

THE EXPERIMENTAL WORKS ON THE CONSOLIDATION OF VOLCANIC TUFFS USED IN THE FACADES OF DOLMABAHÇE PALACE

ABSTRACT

This paper presents the consolidation of the Şirinçavuş and Karamursel volcanic tuffs which were widely used in Dolmabahçe Palace. The research on the consolidation of the volcanic tuffs was based on a long-term experimental programme. The first treatments were with a methyl acrylate and ethyl metacrylate copolymer+water repellent. The untreated samples were characterized and their deterioration processes and morphologies were detected by SEM-EDXA and ICP. The efficacy of the treatment was controlled by the comparison of the results of the tests which were conducted to determine the physical properties of the untreated and treated samples. The results seemed to be unsatisfactory. The research was continued by water repellent impregnations to prove the theory on the conservation of volcanic tuffs with total surface protection which claimed a better performance over consolidant+water repellent treatments. The treatments which silane-siloxane micro emulsions gave promising results. Further work was continued on different volcanic tuff which was quarried from Yalova-Karamursel region and was subjected to similar deterioration medium which had sea spray and air pollution as major decay causes.

The samples were characterized by tests for the determination of the physical, petrographic properties and mineral composition. Consecutively they were treated with a consolidant+water repellent and a water repellent on its own. The improvement in physical properties, the deposition and the settlement of the polymer films in the pores by means of Mercury Intrusion, X-Ray Diffraction Analysis, SEM-EDS were detected. Artificial ageing tests such as salt crystallisation and freeze-thaw cycles were conducted to clarify the protective effect of the overmentioned impregnations. In this case the results proved the opposite of the theory on the efficacy of the total surface protection by water repellents on their own.

Dolmabahçe Sarayı Cephelerinde Kullanılan Volkanik Tüflerin Konsolidasyonu İçin Yapılan Deneysel Çalışmalar

SEDEN ACUN ÖZGÜNLER
AHMET ERSEN

1. Giriş

Dolmabahçe Sarayı'nın cephelerinde sıkça kullanılmış olan Şirinçavuş volkanik tüflerinin bozulma morfolojisi, kimyasal ve petrografik analiz yöntemleri olan ICP ve SEM-EDXA deney yöntemleri ile araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda, bozulma nedeni olarak endüstriyel nedenlerle oluşan hava kirliliği ve yağışlar nedeniyle, tüflerin içinde bulunan ana mineral olan feldspatların ayrışarak kil minerallerine; az miktarda bulunan diğer bir mineral olan kalsitin de (CaCO₃) ayrışarak alçıya (CaSO₄) dönüşümü tespit edilmiştir.

Şirinçavuş volkanik tüflerinin

koruma-onarımı için yapılan araştırmanın ilk çalışmasında; kimyasal uygulaması olarak Paraloid B72 (*metil akrilat etil metakrilat kopolimeri, Röhm and Haas*), %5 toluende seyreltilerek sağlamlaştırıcı olarak ve silan-siloksan esaslı kimyasallar da su itici olarak kullanılmıştır. Sağlamlaştırıcıların etkinliğinin araştırılması için örneklerde kimyasal sürülmeden önce ve sürüldükten sonra fiziksel özellik deneyleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sağlamlaştırıcı ve su itici sürülen örneklerin sonuçları, kimyasalların sınırlı ve heterojen tesir derinliği nedeniyle başarılı bulunmamıştır. Eskitme deneylerinin sonuçları da sağlamlaştırıcı kimyasalların uygulamalarının zararlı olacağını göster-

miştir (Gürdal vd., 2000).

Alkoksasilan çözeltileri bozulmuş taşların boşluklarında yapay silis oluşturmaları nedeniyle volkanik tüflerin korunmasında daha çok tercih edilmektedir. Genellikle sağlamlaştırıcı uygulanmış taşlarda yüzeysel su iticiler kullanılarak uzun süreli koruma sağlanır (Bianchetti vd., 1982). Paraloid B72, genellikle tek başına değil silikon reçine çözeltileri ile birlikte kullanılır (Wheeler vd., 1990).

1995'ten sonra, tek başına su itici kullanımının volkanik tüflerin su emme değerlerini düşürerek bozulma süreçlerini azalttığı tespit edilmesi nedeniyle, volkanik tüflerin konservasyonunda tek başına su iticilerin kullanımının daha başarılı olduğu kanaatine varılmış-

tır (De Witte, 1993).

Şirinçavuş volkanik tüflerinin koruma-onarımı için yapılan araştırmanın ikinci çalışmasında; İki farklı firmaya ait silan-siloksan esaslı emülsiyon ve solüsyon tipi su iticiler (*Wacker 1311- 1:10 oranında su ile*

seyreltilmiş ve Sikagard 700S seyreltilmeden), kullanılarak konservasyon çalışmaları yapılmıştır. Deney sonuçları önceki çalışmada olduğu gibi karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Son çalışma ise Karamürsel volkanik tüflerinde (Od

taşı) yapılmıştır. Bu çalışmada ise, yine silan-siloksan esaslı sağlama+emülsiyon tipi su itici ile tek başına emülsiyon tipi su itici kullanmanın korumadaki etkinliği araştırılmıştır. Deney sonuçları benzer şekilde değerlendirilmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalar, yapıdan alınan Şirinçavuş ve Karamürsel tüfü örneklerinde tekrarlanarak yapılmış ve sonuçları da ayrı bölümler halinde irdelenmiştir.

