

AN ARCHITECTURAL EVALUATION OF THE ARTIFICIAL STONES USED ON BUILDING FAÇADES OF THE LATE 19TH AND EARLY 20TH CENTURIES WITH REFERENCE TO CONSERVATION SCIENCE - 4

CHARACTERISATION OF ARTIFICIAL STONES

SUMMARY

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 consists 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. One of the effects of the Industrial Revolution in the 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. Early modern scientific understanding of binders with hydraulic properties at the end of the 18th century and the development of new methods for their artificial production in early 19th century supported this new material and technique.

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. 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-EDX 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 are 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.

19. Yüzyılın Sonu ve 20. Yüzyılın Başında İstanbul'da Yapı Dış Cephelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimari Değerlendirmesi - 4

Yapay Taşların Karakterizasyonu

 NİLÜFER BATURAYOĞLU YÖNEY,
AHMET ERSEN*

► Temelde bir bağlayıcı ile bir dolgu malzemesinden yani agregadan oluşmuş karışımlar olan “yapay taşlar”, konuya ilişkin daha önceki yayınlarında detaylı biçimde ele alındığı üzere (Baturayoğlu Yöney ve Ersen, 2009a, 2009b, 2009c ve 2010; Baturayoğlu Yöney, 2008), çeşitli tekniklerle yüzeylere uygulanan ya da kalıba dökülerek hazırlandıktan sonra yerine sabitlenen, sıva, kaplama,

bezeme ve mimari elemanlar ile uygulama yöntemlerini kapsar. Aşağıda, 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) seçilen, onarılmamış kargir yapılardan alınan örnekler üzerinde, malzeme karakterizasyonuna yönelik olarak yürütülen araştırmanın yöntemi ve sonuçları özetlenmektedir. Temelde hidrolik nitelikli harçlardan oluşan

bu örneklerin analiz ve değerlendirilmesinde yöntem olarak, benzer harç ve sıvalar için literatürde önerilen deneysel çalışma programları esas alınmış; ilgili ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak, malzemelerin fiziksel, ham madde ve mineralojik niteliklerini belirlemeye yönelik bir sistem oluşturulmuştur.¹

4.1. Örneklerin Toplanması

Yapı seçiminde, tarihesine dayanak oluşturacak eski haritalar gibi altlıkların bulunması, döneminin

Tablo 1. Örnek alınan yapılar, genel bilgi ve gözlemler

Örnek No	Yapı Adı / Adresi	Yapım Tarihi	Konum	Örneğin Tanımı		
				Mimari Görevi	Üretim Yöntemi	Tabaka Sayısı
01.İSY	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 Konsolosluğu 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.İSG	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 Hazzopulo 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 – Yıldızlı 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

* Arş.Gör.Dr. NİLÜFER BATURAYOĞLU YÖNEY, Prof.Dr. AHMET ERSEN, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Restorasyon Ana Bilim Dalı, Taşkışla - Taksim, İstanbul; e-posta: baturayogl@itu.edu.tr

¹ Burada yöntem ve sonuçların bir özeti sunulmaktadır. Daha detaylı bilgi, hesaplarda kullanılan formüller, sonuçların detayları ve örnek toplanan yapılar ile örneklerle ilişkin bilgi ve değerlendirme fişleri için; bkz. Baturayoğlu Yöney, 2008.

üslup ve mimarisini yansıtması ve ait olduğu tarih kesitinin yapay taş uygulamalarına özgün biçim ve nitelik, çeşitlilik ve zenginlik yönlerinden örnek oluşturması esas alınmıştır (Tablo 1; bkz. Baturayoglu Yöney ve Ersen, 2009c). Dış cephe sıvalarının konumları nedeniyle bozulma koşulları göz önüne alınarak, seçilen yapılarda izlenebilen eski tarihli müdahalelerin bulunup bulunmadığı irdelenmiş ve örneklerin özgün yapı dönemine ait olduğu düşünülen kısımlardan alınmasına dikkat edilmiştir. Örnek alınan kısımlar, görsel belgeler üzerinde işaretlenerek, fişlerde yer almıştır. Örneklerin boyut ve sayıları, yapıya ve yapının bütünlüğüne en az zarar verecek biçimde seçilmiştir. Örnekler alınırken, mevcut yüzeyin sağlamlık durumu göz önüne alınmış ve buna uygun aletler (*bistüri, falçata, keski ve çekiç*) kullanılmıştır. Toplanan örnekler, hava almayacak ve nem oranları değişmeyecek biçimde, kilitli polietilen torbalarda saklanmışlardır. Örnekler, yapı niteliği,

gözlemlenen bağlayıcı türü ve rengi göz önüne alınarak, bir ön ayrıştırılmaya tabi tutulmuş ve kronolojik sırayla numaralandırılmışlardır. Birden fazla tabakaya sahip örneklerin katmanları, aşağıdan yukarıya doğru harflerle (a - alt, o - orta, ü - üst biçiminde) tanımlanmıştır.

4.2. Görsel Analizler

Laboratuvar analizleri öncesinde, örneklerin durumu, rengi, lifli veya diğer görünür organik maddelerin varlığı, agregaların renk, boyut ve nitelikleri gibi özellikleri görsel olarak incelenmiş ve tanımlanmıştır. Ayrıca, örnekleri oluşturan tabakaların kalınlıkları verniye ile ölçülerek belirlenmiştir (Tablo 2). Sıvaların uygulandığı alt yüzeylerin tamamı tuğladır ve kargir yapıların dış cephelerinde yer alırlar. Bağlayıcı renkleri genellikle açık-koyu arasında değişen çeşitli gri tonlarında, ancak bazı örneklerde beyaz ve pembe/beyazdır (Tablo 2); ince üst sıva tabakaları ve tek kat sıvalar görece açık renklidir. Gri tonları, bağ-

layıcı olarak çimento; beyaz, hidrolik nitelikli veya normal kireç kullanıldığını, pembe ise sıvaya tuğla kırığı ve/veya tozunun eklendiğini göstermektedir. Tabaka kalınlıkları değişkendir. Kalınlığı 5cm'nin üzerine çıkabilen kaba alt sıva tabakaları, kalınlığı 2mm seviyesine kadar inebilen ince üst sıva tabakalarına göre genellikle daha kalındır (Tablo 2). Agregaların boyutları, tabaka kalınlığı ve konumu ile doğrudan ilişkilidir; alt tabakalarda, üst tabakalara göre daha büyük boyutlu agrega kullanılır. Sıklıkla tuğla kırığı ve cüruf/kül/odun kömürü gibi katkılar ile kırıksaman gibi organik liflere rastlanır. Boya tabakasının altında ve üstünde patina tabakalarına rastlanması, üst yüzeylerin genellikle boyanmadan bırakıldığına, ancak kirlendiğinde boyandığına işaret etmektedir.

4.3. Temel Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Örneklerin temel fiziksel özelliklerini oluşturan yoğunluk ve göze-

Tablo 2. Sıva örneklerinin görsel özellikleri

örnek no	alt yüzey	sıva tabakaları (aşağıdan – yukarıya)			üst yüzey
		a - alt	o - orta	ü - üst	
<i>anıtısal nitelikli yapılar</i>					
01.İSY	tuğla	beyaz, orta sert, yak. 2cm; kireç bağlayıcılı, ince/orta dokulu			boya, patina
02.HİD	tuğla?	gri, sert, yak. 5cm; çimento bağlayıcılı, çok ince dokulu			patina
03.MEM	tuğla	gri, çok sert, 3,75cm; çimento bağlayıcılı, orta/iri dokulu	açık gri, çok sert, 6mm; çimento bağlayıcılı, ince dokulu	gri, çok sert, 2mm; çimento bağlayıcılı, çok ince dokulu	patina
04.İSG	tuğla	beyaz, çok sert, değişken kalınlıkta (yak. 1-3cm); su kireci bağlayıcılı, ince dokulu			patina
05.KAM	tuğla	koyu gri, yumuşak, kalınlığı belirsiz, su kireci bağlayıcılı, orta/iri dokulu			boya, patina
06.HZP	tuğla	beyaz/pembe, yumuşak, kalınlığı belirsiz; su kireci bağlayıcılı, orta/iri dokulu			boya, patina
<i>sivil mimarlık örnekleri</i>					
07.KGT	tuğla	beyaz/pembe, yumuşak, yak. 1cm; kireç bağlayıcılı, orta/iri dokulu	beyaz, sert, 2,5mm; su kireci bağlayıcılı, ince dokulu		boya, patina
08.KBY	tuğla	beyaz/gri, orta sert/yumuşak, kalınlığı belirsiz; su kireci bağlayıcılı, ince/orta dokulu			boya, patina
09.KGT	tuğla	beyaz/pembe, yumuşak, kalınlığı belirsiz; kireç bağlayıcılı, ince/orta dokulu		orta gri, sert, 2,5-6,5mm; su kireci/çimento bağlayıcılı, ince dokulu	boya, patina
10.KBY	tuğla	pembe, yumuşak, kalınlığı belirsiz; kireç bağlayıcılı, ince/orta dokulu		beyaz, orta sertlikte, kalınlığı değişken; su kireci bağlayıcılı, ince/orta dokulu	boya, patina
11.KBL	tuğla	gri, sert, 2-3cm; çimento bağlayıcılı, ince/orta dokulu			patina
12.KBL	tuğla	pembe/bej, sert, kalınlığı belirsiz; su kireci bağlayıcılı, iri dokulu			boya, patina
13.KBL	tuğla	beyaz, sert, 3mm; su kireci bağlayıcılı, ince dokulu	san/bej, sert, 1cm; su kireci bağlayıcılı, ince dokulu	gri, sert, 3mm; su kireci bağlayıcılı, ince dokulu	patina
14.KBL	tuğla	koyu gri, sert, 8-11mm; çimento bağlayıcılı, ince/orta dokulu		açık gri, sert, 16-19mm; çimento bağlayıcılı, orta dokulu	patina
15.KBL	tuğla	gri, sert, 6-12mm; çimento bağlayıcılı, orta dokulu		açık gri, sert, 6-7mm; çimento bağlayıcılı, iri dokulu	patina

