

PINARHİSAR KALKERLERİ ve MARMARA BEYAZI MERMERİNDE TUZLARIN YIKICI ETKİLERİ

Murat DAL

Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO
İnşaat Teknolojileri Programı
39060 Karahıdır/Kırklareli
Email: imuratdal@gmail.com, murat.dal@kirkklareli.edu.tr

Alınış: 04 Ocak 2011

Kabul Ediliş: 20 Nisan 2011

Özet: İnsanoğlu, tarih boyunca anıtlar ve diğer yapılarda, yapı malzemesi olarak taşları kullanmıştır. Doğal taşlar, sıcaklık değişiklikleri, nem, tuz kristalizasyonu, donma vb. çeşitli doğal süreçlerin etkisiyle ayrışmaya maruz kalırlar. Tuzlar, tarihi yapılardaki gözenekli malzemelerin ayrışmasına neden olan en önemli faktörlerden biridir. Kireçtaşları, doğada bol bulunan ve çalışılması kolay taşlar olduğundan yüzyıllardır yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir. Günümüzde kireçtaşları, hem modern binalarda ana malzeme olarak hem de süsleme ve kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, kireçtaşı ve mermer üzerinde tuzların etkileri incelenmiştir. Çalışmanın amacı, tortul ve metamorfik kökenli, Kırklareli-Pınarhisar'ın bol-iri fosilli, az fosilli, fosilsiz kalkerleri ile Marmara Beyazı mermerleri yapı taşlarındaki çözünür tuz kristalizasyonunun mekanizmasını belirlemektir. Test yöntemi, Building Research Establishment (BRE) standartlarının, yapı malzemeleri için kullandığı dayanıklılık deneyleridir. Deney süresince, kayacın yapısal değişimi, görünümleri ve örneklerdeki değişiklikler gözlenmiş ve örnek yüzeylerinde oluşan her renk değişimi kaydedilmiştir. Doğal ortam koşullarında oluşabilecek gerçek tuz miktarını temsil etmek amacıyla %1 ve %3 oranlarında Na_2SO_4 ve $MgSO_4$ etkilerine maruz bırakılarak yapı taşının bozulma miktarı, bozulma şekli ve renk değişimi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda tortul kayaların (kireçtaşı) ağırlık kaybının metamorfik kayaların (mermer) ağırlık kaybından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: kireçtaşı, mermer, alterasyon, Na_2SO_4 , $MgSO_4$

Salts Deterioration Effects in Pınarhisar Limestones and Marmara White Marbles

Abstract; Mankind has always used stone as building material to create monuments and other structures through out history. Long period of time exposure to temperature changes, moisture, salt crystallization, and frost create damages and disintegration in natural stones. Salt deterioration is one of the most important factors causing weathering on porous materials in historical buildings. Since limestone is one of the most common building materials used for so many centuries, because the availability and easy to work on. Limestone nowadays is still used in modern buildings either as main structural material or decorative coating elements.

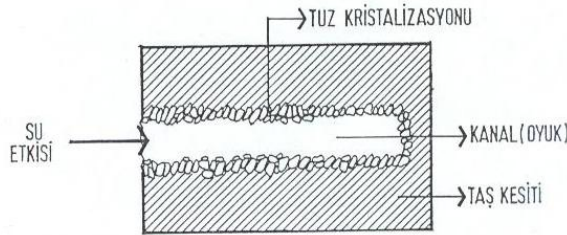
In this study concentration is given to salt effects on limestone and marbe. The purpose of this study is to explain the mechanism of dissoluble salt crystallization in the building stones of the fossiliferous or non-fossiliferous limestones and Marmara white marble. The test method is the durability experiments which have been used for the building material according to Building Research Establishment (BRE) standards. In the experiments, the structural change of the rocks, their visual features and other modifications have been observed and the differentiation in the rock color has been noted. To examine the degree of decomposition, alteration type and the color change in the rocks, the samples, as a whole, are subject to the effect of solutions containing a bulk Na_2SO_4 and $MgSO_4$ grade of 1.0 to 3.0 percent. The results show that the mass decrease of the limestones is higher than those of the marbles.

