples, including those with hydraulic binders, indicating a continuity of tradition and/or distrust in these new materials.

Keywords: Artificial stone, the development of hydraulic binders, historic cements.

Giriş

Yapı dış cephelerinde kullanılan yapay taş kaplama ve elemanları, 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başı mimarlığında sıklıkla rastlanan bir malzeme ve uygulama yöntemidir. “Yapay taş” başlığı altında bağlayıcı, agrega ve bazı diğer katkılardan hazırlanarak doğrudan yüzeylere uygulanan ya da kalıba dökülerek hazırlandıktan sonra yüzeylere sabitlenen, sıva, kaplama ve bezeme malzemesi ve mimari elemanlar ile uygulama yöntemleri ele alınmaktadır. Yapay taş kullanımıyla ilgili incelemeler, yapı dış cephelerinin mimari, uygulama ve malzeme niteliklerine odaklanmıştır. Yöntem, yapay taş uygulamalarını mimarlık, mimarlık tarihi, malzeme tarihi ve koruma bilimi açısından incelemek ve değerlendirmektir.

Temelde bir dış cephe kaplaması ve mimari eleman yapım yöntemi olan yapay taşların ortaya çıkışı ve bir uygulama yöntemi olarak gelişip yaygınlaşması sürecini, hidrolik bağlayıcılar ve bunlardan üretilen karışımlardan bağımsız olarak düşünmek mümkün değildir. 18. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak hidrolik sertleşme mekanizmalarının anlaşılması ve doğal hidrolik çimentoların ayırt edilmesi, 19. yüzyılın ilk yarısından başlayarak hidrolik nitelikli bağlayıcıların yapay olarak üretilmesi ve aynı yüzyılın ikinci yarısında yaygınlaşması ve ucuzlaması, yeni erken modern yapım yöntemlerini desteklemiş ve basit yapılarda bile kullanılabilir hale gelmesini sağlamıştır. Gelişmiş mühendislik projelerinde daha yüksek dayanıklılık ve mukavemet sağlamak üzere geliştirilen, sualtında inşaata olanak sağlayan yeni malzemelerin, mimarlıkta dönemin estetik anlayışına uygun yapı ve süsleme elemanlarının üretiminde de kullanılabileceği anlaşılmıştır.

19. yüzyıl yaşamını biçimlendiren Fransız ve Endüstri devrimlerinin kültür ve sanata etkilerinden biri, yapı üretiminde yol açtıkları değişikliklerdir. Avrupa'da mimarlık kuram ve eğitimi tarihselcilikten seçmeciliğe ve modernizme doğru yol alırken, standartlaşan ve serileşen mimarlık üretimi, gerektirdiği süre ve işgücü nedeniyle maliyeti yüksek geleneksel sistemlerden uzaklaşarak, döneminin dinamikleşen sos-

yal, ekonomik ve kültürel yapısına uygun malzeme ve uygulama yöntemleri arayışına girmiş, yapı işleri zamanla endüstriyelmiştir. Diğer yeniliklerin yanında, pahalı ve yavaş geleneksel doğal taş işçiliği yerine benzer görüntüye sahip ancak daha hızlı ve seri olarak üretilen tuğla kargir, sıvalı ve yapay taş kaplama ve elemanlı sistemlere geçiş gerçekleşmiştir. Bu süreç, mimarlık ve malzeme tarihine ilişkin kaynaklar kadar, döneme tarihlenen çok sayıdaki patent, risale ve kitaptan da izlenebilir. Bu değişim mimarlık ve inşaat dünyasına olduğu kadar, sosyo-ekonomik süreç ve ihtiyaçları ile konfor koşulları konusunda beklentileri yükselen ancak görsel estetik beklentileri ve yaklaşımları pek de değişmeyen ve bu yeni malzeme ve yöntemleri bir ilerleme değil yozlaşma olarak gören toplumsal hayata da damgasını vurmuştur. Aynı biçimler varlıklarını sürdürürken, geleneksel üretim yöntemlerinin yerini ucuz ve hızlı üretilen kopyalarının aldığı söylenebilir.

Avrupa mimarlığındaki bu dönüşüm, batıya öykünen çevre kültürüne de yansır ve Osmanlı ve Türkiye mimarlığında da etkileri izlenir. Osmanlı İmparatorluğu'nda teknoloji alanında 17. yüzyılın sonunda başlayan çağdaşlaşma hareketleri, zamanla mimarlık mesleğinin tanınması, yapı işlerinin kurumsallaşması, yasal yapı denetimi mekanizmalarının oluşması ile mühendislik ve mimarlık eğitiminin gelişmesini de kapsar. Yurtdışında eğitim alan etkin mimarlar aracılığıyla üsluplar kadar batıda gelişen yeni malzeme ve teknolojiler de ithal edilerek kullanıma girer. Özellikle İstanbul'da yönetmeliklere uygun kargir yapıların yaygınlaşmasıyla birlikte, yapı tasarım ve üretim süreci alaylı ustalardan diplomalı mimarlara ve şirketleşmiş müteahhitlere geçer; batıda olduğu gibi hızlanan, ucuzlayan ve kısmen standartlaşan bu üretim süreci, çimentolar gibi dönemin çağdaş ancak yeni malzemeleri ve betonarme sistemleri ve yapay taş gibi yeni uygulama yöntemlerinin kullanıma girmesini ve yaygınlaşması destekler. Döneme tarihlenen yazılı kaynak ve arşiv belgeleri sınırlı olmakla birlikte, özellikle bu dönem içinde gelişen ve/veya yenilenen kent alanlarında mevcut yapılar değerli ve özgün kanıtları oluşturur. 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başına tarihlenen bu yapılar üze-

rinden dış cephelerin ve bezeme programlarının mimari düzenleri, doğal ve yapay taşların mimaride dağılımı ya da mimari düzen içinde kullanımı, elemanların farklı düzen ve üsluplarda biçimlenişi ve çeşitliliği ile kullanılan uygulama yöntemi ve malzemeler değerlendirilebilir.

Deneysel çalışma

Çalışmada kullanılmak amacıyla örnek almak üzere İstanbul'da 19. yüzyılın ikinci yarısı ile 20. yüzyılın ilk çeyreğinde gelişen ve/veya yangın benzeri bir afet sonucu yeniden inşa edilen bölgelerden (Galata-Beyoğlu ve Fener-Balat ağırlıklı olmak üzere) onarım geçirmemiş kargir yapılar seçilmiştir. Yapı seçiminde tarihesine dayanak oluşturacak eski haritalar gibi altlıklar bulunması, döneminin üslup ve mimarisini yansıması ve ait olduğu tarih kesitinin yapay taş uygulamalarına özgün biçim ve nitelik, çeşitlilik

ve zenginlik yönünden örnek oluşturması esas alınmıştır (Tablo 1). Genel olarak yapay taş uygulama yöntemleri, derz kesilerek taş kaplamaları taklit eden sıva teknikleri ya da yerinde ve/veya öndöküm olarak üretilmiş daha derin profilli veya kabartma bezekli mimari elemanlardan ibarettir.