neklilikleri, RILEM (1980) standart deney yöntemleri ve TSE standartları (TS EN 1936, 2001) kullanılarak belirlenmiştir. Ancak örnek miktarının yetersizliğinden dolayı, yoğunluk ve gözeneklilik ölçümleri, her sıva ve/veya sıva tabakasından birer örnekte gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sıva tabakalarının birbirinden ayrılması sırasında örnekler parçalanma eğilimi gösterdiği ve bazı tabakalar fazla ince olduğu için, her örnekte bu ölçümleri gerçekleştirmek mümkün olmamıştır. Belirlenen yoğunluk (1,70-2,60g/cm³) değerleri, genel olarak hidrolik nitelikli bağlayıcı harç ve sıvalardan beklenen aralıklardadır. Agregat türlerinin benzer oluşu, yüksek yoğunluk değerlerinin, bağlayıcı olarak çimento/su kireci kullanımı ile bağlayıcı/ agrega oranları arasındaki farklardan kaynaklandığını düşündürür. Gözenekliliğin belirlenmesi için, kalın harç kesitlerinin binoküler mikroskop altında incelenmesine ve çekilen sayısal fotoğrafların vektörel destekli bir tasarım yazılımında alansal olarak değerlendirilmesine dayalı bir yöntem geliştirilmiştir. Örneklerin kendi aralarında karşılaştırılmaları 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, agregat boyutları ve harç dokusu ile doğrudan ilişkilidir (Tablo 3).

4.4. Ham Madde Kompozisyonlarının Belirlenmesi

Örneklerin ham madde kompozisyonları, asitte çözünen ve çözünmeyen kısımlar ile asitte çözünmeyen kısımların parçacık boyutlarını belirleyerek gerçekleştirilmiştir.

4.4.1. Asit Kaybı Deneyi

Asit kaybı deneyinin amacı, yapay taş karışımlarının kompozisyonunda bulunan kalsiyum karbonat (CaCO₃) miktarını belirleyerek, bağlayıcı ve agregalar ile bunların oranları konusunda bilgi edinmektir (Jedrzejewska, 1981; Teutonico, 1988, s.113-115; Middendorf, vd., 2005b; RILEM TC167-COM). Hidrolik nitelik taşıyan harçların agregat ve bağlayıcılarının asit kaybı yöntemi ile birbirinden ayrılması çoğu kez mümkün değildir: Bağlayıcının silikatlaşmış kısımları asitte çözünmezken, agreganın kireçtaşı, mermer vb. karbonatlı kısımları çözünür. Bu durum, her zaman bu yöntemden yararlanarak Bağlayıcı: Agregat oranının belirlenmesine olanak vermez. Ancak kalsiyum hidroksit ve kalsiyum karbonat moleküllerinin ağırlığına dayalı bir bağlantı ile Kireç / Agregat oranları hesaplanabilir (Baturayoglu Yöney, 2008, s.133).

Kullanılan kireç oranı, genellikle %20-40 aralığında değişiklik göstermekte olup, yüksek oranlarda (\geq %50) kireç içeren geleneksel harç ve sıvalardan farklıdır (Tablo 4; Böke, vd., 2006; Fran-

yonunda bulunan kalsiyum karbonat (CaCO₃) miktarını belirleyerek, bağlayıcı ve agregalar ile bunların oranları konusunda bilgi edinmektir (Jedrzejewska, 1981; Teutonico, 1988, s.113-115; Middendorf, vd., 2005b; RILEM TC167-COM). Hidrolik nitelik taşıyan harçların agregat ve bağlayıcılarının asit kaybı yöntemi ile birbirinden ayrılması çoğu kez mümkün değildir: Bağlayıcının silikatlaşmış kısımları asitte çözünmezken, agreganın kireçtaşı, mermer vb. karbonatlı kısımları çözünür. Bu durum, her zaman bu yöntemden yararlanarak Bağlayıcı: Agregat oranının belirlenmesine olanak vermez. Ancak kalsiyum hidroksit ve kalsiyum karbonat moleküllerinin ağırlığına dayalı bir bağlantı ile Kireç / Agregat oranları hesaplanabilir (Baturayoglu Yöney, 2008, s.133).

Tablo 3. Sayısal kalın kesit görüntüleri üzerinde belirlenen gözeneklilik değerleri (%).

Örnekler	(%) Gözeneklilik	Gözeneklerin Özellikleri
01.ISY	6,24	yuvarlak ve yer yer yassı uzun, ince (Ø0,5-1mm)
02.HID	10,89	yuvarlak, yer yer çok iri (Ø2-4mm), genellikle ince (Ø1mm ve altı)
03.MEM.a	13,90	iyi sıkışmamış izlenimi veren, düzensiz biçimli, iri agregat etrafında farklı biçim ve boyutta, yer yer yassı uzun, yer yer poligonal, iri/orta (Ø1-2mm)
03.MEM.o	3,39	yuvarlak ve sıkıştırma yönünde yassılmış, ince / çok ince (Ø1mm altı)
03.MEM.ü	4,63	yuvarlak, çok ince (Ø1mm altı)
04.ISG	5,96	yuvarlak ve sıkıştırma yönünde yassılmış, çok ince (Ø1mm altı)
05.KAM	1,97	yuvarlak ve sıkıştırma yönünde yassılmış, ince (Ø0,5-1mm)
06.HZP	3,60	iyi sıkışmamış izlenimi veren, düzensiz biçimli, poligonal ve yassı uzun (Ø0,5-1mm)
07.KGT.a	6,53	düzensiz biçimli, poligonal ve yassı uzun (Ø0,5-1mm)
07.KGT.ü	1,07	düzensiz biçimli, yassı uzun (en 0,5-1mm)
08.KBY	2,42	yuvarlağa yakın ancak düzensiz poligonal (Ø0,5-1mm)
09.KGT.a	9,15	yuvarlak ve yassılmış (Ø0,5-1mm)
09.KGT.ü	4,84	yuvarlağa yakın ancak düzensiz poligonal (Ø0,5-1mm)
11.KBL	3,28	yuvarlak ve sıkıştırma yönünde yassılmış, ince (Ø0,5-1mm)
12.KBL	4,39	yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, yer yer sıkıştırma yönünde yassılmış, çok ince (Ø1mm altı)
13.KBL.a	6,79	yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, ince (max. Ø1-2mm, ortalama Ø0,5-1mm)
13.KBL.o	7,61	iyi sıkışmamış izlenimi veren, düzensiz biçimli, orta/iri poligonal (max. Ø2-3mm, ortalama Ø1mm)
13.KBL.ü	4,56	yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, çok ince (Ø0,5mm altı)
14.KBL.a	3,70	yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, ince (Ø1-0,5mm)
14.KBL.ü	3,62	yer yer düzensiz çok iri boşluklar (max. Ø5mm), yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, sıkıştırma yönünde yassılmış, orta/ince (Ø1-0,5mm)
15.KBL.a	4,42	yuvarlak ve yuvarlağa yakın poligonal, sıkıştırma yönünde yassılmış, orta/ince (Ø2-0,5mm)
15.KBL.ü	3,94	çoğunlukla sıkıştırma yönünde yassılmış, eliptik biçimli, ince boşluklu (Ø1-0,5mm)

zini, 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 su kireci 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 ve/veya su kireci kullanıldığını göstermekte; bağlayıcı dokusunun rengi ve içeriği ile tuğla kırığı gibi yapay agregaların varlığı, bu görüşü desteklemektedir. Diğer yandan, doku, renk ve içerikleri değerlendirildiğinde bağlayıcı olarak doğal ya da yapay çimento kullanıldığı düşünülen diğer örneklerdeki (03.MEM.o, 03.MEM.ü, 05.KAM, 07.KGT.ü, 09.KGT.ü, 11.KBL, 13.KBL.ü, 14.KBL.a) görece yüksek kireç oranı ise; agregadaki kireç-

li kavkı ve taş kırıklarına bağlanabilir. Özellikle çimento bağlayıcılı ince üst tabakalarda, sıvanın rengini açarak doğal taşlara benzetmek amacıyla açık renkli agregalar ve mermer gibi doğal taş kırıklarının kullanıldığı ve kuvars- kuvarsit oranlarının %50 seviyesinin altında seyrettiği izlenir. En yüksek kireç oranına sahip 04.İŞG (%56) ve 14.KBL.ü (%73) numaralı örneklerde ise, agregada yalnızca kireç taşı (mermer, traverten, vb. kırığı) kullanılmıştır.

