

A MATERIAL RESEARCH BASED EVALUATION ON THE FOUNDATIONS AND WALLS OF THE LATE 19th AND EARLY 20th CENTURY BUILDINGS IN BOSPHORUS SUMMARY

Bosphorus with all the historical buildings standing on its two coasts is one of the most impressive sceneries in the world beyond any doubt. The area has been the subject of the work of numerous travelers, artists, architects and scientists throughout history and it is possible to find lots of old maps, photos or engravings about the area. During proposals of restitution and conservation projects for historical buildings where only foundations or ground level walls are the existing structures, characterization analyses of the building materials certainly serve the process. Joint evaluations of laboratory research and inspections of building techniques on site lead us to understand the technology of the construction period and to differentiate the structures belonging to various periods. In this context, the methodology and results of the analyses on samples collected from 5 different sites located on two sides of Bosphorus which enclose mainly late 19th and early 20th century foundations and remaining walls will be presented in the article. Results of the analyses and inspections on samples of mortars, plasters, stones and artificial stones are stated under three titles as wall mortars, plasters and pavement mortars referring their locations and a general evaluation of the construction techniques and materials of the period is presented in the conclusion.

Malzeme Analizleri Işığında Boğaziçi'ndeki 19. yy Sonu-20. yy Başı Yapı Temelleri ve Kalıntıları Üzerine Bir Araştırma

Arş.Gör. Işıl POLAT PEKMEZCİ,
Prof.Dr. Ahmet ERSEN¹

1. Giriş

Boğaziçi, iki yakası boyunca dizili büyük ve küçük çok sayıdaki tarihi yapı ile şüphesiz dünyanın en etkileyici manzaralarından birini oluşturur. Tarih boyunca birçok gezgin, sanatçı, mimar ve uzman için ilgi çekici olan bu alan ve yapılar hakkında çok sayıda eski harita, fotoğraf ya da gravür bulmak mümkündür. Boğaz kıyılarında, günümü-

ze ulaşamayan ancak kazılar sonucunda kısmi temel ve duvar kalıntılarının ortaya çıkarıldığı yapılarda, doğru restitüsyon önerilerinin ve restorasyon projelerinin hazırlanabilmesi için, tarihi belgelerin yanında somut verilerin elde edilebileceği malzeme analizi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, yapılardan belirli bir sistem içinde, harç, sıva, taş, suni taş gibi yapı malzemeleri örnekleri toplanarak, laboratuvar ortamında karakterizasyon çalışmaları yürütülmelidir.

Laboratuvar analizleri, yapım teknikleri üzerine yapılacak incelemeler ile birlikte, yapının inşa edildiği dönem ya da varsa farklı yapım dönemlerinin tespiti için gerekli verileri elde etmemizi sağlayacaktır. Makalede, Boğaziçi'nin iki kıyısındaki 5 ayrı alanda bu kapsamda yürütülen çalışmalarda izlenen metod ve araştırmalar sonucunda, 19.yy sonu-20.yy başına tarihlenen yapı temelleri ve duvar kalıntıları üzerine elde edilen verilerin bir değerlendirilmesi sunulacaktır.²

2. Örneklerin Alınması ve Laboratuvar Çalışmaları

Günümüze korunarak ulaşamayan yapıların bulunduğu alanlarda, temel ve duvar kalıntılarının orta-

ya çıkarılması için yürütülen kazı çalışmalarının, dikkatle ve tüm detayları ortaya çıkartacak şekilde yü-

rütülmüş olması ve detayları örten toprak yığınlarının ya da bitki örtüsünün kaldırılması, örneklerin top-

¹Arş.Gör. Işıl POLAT PEKMEZCİ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla-Taksim, İstanbul, polatisil@itu.edu.tr
Prof.Dr. Ahmet ERSEN, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla-Taksim, İstanbul, ersenah@itu.edu.tr