Temelde hidrolik nitelikli harçlardan oluşan bu örneklerin analiz ve değerlendirilmesinde, benzer harç ve sıvalar için literatürde önerilen deneysel çalışma programları esas alınmış, ilgili ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak malzemelerin fiziksel, hammadde ve mineralojik niteliklerini belirlemeye yönelik bir sistem oluşturulmuştur.

Görsel özellikler

Sıvaların uygulandığı altyüzeylerin tamamı tuğladır ve kargir yapıların dış cephelerinde yer

Tablo 1. Örnek alınan yapılar, genel bilgi ve gözlemler

Örnek no	Yapı adı / Adresi	Yapım tarihi	Konum	Örneğin tanımı		Tabaka sayısı
				Mimari görevi	Üretim yöntemi	
01.İŞY	Türkiye İş Bankası Müzesi, eski Yenicami Şubesi (<i>Bureaux de la Poste Ottomane</i>)	1892	Z	pencere eteği	basma kalıp	1
02.HID	Bebek Hıdıva Sarayı / Mısır Arap Cumhuriyeti İstanbul Konsoloslugu ve Rezidansı, mimar: A. Lasciac	1900-1901	Z	kabartma bezekli bahçe duvarı	öndöküm	1
03.MEM	Arnavutköy Memduh Paşa Silah Koleksiyon Salonu ve Kitaplık Pavyonu, mimar: Raimondo D'Aronco	1904	Z-1	düz yüzeyli kabartma levha	öndöküm	3
04.İŞG	Türkiye İş Bankası Galata Şubesi, Bankalar Caddesi 27-29	1918	1	sütunçe göbeği	öndöküm	1
05.KAM	Kamondo Apartmanı/Hanı, Serdar-ı Ekrem Sokak 30-40 (<i>Apparts. Camondo</i>)	1861-1868, 1870-1876	Z	kesme taş taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	1
06.HZP	Beyoğlu İstiklal Caddesi Haco Pulo Pasajı (<i>Apparts./Passage Hazzopoulos 12</i>)	1871, 1890, 1905	1	pencere sövesi	çekme kalıp	1
07.KGT	Galata Serdar-ı Ekrem Sokak 26, konut	1905 öncesi	Z	kesme taş taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	2
08.KBY	Beyoğlu Yeşilçam Sokak 27, konut (<i>Apparts. Castorides</i>)	1905 öncesi	Z	kesme taş taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	1
09.KGT	Galata Serdar-ı Ekrem Sokak 68, konut (<i>Apparts. Dikéos</i>)	1905 öncesi, 1920'ler	Z	kesme taş taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	2
10.KBY	Beyoğlu Halas Sokak 31, konut	1905 öncesi	Z	yivli pilastr gövdesi	çekme kalıp	2
11.KBL	Balat Ayan Caddesi 14-18-22, konut	19. yy. sonu	1	balkon kapısı sövesi	çekme kalıp	1
12.KBL	Balat Akçın Sokak 17 – Yaldızlı Sokak 18, konut	19. yy. sonu	1	kat silmesi	çekme kalıp	1
13.KBL	Balat Vodinya Caddesi 96, konut	20. yy. başı	Z	dokulu kabartma levha	öndöküm	3
14.KBL	Balat Yıldırım Caddesi 32, konut	20. yy. başı	1	mermer taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	2
15.KBL	Balat Hızırçavuş Köprüsü Sokak 2, konut	20. yy. başı	Z	kesme taş taklidi sıva	derz kesilmiş düz sıva	2

alırlar. Bağlayıcı renkleri genellikle açık-koyu arasında değişen çeşitli gri tonlarında, ancak bazı örneklerde beyaz ve pembe/beyazdır; ince üst sıva tabakaları ve tek kat sıvalar görece daha açıktır. Gri tonları bağlayıcı olarak çimento, beyaz hidrolik nitelikli veya normal kireç kullanıldığını, pembe ise sıvaya tuğla kırığı ve/veya tozu eklendiğini göstermektedir. Tabaka kalınlıkları değişkendir. Kalınlığı 5 cm üzerine çıkabilen kaba alt sıva tabakaları, kalınlığı 2 mm seviyesine kadar inebilen ince üst tabakalarına göre genellikle daha kalındır. Agregaların boyutları tabaka kalınlığı ve konumu ile doğrudan ilişkilidir; alt tabakalarda üst tabakalara göre daha büyük boyutlu agrega kullanılır. Sıklıkla tuğla kırığı ve curuf/kül/odun kömürü gibi katkılar ile kırıntı/saman gibi organik liflere rastlanır. Üst yüzeyler genellikle boyanmamış, üzerlerinde zamanla patina oluşmuştur.

Fiziksel özellikler

Belirlenen yoğunluk ($1.70-2.60 \text{ g/cm}^3$) değerleri genel olarak hidrolik nitelikli bağlayıcı harç ve sıvalardan beklenen aralıklardadır. Agregaların benzer oluşu, yüksek yoğunluk değerlerinin bağlayıcı olarak çimento/sukireci kullanımı ile bağlayıcı/agrega oranları arasındaki farklardan kaynaklandığını düşündürür. Gözenekliliğin belirlenmesi için kalın harç kesitlerinin binoküler mikroskop altında incelenmesi ve çekilen sayısal fotoğrafların vektörel destekli bir tasarım yazılımında alansal olarak değerlendirilmesine dayalı bir yöntem geliştirilmiştir. Örneklerin kendi aralarında karşılaştırılması için yararlı olan bu yöntemle belirlenen, %3-10 aralığındaki gözeneklilik değerleri, kireç harçlarına göre düşüktür (Franzini vd., 2000; Moropoulou vd., 2003; Böke vd., 2006; Tunçoku ve Caner-Saltık, 2006; Güleç, 1992). Gözenekler genellikle yuvarlak ya da yuvarlağa yakın poligonal biçimlidir; bazı örneklerde sıkıştırma yönünde yassı oldukları izlenir. Gözenek boyutları, agrega boyutları ve harç dokusu ile doğrudan ilişkilidir.