Key words: limestone, marble, alteration, Na_2SO_4 , $MgSO_4$

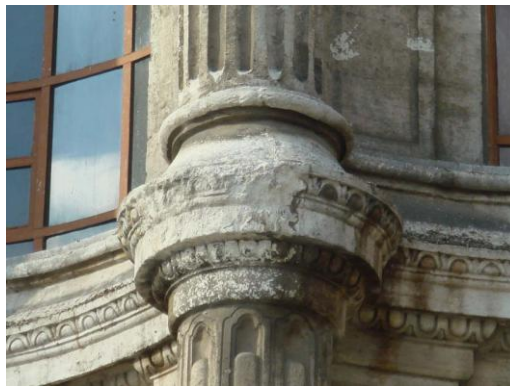
Giriş

Kırklareli-Pınarhisar kireçtaşları günümüze değin pek çok araştırmacı tarafından, jeolojik ve fizikokimyasal özellikleri yönüyle araştırılmıştır. Benzer şekilde Marmara Beyazı olarak adlandırılan metamorfik (başkalaşım) kökenli mermerlerde yoğun olarak çalışılmış ve bir yapı elemanı olarak yaygın uygulama alanı bulmuştur.

Su ile yüzeysel olarak temasta bulunan yapı taşlarında, basınçlı veya kapiler su geçirirliiği etkili olmaktadır. Boşluklu yapı taşlarının bir yüzü su ile temas halinde olduğunda, su basınçlı olmasa dahi, kılcallıkla ince boşluklar suyu bünyelerine çekerek emerler. Suyun yüzey geriliminden doğan bu çekim yatay, eğik veya düşey olarak yukarı doğru, diğer bir ifadeyle yerçekimi kuvvetine karşı olmaktadır. Bunun en açık örneğini zemindeki rutubetin duvarlarda yükselmesidir. Benzer şekilde, yağmur sularının dış yüzeye çarpması sonucu da bu olgu gerçekleşmektedir [1]. Nemin taş bünyesindeki sürekli hareketi (kuru kısımlara doğru), nemin buharlaşarak havaya uçması ve kayaç bünyesinde erimiş tuzları bırakması, yapı cephe yüzeyinde lekelenmelere ve çiçeklenmelere neden olmaktadır. Buna en çok atmosferik koşullara maruz kalan gözenekli yapı taşlarının yüzeylerinde rastlanmaktadır [2]. Gözenekliliği yüksek kayaçların bünyelerinde oluşan tuzların zararları yoğun olarak araştırılmasına rağmen, boşluklu yapı taşlarındaki tuz kristallerinin oluşumunu kontrol eden faktörler ve oluşan tuz kristalinin büyümesiyle meydana gelen zararlar çok iyi anlaşılammıştır. Özellikle kaplama malzemelerinde çiçeklenme oluşumu sürecinde ortaya çıkan bu tuzun, zararlı etkilerini irdelemek için buharlaşma sırasındaki suyun hareketini, iyonların hareketini ve boşluklu malzemede tuzun kristalizasyonunu iyi etüt etmek gerekmektedir [3, 4, 5]. Yeryüzünde bulunan tüm kayaçlar, donma gibi fiziksel etkenler ve çözünme gibi kimyasal etkenlerden sürekli olarak etkilenirler. Bununla birlikte bu etkenlerin zararlı etkileri her yerde aynı değildir. İklim, kayaç bileşimi ve aşınma tipi, kayacın maruz kalacağı bozunmayı etkiler. Sonuç olarak yapı cephelerinde kayaç yüzeyleri üzerinde bu zararlı etkiler görülebilmektedir.



Şekil 1. Kireçtaşlarına tuz etkisi (Salt effects of limestones) [6].



Şekil 2. İstanbul Ortaköy Camii tuz alterasyonu (Salt alteration of İstanbul Ortaköy Mosque) [7].