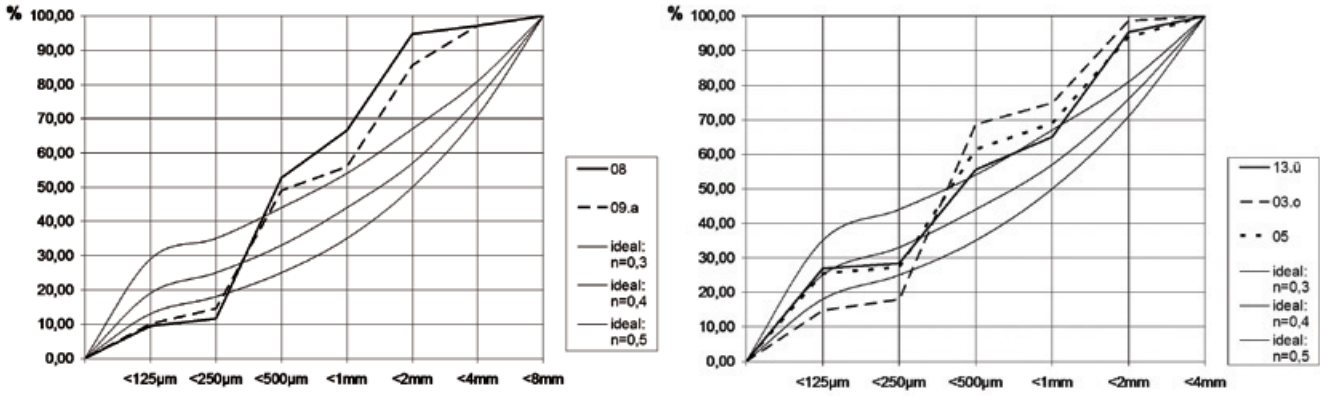
4.4.2. Agregada Boyut Dağılımının Belirlenmesi (Elek Analizi)

Asitte çözünmeyen agregaların boyut dağılımları ve oranları, elek analizi yöntemiyle belirlenmiştir (TS 3530 EN 933-1, 1999/2007; Teutonico, 1988, s.114-116; Midendorf, vd., 2005b). Bu deneyde, standart göz açıklığı 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25 ve 0,125mm olan kare göz-

lü tel eleklerden oluşan bir elek takımı (TS 1227) kullanılmıştır. Elek analizlerinden elde edilen sonuçlar, her elek aralığı için asitte çözünmeyen toplam malzeme miktarının yüzdesi ("yığılımlı ağırlık yüzdesi"; TS 3530 EN 933-1, 1999/2007) olarak verilmiştir. Sıvaların asitte çözünmeyen kısmına ait agregada boyut dağılımı eğrileri, "Fuller eğrisi" adı verilen ve "ideal" kabul edilen eğri ile karşılaştırılmıştır (Fuller ve Thompson, 1907; Güleç, 1992, s.30; Shakhmenko ve Birsh, 1998). Agregaların biçimlerinin değerlendirilmesinde ise, Powers tarafından geliştirilen, morfolojik gözleme dayalı biçim tablosundan yararlanılmıştır (Sims ve Brown, 2004, s.944). Agregalar binoküler mikroskop altında gözlemlenerek; renkleri, biçimleri, bileşenleri ve yaklaşık bileşim oranları görsel olarak tanımlanmış ve mikroskop altında dijital olarak fotoğraflanmıştır.

Tablo 4. Asit kaybı deneyi sonuçları: bağlayıcı / agregada ve doğal / yapay agregada oranları (%)

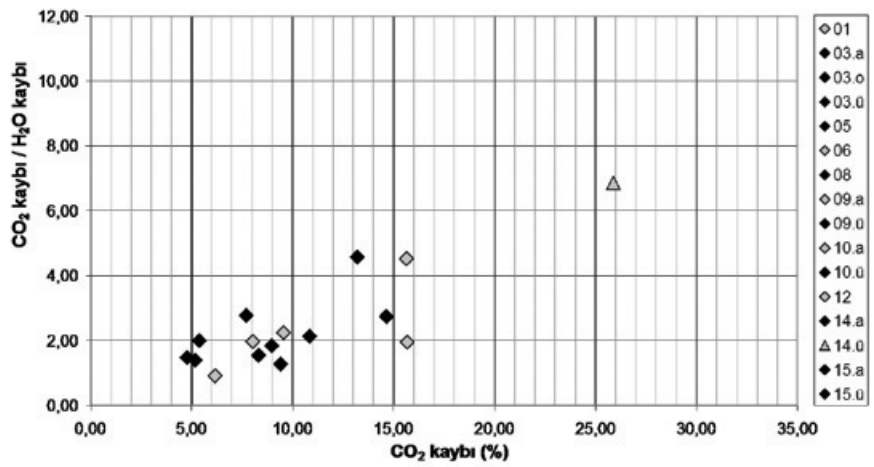
Örnek No	Agregada (%)	Kireç (%)	Kireç / Agregada Oranı	Yapay agregada		Doğal agregada (%)
				Tuğla (%)	Cüruf (%)	
01.İSY	66,56	33,44	1 : 2	-	-	100
02.HID	-	-	-	-	-	100
03.MEM.a	79,76	20,24	1 : 4	2,5	2,5	95
03.MEM.o	62,18	37,82	3 : 5	7	3	90
03.MEM.ü	63,11	36,89	3 : 5	2,5	2,5	95
04.İŞG	44,30	55,70	5 : 4	2,5	2,5	95
05.KAM	59,14	40,86	2 : 3	7,5	7,5	85
06.HZP	51,11	48,89	1 : 1	70	10	20
07.KGT.a	66,67	33,33	1 : 2	40	10	50
07.KGT.ü	54,16	45,84	4 : 5	20	-	80
08.KBY	71,44	28,56	2 : 5	-	5	95
09.KGT.a	73,99	26,01	1 : 3	12,5	2,5	85
09.KGT.ü	54,29	45,71	4 : 5	5	5	90
10.KBY.a	72,26	27,74	1 : 3	50	-	50
10.KBY.ü	66,54	33,46	1 : 2	2,5	2,5	95
11.KBL	60,21	39,79	2 : 3	-	-	100
12.KBL	58,98	41,02	2 : 3	10	5	85
13.KBL.a	68,94	31,06	2 : 5	2,5	2,5	95
13.KBL.o	69,17	30,83	2 : 5	5	5	90
13.KBL.ü	55,85	44,15	4 : 5	2,5	2,5	95
14.KBL.a	50,84	49,16	1 : 1	2,5	2,5	95
14.KBL.ü	26,83	73,17	3 : 1	7,5	2,5	90
15.KBL.a	74,95	25,05	1 : 3	2,5	2,5	95
15.KBL.ü	66,75	33,25	1 : 2	5	5	90



Şekil 1. Agrega dağılım eğrileri: Agrega oranı %69-75, agrega <8mm (08.KGT, 09.KGT.a; sol), Agrega oranı %56-63, agrega <4mm (03.MEM.ü, 05.KAM, 13.KBL.ü; sağ)

Genel olarak, benzer asit kaybı oranlarına sahip örneklerin boyut dağılım eğrilerinin de benzeştiği görülmektedir (Şekil 1). 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 dağılımların kullanılması, uygun dağılımların kaba ve ince katmanlar arasında değişmediğine işaret edebilir. Agrega boyutları ince sıvalarda 4mm, kaba katmanlarda ise 8mm 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, cüruf ile kıtık, saman, vb. organik lifli malzemelerden oluşmaktadır. Doğal agregalar genel olarak köşeli (çok köşeli, köşeli, az köşeli ve az yuvarlak) biçimlere sahiptirler. Deneyime dayalı eski ve erken modern kaynaklar (ör: Millar, 2004, s.462-463), yuvarlak biçimli dere ve deniz kumlarına göre, temelde taş kırıklarından oluşan ocak kumlarının bağlayıcı ile daha sağlam bağlar oluşturmalarını belirtir. Pişirilmiş toprak tozu (tuğla, kiremit, seramik, vb.) ile "cüruf" olarak tanımlanan kömür, odun kömürü, kül ve cüruf kullanımına üçü (01.İŞY, 02.HID, 11.KBL) dışında her örnekte rastlanmakta-



Şekil 2. Örneklerin CO₂ ve CO₂/YS-H₂O kayıplarını karşılaştıran grafik

dır. Cüruf ile tuğla tozunun birlikte kullanılması dikkat çekicidir. Roma Dönemi'nden beri geleneksel olarak harçlara hidrolik nitelik kazandırmak amacıyla kullanılan tuğla kırığı ve tozuna ek olarak, kemik ve odun külü gibi organik kökenli cürufların da aynı amaçla kullanıldığı bilinmektedir (Vitruvius, 1990, s.145-147; Raymond, 1908, s.100-105; Vicat, 1997, s.89-90; Pasley, 1997, s.2-4, 162). Kül ve cürufların, harçlara hidrolik nitelik kazandırmanın yanı sıra, kaynaklarda belirtildiği gibi sıva ve ön döküm yapay taş elemanların yoğunluklarını düşürmek ve/veya yangın dayanımı kazandırmak amacıyla kullanılmış olması da mümkündür (*Blocs et Murs en Béton*, 1930; Millar, 2004, s.369, 480-497). Ayrıca bu geçiş döneminde, çimento kullanımına rağmen, geleneksel kireç katkılardan vazgeçilmediği de söylenebilir. Özellikle sıvaların çekme gerilmelerine karşı dayanımını artırmak

için geleneksel bir katkı olarak Eski Çağ'dan beri kullanılan hayvan kılları, kıyılmış saman, jüt, pamuk gibi organik liflere (Sickels, 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, s.79-80; Verall, 2000, I, s.63-64). Asitte çözünmeyen kısım süzülürken filtre kâğıdında toplanan çok ince boyutta parçacıkların renk ve nitelikleri ise, bağlayıcılar hakkında bilgi vermektedir: Pembe, tuğla tozunun; beyaz/gri tonları ise asitte çözünmeyen hidratasyona uğramış çimentoların varlığını göstermektedir.

4.4.3. Kızdırma Kaybı (Kalsimetri Analizi)

Kızdırma kaybı deneyi, örneklerin hidrolik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Örneklerin 105-550°C'de içerdikleri kal-

siyum silikat ve alüminat hidratlarda bulunan su kayıplarından ve 550-1050°C'de kirecin karbonatlaşması sonucu meydana gelen kalıtsitte bulunan karbon dioksitin kaybindan ortaya çıkan ağırlık azalmalarının oranlarından, harçların hidrolik özellikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir (Bakolas, vd., 1998; Biscontin, vd., 2002; Moropoulou, vd., 2002; Moropoulou, vd., 2003; Moropoulou, vd., 2005; Genestar, vd., 2006). Ayrıca kızdırma kaybı deneyi ile, sıvalarda bulunan (1) higroskopik su, (2) yapısal su ve (3) karbon dioksit (CO₂) miktarları belirlenmektedir (Moropoulou, vd., 2003; Güleç, 1992, s.30-31; Moropoulou, vd., 2002; Moropoulou, vd., 2005). Deneylerde yaklaşık 0,5g öğütülmüş harç örnekleri kullanılmıştır.