²Örneklerin toplandığı alanlar: 1.Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı arazisindeki Güney Yalı (GY), Harem Yalısı (HY), Meşruta Binası (MB) ve Kuzey Yalısı'nı (KUY) kapsayan yapı topluluğu /Anadoluhisari, 2.Kanlıca Mahallesi 22 Pafta 35 Ada 7-8 Parseller'de yer alan kalıntılar (KAY)/Beykoz, 3.Çubuklu Mahallesi 30 pafta 194 Ada 9 Parsel'de yer alan yapı kalıntıları (CUY)/Beykoz, 4.Sarıyer ilçesi 605 Ada 205 Parsel'de yer alan yapı kalıntıları (SAY)/Sarıyer, 5.Tarabya Mahallesi 72 Pafta 430 Ada 47-48-110-112-115 Parseller'de yer alan kalıntılar (TAY)/Sarıyer.

lanmasını kolaylaştıracaktır (Şekil 1-2). Temel duvarları ya da ayaklar, üst yapının mekansal biçimlenişi ile ilgili fikirleri oluşturacağından; kalıntılar üzerinden örnek alınırken, öncelikle süreklilik gösteren ya da farklılaşan kısımların belirlenmesine çalışılmıştır. Duvar yüzeylerinde farklılaşan dokuların ya da malzemelerin olduğu kısımlardan ya da farklı kotlardaki duvarlar üzerinden örnek almaya dik-

kat edilmiştir. Yapılardaki incelemelerde, temel duvarlarının yanı sıra; su kanalları, tonozlar, döşeme kaplamaları ve sarnıç ya da havuz kalıntılarına rastlanmıştır. Bu izler, mekansal işlevler, kapalı-açık mekan ilişkileri, bahçe düzenleri gibi bilgilerin yorumlanması açısından önemli oldukları kadar, farklı dönemlere ait yapım tekniklerini yansıtmaları açısından da önemlidir. Dolayısıyla, bu kısımlardan da ör-

nekler alınarak, değerlendirilmiştir.

Örnek alınan noktalar, rölöve çizimleri üzerine işlenmiştir (Şekil 3). Örnek alınan kısım, fotoğrafla belgelenmiş; gerektiği yerde duvar kalınlıklarının, tuğla boyutlarının ve derz aralıklarının ölçüleri alınmış ve gözlemler not edilmiştir. Örnekler, kodlanarak koruyucu poşetler içinde laboratuvar ortamına taşınmıştır (Hughes ve Callebaut, 1999).



Şekil 1-2. Harem Yalısı kalıntılarının genel görünümü, Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı (sol), Kanlıca'daki kalıntıların genel görünümü (sağ)



Şekil 3. Örnek alınan noktaların vaziyet planı üzerinde gösterilmesi³ (Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı, Güney Yalısı kalıntıları, Anadolu Hisarı)

³ Şekil 1 ve Şekil 3, Akdeniz İnşaat ve Eğitim Hizmetleri A.S./ Ataner Mimarlık tarafından sağlanmıştır. Aksi belirtilmedikçe fotoğraf ve çizimler yazarlara aittir.

Laboratuvara getirilen harç ve taş örnekleri, öncelikle makroskobik olarak gözlemlenmiştir. Daha sonra, harçlarda asit kaybı ve elek analizi deneyleri uygulanmış; kızdırma kay-

bı ve protein-yag deneyleriyle araştırmalar derinleştirilmiştir (Middendorf, vd., 2005a). Harç örneklerinde kullanılan agregalar, stereo mikroskop altında incelenmiştir. Gerekli

görülen hallerde taş ve harç örneklerinin ince kesitleri hazırlanarak, polarizan mikroskop altında değerlendirilmiştir. (Middendorf, vd., 2005b; Blaeuer ve Kueng, 2007)

3. 19.yy Sonu-20.yy Başı Yapı Temelleri ve Kalıntılarından Alınan Örneklerin Analizleri

19.yy sonu- 20.yy başı yapı temelleri ve kalıntılarından alınan örnekleri, alındıkları yerlere göre; duvar harçları, sıvalar ve döşeme harçları olarak 3 başlık altında toplamak mümkündür.