Hammadde kompozisyonları

Örneklerin hammadde kompozisyonları "asit kaybı" yöntemiyle belirlenmiştir (Jedrzejevska, 1981; Teutonico, 1988; Middendorf vd., 2005). Kullanılan kireç oranı genellikle %20-40 aralığındadır.

değişkenlik göstermekte olup, yüksek oranlarda ($\geq\%50$) kireç içeren geleneksel harç ve sıvalardan farklıdır (Böke vd., 2006; Franzini vd., 2000; Moropoulou vd., 2003; Tunçoku ve Caner-Saltık, 2006; Tunçoku, 2001; Güleç ve Ersen, 1998; Güleç, 1992). Örneklerin düşük gözeneklilik değerleri de göz önüne alınırsa, üretimlerinde çimento veya sukireci gibi hidrolik nitelikli bir bağlayıcı kullanıldığı söylenebilir. Bazı örneklerde izlenen daha yüksek oranda kireç (%35-50; 06.HZP ve 12.KBL), hidrolik bağlayıcıyla birlikte kireç kullanıldığını göstermekte, bağlayıcı dokusunun rengi ve içeriği ile tuğla kırığı gibi yapay agregaların varlığı bu görüşü desteklemektedir. Diğer yandan doku renk ve içeriği değerlendirildiğinde bağlayıcı olarak doğal ya da yapay çimento kullanıldığı düşünülen diğer örneklerdeki (03.MEM.o, 03.MEM.ü, 04.İŞG, 05.KAM, 07.KGT.ü, 09.KGT.ü, 11.KBL, 13.KBL.ü, 14.KBL.a, 14.KBL.ü) görece yüksek kireç oranı ise, agregadaki kireçli kavkı ve taş kırıklarına bağlanabilir. Özellikle çimento bağlayıcı ince üst tabakalarda, sıvanın rengini açarak doğal taşlara benzetmek amacıyla açık renkli agregalar ve mermer gibi doğal taş kırıkları kullanıldığı izlenir.

Elenerek ayrılan agregaların görsel analiziyle tür ve oranları belirlenmiştir. Benzer asit kaybı oranlarına sahip örneklerin boyut dağılım eğrilerinin de benzeştiği görülmektedir. Bunlar beton harçları için ideal olarak tanımlanan Fuller eğrileriyle karşılaştırıldığında, genel olarak ince ve kalın agrega oranlarının daha düşük ancak orta büyüklükte agrega oranlarının daha yüksek olduğu izlenir. Sıva örneklerinin alt ve üst katmanlarında benzer dağılımlar kullanılması, uygun dağılımların kaba ve ince katmanlar arasında değişmediğine işaret edebilir. Agregaların boyutları ince sıvalarda 4 mm, kaba katmanlarda ise 8 mm altında olduğundan, ağırlıklı olarak ince boyutlu agrega (TS 706 EN 12620, 2003) kullanıldığı söylenebilir.

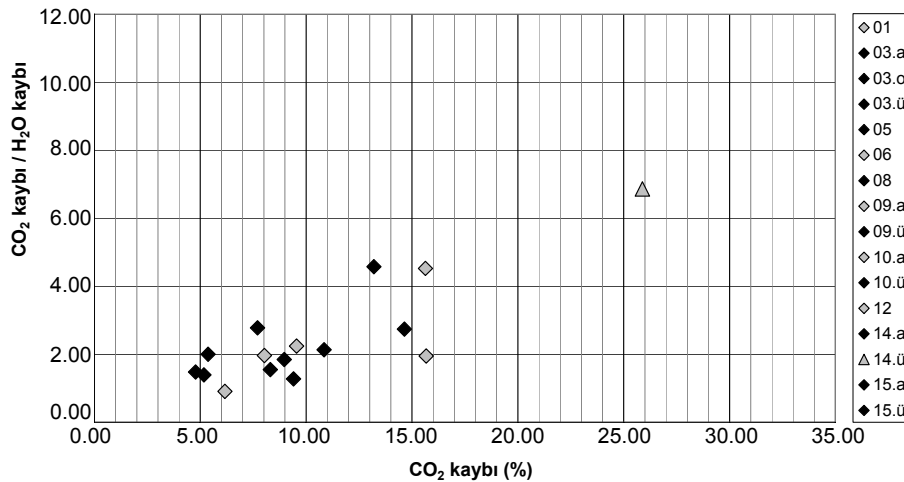
Elek üzerinde kalan agregalar ve diğer katkı malzemeleri genellikle kuvars ve kuvarsit, opak mineraller, tuğla tozu ve kırıkları, curuf ile kırıntı, saman vb. organik lifli malzemelerden oluşmaktadır. Doğal agregalar genel olarak köşeli (çok

köşeli, köşeli, az köşeli ve az yuvarlak) biçimlere sahiptir. Deneyime dayalı eski ve erken modern kaynaklar (ör. Millar, 2004: 462-463), yuvarlak biçimli dere ve deniz kumlarına göre temelde taş kırıklarından oluşan ocak kumlarının bağlayıcı ile daha sağlam bağlar oluşturduklarını belirtir. Pişirilmiş toprak tozu (tuğla, kiremit, seramik vb.) ile “curuf” olarak tanımlanan kömür, odun kömürü, kül ve curuf kullanımına üçü (01.İŞY, 02.HID, 11.KBL) dışında her örnekte rastlanmaktadır. Curuf ile tuğla tozunun birlikte kullanılması dikkat çekicidir. Roma Döneminden beri geleneksel olarak harçlara hidrolik nitelik kazandırmak amacıyla kullanılan tuğla kırığı ve tozuna ek olarak, kemik ve odun küllü gibi organik kökenli curufların da aynı amaçla kullanıldığı bilinmektedir (Vitruvius, 1990; Raymond, 1908; Vicat, 1997; Pasley, 1997). Harçlara hidrolik nitelik kazandırmanın yanı sıra, kül ve curufların, kaynaklarda belirtildiği gibi sıva ve öndöküm yapay taş elemanların yoğunluklarını düşürmek ve/veya yangın dayanımı kazandırmak amacıyla kullanılmış olması da mümkündür (*Blocs et Murs en Béton*, 1930; Millar, 2004). Ayrıca bu geçiş döneminde, çimento kullanılmasına rağmen, geleneksel kireç katkılarından vazgeçilmediği de söylenebilir. Özellikle sıvaların çekme gerilimlerine karşı dayanımını artırmak için geleneksel bir katkı olarak Eski Çağdan beri kullanılan hayvan kılları, kıyılmış saman, jüt, pamuk gibi organik liflere (Sickles, 1981), hidrolik nitelikli ince ve kaba sıva tabakalarında rastlanması dikkat çekicidir;

bu geleneğin, geçiş niteliği taşıyan erken modern dönemde devam ettiği öne sürülebilir (ör. Millar, 2004; Verall, 2000). Asitte çözünmeyen kısım süzülürken filtre kâğıdında toplanan çok ince boyutta parçacıkların renk ve nitelikleri ise bağlayıcılar hakkında bilgi vermektedir: Pembe tuğla tozu varlığını, beyaz/gri tonları ise asitte çözünmeyen hidratasyona uğramış çimentoların varlığını göstermektedir.