2.1. Dolmabahçe Sarayı'nda Kullanılmış Olan Şirinçavuş Volkanik Tüflerinde Yapılan Deneysel Çalışmalar

Yapıdan alınan taşların bozuk ve sağlam kısımlarında mineralojik ve kimyasal özelliklerin tespiti için petrografik analizler, ICP, elektron taramalı mikroskop (SEM-EDX), x-ışını difraksiyonu analizleri yapılmıştır. Bozuk kısımlarda suda çözünen tuzlar niteliksel ve niceliksel olarak spot test yöntemleri ile tespit edilmiştir (Acun vd., 2003).

Örnekler, Muayede ve Musayaban binalarından alınmıştır (Şekil 1). Bu örnekler, deniz suyuna ve hava kirliliğe en çok maruz kalmaları nedeniyle tercih edilmiştir. Bu nedenlerden ötürü bozulmaya uğramış dış kabukta bozulma morfolojilerini, iç

kısımlardan alınan sağlam örneklerde karakterizasyonu saptamaya yönelik deneyler yapılmıştır.

2.1.1. Petrografik Analizler

Şirinçavuş volkanik tüfleri, pembe-beyaz renkli, matrisinde yoğun olarak bulunan iri boyutlu, heterojen olarak dağılmış, düzensiz şekillerde mineraller dışında seyrek miktarda ince daneli mineralleri içermektedir. Petrografik analizler sonucunda, bu tüflerin %70'ini plajioloklas olmak üzere diğer %30'unu biyotit, alkali feldspat, kuvars, piroksen ve hornblent minerallerinin oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu mineraller pembe matris içinde %35-40'luk kısmı oluşturmaktadır. Ayrıca, ponzaya içeren kayaç parçacıkları ve kül boyutlu volkan camı parçacıkları da tespit edilmiştir.

2.1.2. Konsolidasyon Çalışmaları

Deney programı, Şirinçavuş tüflerinin karakterini tespit etmeye ve kimyasal sürülmüş ve sürülme-

miş örneklerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılmasına ve sağlama+emülsiyon tipinin etkinliğinin değerlendirilmesine yönelik olarak hazırlanmıştır. Benzer bir program Karamürsel tüflerinde de izlenerek volkanik tüflerin konsolidasyonu konusunda yapılan çalışmalar artırılmıştır.

Şirinçavuş volkanik tüf örnekleri 5.28x10.56cm boyutlarında silindirik şekilde kesilmiş ve 105°C etüvde kurutulmuş ve 20±2°C sıcaklık ve 60±5% nem ortamında bir süre bekletilmiş olarak deneylere hazır hale getirilmişlerdir. Her deney için en az üç örnek hazırlanmıştır. Kimyasal sürülmüş ve sürülmemiş örneklerde fiziksel özellik deneyleri yapılmıştır.

İlk olarak, Paraloid B72 (*Röhm and Haas, akrilik kopolimeri*) düşey olarak fırça ile yüzeylere sürülmüştür (in-situ uygulamalarına benzer şekilde). Emprenye uygulamaları 60 dakika süren 2 döngü şeklinde ve 240 dakika aralıkla olmak üzere yapılmıştır. Sağlama+emülsiyon



Şekil 1. a) Musayaban binası, b) Muayede binası

oranı 0.9671/m² olarak tespit edilmiştir. Bir gün sonra, silan-siloksan solüsyonu yine fırça ile aynı yüzeylere sürülmüştür. Tüketim miktarı ise 0.4001/m² olmuştur.

İkinci çalışmada ise, *Wacker SMK 1311* emülsiyonu 1:10 oranında su ile seyreltilerek fırça ile yüzeylere sürülmüştür. Uygulama süresi toplam 40 dakika olmuş, eşit aralıklarla 8 döngü şeklinde uygulama yapılmıştır. Tüketim miktarı ise 0.5711/m² olmuştur. İkinci su itici olan *Sikagard 700S*, bir solüsyon olup yüzeylere fırça ile emülsiyon su iticinin uygulamasına benzer bir uygulama ile kullanılmıştır. Tüketim miktarı ise 0.7141/m² olmuştur. Buhar geçirimsizlik deneyleri için 5.28cm çapında örnekler hazırlanmış ve komple daldırma yöntemi ile kimyasal uygulaması yapılmıştır. Polimerleşme süresi nedeni ile 2 hafta örnekler sabit ortam koşullarında bekletilmiş, daha sonra deneylere başlanmıştır.

2.1.3. Deney Yöntemleri

Tesir ve Emprenye Derinlikleri:

Tesir derinliği, kompas yardımı ile 10 farklı yerden okuma yapılarak ve değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Emprenye derinliği ise iyot buharı yöntemi ile bulunmuştur. Bu yöntemde 5.28cm çapında ve 1cm kalınlığında örnek 2g iyot bulunan desikatörün için-

de bekletilir ve etkilemesi beklenir (Leroux, 2000). İyot buharı silindirik örneklerin ara kesitlerinde fiziksel olarak emilir ve kimyasal bulunan alanlar sarımsı kahverengine dönüşür, kimyasal bulunmayan alanlar ise açık renkli olarak kalır. Bu şekilde kimyasalın empenye derinliği kolaylıkla görülmektedir. Ayrıca, su damlatma yöntemi de kullanılmaktadır.

