

## THE SELECTION AND USAGE OF THE NATURAL STONES IN THE RESTORATION OF HISTORICAL BUILDINGS

### ABSTRACT

In Turkey, due to various factors historical buildings with cultural value have been seriously damaged. Especially building stones used in masonry historical buildings are affected by the environmental factors in time and thus are deteriorated. This causes detail loss and structural damage in historical buildings. Thus, various preservation and restoration activities are needed to prevent or in better words to minimize the deterioration of stones. However, incorrect restoration usually due to unsystematic or wrong choice of material leads to irretrievable results. Various factors affect the success of preservation and restoration activities. Especially the correct and adequate analysis of the original stone, the appropriateness of the method and the accumulated knowledge are the major factors underlying this success. Such physical, chemical and mechanical properties of the original stone material under restoration or preservation as its origin, geological and mineralogical structure, its function and usage area in the building, acid-base resistance, salt content and interaction with the other materials, the condition and composition of the plaster if it is applied on the surface of the stone, the surface processing technique of the stone and its stroke and pressure resistance in wet and dry states etc. should be determined in advance. In addition to these, such factors as exterior environmental conditions, temperature changes, the types and densities of the harmful gases in the atmosphere, precipitation and plants etc. should also be taken into consideration.

In the case of deep surface alterations of natural stones, renewal works must be required. First of all, historic stone quarries should be researched in order to select the appropriate stone. After that, the experimental studies should be conducted on the samples taken from the quarries and according to the evaluation of test results, the most appropriate stone should be suggested for renewal works.

In this article, the experiment systematic defined in DIN 52106 is explained for selecting the appropriate natural stone which will be able to used in restoration of historic buildings.

# Tarihi Yapıların Onarımında Doğal Taş Seçimi ve Kullanımı

EROL GÜRDAL\*  
SEDEN ACUN ÖZGÜNLER\*\*

## ► I. Giriş

Doğal taşlar, çok eski dönemlerden günümüze dek, giderek artan bir biçimde yapılar da kullanılmaktadır. Doğal taşlar, tarihi yapılar da tasarımcı tarafından güç ve dayanıklılık sembolü olarak, kalıcı eserler yapmak üzere kullanılmıştır.

Taş yapılar; sürdürülebilir mimari akımını destekler; geçmişin, bugünün ve yarının mimarisi arasındaki bağlantıyı ifade eder. Doğal taşlar yalnızca dayanıklılık özellikleri ile değil, sahip oldukları renk ve doku çeşitlilikleri ile de tercih edilmiştir. Mısır'da MÖ 2560 tarihinde inşa edilmiş, yalnızca doğal taş bloklar-

Doğal taşlar, tarihi yapılar da tasarımcı tarafından güç ve dayanıklılık sembolü olarak, kalıcı eserler inşa etmek üzere kullanılmıştır.

dan yapılan Büyük Gize piramitleri halen ayaktadır. Burada taş; gücü, otoriteyi ve uzun ömürlülüğü ifade eden anıtsal yapılar yaratmak için kullanılmıştır.

İlk taş yapılar, savunma yapıları olarak karşımıza çıkmaktadır. Taş; katı ve ağırdır, güvenlik duygusu verir; örneğin MÖ 5. yüzyılda ya-

pılmış olan Çin Seddi, taş yapıların halen ayakta kalabilmiş en önemli örneklerden biridir. Taş, çok uzun zamandan beri kalıcılık ve sağlamlık kavramları ile eş anlamlı olmuştur.

On altıncı yüzyıldan günümüze kadar gelebilmiş birçok değerli eserin baş mimarı olan Mimar Sinan, birçok yapısında Bakırköy-Haznedar civarından çıkarılan, küfeki (maktralı kalker) olarak bilinen taş kullanmıştır. Bunun yanı sıra, Erken Bizans ve Geç Osmanlı dönemindeki yapılar da "Od taşı" adı ile bilinen tüfler, yoğunlukla pencere sövesi, cephe kaplama taşı vb. olarak veya saray mutfaklarındaki ocaklarda kullanılmıştır. Bunların dışında Topkapı Sarayı'nda, Süleymaniye Camii'nde; Hereke pu-

\* Prof. Dr. Erol GÜRDAL; İTÜ Mimarlık Bölümü; e-posta: gurdale@itu.edu.tr.