Tuz kristalizasyonuna bağlı çiçeklenmeler özellikle, geleneksel yapıların zemine yakın cephelerinin yüzeylerinde yoğun olarak görülmektedir. Tuzun çözünüp tekrar kristalleşmesiyle, tuz çiçeklenmeleri oluşmaktadır.

Aslında çiçeklenmelerin oluşumu üç etkene bağlıdır. Çözünebilir tuz, su ve hidrostatik basınç. Tuzun kökeni, kayaç orijini boşluklu duvar elemanlarıdır. Yağmurla birlikte gelen su, yoğunlaşarak kılcal çatlaklardan yapı taşının boşluklarına sızar. Suyun sızmasından sonra yüzeyde tuzların çözünmesi için hidrostatik basınç gereklidir. Çiçeklenme özellikle sıcaklık, nem ve havadan etkilenir. Yağmurlu dönemlerden sonra, güneş ve sıcaklık etkisinde buharlaşma oldukça çabuk gelişir ve taş yüzeyinde küçük tuz kristalleri görülür. Kışın genellikle buharlaşmanın yavaş olması yüzeydeki tuzun göçüne izin verir. Zamanla duvar yüzeyindeki nem yenilenmezse çiçeklenmelerin gelişimi artar. Oluşan çiçeklenmeler fark edilir bir biçimde açık yüzey renklerini kaybederek koyu yüzey rengine dönerler (Şekil 1, 2) [8, 9, 10, 11, 12].

Tuzların etkisiyle oluşan bozulmada iki adet mekanizma gerçekleşir. Öncelikli olarak üzerinde durulan konu; hidrasyon ve dehidrasyon sırasında meydana gelen büzülme ve genişleme süreçleridir. Bu süreçte, taş zararlı bir etkiyle karşı karşıya kalmaktadır. Diğer konu ise, kristalizasyon basıncı ve buna bağlı olarak oluşan etkinin sebebidir. Birinci yaklaşım üzerinde durulmuş olup, tortul kökenli yapı taşlarının hidrasyon ve dehidrasyon süreçlerinde, oluşan tuz kristalizasyonuna da bağımlı olarak bünyede oluşan zararlı etkilerin deneysel araştırması yapılmıştır [13].

Çalışma Yöntemi

Yapı taşlarındaki çözünür tuz kristalizasyon mekanizmasını belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda toplam 32 adet örnek üzerinde çalışılmıştır. Örneklerden 24 adet tortul kayaç kökenli ve 8 adet metamorfik kayaç kökenli örneklerden alınmıştır. Kireçtaşları, Kırklareli'nin Pınarhisar ilçesinin Erenler köyündeki Hisar taş ocağının farklı katmanlarından üç farklı kireçtaşı ele alınmıştır. Bunlar; iri ve bol fosilli kalker, az fosilli kalker, fosilsiz kalkerdir. Ayrıca Marmara Adası mermerlerinden Marmara Beyazı Mermer'ide incelenmiştir. Deneysel çalışmalar İTÜ Maden Fakültesi jeoloji bölümü laboratuvarları ve Kırklareli Güntaş Madencilik laboratuvar olanakları kullanılarak yapılmıştır. Deneysel çalışmalar için örnekler hazırlanmış, etüvde kurutulduktan sonra birim hacim ağırlıkları saptanmıştır. Tuz kristalizasyon testine maruz bırakılacak örneklerdeki ağırlık kaybı, renk bozulmaları ve dayanım değişimi, temel kriterler olarak ele alınmıştır. Doğal ortam koşullarında oluşabilecek gerçek tuz miktarını temsil etmek amacıyla %1 ve %3'lük Na_2SO_4 ve MgSO_4 çözeltileri hazırlanmıştır. Her bir kayaç örneği, deney kaplarında bulunan doygun tuz çözeltileri içerisine kapiler etki oluşacak biçimde yerleştirilmiştir. Nemin buharlaşmasıyla birlikte çözeltideki tuz, kapiler etkiyle örneklerdeki gözenekler ve kılcal geçişler vasıtasıyla yukarıya doğru yükselmiştir. Her örnek 24 saat bu sürece maruz bırakılmış ve daha sonrasında etüvde kurutulmuştur. Bu deney yöntemi Building Research Establishment (BRE) standartlarının yapı malzemeleri için kullandığı dayanıklılık deneylerinden bir tanesidir. BRE deney yöntemine göre örnekler en az 15 kez tekrarlamalı olarak Na_2SO_4 ve MgSO_4 çözeltilerine kapiler olarak maruz bırakılıp kurutulmuştur [14]. Bu test döneminden sonra kayaç örneklerinin ağırlık kaybı ölçülmüştür. Deney süresince, kayacın yapısal değişimi, görünümleri ve örneklerdeki değişiklikler gözlemlenmiş ve örnek yüzeylerinde oluşan her türlü değişim kaydedilmiştir.