Fiziksel Özellik Tespiti İçin Yapılan Deneyler:

Fiziksel özellik tayini için, kılcal su emme, atmosfer basıncı altında daldırma yöntemi ile su emme (ağırlıkça-hacimce), su emme ve kuruma hızları (%), birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su buharı geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır. Deneylerde, TS 699, Doğal Taş Deney Metodları ile TS EN 1925, DIN 52615 standartlarından yararlanılmıştır. Her deney için en az 3 örnek kullanılmış ve ortalamaları alınmıştır.

Eskitme Deneyleri:

Eskitme deneyleri olarak, tuza dayanıklılık deneyi, 4x4x16cm boyutlu prizmatik örneklerde kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerin TS 699 standardına uygun olarak 2 saat %14'lük Na₂SO₄·10H₂O tuz çözeltisine daldırılması ve 18 saat etüvde 60°C kurutulması ve 4 saat desikatörde soğutulması ile olan çevrimler şeklinde yapılmıştır.

2.1.4. Deney Sonuçları

Paraloid B72 ve STT Simge (*Antigraff-Tiefengrund*); Şirinçavuş volkanik tüf örneklerinde fırça ile sürme yöntemi ile penetrasyon derinliği 5-6mm olurken empenye derinliği 1-2mm olmuştur. Fakat, bu derinlik sağlamlaştırıcı için yeterli bir derinlik olarak görülmemiştir.

Wacker SMK 1311 ve Sikagard 700S; Kullanılan su iticilerin derinliği 2-3mm olarak tespit edilmiş, yüzey koruma için yeterli görülmüştür. Sağlamlaştırıcı ve su iticilerin uygulaması sonucu fiziksel özelliklerdeki gelişme, Tablo 1 ve Şekil 2,3,4'te grafikler halinde gösterilmiştir.

Su Buharı Geçirimsizlik Deneyi Sonuçları:

Paraloid B72 sürülen örneklerde su buharı geçirimsizlik direnç katsayısı %250 artmıştır bu değer olması gereken sınırlar (%50-100) dışında kalmıştır. *Wacker SMK 1311 ve Sikagard 700S* marka su itici sürülenlerde bir değişim görülmemiştir. Bu sonuç ise su itici uygulamalarından beklenen bir sonuçtur.

Eskitme Deneyinin Sonuçları:

Tuzda eskitme deneyi sadece su itici sürülen (*Wacker ve Sikagard*) örneklerde yapılmıştır. Bu deney sırasında kimyasal sürülmemiş örnekler 20 çevrime kadar dayanmış, kimyasal sürülenler ise 30 çevrime kadar bozulmamışlardır.

Tablo 1. Şirinçavuş volkanik tüfü kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerinin fiziksel özellikleri

PARALOID B72 + STT SIMGE (ANTIGRAFF-TIEFENGRUND)													
C		Wa (m/m)		Wa (v/v)		D		SG		k		p	
Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr
23.10 ⁻³	1.8.10 ⁻³	11.9	11.8	22.25	22.42	1.87	1.90	2.53	2.53	73.91	75.1	26.09	24.9
SIKAGARD 700S													
C		Wa (m/m)		Wa (v/v)		D		SG		k		p	
Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr
17.10 ⁻³	1.3.10 ⁻³	7.1	1.65	15.3	3.55	2.14	2.15	2.64	2.54	81.06	84.64	18.94	15.36
WACKER SMK 1311													
C		Wa (m/m)		Wa (v/v)		D		SG		k		p	
Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr	Un	Tr
17.10 ⁻³	1.4.10 ⁻³	7.14	1.80	15.28	3.92	2.14	2.18	2.64	2.57	81.06	84.82	18.9	15.2

Un : Kimyasal sürülmeyen örnek - Tr : Kimyasal sürülen örnek - C: Kılcal su emme katsayısı (g/cm²√dak) - Wa (m/m): Su emme (ağırlıkça %) - Wa (v/v) : Su emme (hacimce %) - D : Birim hacim ağırlık (g/cm³) - SG : Özgül ağırlık (g/cm³) - k : Kompasite (%) - p: Porozite (%)

2.1.5. Şirinçavuş Volkanik Tüflerinde Konsolidasyon Çalışmalarının Sonuçları

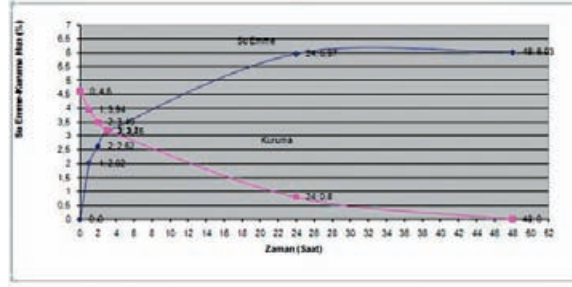
Şirinçavuş volkanik tüfü için konsolidasyon ve yüzey koruma, hızlı yüzey erozyonlarına neden olan sülfatlar gibi suda çözünen tuzların oluşmasına neden olması bakımından zararlı olmaktadır. Ayrıca penetrasyon derinliği, tüflerdeki feldspatların kile dönüşmesi ile oluşan bozulma morfolojisi ve heterojen mineralojik kompozisyonu nedeni ile yeterli olmamıştır. Bu nedenle, sağlamaştırıcı+su itici kimyasallarla yapılan koruma uygulamalarının bozulma süreçlerini hızlandırdığı görülmüştür. Diğer taraftan, yalnızca su itici kullanılmış olan örneklerde su emme değerlerinde azalma, su buharı geçirimsizlik direncinde ve tuza dayanıklılık da artış görülmüştür. Daha güvenilir sonuçlar için de başka bir volkanik tüf örneğinde konsolidasyon çalışmaları yapılmıştır (Acun Özgünler, 2007).