Örneklerin 105-550°C aralığında içerdikleri kalsiyum silikat ve alüminat hidratlarda bulunan su kayıplarından ve 550-1050 °C aralığında, kirecin karbonatlaşması sonucu kalsitte bulunan karbon dioksit kaybından meydana gelen ağırlık azalmalarının oranlarından, harçların hidrolik özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. CO₂/YS oranı hidrolik harçlarda 10’un altındadır. (Şekil 1; Biscontin vd., 2002; Moropoulou vd., 2003; Moropoulou vd., 2005; Genestar vd., 2006; Pecchioni vd., 2005). İzlenen CO₂/YS oranlarının genellikle 1-2.5 aralığında oluşu, bütün örneklerin hidrolik nitelikli olduğunu göstermektedir. CO₂/YS oranı görece yüksek 14.KBL.ü’de (6.86) bu durumun agrega olarak mermer kırığı kullanımından, 01.İŞY (4.52) ve 10.KBY.ü’de (4.57) ise bağlayıcıdaki yüksek kireç oranından kaynaklandığı öne sürülebilir.

Geleneksel kireç harçlarında 100-550°C arasında kirecin agregalarla tepkimesi sonucu hidrolik ürünlerde bulunan yapısal su (YS) kaybının %4’ten az olduğu, buna karşılık horasan harçla-



Şekil 1. Örneklerin CO₂ ve CO₂/YS-H₂O kayıplarını karşılaştıran grafik

rında bu oranının %4-8 aralığında değiştiği ve doğal veya yapay puzolanlı hidrolik kireç harçlarında ise bu oranın %8'den büyük olduğu bilinmektedir. Bu oranlarda çoğu kez gözlenen sapmalar ise kireç/agrega oranlarının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, hidrolik harçları daha iyi tanımlamak için CO₂/YS oranları ile CO₂ miktarını karşılaştırmanın daha doğru olacağı ileri sürülmüştür. (Şekil 1; Moropoulou vd., 2003). Elde edilen sonuçlar harçların benzer hidrolik nitelikli bağlayıcılar (çimento vb.) ve bazen de sukireçleri ve yapay puzolan katkılı kireçler gibi bunların kireç oranı fazla türevlerinden üretildiğini göstermektedir.

Örneklerin bağlayıcı kısmının mineralojik yapıları, X-Işımları Kırınım (XRD) Cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. (Tablo 2). İncelenen bütün örneklerin XRD kırınım desenlerinde, bağlayıcı bünyesinde bulunan kirecin karbonatlaşması sonucu oluşan kalsiyum karbonat pikleri gözlemlenmiştir. Bazı örneklerde ayrıca, magnezyum hidroksit, kalsiyum magnezyum hidroksit ve anhidrit alçımın, su ve havanın karbon dioksiti

ile tepkimesi sonucu oluşan dolomit, magnezyum karbonat, alçı gibi mineraller tespit edilmiş, ayrıca bağlayıcı içeriğinde hammadde (agrega) kaynaklı kuvars, albit, feldspat gibi minerallere de rastlanmıştır. Floransa'da benzer nitelikte örnekleri inceleyen Pecchioni vd. (2005) de XRD desenlerinde benzer sonuçlar elde etmiştir.

Yapay bağlayıcı olarak üretimine 18. yüzyılın ikinci yarısında başlanan sukireci bünyesinde %10-25 oranında kil bulunduran kireçtaşlarının 900°C üzerinde ısıtılmasıyla üretilir. Ortaya çıkan temel ürün sönmemiş kireç (CaO) ve dikalsiyum silikattır (2CaO.SiO₂, C₂S). Kireç oranının yüksekliği nedeniyle serbest kireç miktarı fazla olan hidrolik kireçler hem su, hem karbon dioksit etkisiyle sertleşir. Roma çimentosu grubuna giren ve bünyesinde serbest kireç barındırmayan daha güçlü hidrolik niteliğe sahip ve su etkisiyle sertleşen bağlayıcılar ise, üretim sırasında yakma sıcaklığının 1200°C üzerine çıkmaması nedeniyle dikalsiyum silikat (2CaO.SiO₂, C₂S) (Sabbioni vd., 2001;

Tablo 2. XRD analizlerinin sonuçları

Örnek No	BAĞLAYICILAR				AGREGALAR			DİĞER	
	Kalsit (CaCO ₃)	Alçı (CaSO ₄ .2H ₂ O)	Magnezit MgCO ₃	Kalsiyum Silikat Ca ₂ (SiO ₄)	Portlandit (Ca(OH) ₂)	Kuvars (SiO ₂)	Feldspatlar Na(AlSi ₃ O ₈), KAlSi ₃ O ₈	Opal (SiO ₂ .nH ₂ O)	Titanyum dioksit (TiO ₂)
01.İŞY	+++					++	+		
02.HID	-				+++				
03.MEM.a	++					+++	++		
03.MEM.o	+++		+			+++	+		
03.MEM.ü	+++					+++			
04.İŞG	+++					+			
05.KAM	++	+	+			++	+	+	
06.HZP	+++	+				++			
07.KGT.a	+++					++	+		
07.KGT.ü	+++					++	+		
08.KBY	+++	+	+			++			
09.KGT.a	+++	+				++			
09.KGT.ü	+++	+				++	++		±
10.KBY.a	+++					++	++		
10.KBY.ü	+++	+				++			
11.KBL	++					++	+		
12.KBL	++					++	+		
13.KBL.a	++					++	++		±
13.KBL.o	++					+++	+		
13.KBL.ü	++	+				++	+		
14.KBL.a	+++				+	+			
14.KBL.ü	+++			+	+				
15.KBL.a	++	+				+++			±
15.KBL.ü	++	+	+			++	++	+	