Yapı Taşlarına Tuz Etkileri (Salt Effects of Building Stones)

Yapı Taşlarına MgSO_4 Etkileri (MgSO_4 effects of building stones)

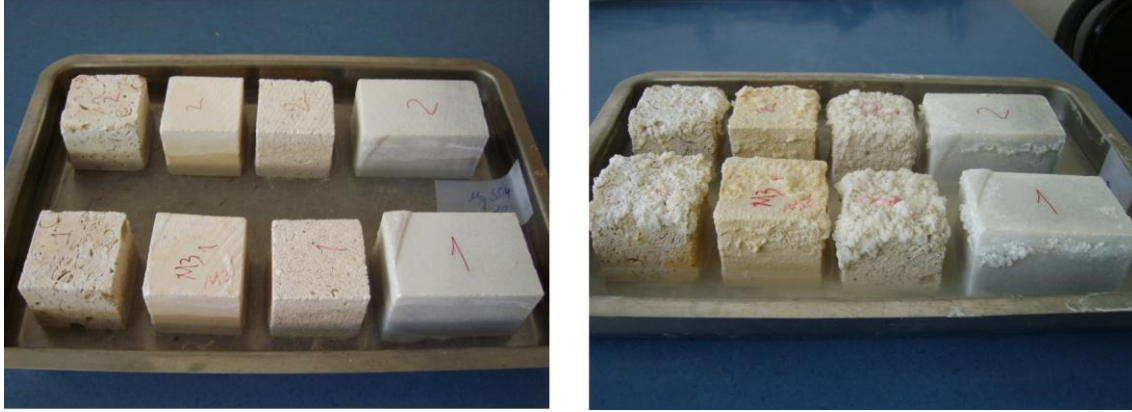
Tablo 1'den de görüldüğü gibi taş örneklerinin %1 MgSO_4 deneyinde ağırlık değişimi yüzde olarak %0,089 ile %3,849 arasında değişmektedir. İri fosilli, az fosilli ve fosilsiz kalkerlerde ağırlık artışı %1'den fazla iken, Marmara mermerinde %0,089 oranında ağırlık artışının olduğu görülmüştür. Pınarhisar kalkerlerin özellikle köşe ve üst kısımlarında köpüksü çiçeklenmeler görülmüştür. Pınarhisar kalkerlerinin renklerinde ise özellikle kapiler seviye üstünde renk açılması görülmüştür. Pınarhisar kalkerleri arasında en fazla ağırlık artışı %3,849 oranında fosilsiz kalker, %1,756 oranında ağırlık artışı ile az fosilli kalker, en az ağırlık artışı ise %1,130 oranında iri fosilli kalkerlerde görülmüştür. Yüzeyde oluşan tahribatı çoktan aza doğru sıralayacak olursak fosilsiz kalkerler, iri fosilli kalkerler, az fosilli kalkerler, Marmara beyaz mermer şeklindedir. Marmara beyaz mermerinin kapiler seviyelerinde köpüksü çiçeklenmelerin olduğu gözlenmiştir (Şekil 3) [15].



Şekil 3. Yapı taşlarının 15 gün süre ile %1 oranında $MgSO_4$ ile etkileşimi sonrası oluşan tahrip.