2.2. Karamürsel Volkanik Tüflerinde Yapılan Deneysel Çalışmalar

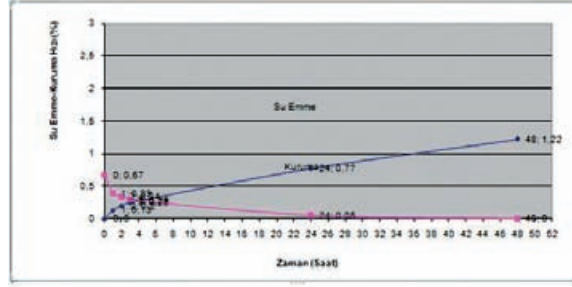
Bu tüfler yeşil renkli dasitik, riyodasitik türde Yalova-Karamürsel bölgesinde ocakları bulunan taşlardır. Konservasyon çalışmalarından önce bu tüflerde sağlam karakter ve bozulma morfolojisi tespiti için deneyler yapılmıştır. Bozulma morfolojisi, Şirinçavuş tüfüne çok benzer olarak, iç yapısında bolca bulunan feldspatların kile dönüşmesi ile oluşan bozulma ürünleri, taş yüzeylerinde heterojen olarak dağılmış, koyu kahverengi lekeler şeklinde görülmektedir. Yapıdan alınan Karamürsel volkanik tüf örneklerinin sağlam ve bozuk kısımlarında fiziksel, mekanik, mineralojik ve petrografik analizler yapılmıştır. Bundan sonra konservasyon programı oluşturulmuştur. Konservasyon çalışmasında hem sağlamaştırıcı hem de emülsiyon tipi su itici kullanılmıştır.

2.2.1. Karamürsel Volkanik Tüfünün Konsolidasyon Çalışmaları

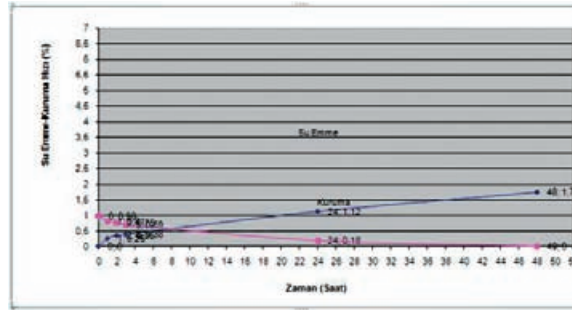
Karamürsel volkanik tüf örnekle-



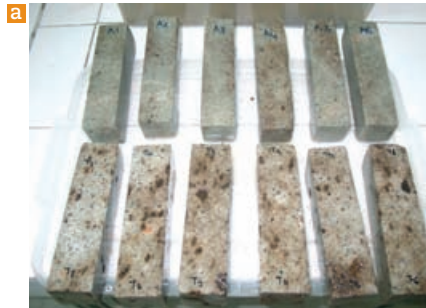
Şekil 2. Kimyasal sürülmeyen örneklerin su emme/kuruma hızları



Şekil 3. Sikagard 700S sürülen örneklerin su emme/kuruma hızları



Şekil 4. Wacker SMK 1311 sürülen örneklerin su emme/kuruma hızları



Şekil 5. a,b). Karamürsel tüfünün konsolidasyon çalışmaları

rinde sağlamaştırıcı olarak Wacker OH100, su itici olarak ise emülsiyon tipi Wacker SMK 1311 kullanılmıştır. Örnekler 3 grup olarak hazırlanmıştır. Birinci grup kimyasal sürülmeyenler, ikinci grup sağlamaştırıcı+su itici sürülenler ve son grup ise sadece su itici sürülenler şeklinde hazırlanmıştır (Şekil 5). Wacker OH100, seyreltilmeden örnek yüzeylerine fırça ile uygulanmıştır. Uygulama 15 dakika aralıklarla toplam 6 çevrim şeklinde yapılmıştır. Uygulama süresi 36-40dk sürmüştür. Sağlamaştırıcı tüketim miktarı 0.7 l/m². Tesir derinliği değişken olmakla birlikte ortalama 3-5mm olarak tespit edilmiştir.

Sağlamaştırıcı sürülen örneklere 2 haftalık kür ortamından sonra su itici aynı yöntemlerle uygulanmıştır. Wacker SMK 1311, 1:11 distile su ile seyreltilerek ve yüzeylere fırça ile uygulanmıştır. Uygulama 15dk aralıklarla toplam 6 çevrim şeklinde yapılmıştır. Uygulama süresi 36-40 dakika sürmüştür. Sağlamaştırıcı tüketim miktarı 0.5l/m². Tesir derinliği değişken olmakla birlikte ortalama 2-3mm olarak tespit edilmiştir. Toplam 4 hafta bekletilen örneklerde fiziksel özellik tayini için deneyler yapılmıştır.