Temel duvarları

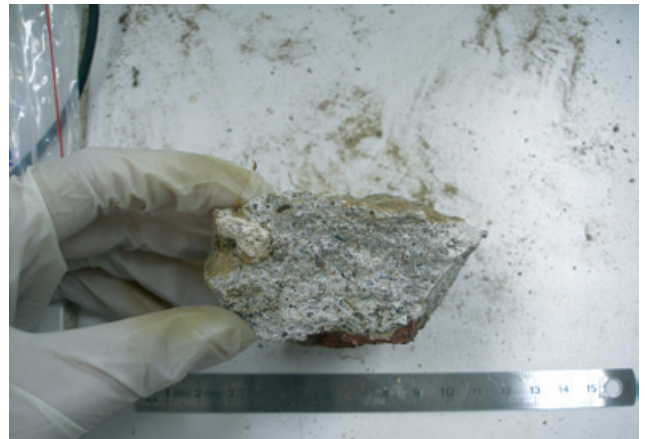
19.yy ve sonrasına tarihlendiği düşünülen temel duvarları, taş ve harç ile oluşturulmuşlardır. Genellikle moloz taş örgü tekniğinin kullanıldığı temel duvarlarında kullanılan taş cinsi kalkerdir. Du-

var harçları incelendiğinde 3 farklı tipe rastlanmaktadır. Az da olsa karşılaşılan harç türlerinden biri, kile bir miktar kireç katılarak elde edilen toprak harçlardır (SAY.5; Şekil 4-5). Toprak harçlara, agrega olarak dere kumu ile birlikte, kimi örneklerde iri tuğla kırıklarının katıldığı tespit edilmiştir. Bu döneme ait temel duvarlarında sıkça kullanılan bir diğer harç tipi, sönmüş kirece dere/ocak kumu-taş kırığı agrega katılmasıyla elde edi-

len kireç harçlarıdır (GY.15; Şekil 6). Kireç harçlarının bir kısmında, tuğla kırığı ve tozu katkısı görülmektedir (TAY.4- GY.9- KAY.9- KAY.10). Yakın dönem duvarlarında, dayanımları kireç harçlarına göre yüksek, içerisinde tüf gibi puzolanik katılara rastlanan (SAY.8) ya da hidrolik kireç kullanımının görüldüğü harç örnekleri (TAY.11) de vardır (Şekil 7). Odun kömürü ya da cüruf izlerine örneklerin birçoğunda rastlanmıştır (Tablo 1).



Şekil 4-5. Toprak harçlı duvar örgüsü, Güney Yalı Kalıntısı (sol), SAY.5 nolu örneğin alındığı laboratuvar görüntüsü (sağ)



Şekil 6-7. GY.15 no.lu örneğin alındığı moloz taş örgülü duvar (sol), TAY.11 no.lu hidrolik kireç bağlayıcılı örneğin laboratuvar görüntüsü