Kayaç	Kayaç Boyutu (mm)	Çözünebilen Tuz Kristalizasyon Test Öncesi		15 Tekrarlamalı Çözünebilen Tuz Kristalizasyon Testi Sonrası				
		Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Ağırlık değişimi (%)	Ortalama (%)	
İri Fosilli Kalker	P1-1	49x48x49	257,28	255,84	260,11	258,73	1,100	1,130
	P1-2	49x48x49	254,40		257,35		1,160	
Az Fosilli Kalker	P2-1	49x49x48	242,41	245,28	246,29	249,59	1,601	1,756
	P2-2	49x49x48	248,15		252,89		1,910	
Fosilsiz Kalker	P3-1	48x48x48	201,49	201,115	208,79	208,855	3,623	3,849
	P3-2	47x49x49	200,74		208,92		4,075	
Marmara Beyazı	MB-1	77x52x56	588,01	572,605	588,53	573,15	0,088	0,089
	MB-2	78x53x50	557,20		557,70		0,090	

Tablo 2’de görüleceği üzere taş örneklerinin %3 $MgSO_4$ ’a maruz kaldığında ağırlık değişimi %1,420 ile %5,529 arasında değişmektedir. İri fosilli, az fosilli ve fosilsiz kalkerlerde ağırlık artışı %1’den fazla görülürken, Marmara mermerinde %0,236 oranında ağırlık artışının olduğu görülmüştür. Kalkerlerin özellikle köşe ve üst kısımlarında köpüksü çiçeklenmeler gözlenmiştir. Kalkerlerin üst köşelerinde ince tabaka şeklinde kabarmalar, pul pul dökülmeler şeklinde ağırlık kayıpları görülmüştür. Kalkerlerin renklerinde ise özellikle kapiler seviye üstünde renk açılması görülmüştür. Kalkerler arasında en fazla ağırlık değişimi %5,529 oranında fosilsiz kalker, %1,649 oranında ağırlık artışı ile az fosilli kalker, en az ağırlık artışı ise %1,420 oranında iri fosilli kalkerlerde görülmüştür. Yüzeyle oluşan tahribatı çoktan aza doğru sıralayacak olursak fosilsiz kalkerler, iri fosilli kalkerler, az fosilli kalkerler, Marmara beyaz mermer şeklindedir. Marmara beyaz mermerinin kapiler seviyelerinde köpüksü çiçeklenmeler gözlenmiştir (Şekil 4) [15].



Şekil 4. Yapı taşlarının 15 gün süre ile %3 oranında MgSO₄ ile etkileşimi sonrası oluşan tahrip.

Tablo 2. %3 MgSO ₄ tuz kristalizasyonu deney sonuçları (Magnesium sulphate soluble salt crystallisation test results (3 % concentration))								
Kayaç		Kayaç Boyutu (mm)	Çözünebilir Tuz Kristalizasyon Test Öncesi		15 Tekrarlamalı Çözünebilir Tuz Kristalizasyon Testi Sonrası			
			Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Ağırlık değişimi (%)	Ortalama (%)
İri Fosilli Kalker	P1-1	49x49x48	255,68	258,915	258,51	262,6	1,107	1,420
	P1-2	49x49x47	262,15		266,69		1,732	
Az Fosilli Kalker	P2-1	49x49x49	270,90	270,555	275,51	275,015	1,702	1,649
	P2-2	49x49x49	270,21		274,52		1,595	
Fosilsiz Kalker	P3-1	49x49x47	203,96	201,08	214,40	212,185	5,119	5,529
	P3-2	49x49x49	198,20		209,97		5,938	
Marmara Beyazı	MB-1	77x55x49	556,34	536,74	557,78	538,01	0,259	0,236
	MB-2	80x48x50	517,14		518,24		0,213	

Yapı Taşlarına Na₂SO₄ Etkileri (Na₂SO₄ effects of building stones)