2.2.2. Deney Sonuçları

Karamürsel volkanik tüflerinde

kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerinde mikro yapı analizleri ile fiziksel özellik ve eskitme deneyleri yapılmış, sonuçları aşağıdaki bölümlerde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

2.2.2.1. Fiziksel Özellik Deney Sonuçları

TS 699 ve ilgili TS EN standartlarına uygun olarak, kimyasal sürülen örnekler sürülmeden önce yapılan deneyler tekrarlanmış ve deney sonuçlarındaki farklılıklar irdelenmiştir.

Kimyasal Sürülmeyenlerde:

Kılcal su emme katsayısı=

$$337,88 \text{ g/m}^2\sqrt{\text{dak}}$$

Su emme (kütlece) = 8,6 %

Su emme (hacimce) = 18,32 %

Birim hacim ağırlık = 2,13-2,15 g/m³

Wacker OH 100+SMK 1311 Sürülen Örneklerde :

Kılcal su emme katsayısı =

% 88 azalma var

Su emme (kütlece) =

% 81 azalma var

Su emme (hacimce) =

% 81 azalma var

Birim hacim ağırlık = % 1 artma var

Wacker SMK 1311 Sürülen Örneklerde:

Kılcal su emme katsayısı =

% 88 azalma var

Su emme (kütlece) =

% 70 azalma var

Su emme (hacimce) =

% 70 azalma var

Birim hacim ağırlık = değişim yok

Su Emme ve Kuruma Hızları:

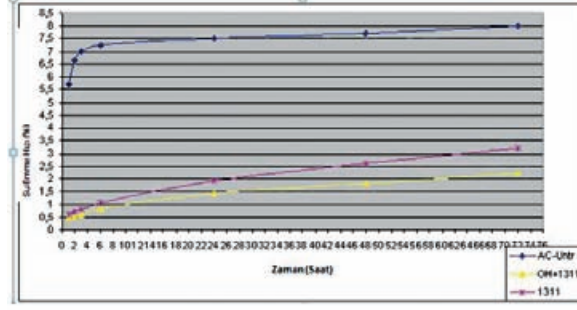
Su emme hızı 72 saat, kuruma hızı 168 saat (1 hafta) boyunca yapılan ölçümler sonucu bulunmuştur. Deney sonuçları Şekil 6 ve 7'de grafikler halinde gösterilmiştir.

Su Buharı Geçirimsizlik Deneyi Sonuçları:

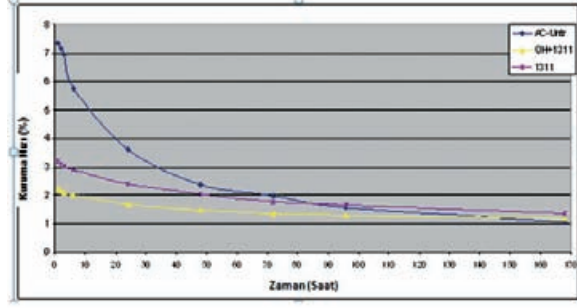
Su buharı geçirimsizlik deneyi 30 gün sürdürülmüştür. Bu deneyde 20°C sıcaklık ve %100 nem ortamında sabit tutulan bir desikatör kullanılmıştır. Örnekler 1 ay süre boyunca her gün tartılmıştır. Su buharı geçirimsizlik değerlerinde görülen farklar:

OH+1311 sürülenlerde: % 24 azalma

1311 sürülenlerde: % 27 azalma olmuştur.



Şekil 6. Kimyasal sürülmeyen ve sürülen örneklerin su emme hızları



Şekil 7. Kimyasal sürülmeyen ve sürülen örneklerin kuruma hızları

(Untr: Kimyasal sürülmeyen örnekler/ OH+1311: Sağlamaştırıcı ve su itici sürülenler/ 1311: Sadece su itici sürülenler)

Tablo 2. Ultrases hızları

Örnekler	Tanımı	T (Süre) (µsn.)	Ultrases Hızı (km/sn.)
AC	Untreated(x)	79,5	2,02
AC-1	OH+1311	61	2,65
AC-2	1311	67	2,45

Tablo 2' de görüldüğü üzere, ultrases hızı kimyasal sürülen örneklerde %30 artmıştır.

Ultrases Hızı Ölçüm Deneyi Sonuçları:

Ultrases hızı ölçümü, kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerde tekrarlanarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Ultrases ölçüm cihazı ile örneklerde ses geçiş süresi tespit edilmiş ve boyutlara göre de ses hızı tespit edilmiştir.

Deney sonuçları 6'şar örneğin ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Tablo 2'de verilmiştir.

Porozimetri Sonuçları:

Boşluk boyutu dağılımı (porozimetri) deneyi; Mercury Intrusion yöntemi ile İTÜ Metalurji ve Malzeme Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Deney, kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerde yapılmıştır. Sonuçları Şekil 8,9 ve 10'da grafikler halinde verilmektedir.

Porozimetri deneyi sonucu olarak, kimyasal sürülen örneklerde makro boşluklar azalırken, mikro boşlukların hacimleri de azalmıştır. Kimyasal sürülmeyen bozuk örneklerde boşluk çapı maks. 20.000nm olurken kimyasal sürü-

lenlerde maks. 10.000nm. olarak görülmüştür.