CO₂/YS oranı hidrolik harçlarda 10'un altındadır (Şekil 2; 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. Bu durumun, CO₂/YS oranı görece yüksek 14.KBL.ü'de (6,86) 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 bu oranın, horasan harçlarında %4-8 aralığında değiştiği, doğal veya yapay puzolanlı hidrolik kireç harçlarında ise %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 2; Moropoulou, vd., 2003). Elde edilen sonuçlar, harçların benzer hidrolik nitelikli bağlayıcılar (çimento, vb.) ve bazen de su kireçleri,

yapay puzolan katkılı kireçler gibi kireç oranı fazla türevlerinden üretildiğini göstermektedir.

4.4.4. Sıvaların pH Değerlerinin Belirlenmesi

Bağlayıcıların pH değerleri, hidroliklik ve karbonatlaşmamış kireç konusunda bilgi vermektedir. Bu amaçla, örnekler agat havanda agrega taneciklerini kırmamaya özen göstererek iri taneli halde öğütülüp ardından de-iyonize su ile hafifçe ıslatıldıktan sonra, pH kâğıdı ile pH değerleri belirlenmiştir.

Sıvaların pH değerleri, genellikle 8,0-8,5 aralığındadır. Bu değerler, örneklerin düşük bazik özelliklere sahip olduklarını göstermektedir. Düşük bazik özellikler, bağlayıcı olarak var olan yağlı kireç, su kireci veya çimentonun sertleşmesi sırasında açığa çıkan kirecin kalsiyum karbonata dönüştüğünü göstermektedir. Bazı örneklerde (02.HID, 14.KBL.a, 14.KBL.ü) ise yüksek pH değerleri gözlenmiştir (pH>8,5). Bu bulgu, söz konusu örneklerde kirecin tamamının karbonatlaşmadığını göstermekte; XRD analizinden elde edilen bulgular da bu bilgiyi desteklemektedir.

4.4.5. X-Işını Toz Difraksiyonu (İng. X-Ray Diffraction, XRD) Analizleri

X-ışını toz difraksiyonu analizi, sıva bağlayıcılarının mineralojik yapılarını bulmaya yönelik olarak yapılmıştır. Bu analizler için, örnekler seramik ya da tunç havanda agregaları kırmamaya özen göstererek dövülmüş ve öğütülmüşlerdir. Öğütülen bu kısım daha sonra 0,063mm elekten geçirilerek, harçların bağlayıcı kısmının agregalardan ayırt edilmesine çalışılmıştır. Elekten geçen yak. 0,5g ağırlığındaki kuru örneğin mineralojik yapısı, X-ışını difraktometresi cihazı ile belirlenmiştir (Tablo 5).

İncelenen bütün örneklerin XRD kırınım desenlerinde, bağlayıcı bünyesinde bulunan kirecin karbonatlaşması sonucu oluşan kalsiyum karbonat pikleri gözlemlenmiştir. Bazı örneklerde ayrıca, magnezyum hidroksit, kalsiyum mag-

nezyum hidroksit ve anhidrit alçının, su ve havanın karbon dioksiti ile tepkimesi sonucu oluşan dolomit, magnezyum karbonat, alçı gibi mineraller tespit edilmiş; ayrıca bağlayıcı içeriğinde ham madde (agrega) kaynaklı kuvars, albit, feldspat gibi minerallere de rastlanmıştır. Floransa'da benzer nitelikte örneklerin incelenmesinde de, XRD desenlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir (Pecchioni, vd., 2005).

Yapay bağlayıcı olarak üretimine 18.yüzyılın ikinci yarısında başlanan su kireci, bünyesinde %10-25 oranında kil bulduran kireçtaşlarının 900°C'nin 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, su ve karbon dioksit etkisiyle sertleşirler. Roma çimentosu grubuna giren ve bünyesinde serbest kireç barındırmayan daha güçlü hidrolik niteliğe sahip ve su etkisiyle sertleşen bağlayıcıların, üretimi sırasında yakma sıcaklığının 1200°C'nin üzerine çıkmaması nedeniyle dikalsiyum silikat (2CaO.SiO₂, C₂S) (Sabbioni, vd., 2001; Massazza, 2004); 1200-1450°C'de pişirilen Portland çimentolarında ise yüksek oranda (%60) trikal-siyum silikat (3CaO.SiO₂, C₃S) oluşur (*Decorated Renders*, 1999, s.119). Çimentoyu oluşturan temel mineraller C₃S ve C₂S ile trikal-siyum alüminat (C₃A) ve alümino-ferritir (C₄AF). Anhidrit çimento, yak. %75 oranında C₂S ve C₃S'tan oluşur. Çimentonun suyla reaksiyonu sonucunda (hidratlanma) koloidal kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) ve kalsiyum hidroksit (CH, portlandit) oluşur. C₃S, C₂S'a 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 harcının ya da betonunun bağlayıcısı, %60-70 oranında C-S-H, %25 oranında CH, %10'a kadar mono-

sülfat hidratlar (AFm) ve az miktarda hidrogarnetlerden oluşur (Peccioni, vd., 2005; *Decorated Renders*, 1999, s.120). 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 (Baturayoglu Yöney ve Ersen, 2009a).

İncelenen harçlarda kullanılan bağlayıcı türünü (çimento, su kireci veya kireç), XRD desenlerin-

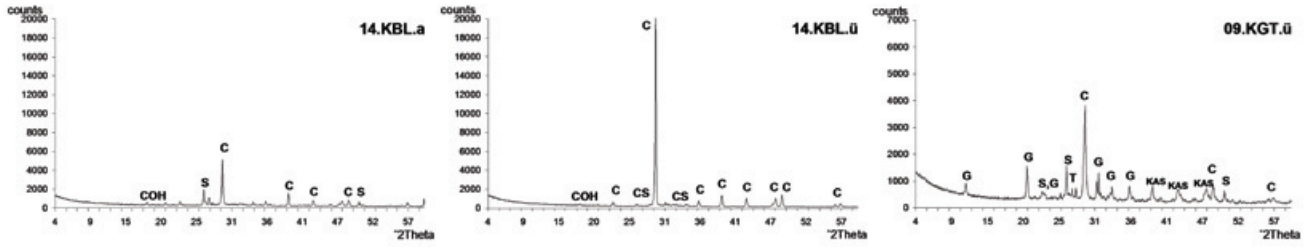
den ayırt etmek mümkün olmuştur. Klinkerin çimentooya dönüştürülmesi sırasında, çimento harcının priz süresini düzenlemek amacıyla yak. %5 oranında alçıtaşı katılmakta ve karışım çok ince öğütülmektedir (Eckel, 2005, s.200-267); bu yöntemin 1850'lerde Johnson'ın Portland çimentosundan başlayarak uygulandığı 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), ki-

reç harçlarının mekanik özelliklerini yükselttiği bilinmektedir (Vicat, 1997, s.175-176; Burn, 2001, s.50; Cowper, 2000, s.52). Bir örnekte (14.KBL.ü), harcın halen hidrate olmadığını gösteren kalsiyum silikat pikleri tespit edilmiştir. Yüksek kalsit oranına sahip kaba ve ince siva tabakaları 14.KBL.a ve 14.KBL.ü ile öndöküm 02.HID numaralı örneklerde CH bulunması; karbon dioksitin siva 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,

Tablo 5. XRD analizlerinin sonuçları

Örnek No	BAĞLAYICILAR				AGREGALAR				DİĞER
	Kalsit ($CaCO_3$)	Alçı ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	Magnezit ($MgCO_3$)	Kalsiyum Silikat (Ca_2SiO_4)	Portlandit ($Ca(OH)_2$)	Kuvars (SiO_2)	Feldspatlar ($Na(AlSi_3O_8)$, $KAlSi_3O_8$)	Opal ($SiO_2 \cdot nH_2O$)	
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	++	+	+			++	++	+	



Şekil 3. 14.KBL.a (sol) ve 14.KBL.ü (orta) numaralı örneklerin XRD desenleri (C-kalsit, S-silisyum dioksit, COH-kalsiyum hidroksit / portlandit, CS-kalsiyum silikat); 09.KGT.ü (sağ) numaralı örneğin XRD deseni (C-kalsit, S-silisyum dioksit; G-alçı; KAS-ortoklas, T-titanyum dioksit)