Tablo 3'den de görüldüğü gibi kalker taş örneklerinin %1 Na₂SO₄ deneyinde ağırlık değişimi yüzde olarak %0,633 ile %2,115 arasında değişmektedir. Marmara mermerinde %0,159 oranında ağırlık artışı görülmüştür. Kalkerlerin özellikle köşe ve üst kısımlarında köpüksü çiçeklenmeler görülmüştür. Kalkerlerin üst köşelerinde ince tabaka şeklinde kabarmalar, pul pul dökülmeler şeklinde ağırlık kayıpları görülmüştür. Kalkerlerin renklerinde ise özellikle kapiler seviye üstünde renk açılması görülmüştür. Kalkerler arasında en fazla ağırlık artışı %2,115 oranında fosilsiz kalker, %0,633 oranında ağırlık artışı ile iri fosilli kalker, en az ağırlık artışı ise %0,127 oranında az fosilli kalkerlerde görülmüştür. Yüzeyle oluşan tahribati çoktan aza doğru sıralayacak olursak fosilsiz kalkerler, iri fosilli kalkerler, az fosilli kalkerler, Marmara beyaz mermer şeklindedir. Marmara beyaz mermerinin kapiler seviyelerinde köpüksü çiçeklenmeler gözlenmiştir (Şekil 5) [15].



Şekil 5. Yapı taşlarının 15 gün süre ile %1 oranında Na_2SO_4 ile etkileşimi sonrası oluşan tahrip.

Tablo 3. %1 Na_2SO_4 tuz kristalizasyonu deney sonuçları (Sodium sulphate soluble salt crystallisation test results (1 % concentration))

Kayaç	Kayaç Boyutu (mm)	Çözünebilen Tuz Kristalizasyon Test Öncesi		15 Tekrarlamalı Çözünebilen Tuz Kristalizasyon Testi Sonrası				
		Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Ağırlık değişimi (%)	Ortalama (%)	
İri Fosilli Kalker	P1-1	48x49x50	258,64	258,995	259,92	260,635	0,495	0,633
	P1-2	49x50x47	259,35		261,35		0,771	
Az Fosilli Kalker	P2-1	48x49x48	240,64	242,375	241,21	242,68	0,237	0,127
	P2-2	49x49x49	244,11		244,15		0,016	
Fosilsiz Kalker	P3-1	49x49x48	197,75	200,095	203,35	204,31	2,832	2,115
	P3-2	48x49x48	202,44		205,27		1,398	
Marmara Beyazı	MB-1	78x50x52	536,99	532,04	537,90	532,885	0,169	0,159
	MB-2	78x51x50	527,09		527,87		0,148	

Tablo 4'ten de görüldüğü gibi kalker taş örneklerinin % 3 Na_2SO_4 deneyinde ağırlık kaybı yüzde olarak -%0,446 ile -%4,881 arasında değişmektedir. İri fosilli, az fosilli ve fosilsiz kalkerlerde ağırlık kaybı görülürken, Marmara mermerinde %0,142 oranında ağırlık artışı görülmüştür. Kalkerlerin üst köşelerinde ince tabaka şeklinde kabarmalar, pul pul dökülmeler, kılcal çatlamlar şeklinde ağırlık kayıpları görülmüştür. Kalkerlerin özellikle köşe ve üst kısımlarında köpüksü çiçeklenmeler görülmüştür. Kalkerlerin renklerinde ise özellikle kapiler seviye üstünde renk açılması görülmüştür. Kalkerler arasında en fazla ağırlık kaybı -%4,881 oranında az fosilli kalker, -%2,626 oranında ağırlık kaybı ile fosilsiz kalker, en az ağırlık kaybı ile -%0,446 oranında iri fosilli kalker izlemiştir. Marmara beyaz mermerinin kapiler seviyelerinde köpüksü çiçeklenmeler gözlenmiştir (Şekil 6) [15].



Şekil 6. Yapı taşlarının 15 gün süre ile %3 oranında Na₂SO₄ ile etkileşimi sonrası oluşan tahrip.