2.2.2.2. Mikro Yapı Analiz Sonuçları

Mikro yapı analizleri olarak XRD ve SEM-EDS analizleri yapılmış, sonuçları aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

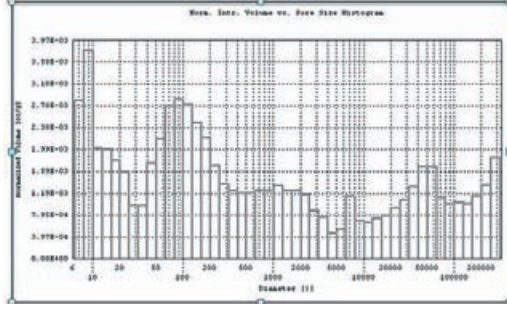
XRD Analizi Sonuçları:

X-ışını analizi kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerde yapılmıştır. Bu analizin sonucunda, bozuk örneklerde bozulma ürünü olarak oluşan montmorillonit minerali miktarının kimyasal sürülen örneklerde azaldığı görülmüştür. Özellikle sağlamaştırıcı+su itici sürülen örneklerde bu miktarın daha da azaldığı tespit edilmiştir. Örneklerin karşılaştırmalı XRD grafiği Şekil 11'de gösterilmiştir.

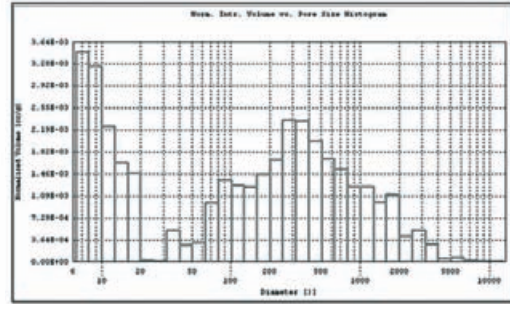
SEM-EDS Analizi Sonuçları:

Kimyasal sürülen ve sürülmeyen örneklerde SEM-EDS analizi, İTÜ Metalurji ve Malzeme Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır (Şekil 12, 13 ve 14).

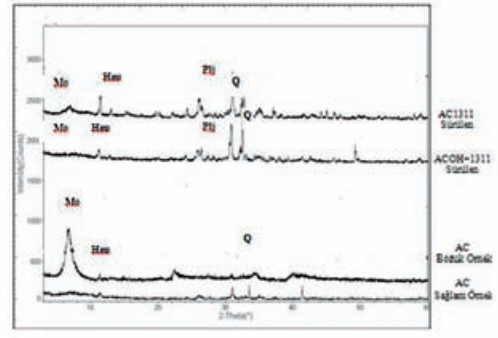
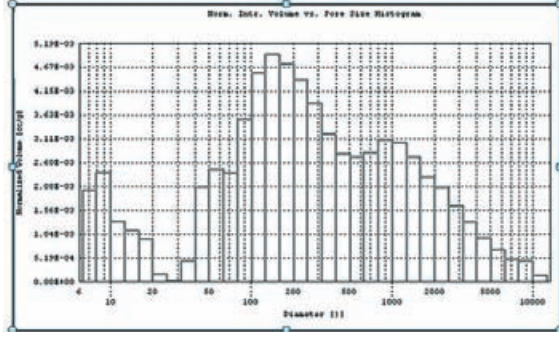
Şekil 8.
Bozuk tuf
örneğinde
boşluk bo-
yutu dağı-
lım grafiği



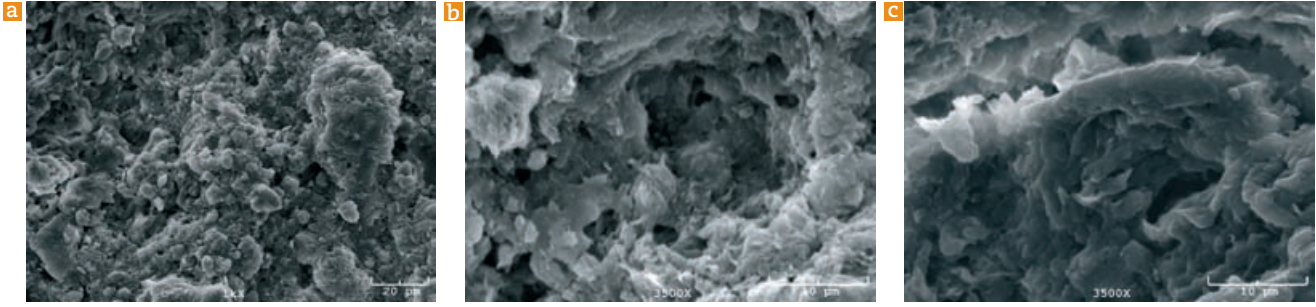
Şekil 9.
OH+1311
sürülen tuf
örneğinde
boşluk bo-
yutu dağı-
lım grafiği



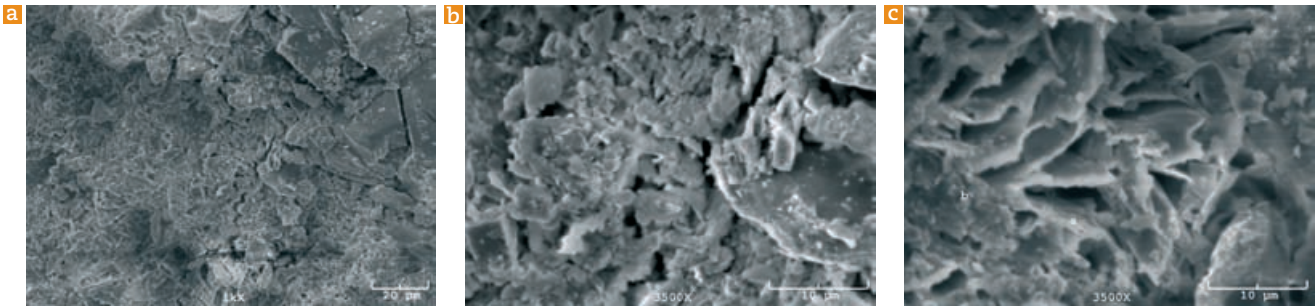
Şekil 10.
1311 sü-
rülen tuf
örneğinde
boşluk bo-
yutu dağı-
lım grafiği