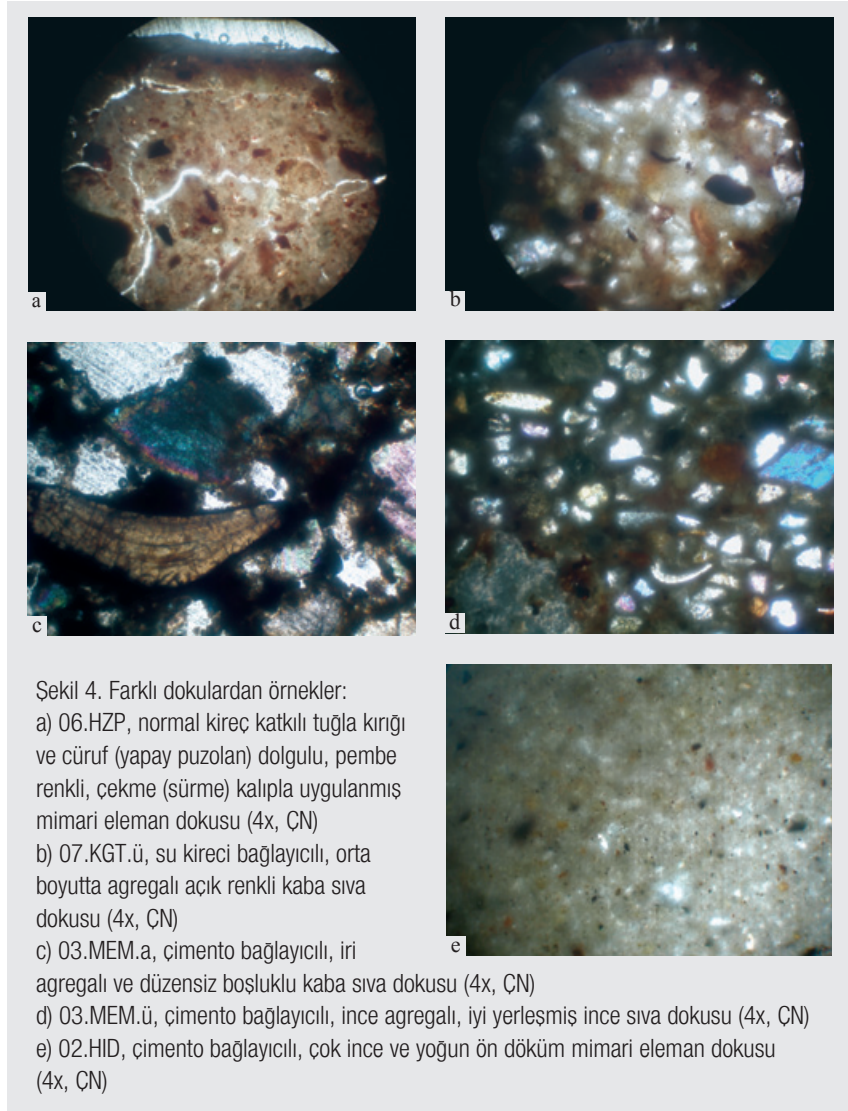
2006) opal bulunmuştur. Üç örnekte rastlanan titanyum dioksit (TiO₂) ise, beyaz pigment olarak kullanıldığı bilinen bir katkıdır (Cassar ve de Angelis, 2000).

4.5. Petrografik Özellikler

Malzemelerin petrografik özellikleri, hazırlanan kalın ve ince kesitlerin mikroskop altında incelenmesi sonucunda elde edilmiştir. Bu çalışma ile dokusal özellikler, makro-gözeneklerin biçim, boyut ve dağılımı (Middendorf, vd., 2005; RILEM TC167-COM), mineral cinsleri ve başkalaşımını, agrega / bağlayıcı arayüzü, alansal olarak yaklaşık agrega / bağlayıcı oranı gibi niteliksel ve yarı-niceliksel özellikleri belirlenmiştir (TS EN 12407, 2002).

Örneklerin kalın kesitleri, örneklerle vakum altında epoksi reçinesi emdirilmesi, epoksinin sertleşmesi ve daha sonra sertleşen örneklerin taş kesme cihazı ile kesilmesi yöntemiyle hazırlanmışlardır. Hazırlanan kalın kesitlerin ikiz eşleri, SEM-EDS analizi için numaralandırılarak oda şartlarında kurutulduktan sonra, nem geçirmeyen kilitli polietilen torbalarda saklanmışlardır. Kalın kesitler, binoküler mikroskop altında incelenmiş ve dijital olarak fotoğraflanmışlardır. Harç matrisleri içinde bulunan agregaların biçimlerinin değerlendirilmesinde, Powers tarafından geliştirilen, morfolojik gözleme dayalı biçim tablosundan yararlanılmıştır (Sims ve Brown, 2004).

Sıvaların gözeneklilikleri, dijital olarak mikroskop altında çekilen fotoğraflar üzerinde belirlenmiştir. Bu amaçla kalın kesit fotoğrafları (1x, 2x, 4x) üzerinde boşluk yapısı izlenebilen örnekler, vektörel bir bilgisayar destekli tasarım



yazılımında çizim altına yerleştirilmiş ve üzerlerinden boşluk (yuvarlak, eliptik, vb. biçimlerdeki gözenekler ile kılcal çatlak) sınırları çizilmiştir. Daha sonra bu yazılım üzerinde yer alan sistemden yararlanarak, boşluk alanlarının incelenen toplam yüzey alanına oranı hesaplanmıştır (Baturayoğlu Yöney, 2008, s.136).

Bağlayıcı / agrega oranları, dijital kalın kesit görüntüleri üzerinde, sayısal ortamda alansal ve nice-

liksel olarak belirlenmiştir (RILEM TC167-COM C1, 2001). Bu amaçla, yukarıda anlatılan yöntemle vektörel bir bilgisayar destekli tasarım yazılımından yararlanılmıştır. Harçların bağlayıcı oranlarının hesaplanmasında, kuru ağırlık oranlarını hacme çevirmek için yoğunluk ve moleküler ağırlık değerleri kullanılmıştır (RILEM TC167-COM C1, 2001).

İnce kesitler, lâm üzerine yapılandırılan kalın kesitlerin taş kesme ci-

hazı ile aşındırılması ile; bağlayıcı ve agregaların şeffaflığına bağlı olarak 0,050-0,030mm arasında hazırlanmışlardır. Hazırlanan ince kesitler, petrografik çalışma için polarizan mikroskop ile incelenmiş ve dijital olarak fotoğraflanmışlardır. Çalışmalarda 4x ve 10x, çift nikol kullanılmıştır.

Hemen hemen tüm örneklerde, agrega ve bağlayıcının iyi bağlandığının ve agregalar arasında boşluk olmadığının izlenmesi (Şekil 4, 5), harçların iyi karıldığını gösterir. Harçlar, genellikle hacimce 1 kısım bağlayıcı ve 3 kısım agregayla karılmıştır (Tablo 6). Agregaların köşeli, açılı ve pürüzlü yüzeyli olmaları, bağlayıcının agregalara iyi yapışmasını ve harcın mekanik özelliklerinin yüksek olmasını sağlar. Agregalara ilişkin petrografik bulgular, diğer analiz sonuçları ile uyumludur.

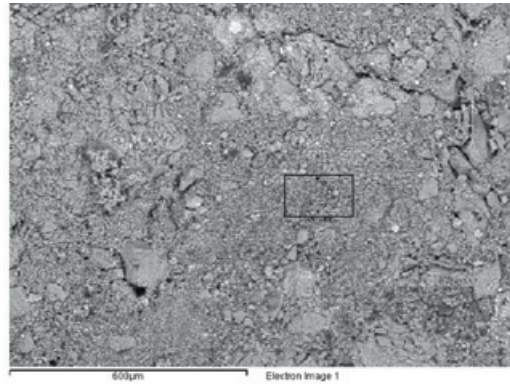
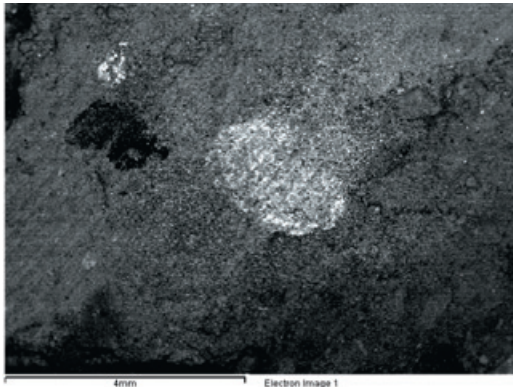
Harçların bağlayıcılarının genellikle amorf jel silikalari içeriği, bağlayıcı olarak çimento, su kireci ve bazen de kireç ile çimentonun bir arada kullanıldığını göstermektedir (Tablo 6). Çimento kullanılan örneklerde, jel halindeki silika-

lar 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). Su kireciyle hazırlananlar çimentoya oranla daha beyaz (01.İŞY, 03.MEM.o, 04.İŞG, 07.KGT.ü, 10.KBY.ü), yapay puzolan katkıları olanlar ise daha pembe-dir (06.HZP, 07.KGT.a, 09.KGT.a, 10.KBY.a, 12.KBL), (Şekil 3). XRD ve petrografi verileri birleştirildiğinde, harçların bağlayıcı 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 C1 (2001) önerisindeki yöntemle yak. kütleyle (%) dönüştürülmüştür (Tablo 3). Bağlayıcı oranları yak. %20-40 arasındadır. Bu oranın, alt tabakalarda genellikle %20-30, üst tabakalarda %30-40 aralığında değiştiği ve ince tabakaların bağlayıcı oranının kaba tabakalara göre genellikle daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak iki ör-

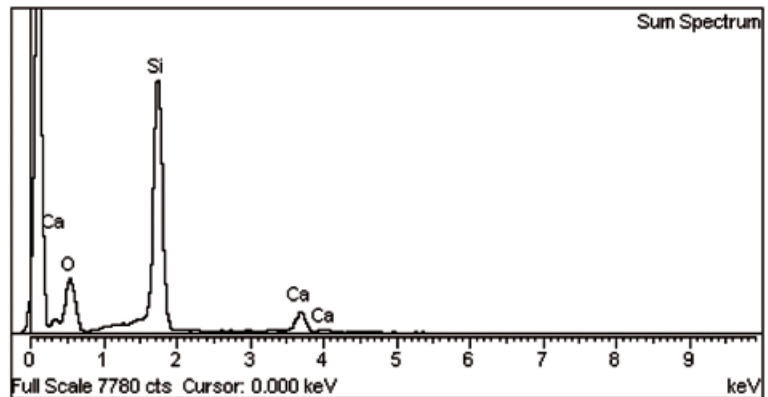
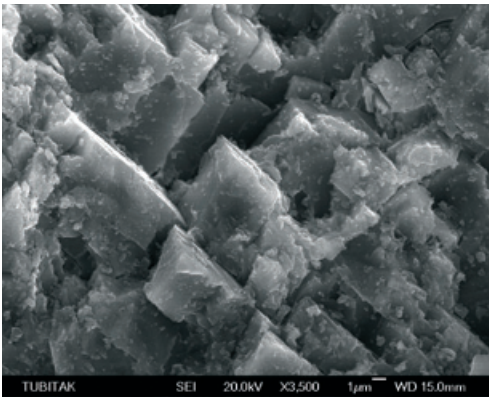
nekte (07.KGT ve 10.KBY) durumun tersine oluşu, alt tabakada yapay puzolanik agregalarla birlikte normal kireç, üst tabakada su kireci veya beyaz çimento kullanılması ve harçta normal kireç kullanıldığına bağlayıcı oranının zorunlu olarak yükselmesiyle açıklanabilir. Hemen her örnekte kireçli agrega 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.