\*\* Doç. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER, İTÜ Mimarlık Fakültesi; e-posta: acunsed@itu.edu.tr.

dingi, breş, serpantin türü taşların kaplama malzemesi olarak, granit ve mermer gibi taşların da taşıyıcı ayaklarda kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizin taş rezervi açısından zengin olması da, yapılarda doğal taş kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Endüstri Devrimi ile birlikte hızla

gelişen teknolojinin sonucunda, hava kirliliğinin artmasıyla dayanıklı doğal taşların bile hızla erozyona uğradığını, yüzyıllar boyu ayakta durabilmeyi başarmış yapıların tahrip olduğunu görmekteyiz. Hava kirliliği, küresel ısınmaya bağlı değişen iklim koşulları, deprem gibi afetler yapılar için

çok büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle gerek yeniden yapımda gerekse onarımlarda kullanılacak malzemelerde doğru seçim ilkelerine bağlı kalmak yararlı olacaktır.

Bu çalışmada, doğal taşların yapılardaki kullanım yerleri ve seçim kriterleri irdelenmiştir.



Şekil 1. Yığma yapı örnekleri-Taşın sürekli kullanımı (İstanbul), Surlar.



Şekil 2. Yığma yapı örnekleri-Taşın sürekli kullanımı (İstanbul), Tekfur Sarayı.



Şekil 3. Mermer sütunlar-Taşın noktasal kullanımı (İstanbul): İ.Ü. Beyazıt Yerleşkesi giriş kapısı.

## II. Yapılarda Doğal Taş Kullanımı

Taş çok yönlü kullanımı olan; yapılarda duvar, döşeme ve çatı gibi kısımlarda değerlendirilebilen bir malzemedir. Taş; mekanik dayanımının yüksek olmasının yanı sıra, fiziksel özellikleri ile de iç mekânda termal konforu (geç soğuma özelliği, ısı depolama kapasitesi) sağlamaktadır. Örneğin, Mardin, Urfa ve Diyarbakır evleri yöreye özgü doğal taşlar ile inşa edilmiş, bu sayede bölgesel bir mimari kimlik ortaya çıkmıştır.

Doğal taşlar; doğrudan elde edilebilen, çevreye zararlı maddeler yaymayan, geri dönüştürülebilir, (yeniden kullanım olanağı sağlayan), ekolojik bir malzemedir. Doğal taşlar, yapıda kullanılan birçok malzemenin de ana maddesidir. Örneğin agrega olarak; beton, pişmiş toprak gibi malzemelerde; ayrıca çimento, kireç ve alçı gibi bağlayıcıların üretiminde kullanılmaktadır.

Doğal taşlar, yalnızca yapılarda değil, peyzaj düzenlemeleri, kent mobilyaları, heykeller, süs eşyaları, mezarlıklar vb. alanlarda da yaygın olarak kullanılan bir malzemedir.

### II.1. Doğal Taşların Taşıyıcı Olarak Kullanımı

Çok eski devirlerden günümüze dek, doğal taşlar yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılmıştır. Endüstri Devrimi ile birlikte betonarme ve çelik gibi malzemeler üretilmiş; yapılarda bu malzemelerle inşa edilen karkas (iskelet) sistem ile yeni bir yapım teknolojisi ortaya çıkmış ve yaygınlaşmıştır. Ancak bu döneme kadar, doğal taş bloklarla örülen duvarlarla oluşturulan yığma yapılar çok yaygındı.

Taşıyıcı sistemde taş kullanımı iki şekilde gruplandırılabilir: Sürekli kullanım olarak duvarlarda ve noktasal kullanım şeklinde sütun ve ayaklarda. Ayrıca doğal taşlar, açıklık geçen sistemlerde; lento, kemer, payanda, tonoz ve kubbe yapımında da sıklıkla kullanılmıştır. Yapılan bir araştırmaya göre (Y. Güngör, vd., 2008) doğal taşların günümüzde kullanım yerlerine göre tercih oranları şu şekildedir:

- Zemin Döşemeleri.....%40
- İç ve Dış Kaplama.....%27
- Anıt Yapılar, Mezarlar.....%13
- Süs Eşyası Yapımı.....%8
- Diğer Alanlar.....%12

### II.2. Doğal Taşların Kaplama veya Dekoratif Olarak Kullanımı

Günümüzün depreme dayanıklı, yüksek binalar yapma eğilimi nedeniyle, yığma yapım sistemi yerine betonarme ve çelik karkas sistemler daha ön plana çıkmaktadır. Bundan dolayı, taşıyıcı sistemde doğal taş kullanımı eskisi kadar rağbet görmemektedir. Doğal taşlar, yapılarda yatayda ve düşeyde kaplama olarak ya da dekoratif ürünlerde daha fazla tercih edilmektedir. Doğal taşlar, bilhassa dayanıklılık özellikleri ve taş işleme teknolojisinin gelişmesi ile kolaylıkla elde edilebilen estetik yüzeyler sayesinde, diğer yapı malzemelerine göre daha çok talep görmektedir.