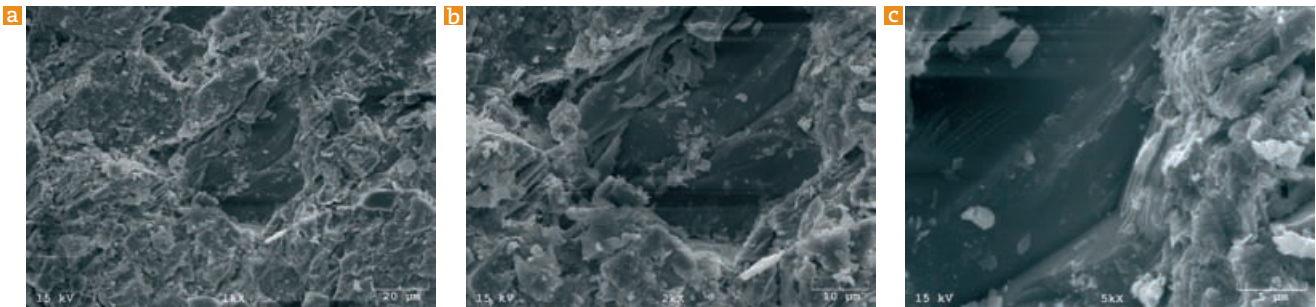
Şekil 11.
Tüm örnek-
lerin XRD
grafigi



Şekil 12. Kimyasal sürilmeyen örneklerde, a)1000x, b)2000x, c)5000x büyütme



Şekil 13. Su itici sürülen örneklerde, a)1000x, b) 3500x, c)3500x büyütme



Şekil 14. Sağlamlaştırıcı+su itici sürülen örneklerde, a)1000x, b)3500x, c)3500x büyütme

EDS analizleri sonucunda, sağlamlaştırıcı+su itici sürülen örneklerde SiO₂ miktarının %80-90, su itici sürülen örneklerde ise %70-80 oranda arttığı görülmüştür.

2.2.2.3. Eskitme Deneyleri ve Sonuçları

Eskitme deneyi olarak tuza dayanıklılık ve don dayanımı deneyleri yapılmış sonuçları karşılaştırmalı olarak aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

Tuza Dayanıklılık Deneyi:

Tuza dayanıklılık deneyi, (TS EN 12370), her çevrim 6 saat %14'lük Na₂SO₄·10H₂O çözeltisinde daldırma ile, 16 saat 60°C etüvde kurutma şeklinde toplam 20 çevrim yapılmıştır. Kimyasal sürülmeyen örnekler 15. çevrime kadar dayanabilmişlerdir. Deney sonuçları karşılaştırmalı olarak Tablo 3'te verilmiştir.

Dona Dayanıklılık Deneyi:

Dona dayanıklılık deneyi, (TS 699, TS EN 12371), deneyi başlama-

dan önce örnekler 24 saat suya doyurulmuştur, her çevrim 6 saat suda, 18 saat -22°C derin dondurucuda bekletilerek yapılmıştır. Deney 28 çevrim olarak yapılmıştır. Deney sırasında örnekler 1,3,5,7,11,13,15,19,21,23 ve 28.çevrimlerde tartılmış ve ağırlık değişimleri yüzde olarak hesaplanmıştır. Deney sonunda kimyasal sürülmeyen örneklerde daha çok yüzey erozyonu görülmüştür. Deney sonuçları karşılaştırmalı olarak Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Tuzda eskitme deneyinden çıkan örneklerin fiziksel özelliklerinde değişim

	Örn.	Ağırlıkça Değişim Yüzdesi (ASC) (%)	Su Emme Oranı-(BT) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(AT) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(ASC) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(BT) (Hacim %)	Su Emme Oranı-(AT) (Hacim %)	Su Emme Oranı-(ASC) (Hacim%)
OH+1311	1AC-1	-0,57	8,3	1,45	4,30	17,76	3,17	9,36
	1AC-2	-0,79	8,1	1,84	4,72	17,41	4,05	10,29
	1AC-3	-0,67	8,2	1,26	4,24	18,61	2,76	9,24
Ortalama		-0,67	8,2	1,5	4,4	17,93	3,3	9,6
1311	1AC-4	-0,50	8,2	2,19	5,94	17,79	4,80	12,92
	1AC-5	-0,65	8	2,62	6,12	17,20	5,70	13,29
	1AC-6	-0,74	9,6	2,99	6,28	19,68	6,23	13,13
Ortalama		-0,63	8,6	2,6	6,1	18,2	5,6	13,11

BT: Kimyasaldan önce / AT: Kimyasaldan sonra / ASC: Tuz deneyinden sonra

Deney sırasında örnekler 1,3,5,7,11,13 ve 15.çevrimlerde tartılmış ve ağırlık değişimleri yüzde olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Dona dayanıklılık deneyinden çıkan örneklerin fiziksel özelliklerinde değişim