4.6. Yapısal ve Kimyasal Özellikler

Örneklerin mikro yapısal ve kimyasal özellikleri, SEM-EDS analizleri ile belirlenmiştir. Bu analizler, hazırlanan kalın kesitler üzerinde yapılmıştır. Örnekler karbon filmiyle kaplandıktan sonra SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Bağlayıcılarda yüksek oranlarda kalsiyum, silisyum ve düşük oranlarda alüminyum bulunması, bunların kalsiyum



Şekil 5. Agregalar ile bağlayıcı arasındaki iyi bağlanmayı gösteren ara yüzeylerin SEM görüntüleri: 12.KBL çürüf çepri (sol) ve 01.İŞY (sağ)



Şekil 6. Sıva matrisi içinde (14.KBL.ü, Balat Hızırcavus Köprüsü Sokak 2 adresindeki konutta) gözlenen kalsit kristallerinin SEM görüntüsü (sol) ve EDS spektrumu (sağ)

silikatlardan oluştuklarını, yani hidrolik nitelikli olduklarını göstermektedir.

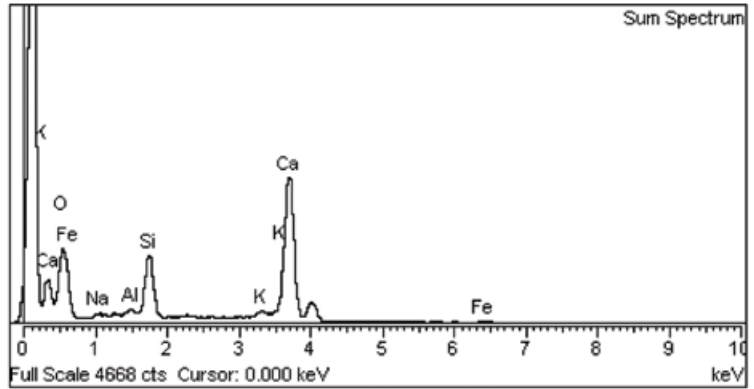
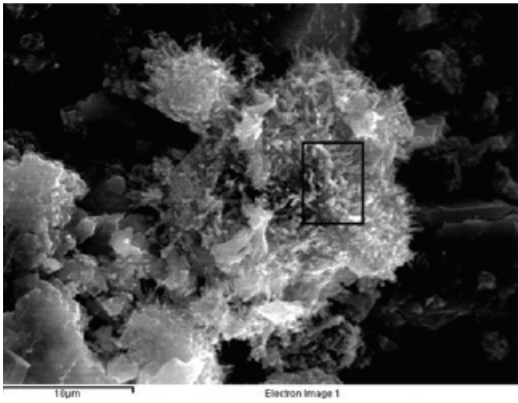
Bağlayıcı kompozisyonlarına (% oksit) dayanarak, Boynton formülüne göre kireçteki beyaz toprakların kompozisyonundan hesaplanan bağlayıcılık (CI, İng. *cementation index*) endeksiyle (Vicat, 1997; Eckel, 2005, s.172-188, 268-275), örneklerin hidrolik niteliğe sahip olduklarını belirlenmiştir. Ancak silis ve alüminin birbirinin yerini doldurabileceğini ve aynı etkiyi yaptığını kabul eden bu sistem, değerlendirmede yetersiz kalabilir. Bu nedenle Eckel (2005), hidrolik özelliği daha geniş elementlerin oksitlerini de katarak sistemi geliştirmiştir. 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 mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Petrografide de izlendiği gibi agregaların, bağlayıcılarla iyi bağlandıkları (Şekil 5); siva örneklerini daha dayanıklı ve mekanik özelliklerini daha güçlü kıldıkları görülmektedir. Ayrıca, bağlayıcı yapılarında çökelmiş halde bulunan ve XRD ile tespit edilen kalsit kristalleri gözlenmektedir (Şekil 6). Bağlayıcıların genel yapıları amorf olmakla birlikte, bu yapı içinde düşük oranlarda C-S-H yapılı iğnemsî kristaller de bulunmaktadır (Şekil 7, 8). Ayrıca tarihi yapılarda kullanılan hidrolik harçların bağlayıcılarında daha önce de gözlenen (Tunçoku, 2001) ve C-S-H oluşumu sırasında meydana gelen, süreksiz mikro çatlaklara da rastlanmıştır (Şekil 9).

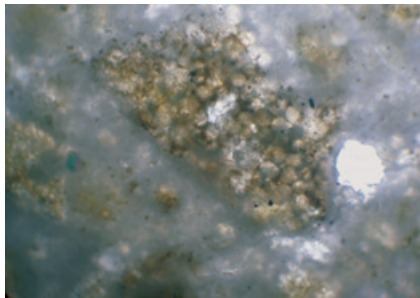
4.7. Sıva ve Bağlayıcıların Hidrolik Özellikleri ve Olası Kaynakları

Sıvaların hidrolik özellikleri kızdırma kaybı, bağlayıcıların hidrolik özellikleri ise XRD ile yapılan mineralojik analizler ve SEM-EDS ile ya-

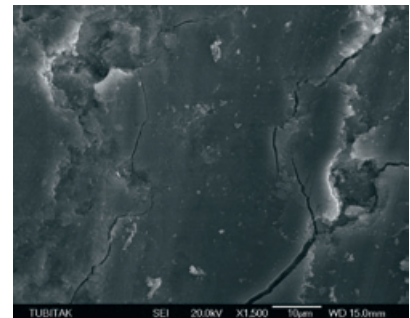
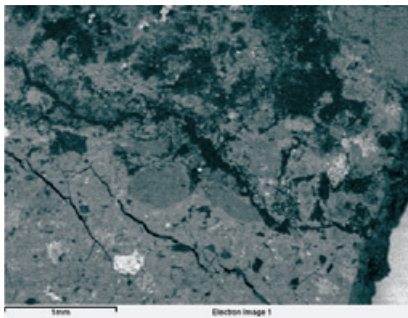
pılan kimyasal kompozisyon ve yapısal özellik analizleriyle incelenmiş; karışımların hidrolik niteliklerinin bağlayıcıdan mı yoksa puzolan katkısından mı kaynaklandığı belirlenmiştir (Tablo 6). Malzemenin yaklaşık olarak yarısını temsil eden örnekler dışında (02.HID, 03.MEM.a, 03.MEM.ü, 05.KAM, 08.KBY, 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 su kireci (01.İŞY, 03.MEM.o, 07.KGT.ü), alçı esaslı çimento (10.KBY.ü, 13.KBL.ü) veya açık renkli doğal/yapay çimentoların kullanıldığını düşündürmektedir. Hamurlar, genellikle kızıl-kahverengi tonlarında demir oksit lekeli ve toz boyutta cürufudur. Ayrıca, iki örnekte (05.KAM, 15.KBL.ü) doğal puzolan olan opale rastlanmıştır. Koyu renkli matrislere sahip, çimento olarak yorumlanan harçlarda da aynı puzolanik katkılar kullanılı-



Şekil 7. Sıva matrisi içinde (14.KBL.ü) gözlenen iğnemsî kalsiyum silikat hidrat kristallerinin SEM görüntüsü: 6.500x, SEI (sol) ve işaretli alanın EDS spektrumu (sağ)



Şekil 8. Örnek 14.KBL.a, dikalsiyum silikat (C₂S, belit) kristalleri: polarizan mikroskop görüntüsü (60x, ÇN)



Şekil 9. Sıvaların hidrolik bağlayıcılarında gözlenen mikro çatlaklar: 09.KGT.ü (sol) ve 02.HID (sağ)

mıştır; ancak cüruf, 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 dokularında büyük ve belirleyici farklar gözlenmemekte; literatürde, aynı durumun çimento hamurları için de geçerli olduğu belirtilmektedir (Odler, 2004, s.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-

lar (Massazza, 2004). Bu nedenle, bileşenlerden birinin veya birkaçının varlığı, bağlayıcı türü bakımından tek başına belirleyici olamaz. Ancak çimentolarda, hidrolik bağlar oluşturan ve hidrate olmamış kalsiyum silikat, alüminat ve alüminoferrit bölgeleri, diğer hidrolik nitelikli bağlayıcılarda rastlandığından daha yoğundur. Bu hidrate olmamış bileşiklerin kristal yapıları iyi bilinmekle birlikte, daha kolay ayırt edilebilir görünüme sahip olanlar belit (C2S) ve alittir (C3S). Bu kristaller, polarizan mikroskop altında (Lawrence, 2004, s.146,147; Elsen, 2006; Sabbioni, vd., 2001) ve SEM görüntülerinde (Odler, 2004, s.279; Callebaut, vd., 2001) belirlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında in-

celenen örneklerin SEM-EDS analizlerinde, yalnızca bir örnekte (14.KBL.ü) belite rastlanmış (Şekil 7); ince kesitlerin polarizan mikroskop altında incelenmesiyle yine aynı örnekte (14.KBL.a) belit kristalinin bulunduğu izlenmiştir (Şekil 8). Bu bulgular, erken modern hidrolik bağlayıcılara ilişkin benzer araştırmalarda elde edilen sonuçlarla tutarlıdır (Pecchioni, vd., 2005; Sabbioni, vd., 2001; *Decorated Renders*, 1999, s.128).