Masazza, 2004), 1200-1450°C'de pişirilen Portland çimentolarında ise yüksek oranda (%60) trikalsiyum silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_3S) oluşur (*Decorated Renders*, 1999). Çimentoyu oluşturan temel mineraller C_3S ve C_2S ile trikalsiyum alüminat (C_3A) ve alümino-ferritir (C_4AF). Anhidrit çimento yak. %75 oranında C_2S ve C_3S 'tan oluşur. Çimentonun suyla reaksiyonu sonucunda (hidratlanma) koloidal kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) ve kalsiyum hidroksit (CH, portlandit) oluşur. C_3S , C_2S 'e göre, daha hızlı tepkimeye girerek, daha büyük oranda CH'ı serbest bırakır ve erken mekanik dayanım gelişimi konusunda daha önemli bir rol oynar. Jel halinde amorf yapıdaki C-S-H oluşumları, XRD analizlerinde tespit edilememektedir. Zamanla olgunlaşmış bir Portland çimentosu harcı ya da betonunun bağlayıcısı %60-70 oranında C-S-H, %25 oranında CH, %10'a kadar monosülfat hidratlar (AFm) ve az miktarda hidrogarnetlerden oluşur (Pecchioni vd., 2005; *Decorated Renders*, 1999). Benzer şekilde hidrolik kireçte bulunan C_2S da, hidratlanma sonucunda koloidal C-S-H ve CH'a dönüşür. Havanın karbon dioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşen CH, amorf yapıda olmadığından XRD desenlerinde izlenebilir. Bazı örneklerdeki daha yoğun kalsit piklerinin ise, hidrolik bağlayıcılarla birlikte kireç kullanımından kaynaklandığını söylenebilir.

İncelenen harçlarda kullanılan bağlayıcı türünü (çimento, sukireci veya kireç) XRD desenlerinden ayırt etmek mümkün olmuştur. Klinkerin çimentoya dönüştürülmesi sırasında, çimento harcının priz süresini düzenlemek amacıyla yak. %5 oranında alçıtaşı katılmakta ve karışım çok ince öğütülmekte (Eckel, 2005) ve bu yöntemin 1850'lerde Johnson'ın Portland çimentosundan başlayarak uygulandığı bilinmektedir. Oysa hidrolik kireç üretiminde elde edilen temel ürün C_2S olduğu için alçıtaşı kullanılmaz. Dolayısıyla, XRD kırınım desenlerinde izlenen alçı pikleri, bağlayıcıların çimento olduğunu gösterir (Tablo 2, 3).

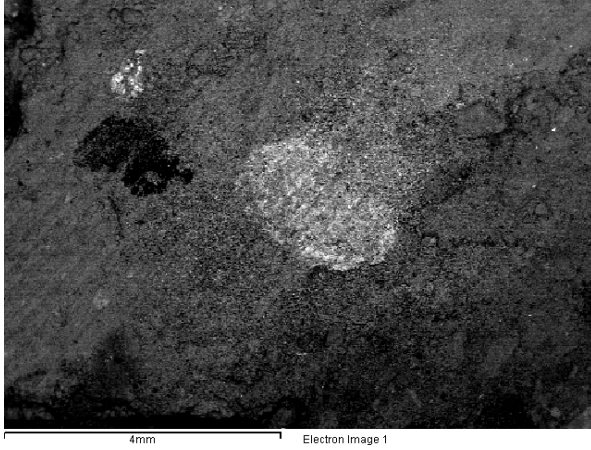
Bazı bağlayıcılarda rastlanan magnezitin (MgCO_3 ; Tablo 2), kireç harçlarının mekanik özelliklerini yükselttiği bilinmektedir (Vicat,

1997; Burn, 2001; Cowper, 1998). Bir örnekte (14.KBL.ü), harcın halen hidrate olmadığını gösteren kalsiyum silikat pikleri tespit edilmiştir. Yüksek kalsit oranına sahip kaba ve ince sıva tabakaları 14.KBL.a ve 14.KBL.ü ile öndöküm 02.HID numaralı örneklerde CH bulunması, karbon dioksitin sıva içine difüzyonunun, karbonatlaşan geçirimsiz üst tabaka ile engellendiğini göstermektedir. İki örneğin (05.KAM ve 15.KBL.ü) bağlayıcı kısmında tarihi yapı harçlarında puzolan olarak kullanıldığı bilinen (Tunçoku ve Caner-Saltık, 2006) opal bulunmuştur. Üç örnekte rastlanan titanyum dioksit (TiO_2) ise beyaz pigment olarak kullanıldığı bilinen bir katkıdır (Cassar ve de Angelis, 2000).

Petrografik özellikler

Örneklerin petrografik özellikleri (bağlayıcıların özellikleri, agregaların kompozisyonları ve görsel nitelikleri ile agrega-bağlayıcı arayüzeyleri) ve kullanılan yaklaşık bağlayıcı miktarları, kalın ve ince kesitlerin binoküler ve polarizan mikroskop altında incelenmesi ile belirlenmiştir. Tüm örneklerde, agrega ve bağlayıcının iyi bağlandığının ve agregalar arasında boşluk olmadığının izlenmesi (Şekil 2), harçların iyi karıldığını gösterir. Harçlar genellikle hacimce 1 kısım bağlayıcı ve 3 kısım agregayla karılmıştır (Tablo 3). Agregaların köşeli, açılı ve pürüzlü yüzeyli olması, bağlayıcının agregalara iyi yapışmasını ve harcın mekanik özelliklerinin yüksek olmasını sağlar. Agregalara ilişkin petrografik bulgular, diğer analiz sonuçları ile uyumludur.

Harçların bağlayıcılarının genellikle amorf jel silikalardan oluşması, bağlayıcı olarak çimento, sukireci ve bazen de kireç ile çimentonun bir arada kullanıldığını göstermektedir (Tablo 3). Çimento kullanılan örneklerde jel halindeki silikalar genellikle gri renktedir (02.HID, 03.MEM.a, 03.MEM.ü, 05.KAM, 08.KBY, 09.KGT.ü, 11.KBL, 13.KBL.a, 13.KBL.o, 13.KBL.ü, 14.KBL.a, 14.KBL.ü, 15.KBL.a ve 15.KBL.ü). Sukireciyle hazırlananlar çimento oranla daha beyaz (01.İŞY, 03.MEM.o, 04.İŞG, 07.KGT.ü, 10.KBY.ü), yapay puzolan katkılı olanlar ise daha pembedir (06.HZP, 07.KGT.a, 09.KGT.a, 10.KBY.a, 12.KBL). XRD ve petrografi verileri birleştirildiğinde, harçların bağla-



Şekil 2. Agregalar ile bağlayıcının iyi bağlandığını gösteren arayüzey, SEM görüntüsü: 12.KBL

yıcı türlerini belirlemek mümkün olmuştur (Tablo 3). Örneklerin bağlayıcı oranları, mikroskopik sayısal kalın ve ince kesit görüntülerinin vektörel bir yazılımla incelenmesiyle yak. alan olarak belirlenmiş ve RILEM TC167 COM 1 (2001) önerisindeki yöntemle yak. kütleyle (%) dönüştürülmüştür (Tablo 3). Bağlayıcı oranları yak. %20-40 arasındadır. Alt tabakalarda genellikle %20-30 ve üst tabakalarda %30-40 aralığında değiştiği ve ince tabakların bağlayıcı oranının genellikle kaba tabakalara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak iki örnekte (07.KGT ve 10.KBY) durumun tersine oluşu, alt tabakada yapay puzolanik agregalarla birlikte normal kireç, üst tabakada sukireci veya beyaz çimento