Tablo 1. Deney sonuçları ve değerlendirmeler

Örnek Adı	Asit kaybı		Kızdırma Kaybı			Agregalar	Katkılar	Bağlayıcı: agrega oranı	
	Kayıp (%)	Kalan (%)	105 °C	550 °C	1050 °C				
DUVAR HARÇLARI	SAY.5	12	88	1,24	4,78	9,22	K,Q,F,M	OK	1:1
	GY.15	34	66	1,79	8,27	34,23	V,Q,F	OK	1:2
	SAY.8	33	67	5,14	8,05	32,70	T,K,KL,V	OK	1:2
	TAY.4	50	50	14,13	9,23	41,29	V,Q,KC,F	TK,Ttz,OK	2:3
	TAY.11	45	55	3,00	6,56	63,95	V,Q,KC,F,KL	--	1:2
	GY.9	12	88	2,25	6,81	51,20	V,Q,F	TK,Ttz,OK	1:4
	KAY.9	81	19	5,35	7,61	39,40	V,Q,KC,F,KL,K	TK,Ttz,C	2:3
	KAY.10	56	44	3,55	7,11	45,67	V,Q,KC,F,KL,K	TK,Ttz,C	1:1
SIVALAR	KAY.5	77	23	4,14	8,31	46,55	V,Q,KC,F,KL,K	TK,Ttz,C	1:1
	KAY.7	35	65	6,68	9,65	46,80	Q,V,F,KC,M	TK,Ttz,OK	1:1
	ÇUY.5	70	30	1,32	5,30	53,14	K,Q,V,F,KC	TK,Ttz,S	1:1
	SAY.6	70	30	2,49	7,58	48,54	K,Q,T,F,KC	TK,Ttz,OK,C	1:1
	SAY.1	34	66	1,69	7,00	62,05	T,K,Q,V,KC	Tft	1:2
	SAY.2	40	60	7,00	8,27	29,81	T,Q,K,KC,M,V	Tft,OK	2:3
	ÇUY.15	54	46	22,85	6,59	50,71	K,F,Q	Tft,TK,Ttz,OK,C	1:1
	ÇUY.16.ü	56	44	8,86	5,99	40,16	K,F,Q,KC	TK,Ttz,C	2:3
	ÇUY.16.a	25	75	7,30	8,63	38,43	Q,K,V,F,KL,M	OK	2:3
	ÇUY.17	20	80	6,98	7,07	37,12	K,Q,V	OK	2:3
	ÇUY.18.ü	65	35	0,50	1,87	85,30	Q,F,V	C	4:1
	ÇUY.18.a	84	16	13,44	13,94	29,37	Q,F,K,KC	OK	1:2
DÖŞEME HARÇLARI	ÇUY.8	31	69	1,16	2,10	44,10	Q,F	Tft, Ttz,C	1:2
	ÇUY.6	39	61	6,40	8,67	30,00	K,Q,KC,KL,F	Tft, OK,C	1:2
	KAY.3	67	33	11,54	10,17	21,04	Q,F,K,KC,T,V	OK	1:4
	KAY.4	48	52	4,77	8,97	46,25	V,F,KL,Q	Tft, Ttz,C	1:1
	ÇUY.7.ü	96	4	5,77	7,88	35,54	Q,KC	Tft	1:2
	ÇUY.7.a	64	36	15,27	11,63	56,28	Q,KC	Tft	2:5

K: Kum taşı, KL: Kil Taşı, KC: Kireç taşı, V:Volkanik kayalar, Q: Kuvars, F: Feldspat, T: Tüf, Tft: Tüf Tozu,
TK: Tuğla kırığı, Ttz: Tuğla tozu, M: Mika, OK: Odun kömürü, C: Cüruf, S: Saman

Sıvalar

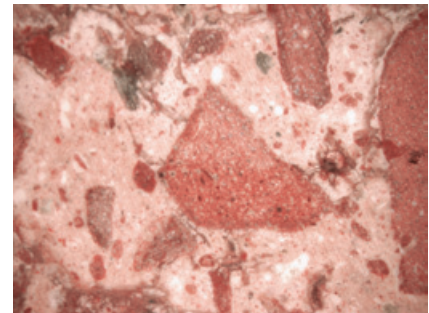
İncelenen alanlarda, sıva tabakaları ve uygulamaları çok farklı noktalarda karşımıza çıkmaktadır. Duvar yüzeylerinde rastladığımız sıva tabakaları olduğu gibi; sarnıç, havuz gibi su geçirimsizliğinin özellikle amaçlandığı kısımlarda, dayanımı yüksek sıva örnekleri bulunmaktadır. Erken uygulamalarda, tuğla kırığı ve tozu katkısının yüksek olduğu kireç harçları kullanılmıştır (KAY.5-KAY.7- SAY.6- ÇUY.16.ü; Şekil 8-9). Bu örneklerde, saman-kıtık gibi organik katkıları da görülmektedir (ÇUY.5). Duvar harçlarında olduğu gibi, daha geç dönem uygulamaları olan puzolan katkılı kireç bağlayıcılı sıvalar da tespit edilmiştir (SAY.1- SAY.2- ÇUY.15;