Kayaç		Kayaç Boyutu (mm)	Çözünebilir Tuz Kristalizasyon Test Öncesi		15 Tekrarlamalı Çözünebilir Tuz Kristalizasyon Test Sonrası			
			Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Kuru birim ağırlık (gr)	Ortalama Kuru birim ağırlık (gr)	Ağırlık değişimi (%)	Ortalama (%)
İri Fosilli Kalker	P1-1	49x50x50	267,00	266,11	264,68	264,12	-0,269	-0,446
	P1-2	51x50x48	265,21		263,56		-0,622	
Az Fosilli Kalker	P2-1	49x49x48	262,33	259,61	252,97	246,98	-3,568	-4,881
	P2-2	49x49x49	256,89		240,98		-6,193	
Fosilsiz Kalker	P3-1	48x49x49	204,94	203,63	199,81	198,29	-2,503	-2,626
	P3-2	49x48x49	202,32		196,76		-2,748	
Marmara Beyazı	MB-1	80x52x51	553,96	586,72	554,78	587,55	0,148	0,142
	MB-2	77x57x52	619,48		620,32		0,136	

Sonuçlar

Taşların farklı ayrışabilirlik özelliklerine bağlı olarak yüzeysel bozulma, kırılma, tozlaşma, kabuklanma, çiçeklenme, plakalar halinde ayrılmalar ile taşın erozyonu söz konusu olabilmektedir. Tuz kristalizasyonu, geleneksel yapıların duvarlarının zemine yakın yüzeylerinde görülmektedir. Suda çözünen tuzlar, kapillarite ile yapı cephesine taşınarak, su yapı taşı bünyesinde buharlaşarak, tuzların kristalleşerek yapı taşı bünyesine nüfuz etmesiyle kayaç zamanla içten içe tahrip olacaktır. Tuzun kökeni, kayaç orijinli boşluklu duvar elemanlarıdır. Tuzun çözünüp tekrar kristalleşmesiyle, yapı cephesinde tuz çiçeklenmeleri oluşmaktadır. Çiçeklenme özellikle sıcaklık, nem ve havadan etkilenir. Yağmurlu dönemlerden sonra, güneş ve sıcaklık etkisinde buharlaşma oldukça çabuk gelişir ve taş yüzeyinde tuz kristalleri oluşur. Kışın genellikle buharlaşmanın yavaş olması yüzeydeki tuzun göçüne izin verir. Zamanın geçmesiyle birlikte duvar yüzeyindeki nem yenilenmezse çiçeklenmelerin gelişimi artar. Oluşan çiçeklenmeler, geleneksel yapı cephelerinde yapı taşlarının açık yüzey renklerini koyu yüzey renklerine dönüştürürler.

Tablo 5. Taşların tahrip (bozulma) dereceleri (Alteration degrees of stones)

Tuzlar	en fazla	fazla	orta	az
%3 Na ₂ SO ₄	P3	P2	P1	MB
%3 MgSO ₄	P3	P2	P1	MB
%1 Na ₂ SO ₄	P3	P2	P1	MB
%1 MgSO ₄	P3	P2	P1	MB

Gözenekli yapı malzemelerinin tahribinde en etkili olan Na₂SO₄ ve MgSO₄ çözünebilir tuzları ele alınmıştır. Sonuç olarak deney örnekleri üzerinde tuz tahribati etkililiği çoktan aza doğru %3'lük Na₂SO₄, %3'lük MgSO₄, %1'lik Na₂SO₄, %1'lük MgSO₄ şeklinde sıralanabilir. Asitler karşısında tahrip olma çoktan aza doğru sıralanacak olursa fosilsiz Pınarhisar kalkerleri, az fosilli Pınarhisar kalkerleri, iri fosilli Pınarhisar kalkerleri ve Marmara beyaz mermeri şeklinde sıralanabilir. Fosil içeriğine göre kireç taşlarının asitlere karşı dayanımlarını çoktan aza doğru sıralayacak olursak; iri fosilli Pınarhisar kalkerleri, fosilsiz Pınarhisar kalkerleri, az fosilli Pınarhisar kalkerleri fosil içeriği yüksek olan kalkerlerin dayanımlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Sedimanter (tortul) kayaçların (kireçtaşı) ağırlık kaybının metamorfik kayaçların (mermer) ağırlık kaybından daha fazla olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Kireçtaşları, İstanbul'daki Osmanlı ve Bizans dönemi yapılarında oldukça fazla kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan taşlar ise günümüzde pek çok tarihi taş yapının restorasyonunda ve modern yapılarında kullanılmaktadır. Soğucak formasyonun numulitli kalkerlerinden olan Pınarhisar kireçtaşları, İstanbul'da taş ocaklarının yerleşim yerlerinin altında kalması ile Pınarhisar taşları ile küfeki taşlarının mühendislik özelliklerinin benzer olması sebebi ile Pınarhisar kalkerlerinin önemi gün geçtikçe artmıştır.