Tablo 3. Analizlere dayanarak bağlayıcılar üzerine yapılan sınıflandırma

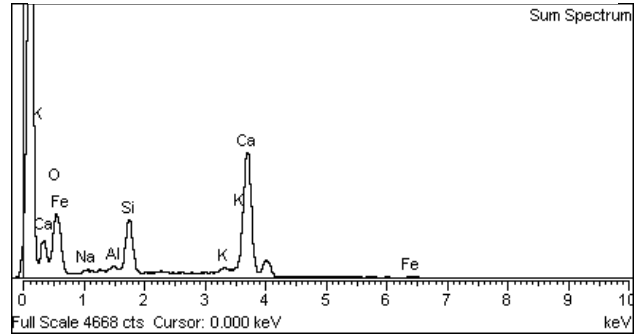
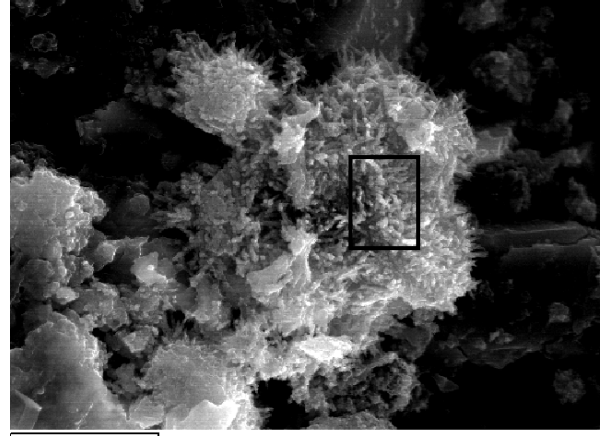
Örnek no	Üretim yöntemi	Gözeneklilik (% alan)	Hidrolik özellik	CI (bağlayıcılık endeksi)	Bağlayıcı türü	Bağlayıcı / Agregası oranı (% kt)	Alçı	Doğal agregası oranı (% kt)	Lifli agregası	Puzolanlar (opal, vb)	Yapay (tuğla, curuf)
01.İŞY	basma kalıp	6.24	X	0.26	sukireci	25-30		100	+		X
02.HID	öndöküm	10.89	X	1.40	çimento	90	X	100	-		X
03.MEM.	öndöküm	13.90	X	-	çimento	20-25		95	+		X
03.MEM.		3.39	X	-	sukireci	30-35		90	+		X
03.MEM.		4.63	X	1.10	çimento	30-35	X	95	-		X
04.İŞG	öndöküm	5.96	X	2.78	sukireci/çimento	35-40	X	95	+		X
05.KAM	yerinde yüzey	1.97	X	22.72	çimento	20-25	X	85	+	X	X
06.HZP	çekme kalıp	3.60	X	1.01	kireç	30-35	X	20	+		X
07.KGT.	yerinde yüzey	6.53	X	0.92	kireç	25-30	X	50	+		X
07.KGT.		1.07	X	-	sukireci	20-25		80	+		X
08.KBY	yerinde yüzey	2.42	X	-	çimento	20-25	X	95	+		X
09.KGT.	yerinde yüzey	9.15	X	0.76	kireç	20-25	X	85	+		X
09.KGT.		4.84	X	1.49	çimento	25-30	XX	90	+		X
10.KBY.	çekme kalıp	-	X	-	kireç	30-35		50	+		X
10.KBY.		-	X	-	sukireci/çimento	20-25	XX	95	-		X
11.KBL	çekme kalıp	3.28	X	10.00	çimento	20-25		100	-		X
12.KBL	çekme kalıp	4.39	X	1.70 / 5.65	kireç	25-30	X	85	+		X
13.KBL.	yerinde yüzey	6.79	X	-	çimento	20-25		95	-		X
13.KBL.		7.61	X	-	çimento	20-25		90	-		X
13.KBL.		4.56	X	-	çimento	35-40	XX	95	-		X
14.KBL.	yerinde yüzey	3.70	X	1.29	çimento	35-40	X	95	+		X
14.KBL.		3.62	X	-	çimento	35-40		90	+		X
15.KBL.	yerinde yüzey	4.42	X	2.41	çimento	25-30	X	95	+		X
15.KBL.		3.94	X	17.65	çimento	35-40	X	90	+	X	X

kullanılması ve harçta normal kireç kullanıldığında bağlayıcı oranının zorunlu olarak yükselmesiyle açıklanabilir. Hemen her örnekte kireçli agrega bulunduğundan, asit kaybı analizi sonucu elde edilen kireç (Ca(OH)_2) kaybı oranları petrografide izlenen bağlayıcı oranına göre genellikle daha yüksektir. Özellikle büyük oranda mermer kırığına karşılık kuvarsa rastlanmayan iki örnekte (04.İŞG, 14.KBL.ü) fark büyüktür.

Kimyasal ve yapısal özellikler

SEM-EDS analizleriyle örneklerin bağlayıcı ve agregalarının kimyasal bileşimleri ile hamurların yapısal özellikleri belirlenmiştir. Bağlayıcılarda yüksek oranlarda kalsiyum, silisyum ve düşük oranlarda alüminyum bulunması, kalsiyum silikatlarından oluştuğunu, yani hidrolik nitelikli olduğunu göstermektedir. Bağlayıcı kompozisyonlarına (% oksit) dayanarak, Boynton formülüne göre kireçteki beyaz toprakların kompozisyonundan hesaplanan bağlayıcılık (CI, *Ing. cementation index*) endeksiyle (Vicat, 1997; Eckel, 2005) örneklerin hidrolik niteliğe sahip olduğu belirlenmiştir. İdeal CI değeri kuramsal olarak 1.00, uygulamada yak. 0,85'tir. Bazı örneklerde değerler ancak az hidrolik nitelikli kireçler için verilen taban sınırına ulaşır (01.İŞY, 04.İŞG). Agregalar ise XRD ve petrografi bulgularına uygun olarak genellikle yüksek oranlarda silisyum ve alüminyum içermekte, az miktardaki kalsiyum ise bağlayıcıdaki kalsitten kaynaklanmaktadır.