Bağlayıcı türünün çimento olarak tanımlanabilmesi bakımından belirleyici diğer bir katkı ise, çimentolara priz düzenlemek amacıyla geciktirici olarak ağırlıkça yak. %5 oranında eklendiği bilinen alçıdır. Özellikle uygulandıktan sonra ye-

Tablo 6. Analizlere dayanarak bağlayıcılar üzerine yapılan sınıflandırma

Örnek no	Üretim yöntemi	Gözeneklilik (% alan)	Hidrolik özellik	Cl (bağlayıcılık endeksi)	Bağlayıcı türü	Bağlayıcı / Agregata oranı (% kt)	Alçı	Doğal agregata oranı (% kt)	Lifli agregata	Puzolanlar	
										Doğal (opal, vb.)	Yapay (tuğla, cüruf)
01.İSY	basma kalıp	6,24	X	0,26	su kireci	25-30		100	+		X
02.HID	ön döküm	10,89	X	1,40	çimento	90	X	100	-		X
03.MEM.a	ön döküm	13,90	X	-	çimento	20-25		95	+		X
03.MEM.o		3,39	X	-	su kireci	30-35		90	+		X
03.MEM.ü		4,63	X	1,10	çimento	30-35	X	95	-		X
04.İSG	ön döküm	5,96	X	2,78	su kireci/ 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.a	yerinde yüzey	6,53	X	0,92	kireç	25-30	X	50	+		X
07.KGT.ü		1,07	X	-	su kireci	20-25		80	+		X
08.KBY	yerinde yüzey	2,42	X	-	çimento	20-25	X	95	+		X
09.KGT.a	yerinde yüzey	9,15	X	0,76	kireç	20-25	X	85	+		X
09.KGT.ü		4,84	X	1,49	çimento	25-30	XX	90	+		X
10.KBY.a	çekme kalıp	-	X	-	kireç	30-35		50	+		X
10.KBY.ü		-	X	-	su kireci/ 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.a	yerinde yüzey	6,79	X	-	çimento	20-25		95	-		X
13.KBL.o		7,61	X	-	çimento	20-25		90	-		X
13.KBL.ü		4,56	X	-	çimento	35-40	XX	95	-		X
14.KBL.a	yerinde yüzey	3,70	X	1,29	çimento	35-40	X	95	+		X
14.KBL.ü		3,62	X	-	çimento	35-40		90	+		X
15.KBL.a	yerinde yüzey	4,42	X	2,41	çimento	25-30	X	95	+		X
15.KBL.ü		3,94	X	17,65	çimento	35-40	X	90	+	X	X

rinde veya kalıp içinde çekme (sürme) kalıp ya da sıvacı/taşçı aletleri ile düzeltilmesi gereken yapay taş uygulamalarında kullanılan harçların, fazla hızlı priz almasının istenmeyeceği açıktır. Alçı katkısının, geleneksel olarak 19.yüzyılın ortalarından beri üretilen erken çimentolarda mevcut olduğu bilinmektedir (Baturayoğlu Yöney ve Ersen, 2009a, 2009b).

XRD analizlerinde, incelenen örneklerin sekizinde alçı bulunduğu saptanmıştır (Tablo 5, 6). Bun-

lardan 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 üretilmişlerdir. 09.KGT.ü numaralı örneğin, 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 oldu-

ğu düşünülmektedir. Yine az (+) oranda alçı içeren 06.HZP numaralı örnek 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; literatürde sık rastlanmakla birlikte, henüz Türkiye’de kullanılmış olduğu kanıtlanmamış olan alçı esaslı çimentolar olarak tanımlanabilir.

REFERANSLAR

- 1- Bakolas, A., Biscontin, G., Moropoulou, A., Zendri, E., 1998, "Characterization of Structural Byzantine Mortars by Thermogravimetric Analysis", *Thermochimica Acta*, 321, Elsevier, pp.151-160.
- 2- Baturayoğlu Yöney, N., 2008, *19. Yüzyıl Sonu ve 20. Yüzyıl Başı Yapı Cephelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimarlık ve Koruma Bilimi Açısından Değerlendirilmesi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- 3- Baturayoğlu Yöney, N., Ersen, A., 2009a, "19. Yüzyılın Sonu ve 20. Yüzyılın Başında İstanbul’da Yapı Dış Cephelelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimari Değerlendirmesi 1", *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları*, Sayı 2, Temmuz-Ağustos-Eylül 2009, İBB KUDEB, İstanbul, s.21-31.
- 4- Baturayoğlu Yöney, N., Ersen, A., 2009b, "İstanbul’da 19. Yüzyıl Sonu ve 20. Yüzyıl Başında Kullanılan Erken Çimentolar", *Mimarlıkta Malzeme*, Sayı 13, 2009/3, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, İstanbul, s.53-65.
- 5- Baturayoğlu Yöney, N., Ersen, A., 2009c, "19. Yüzyılın Sonu ve 20. Yüzyılın Başında İstanbul’da Yapı Dış Cephelelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimari Değerlendirmesi 2", *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları*, Sayı 3, Ekim-Kasım-Aralık 2009, İBB KUDEB, İstanbul, s.49-58.
- 6- Baturayoğlu Yöney, N., Ersen, A., 2010, "19. Yüzyılın Sonu ve 20. Yüzyılın Başında İstanbul’da Yapı Dış Cephelelerinde Kullanılan Yapay Taşların Mimari Değerlendirmesi 3", *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları*, Sayı 4, Ocak-Şubat-Mart 2010, İBB KUDEB, İstanbul, s.14-21.
- 7- Biscontin, G., Birelli, M.P., Zendri, E., 2002, "Characterization of Binders Employed in the Manufacture of Venetian Historical Mortars", *Journal of Cultural Heritage*, 3, Elsevier, pp.31-37.
- 8- *Blocs et Murs en Béton - Pierre Artificielle et Décoration Élémentaire*, 1930, Groupment Professionnel des Fabricants de Ciment Portland Artificiel de Belgique (G.P.C.), No.7, Bruxelles.
- 9- Böke, H., Akkurt, S., İpekoglu, B., Uğurlu, E., 2006, "Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters", *Cement and Concrete Research*, 36, Pergamon, pp.1115-1122.
- 10- Burn, R.S., 1871/2001, *Masonry Bricklaying and Plastering: Theoretical and Practical*, UK.
- 11- Callebaut, K., Elsen, J., Van Balen, K., 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, Pergamon, pp.397-403.
- 12- Cassar, J.A., de Angelis, R., 2000, *Glossary: Materials used in 19th and 20th century Plaster Architecture*, <http://www.plasterarc.net/essay/essay/Cassarindex.html>.
- 13- Cowper, A.D., 1927/2000, *Lime and Lime Mortars*, Donhead, UK.
- 14- *Decorated Renders around 1900 in Europe: Technological Studies and Principles of Conservation and Restoration*, 1999, EU-Rendec, Vienna.
- 15- Eckel, E.C., 1912/2005, *Cements, Limes and Plasters*, Donhead, UK.

- 16- Elsen, J., 2006, "Microscopy of historic mortars - a review", *Cement and Concrete Research*, 36, Pergamon, pp.1416-1424.
- 17- Franzini, M., Leoni, L., 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, Elsevier, pp.365-373.
- 18- Fuller, W., Thompson, S.E., 1907, "The laws of proportioning concrete", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Paper no: 1053, pp.67-143.
- 19- Genestar, C., Pons, C., Mas, A., 2006, "Analytical Characterisation of Ancient Mortars from the Archaeological Roman City of Pollentia", *Analytica Chimica Acta*, 557, Elsevier, pp.373-379.
- 20- Güleç, A., 1992, *Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi*, İTÜ FBE Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- 21- Güleç, A., Ersen, A., 1998, "Characterization of Ancient Mortars, Evaluation of the Simple and Sophisticated Methods", *Journal of Architectural Conservation*, 1, Donhead, pp.56-67.
- 22- Jdrzejewska, H., 1981, "Ancient Mortars as Criterion in Analysis of Old Architecture", *Mortars, Cements & Grouts in the Conservation of Historic Buildings*, Rome, pp.311-329.
- 23- Lawrence, C.D., 2004, "The Constitution and Specification of Portland Cements", *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, P.C. Hewlett (ed.), IV, Butterworth Heinemann, pp.131-193.
- 24- Massazza, F., 2004, "Pozzolana and Pozzolanic Cements", *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, P.C. Hewlett (ed.), X, Butterworth Heinemann, pp.471-635.
- 25- Middendorf, B., Hughes, J.J., Callebaut, K., Baronio, G., Papayianni, I., 2005, "Investigative Methods for the Characterisation of Historic Mortars RILEM TC 167-COM", *Materials and Structures*, 38 (October), Springer, pp.761-769, 771-780.
- 26- Millar, W., 1897/2004, *Plastering — Plain and Decorative*, (2nd ed.), Donhead, UK.
- 27- Moropoulou, A., Çakmak, A.S., Biscontin, G., Bakolas, A., Zendri, E., 2002, "Advanced Byzantine Cement Based Composites Resisting Earthquake Stresses: The Crushed Brick-Lime Mortars of Justinian's Hagia Sophia", *Construction and Building Materials*, 16, Elsevier, pp.543-552.
- 28- Moropoulou, A., Polikreti, K., Bakolas, A., Michailidis, P., 2003, "Correlation of physicochemical and mechanical properties of historical mortars and classification by multivariate statistics", *Cement and Concrete Research*, 33, Pergamon, pp.891-898.
- 29- Moropoulou, A., Bakolas, A., Anagnostopoulou, S., 2005, "Composite Materials in Ancient Structures", *Cement and Concrete Composites*, 27, Elsevier, pp.295-300.
- 30- Odler, I., 2004, "Hydration, Setting and Hardening of Portland Cement", *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, P.C. Hewlett (ed.), VI, Butterworth Heinemann, pp.241-297.
- 31- Pasley, C.W., 1838/1997, *Observations on Limes*, Donhead, UK.
- 32- Pecchioni, E., Malesani, P., Bellucci, B., Fratini, F., 2005, "Artificial Stones in Florence Historical Palaces Between the XIX and XX Centuries", *Journal of Cultural Heritage*, 6, Elsevier, pp.227-233.
- 33- Raymond, A.M., 1908, *Notes Pratiques et Résumés sur l'Art du Constructeur en Turquie*, Della Rocca, Alexandrie.
- 34- RILEM TC 167- COM C1, 2001, "RILEM Technical Committee, Assessment of mix proportions in historical mortars using quantitative optical microscopy", *Materials and Structures*, 34, Springer, pp.387-388.
- 35- Sabbioni, C., Zappia, G., Riontino, C., Blanco-Varela, M.T., Aguilera, J., Puertas, F., Van Balen, K., Toumbakari, E.E., 2001, "Atmospheric deterioration of ancient and modern hydraulic mortars", *Atmospheric Environment*, 35, Elsevier, pp.539-548.
- 36- Shakhmenko, G., Birsh, J., 1998, "Concrete Mix Design and Optimization", *2nd Int. PhD Symposium in Civil Engineering*, Budapest, pp.1-8.
- 37- Sickels, L.B., 1981, "Organics vs. Synthetics: Their Use as Additives in Mortars", *Mortars, Cements & Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*, Rome, pp.25-52.
- 38- Sims, I., Brown, B., 2004, "Concrete Aggregates", *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, P.C. Hewlett (ed.), 16, (4th ed.),

Butterworth Heinemann, pp.907-1015.