	Örn.	Ağırlıkça Değişim Oranı (AFT) (%)	Su Emme Oranı-(BT) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(AT) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(AFT) (Kütle %)	Su Emme Oranı-(BT) (Hacim %)	Su Emme Oranı-(AT) (Hacim %)	Su Emme Oranı-(AFT) (Hacim %)	Birim Hacim Ağ.-(BT) g/cm ³	Birim Hacim Ağ.-(AT) g/cm ³	Birim Hacim Ağ.-(AFT) g/cm ³
Sürülmeyen	2AC-1	1,02	9,7	2-	8,4	19,88	-	17,39	2,05	-	2,07
	2AC-2	0,99	9,2	-	8,01	19,04	-	16,80	2,07	-	2,10
	2AC-3	-0,50	9,3	-	8,3	19,53	-	17,48	2,1	-	2,11
Ortalama		0,50	9,4	-	8,2	19,48	-	17,22	2,07	-	2,09
OH+1311	2AC-4	-0,38	8,0	1,2	1,6	17,2	2,62	3,49	2,15	2,18	2,18
	2AC-5	-0,47	9,7	1,5	2,5	20,1	3,16	5,25	2,07	2,11	2,10
	2AC-6	-0,59	9,7	1,8	3,1	19,9	3,78	6,51	2,06	2,1	2,10
Ortalama		-0,48	9,1	1,5	2,4	19	3,18	5,08	2,09	2,13	2,13
1311	2AC-7	-2,02	8,9	1,1	8,3	18,6	2,33	17,09	2,09	2,12	2,06
	2AC-8	-1,83	8,7	1	7,9	18,36	2,13	16,43	2,11	2,13	2,08
	2AC-9	-0,97	8,4	1,3	7,7	17,89	2,81	16,27	2,13	2,16	2,11
Ortalama		-1,6	8,7	1,1	8,0	18,28	2,42	16,6	2,11	2,14	2,08

BT: Kimyasaldan önce / AT: Kimyasaldan sonra / AFT: Don deneyinden sonra

Sonuç olarak, sağlamlaştırıcı + su itici kimyasal uygulaması Karamürsel tüflerinde başarılı sonuçlar vermiştir.

3. Sonuçlar

Volkanik tüflerin konservasyon çalışmaları, çok heterojen bir yapıya sahip olmaları ve çok çeşitli bozulma prosesleri nedeni ile diğer yapı

taşlarına göre oldukça zor olmaktadır. Karmaşık yapıları olmalarından dolayı, konservasyon çalışmaları için seçilecek doğru kimyasallar ve

uygulama yöntemleri her bir volkanik tüf için ayrı olarak değerlendirilmeli ve güvenilir sonuçlar için detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

REFERANSLAR

- 1- Acun, S., Gülec, A., Ersen, A., 2003, "Efficacy Of The Consolidants And The Water Repellents For The Conservation Of Şirincevolcanic Tuff", *International Symposium: Industrial Minerals and Building Stones*, 15-18 Eylül 2003, İstanbul, Turkey, pp.363-370.
- 2- Acun Özgünler, S., 2007, *Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma : Od Taşı Örneği*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, İstanbul.
- 3- Bianchetti, P.L., Lombardi, G., Meucci, C., 1982, "The Study of the Degradation of Tuff Blocks Used in the Roman Temple of Cibele (Rome, Italy)", *Proceedings of the 4th International Congress on the Deterioration and Preservation of Stone Objects*, Louisville, July 7-9, pp.29-38.
- 4- De Witte, E., 1993, "Conservation of the Göreme Rock", *The Safeguard of the Rock-hewn Churches of the Göreme Valley, Proceedings of the International Seminar, Ürgüp-Capadocia, Turkey*, pp.109-124.
- 5- Ersen, A., Acun Özgünler, S., "A Research About Consolidation of Natural Stones Used in the Facades of Dolmabahçe Palace", *150. Yılında Dolmabahçe Sarayı Uluslararası Sempozyumu*, 22-25 Kasım 2006, İstanbul.
- 6- Gürdal, E., Ersen, A., Gülec, A., Baturayoglu, N., 2000, "Deterioration and Consolidation of the Şirincevolcanic Tuff", *2nd International Congress on Studies in Ancient Structures*, İstanbul, Turkey, pp.627-636.
- 7- Leroux, L., 2000, "Measuring the Penetration Depth of Consolidating Products: Comparison of Six Methods", *9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Proceedings, Volume 2, Venice, pp.361-369.
- 8- Wheeler, G.S., Newman, R., 1990, "Analysis and Treatment of A Stone Urn from the Imperial Hote, Tokyo", *Lavas and Volcanic Tuffs, Proceedings of the International Meeting*, Easter Island, Chile, October 25-31, pp.157-161.
- 9- DIN 52615, 1973, *Determination of Water Vapour (moisture) Permeability of Construction and Insulating Materials*, Deutsche Norm, Germany.
- 10- TS 699, 1978, *Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metodları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 11- TS EN 1925, 2000, *Doğal Taşlar Deney Metodları- Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 12- TS EN 12570, 2001, *Doğal Taşlar Deney Metodları- Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 13- TS EN 12571, 2001, *Doğal Taşlar Deney Metodları- Dona Dayanıklılık Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.