Şekil 8-9. ÇUY.5 no.lu sıva örneğinin alındığı kısım (sol), KAY.7 no.lu tuğla kırığı ve tozu katılmış örneğin kesit görüntüsü (sağ)

Şekil 10-11).

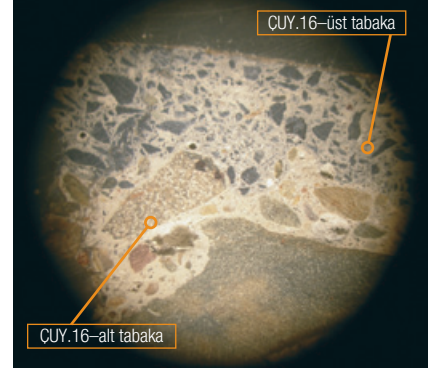
19.yy sonu- 20.yy başından itibaren ise hidrolik bağlayıcılı örnekler karşımıza çıkmaktadır (ÇUY.16- ÇUY.17- ÇUY.8). ÇUY.16, iki tabakadan oluşan ve hidrolik özellik gösteren bir suni taş örneğidir (Şekil 12). Alt ta-



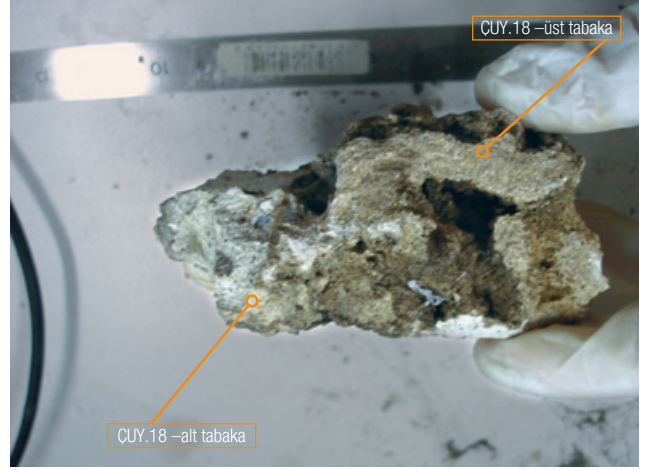
bakanın bağlayıcı:agrega oranı 2:3'tür. Bağlayıcısı, kirece puzolan eklenmesiyle elde edilmiştir. Agregaları 4mm ve altı dere kumundan oluşmuştur (Tablo 2). Üst tabaka, bağlayıcı: agrega oranı 2:3 olan ~450 dozlu çimento harcıdır. Agregası kısmı büyük oranda kum



Şekil 10-11. Hamam olduğu düşünülen yapıda mermer levhaların sabitlenmesi için kullanılmış sıva tabakasından alınan ÇUY.15 no.lu örnek (sol), hidrolik özellik gösteren SAY.2 no.lu örneğin kesit dokusu (sağ)



Şekil 12. ÇUY.16 no.lu örneğin kesit dokusu



Şekil 13-14. ÇUY.18 no.lu örneğin alındığı kısım (sol), ÇUY.18 no.lu örneğin görüntüsü (sağ)

taşı ve cüruftan oluşmuştur. Rötreyi önlemek amacıyla eklenmiş %15 oranında karbonatlı agrega içermektedir.