İstanbul tarihi eserlerinin restorasyonlarında yoğun kullanılan Pınarhisar kalkerleri tuzlara karşı dayanımları zayıf olması sebebi ile tuza maruz kalan bölgelerde kullanımı tercih edilmemelidir. Eğer çok kullanılması gerekiyorsa da yoğun ve iri fosilli kalker türü kullanılmalıdır.

Kaynaklar

1. Eriç, M., "Yapı Fiziği ve Malzemesi", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1994.
2. Blows J.F., Carey P.J., Poole A.B., "Preliminary investigations into Caen Stone in the UK; us use, weathering and comparison with repair Stone", Building and Environment 38, 1143-1149, Pergamon Press., 2003.
3. Wessman, L., "Studies on the Frost Resistance of Natural Stone", Lund University, Lund Institute of Technology, Licentiate Thesis, Division of Building Materials, Sweden, 1997.
4. Woolfitt, C., "Soluble Salts in Masonry", The Building Conservation Directory, London, 2000.
5. D'armada, P., "Prediction and Prevention of Hygroscopic Salt Activity in Historic Buildings", Journal of Architectural Conservation, Volume 11, Donhead Publishing, Shaftesbury, England, 2005.
6. Haneef, S.J., Johnson, J.B., Dickinson, C., Thompson, G.E., Wood, G.C., "Effect of Dry Deposition of NO_x and SO₂ Gaseous Pollutants on the Degradation of Calcareous Building Stones", Atmospheric Environment, Vol.26A, No.16, 1992.
7. Yıldırım, N., "Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması", İTÜ FBE Master Tezi, İstanbul, Ocak 2007.
8. Gündüz L., Ulusoy, M., Başpınar, E., "Orta Anadolu Volkanik Kayaç Oluşumlarının Doğal Kaplama ve Yapı Taşı Olarak Teknik Değerlendirmesi", Türkiye V. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu, s.251-267, Afyon, 2-3 Mart 2006.

9. Ulusoy, M., "Different igneous masonry blocks and salt crystal weathering rates in the architecture of historical city of Konya", *Building and Environment*, ISSN: 0360-1323, 42, 8, 3014-3024, 2007.
10. Selwitz, C., Doehne, E., "The evaluation of cristallization modifiers for controlling salt damaga to limestone", *Journal of Cultural Heritage*, ISSN: 1296-2074, 3, 3, 205-216, 2002.
11. Charola E.E., "Salts in the Deterioration of Porous Building Materials: An Overview", *Journal of the American Institute for Conservation, JAIC 2000*, Vol. 39, Article 2, 2000.
12. Böhm Bläuer, C., "Quantitative Salt Analysis in Conservation of Buildings", **Restoration of Buildings and Monuments**, Volume 11, No:6, Zürich, Switzerland, 2005.
13. Rijniers, L.A., "**Salt Crystallization in Porous Materials: an NMR Study**", *PhD Thesis*, Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands, 2004.
14. Gündüz L., Ulusoy, M., Başpınar, E., "Volkanik Kayaçların Dış Mimari Kaplamalarda Kullanımı Üzerine Teknik bir İnceleme", 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Sempozyumu, s.114-131, İstanbul, 2006.
15. Dal, M., "Pınarhisar - Vize (Kırklareli) Bölgesi Kalkerlerinin Restorasyonda Kullanılabilirliği", *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, Edirne, 2008.
16. TS 699, "Tabii Yapı Taşları - Muayene ve Deney Metotları", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1987.
17. TS-12370, "Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2001.