Sıvaların ve bağlayıcıların yapısal özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile belirlenmiştir. Petrografide de izlendiği gibi agregaların bağlayıcılarla iyi bağlandıkları (Şekil 2) ve sıva örneklerini daha dayanıklı ve mekanik özelliklerini daha güçlü kıldığı görülmektedir. Ayrıca bağlayıcı yapılarında çökelmiş halde bulunan ve XRD ile tespit edilen kalsit kristalleri gözlenmektedir. Bağlayıcıların genel yapıları amorf olmakla birlikte bu yapı içinde düşük oranlarda C-S-H yapılı iğnemsî kristaller de bulunmaktadır (Şekil 3). Ayrıca tarihi yapılarda kullanılan hidrolik harçların bağlayıcılarında daha önce de gözlenen (Tunçoku, 2001) ve C-S-H oluşumu sırasında meydana gelen, süresiz mikro çatlaklara da rastlanmıştır.



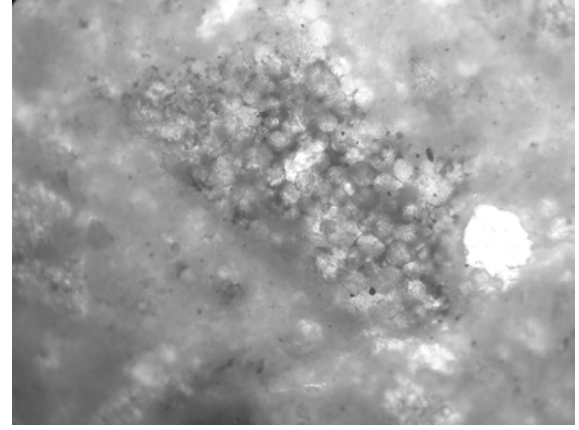
Şekil 3. Sıva matrisi içinde (14.KBL.ü) gözlenen iğnemsî kalsiyum silikat hidrat kristallerinin SEM görüntüsü: 6.500x, SEI (üst) ve işaretli alanın EDS spektrumu (alt)

Sıva ve bağlayıcıların hidrolik özellikleri ve olası kaynakları

Sıvaların hidrolik özellikleri kızdırma kaybı, bağlayıcıların hidrolik özellikleri ise XRD ile yapılan mineralojik analizler ve SEM-EDS ile yapılan kimyasal kompozisyon ve yapısal özellik analizleriyle incelenmiş ve karışımların hidrolik niteliğinin bağlayıcıdan mı, puzolan katkısından mı kaynaklandığı belirlenmiştir. (Tablo 3) Malzemenin yak. yarısını temsil eden örnekler dışında (02.HID, 03.MEM.a, 03.MEM.ü, 05.KAM, 08.KBY, 09.KGT.ü, 11.KBL, 13.KBL.a, 13.KBL.o, 14.KBL.a, 14.KBL.ü, 15.KBL.a ve 15.KBL.ü), harç matrislerinin genellikle açık renkli olması, bazı örneklerde yapay puzolanlarla birlikte normal yağlı kireç (06.HZP, 07.KGT.a, 09.KGT.a, 10.KBY.a, 12.KBL), diğerlerinde ise sukireci (01.İŞY, 03.MEM.o, 07.KGT.ü), alçı esaslı çimento (10.KBY.ü, 13.KBL.ü) veya açık renkli do-

ğal/yapay çimentolar kullanıldığını düşündürmektedir. Hamurlar genellikle kızıl-kahverengi tonlarında demir oksit lekeli ve toz boyutta curufludur. Ayrıca iki örnekte (05.KAM, 15.KBL.ü) doğal puzolan olan opale rastlanmıştır. Ancak koyu renkli matrislere sahip, çimento olarak yorumlanan harçlarda da aynı puzolanik katkılar kullanılmıştır; ancak curuf, hafifletici dolgu rolü de oynayabilir. Güçlü hidrolik bağlayıcılarla geleneksel yapay puzolanların birlikte kullanılması, yeni bir malzemenin kullanıma girişinde bir geçiş dönemi güvensizliği olarak yorumlanabilir.

SEM görüntülerinde (500x, 1500x, 3500x) hamurların kırıklı kristal dokusunda büyük ve belirleyici farklar gözlenmemekte, literatürde aynı durumun çimento hamurları için de geçerli olduğu belirtilmektedir (Odler, 2004: 273). Temelde yapay ve/veya doğal puzolan katkılı veya katkısız hidrolik nitelik taşıyan bağlayıcıların tamamı benzer bileşime sahip olduğundan, hidrasyon ve sertleşme sonunda yine benzer bileşikler oluşturur (Massazza, 2004). Bu nedenle bileşenlerden biri veya bir kaçının varlığı tek başına bağlayıcı türü bakımından belirleyici olamaz. Ancak çimentolarda hidrolik bağlar oluşturan ve hidrate olmamış kalsiyum silikat, alüminat ve alümino ferrit bölgeleri diğer hidrolik nitelikli bağlayıcılarda rastlandığından daha yoğundur. Bu hidrate olmamış bileşiklerin kristal yapısı iyi bilinmekle birlikte, daha kolay ayırdedilebilir görünüme sahip olanlar belit (C_2S) ve alittir (C_3S). Bu kristaller polarizan mikroskop altında (Lawrence, 2004; Elsen, 2006; Sabbioni vd., 2001) ve SEM görüntülerinde (Odler, 2004; Callebaut vd., 2001) belirlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen örneklerin SEM-EDS analizlerinde, yalnızca bir örnekte (14.KBL.a) belite rastlanmıştır (Şekil 3), ince kesitlerin polarizan mikroskop altında incelenmesiyle yine aynı örnekte (14.KBL.a, 14.KBL.ü) belit kristali bulunduğu izlenmiştir (Şekil 4). Bu bulgular erken modern hidrolik bağlayıcılara ilişkin benzer araştırmalarda elde edilen sonuçlarla tutarlıdır (Pecchioni vd., 2005; Sabbioni vd., 2001; *Decorated Renders*, 1999: 128).



Şekil 4. Örnek 14.KBL.a, dikalsiyum silikat (C_2S , belit) kristallerinin polarizan mikroskop altında görüntüsü (ÇN, 60x)

Bağlayıcı türünün çimento olarak tanımlanabilmesi bakımından belirleyici diğer bir katkı ise, çimentolara priz düzenlemek amacıyla eklendiği bilinen alçıdır. XRD analizlerinde incelenen örneklerden sekizinde alçı bulunduğu saptanmıştır. Bunlardan yarı-niceliksel alçı oranı az (+) olarak tanımlanan 05.KAM, 08.KBY, 15.KBL.a ve 15.KBL.ü numaralı örnekler bağlayıcı olarak çimento kullanılan harçlarla üretilmiştir. 09.KGT.ü numaralı örnekte alçı oranı daha yüksek olmakla birlikte, ince kesitte izlenen renk, doku vb. nitelikleri bakımından yine aynı sınıfa ait olduğu öne sürülebilir. Bunlardan 15.KBL ve 09.KGT.ü numaralı örneklerin, incelenen diğer örneklerle göre daha geç tarihli olduğu düşünülmektedir. Yine az (+) oranda alçı içeren örnek (06.HZP) ise, bu katkının varlığına rağmen diğer nitelikleriyle yapay puzolan katkılı normal yağlı kireç olarak tanımlanmıştır. Hidrolik niteliği benzer ancak matrisi açık renkli ve bünyesindeki alçı oranı daha yüksek iki örnek (10.KGT.ü ve 13.KBL.ü) ise alçı esaslı çimento olarak tanımlanabilir.