Çubuklu'da havuz kısmında rastlanan "grotto" (suni püskürtme taş) uygulaması, 2 farklı çimento tabakasından oluşmaktadır (Şekil 13-14). Alt tabaka, bağlayıcı:agrega oranı 1:2 olan 400-450 dozlu çimento harcıdır. Agregalarının %50'si karbonatlı agregadır. Üst tabaka, bağlayıcı:agrega oranı 4:1 olan

400-450 dozlu erken çimento örneğidir. Bej renkli ithal çimento kullanılmıştır ve 500µ altına yığılmış dere kumu ve cüruf katkısı görülmektedir.

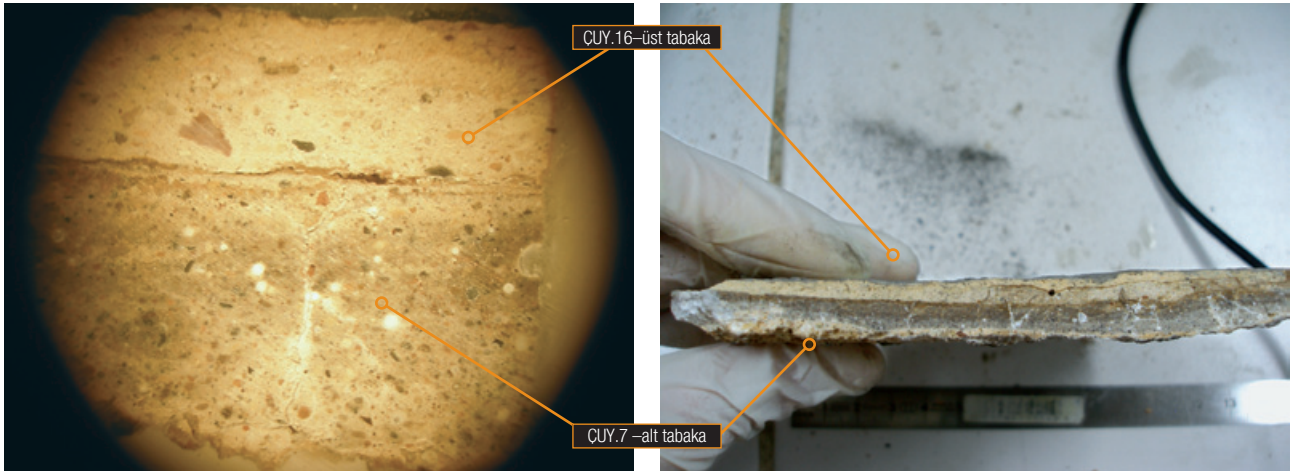
Döşeme harçları

Çalışma kapsamında, döşeme kaplaması olarak kullanılan malzemeler de incelenmiştir. Döşemeler, malta taşı ya da mermer gibi doğal taş kaplamaların ya da karo-siman gibi malzemelerin bir tesviye harcı ile zemine tespit edilmesiyle ya da düzgün yüzeyli suni

taş dökümleriyle elde edilebilmektedir (Şekil 15-16). Suni taş döşemelerin altında da yine bir tesviye tabakası bulunmaktadır. Tesviye tabakaları, puzolan katkılı kireç harçları ile oluşturulmuştur ve odun kömürü ve cüruf katkıları içermektedir (ÇUY.6- ÇUY.8-KAY.4). Hidrolik bağlayıcı suni taş döşeme kaplamalarında, çok ince kum ya da taş kırığı ve tozundan oluşan agregaların kullanıldığı görülmektedir (KAY.3- ÇUY.7; Şekil 17-18; Tablo.2).