39- Teutonico, J.M., 1988, *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*, ICCROM, Rome.

40- TS 1227 ISO 3310-1, Şubat 1996, *Deney Eleklere-Teknik Özellikler ve Deneyler-Kısım 1: Tel Örgülü Deney Eleklere*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

41- TS EN 1936, 2001, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik*, TSE, Ankara.

42- TS 3530 EN 933-1, Nisan 1999, *Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu*, TSE, Ankara.

43-TS 3530 EN 933-1/A1, Şubat 2007, *Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu*, TSE, Ankara.

44- TS EN 12407, 2002, *Doğal Taşlar, Deney Metotları, Petrografik İnceleme*, TSE, Ankara.

45- TS EN 12620, 2003, *Beton Agregaları*, TSE, Ankara.

46- Tunçoku, S.S., 2001, *Characterization of Masonry Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir*, ODTÜ FBE Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.

47- Tunçoku, S.S., Caner-Saltık, E.N., 2006, "Opal- A rich additives used in ancient lime mortars", *Cement and Concrete Research*, 36, Pergamon, pp.1886-1893.

48- Verrall, W., 2000, *The Modern Plasterer*, Donhead, UK.

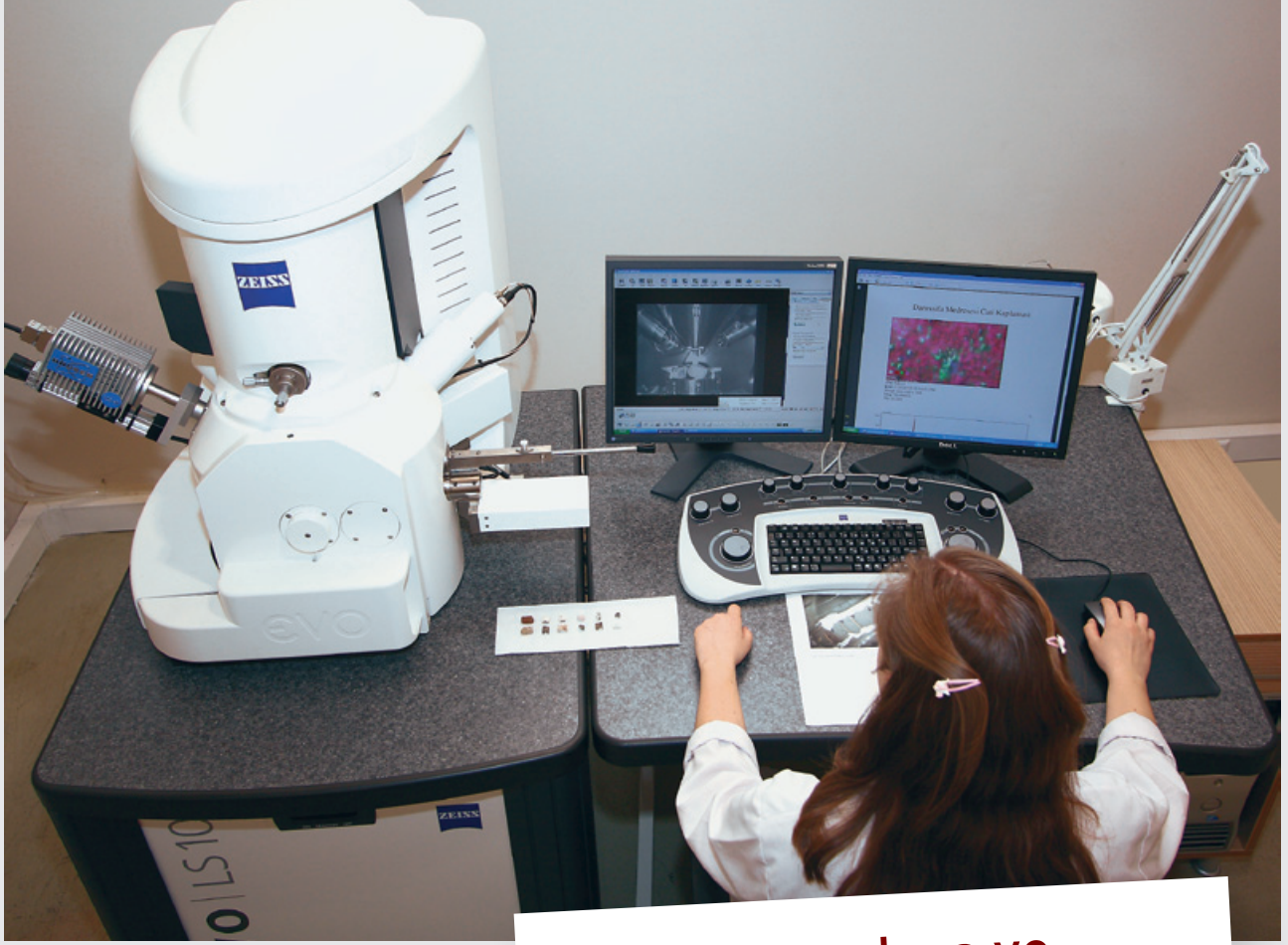
49- Vicat, L.J., 1837/1997, *Mortars and Cements*, (Çev.: J.M. Smith), Donhead, UK.

50- Vitruvius, M.P., 1990, *Mimarlık Üzerine On Kitap*, (Çev.: S. Güven), Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yay., Ankara.

KATKI BELİRTME

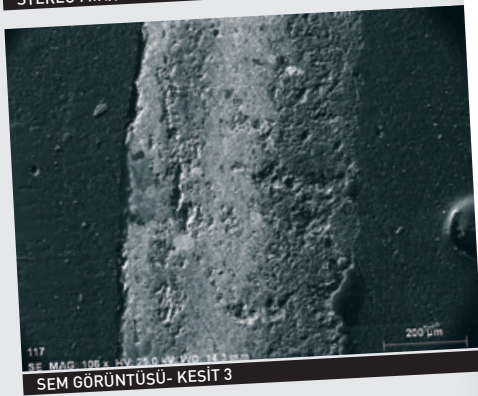
Tesekkürler; Mevcut ve görece sağlam yapılardan örnek toplanmasında yaşanabilecek sorunlar aşikardır. Bu çalışma kapsamında, örneklerin toplanmasında destek sağlayan Fener-Balat Semtleri Rehabilitasyon Programı yöneticisi Y.Mimar Burçin Altınsay ile ekibine, özellikle Y.Mimar Serra Özay, Y.Mimar Aysegül Özer ve Y.Mimar Emrah Ünlü'ye teşekkür borçluyum.

Deneysel çalışmanın gerçekleştirilmesi konusunda ise, İTÜ Mimarlık Fakültesi ile İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Su Ürünleri Fakültesi ve Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü laboratuvarları çalışma olanağı sağlamış; TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Enstitüsü ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi, ileri araştırma yöntemleri konusunda destek vermiştir. İTÜ Mimarlık Fakültesi'nden çalışma dönemindeki laboratuvar yürütücüsü ve doktora çalışmamda jüri üyeliği yapan Prof.Dr. Erol Gürdal ile Arş.Gör.Dr. Seden Acun Özgünler'e, İÜ Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü öğretim üyesi ve yine doktora çalışmamda jüri üyeliği yapan Doç.Dr. Ahmet Güleç'e, TÜBİTAK MAM'dan Prof.Dr. Sunullah Özbek, Doç. Dr. Ali Arslan Kaya, Dr. Füsün Okyar ve Uzman Orhan İpek'e, İYTE MAM Müdürü ve Mimarlık Fakültesi Mimari Restorasyon Bölümü öğretim üyesi, doktora çalışmamda jüri üyeliği yapan Prof.Dr. Hasan Böke ve görevli Uzman Evrim Yakut'a katkıları nedeniyle teşekkür borçluyum.



Araştırmacılara ve Araştırma Gruplarına SEM-EDX Analizleri...

İBB Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü bünyesinde bulunan Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı'nda, SEM-EDX (Taramalı Elektron Mikroskopu- Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi) cihazı ile: kültür varlıklarının taş, sıva-harç, ahşap, metal, keramik, kalemişi boya, yağlı boya, vb. pek çok malzemelerinin yanında, çağdaş malzemelerin de mikro yapı özelliklerinin görsel incelemesi ve istenen bölgelerin analiziyle; malzemenin içeriği element veya element oksit olarak, kısa sürede belirlenebilmektedir. Ayrıca, üniversitelerimizdeki araştırma grupları ve araştırmacılara veya AR-GE birimlerine SEM-EDX analizi hizmeti verilmektedir.



İ.B.B. KUDEB
RESTORASYON - KONSERVASYON
LABORATUVARLARI
ARAşTIRMA ve EğİTİM MERKEZİ