Kaynaklar

- Biscontin, G., Birelli, M.P. ve Zendri, E., (2002). Characterization of binders employed in the manufacture of Venetian Historical Mortars, *Journal of Cultural Heritage*, 3, 31-37.
- Blocs et Murs en Béton – Pierre Artificielle et Décoration Élémentaire, (1930). Groupment Professionnel des Fabricants de Ciment Portland Artificiel de Belgique (G.P.C.), 7, Brüksel.

- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. ve Uğurlu, E., (2006). Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters, *Cement and Concrete Research*, **36**, 1115-1122.
- Burn, R.S., (1871/2001). *Masonry bricklaying and plastering: Theoretical and practical*, İngiltere.
- Callebaut, K., Elsen, J., Van Balen, K. ve Viaene, W., (2001). Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven, Belgium) Natural hydraulic lime or cement?, *Cement and Concrete Research*, **31**, 397-403.
- Cowper, A.D., (1927/2000). *Lime and lime mortars*, Donhead, İngiltere.
- Decorated Renders around 1900 in Europe: Technological Studies and Principles of Conservation and Restoration, (1999). EU-Rendec, Viyana.
- Eckel, E.C., (1912/2005). Cements, limes and plasters, Donhead, İngiltere.
- Elsen, J., (2006). Microscopy of historic mortars – a review, *Cement and Concrete Research*, **36**, 1416-1424.
- Franzini, M., Leoni, L. ve Lezzerini, M., (2000). A procedure for determining the chemical composition of binder and aggregate in ancient mortars: its application to mortars from some medieval buildings in Pisa, *Journal of Cultural Heritage*, **1**, 365-373.
- Genestar, C., Pons, C. ve Mas, A., (2006). Analytical characterisation of ancient mortars from the archaeological roman city of Pollentia, *Analytica Chimica Acta*, **557**, 373-379.
- Güleç, A., (1992). Bazı tarihi anıt harç ve sıvalarının incelenmesi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güleç, A. ve Ersen, A., (1998). Characterization of ancient mortars, evaluation of the simple and sophisticated methods, *Journal of Architectural Conservation*, **1**, 56-67.
- Jedrzejewska, H., (1981). Ancient Mortars as criterion in analysis of old architecture, *Mortars, Cements & Grouts in the Conservation of Historic Buildings*, Roma, 311-329.
- Lawrence, C.D., (2004). *The constitution and specification of portland cements* in Hewlett, P.C., eds, *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, IV, 131-193.
- Massazza, F., (2004). *Pozzolana and pozzolanic cements*, in Hewlett, P.C., eds, *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, X, 471-635.
- Middendorf, B., Hughes, J.J., Callebaut, K., Baronio, G. ve Papayianni, I., (2005). Investigative methods for the characterisation of historic mortars RILEM TC 167-COM, *Materials and Structures* 38 (Ekim), 761-769, 771-780.
- Millar, W., (1897/2004). *Plastering—plain and decorative*, Donhead, İngiltere, (2. Basım).
- Moropouolu, A., Polikreti, K., Bakolas, A. ve Michailidis, P., (2003). Correlation of physico-chemical and mechanical properties of historical mortars and classification by multivariate statistics, *Cement & Concrete Research*, **33**, 891-898.
- Moropouolu, A., Bakolas, A. ve Anagnostopoulou, S., (2005). Composite materials in ancient structures, *Cement & Concrete Composites*, **27**, 295-300.
- Odler, I., (2004). *Hydration, setting and hardening of portland cement*, in Hewlett, P.C., eds, *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, VI, 241-297.
- Pasley, C.W., (1838/1997). *Observations on limes*, Donhead, İngiltere.
- Pecchioni, E., Malesani, P., Bellucci, B. ve Fratini, F., (2005). Artificial stones in Florence Historical Palaces between the XIX and XX centuries, *Journal of Cultural Heritage*, **6**, 227-233.
- Raymond, A.M., (1908). *Notes pratiques et résumés sur l'Art du constructeur en Turquie*, Della Rocca, İskenderiye.
- RILEM TC 167-COM COM C1, (2001). RILEM Technical Committee, Assessment of mix proportions in historical mortars using quantitative optical microscopy, *Materials and Structures*, **34**, 387-388.
- Sabbioni, C., Zappia, G., Riontino, C., Blanco-Varela, M.T., Aguilera, J., Puertas, F., Van Balen, K. ve Toumbakari, E.E., (2001). Atmospheric deterioration of ancient and modern hydraulic mortars, *Atmospheric Environment*, **35**, 539-548.
- Sickles, L.B., (1981). Organics vs. synthetics: Their use as additives in mortars, *Mortars, Cements & Grouts in the Conservation of Historic Buildings*, Roma, 25-52.
- Teutonico, J.M., (1988). *A laboratory manual for architectural conservators*, ICCROM, Roma.
- TS EN 1936, (2001). Doğal taşlar, deney metotları, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12407, (2002). Doğal taşlar, deney metotları, petrografik inceleme, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12620, (2003). Beton agregaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tunçoku, S.S., (2001). Characterization of masonry mortars used in some Anatolian Seljuk Monu-

- ments in Konya, Beyşehir and Akşehir, *Doktora Tezi*, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tunçoku, S.S. ve Caner-Saltık, E.N., (2006). Opal-rich additives used in ancient lime mortars, *Cement and Concrete Research*, **36**, 1886-1893.
- Verrall, W., (2000). *The modern plasterer*, Donhead, İngiltere.
- Vicat, L.J., (1837/1997). *Mortars and cements*, Smith, J.M., çev, Donhead, İngiltere.
- Vitruvius, M.P., (1990). Mimarlık üzerine on kitap, Güven, S., çev, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yay., Ankara.
-
- Cassar, J.A. ve de Angelis, R., (2000). Glossary: materials used in 19th and 20th century plaster architecture, <http://www.plasterarc.net/essay/essay/Cassarindex.html>