Şekil 15-16. ÇUY.8 no.lu örneğin görüntüsü, malta taşı döşeme kaplaması ve altındaki tesviye harcı (sol), KAY.3 no.lu suni taş örneğinin alındığı kısım (sağ)



Şekil 17-18. ÇUY.7 no.lu suni taş döşeme harcı örneğinin alt ve üst tabakalarını gösteren mikroskop görüntüsü (sol), ÇUY.7 no.lu örneğin genel görüntüsü (sağ)

Tablo.2. Agregaların boyut dağılım yüzdeleri

Örnek Adı	Elek açıklığı kalan (%)							
	8mm	4mm	2mm	1mm	500µ	250µ	125µ	<125µ
SAY.5	23	8	15	18	13	9	9	4
GY.15	13,6	26,1	20,9	16,4	3,9	8,9	0,6	9,7
SAY.8	8	11	13	14	13	12	9	21
TAY.4	7,8	22,9	5,1	3,8	3,6	3,6	4,2	49,1
TAY.11	0,0	1,0	0,7	4,1	29,5	57,8	2,5	4,5
GY.9	0,0	17,5	11,3	6,7	3,1	17,8	3,0	40,4
KAY.9	0,0	8,0	8,6	15,8	17,4	9,2	2,9	38
KAY.10	0,0	5,1	6,2	16,9	15,7	9,4	3,7	43
KAY.5	0,0	4,8	1,2	1,9	8,3	60,4	13,4	9,9
KAY.7	0,0	9,3	7,0	4,9	6,0	5,2	4,7	62,9
ÇUY.5	0,0	4,0	11,5	16,9	12,5	9,5	5,5	40,1
SAY.6	0	16	18	13	12	8	6	27
SAY.1	6	15	22	15	14	12	8	8
SAY.2	23	8	15	18	13	9	9	4
ÇUY.15	0,0	2,0	8,5	11,3	20,3	16,2	4,3	62,9
ÇUY.16.ü	0,0	16,8	8,5	13,2	17,2	12,1	6,8	25,6
ÇUY.16.a	0,0	26,2	25,0	18,0	13,0	8,7	3,8	5,2
ÇUY.17	12,3	20,0	24,2	15,4	10,8	8,2	3,1	6
ÇUY.18.ü	0,0	0,0	0,7	0,7	2,4	23,0	55,7	17,5
ÇUY.18.a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	27,4	45,2
ÇUY.8	2,3	9,9	19,7	18,5	14,4	8,8	4,3	22,2
ÇUY.6	3,6	13,9	17,8	13,2	9,8	7,2	4,1	30,4
KAY.3	0,0	0,0	2,1	2,6	8,3	50,4	14,3	22,3
KAY.4	18,2	5,3	13,0	20,0	14,6	6,0	2,0	21,1
ÇUY.7.ü	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100
ÇUY.7.a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100

4. Değerlendirme ve Sonuç

Alan araştırmaları ve malzeme analizleri sonucunda, özellikle 19.yy ve sonrasına ait yapım teknikleri ve malzeme özellikleri hakkında bilgiler edinilmiştir. Kaba yonu/ moloz taş devon kalkerleri ile örülmüş duvarlar,

puzolan katkılı kireç harçları, hidrolik kireç- erken çimentoların kullanımı, malta taşı döşeme, suni taş döşeme, havuzlardaki ve diğer yüzeylerdeki yalıtım harçları ve “grotto”lar, bu döneme ait özelliklerdir.

İncelenen bu özelliklerin yanında, çalışma alanlarında kullanılan malzemeler ve yapım teknikleri dikkate alındığında; 19.yy öncesine ait olduğu düşünülen, kimi zaman 19.yy tamirlerinin izlerinin gö-

rülebildiği, tuğla örgü duvar, ke-
mer ya da tonozlara da rastlanmıştır.
Bunlar, toprak seviyesinden 40-50cm
yüksele kısa duvarlar olabildiği gibi,
günümüze korunmuş durumda ula-
şabilen daha yüksek duvarlar olarak
da karşımıza çıkabilmektedir. Kulla-
nılan tuğla boyutları, harçların özel-
likleri ve örgü tekniklerine bakıldığında,
duvar yüzeylerindeki dönem fark-

lılıkları anlaşılmaktadır. 19.yy öncesi-
ne ait olduğu düşünülen duvarlarda,
dikdörtgen (32x16cm, 20x10cm, vb.)
ve 2-3cm kalınlığında tuğlaların kul-
lanıldığı tespit edilmişken; daha geç
dönem duvarlarında tuğlaların kalın-
lıklarının 4-6cm'ye çıktığı görülmek-
tedir (Şekil 19-20-21). Tuğla örgünün
aralarında kullanılan harçlar, sönmüş
kirece kum agregaları ile tuğla kırığı

ve tozu eklenmesiyle oluşturulmuş-
tur. Bağlayıcı:agrega oranları 1:1, 1:1,5
oranlarında değişmektedir (Tablo.3).

Bütün bu değerlendirmelerin so-
nucunda, kalıntılar için tarihsel de-
ğerlendirme paftalarının hazırlanma-
sı mümkündür; ancak bu paftalar, ke-
sin bir tarihlendirme yapmaktan çok
farklı dönemlerin ayırt edilebilmesi
amacını taşımaktadır (Şekil 22).



Şekil 19-20-21. MB.46 no.lu örneğin alındığı kısım (tuğla boyutları 32x16x 3cm, derz aralıkları 6cm (sol), GY.12 no.lu örneğin alındığı kısım (orta), SAY.3 no.lu örneğin alındığı kısım (tuğla boyutları 24.x12x4cm, derz aralıkları 4 cm; sağ)

Tablo 3. Tuğla örgülü duvarlarda kullanılan kireç harçlarının bağlayıcı:agrega oranları ve elek dağılım yüzdeleri

Örnek Adı	Bağlayıcı oranı (%)	Agrega oranı %	Elek açıklığı kalan (%)							
			8mm	4mm	2mm	1mm	500µ	250µ	125µ	<125µ
GY.18	48	52	9,5	16,1	12,2	17,3	6,2	13,0	0,9	24,9
GY.19	50	50	5,1	17,2	10,8	19,7	6,6	15,0	1,8	23,8
HY.29	38	62	8,4	14,8	10,1	14,6	4,6	25,2	4,3	17,9
MB.46	46	54	6,3	48,2	14,8	9,1	1,5	4,7	0,7	14,8
MB.48	36	64	0,0	4,3	23,0	33,8	5,7	16,1	1,3	15,8
SAY.3	46	54	0,0	6	16	13	10	9	7	38
SAY.7	40	60	20	19	10	10	11	8	5	16
SAY 9	49	51	0,0	5	14	18	20	15	8	20



Şekil 22. Gü-
ney Yalı kalıntı-
ları tarihsel de-
ğerlendirme
paftası, Am-
cazade Hüse-
yin Paşa Yalısı,
Anadolu Hisarı

REFERANSLAR

- 1- Blaeuer, C., Kueng, A., 2007, "Examples of Microscopic Analysis of Historic Mortars by Means of Polarising Light Microscopy of Dispersions and Thin Sections", *Materials Characterization*, 58, pp.1199-1207.
- 2- Hughes, J.J., Callebaut, K., 1999, "Practical Sampling of Historic Mortars", *Historic Mortars: Characteristics and Tests, Proceedings of the International RILEM Workshop*, pp.17-26.
- 3- Middendorf, B., Hughes, J.J., Callebaut, K., Baronio, G., Papayianni, I., 2005a, "Investigative Methods for the Characterisation of Historic Mortars- Part 2: Chemical Characterisation", *Materials and Structures*, 38, pp.771-780.
- 4- Middendorf, B., Hughes, J.J., Callebaut, K., Baronio, G., Papayianni, I., 2005b, "Investigative Methods for the Characterisation of Historic Mortars- Part 1: Mineralogical Characterisation", *Materials and Structures*, 38, pp.761-769.