Şekil 4. Dış cephelerde taş kaplama kullanımı örnekleri (İstanbul): a) Haydarpaşa Garı, b) Dr. Reşat Belger Göz Hastanesi.

### III. Doğal Taşların Kullanım Amacına Göre Beklenen Performans Özellikleri

Mimari tasarım aşamasında, yapı elemanlarının biçimlenmesini doğrudan etkileyen faktörler vardır. Doğru taşın doğru şekilde kullanılabilmesi; yani uzun dönem performans gösterebilmesi için, taşın özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Doğal taşların seçiminde; fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri, ekonomik olması, temin kolaylığı ve görünüş-estetik gibi faktörler seçim parametreleri olarak kullanılmalıdır.

Geçmişte tarihi eserlerde taşların renk, doku vd. özelliklerinin yanı sıra, o dönemlerde yaşanan nakliye sıkıntısı nedeniyle kolayca temin edilebilenlerin seçilmesi söz konusuydu. Arşiv belgelerine göre (S. Acun Özgünler, 2007), yapının inşa edileceği bölgedeki ocaklardan veya en yakın yerden getirilebilecek taşları seçme eğilimi vardı. Bu nedenle İstanbul ve çevresinde çok kullanılan kireçtaşının yanı sıra; dayanıklılığı düşük volkanik tüf cinsi taşların da atmosfere açık yerlerde kaplamalık olarak kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Fener-Balat'taki yığma taş binaların cephelerinde "Od taşı" diye bilinen yeşil renkli riyolitik-dasitik tüf cinsi taşlar yaygın olarak kullanılmıştır.

#### III.1. Doğal Taşlarda İzlenmesi Gereken Deney Esasları

Tarihi yapıların onarımında kullanılacak taşlarda özgün taşın en

uygun olanın seçilmesi, yapının özgünlüğünün bozulmaması açısından titizlikle üzerinde durulması gereken bir konudur. Renk ve doku açısından benzer olan yeni taşın kullanılabilmesi için, özgün taş ile uyumlu olup olmadığının test edilmesi gereklidir. Yeni taşın, özgün taşta daha önceden tespit edilmiş karakteristik özellikleri taşıyıp taşımadığı ve ayrıca atmosfer şartları altında dayanıklı olup olmayacağını denemesi gereklidir. Taş hasarlarındaki çeşitliliğe, en çok değişken atmosfer şartlarına maruz kalan taşlarda rastlanmaktadır. Her şartta uygulanması gereken deneyler, yapılması gereken analizler bulunmaktadır. Örneğin, DIN 52106'da, doğal taşların atmosfer koşullarında dayanıklılığının muayenesi için her koşula uyabilecek bir yöntem genellenmektedir. Bu standartta;

1. Ocakta ve mevcut yapılarda yapılacak deneyler,
2. Petrografik araştırmalar,
3. Fiziksel ve teknolojik deneyleri içeren laboratuvar çalışmaları belirtilmektedir.

Bununla birlikte DIN 52106, iklimin yapı malzemesi üzerindeki etkilerinin, bulunduğu bölge ve kullanım yerine göre değiştiğini; bir yapı malzemesinin tespit edilen özellikleri için belirtilen bütün konuların bir deney şeması ile değerlendirilmesi aşamasında, daha önceki deneyimlerden de faydalanılması gerektiğini belirtir.

Şekil 5'de gösterilen deney akım şemasında, onarımlarda kullanılacak yeni taşın seçimi öncesinde yapılması gereken karakterizasyon ve performans (*durability*) deneyleri gösterilmektedir. Bu şema adım adım izlendiğinde en doğru sonuca ulaşılabilecektir.

Onarımda kullanılacak taşın seçiminde, öncelikle gözle muayene (görsel analiz) yapılır. Bu görsel analizle yapıda kullanılan taşın iklim şartlarına maruz kalan kısımları incelenip iyi durumda olduğu gözlemlenirse, taşın hava tesirlerine karşı dayanıklı olduğu kabul edilir. Eğer yapıda kullanılan taşın, iklim şartlarına maruz kalan kısımlarında dayanıklılık şüphesi varsa ikinci, yani petrografik araştırma aşamasına geçilir. Bu aşamada, taşlardan ince kesitler alınarak gözle, büyüteçle ve polarize mikroskop altında incelemeler yapılır. Bu incelemelerde, taşın renk ve dokusunda anormal bir durum söz konusu değilse, malzemenin hava tesirlerine dayanıklı olduğu düşünülebilir; ancak renk ve doku açısından önemli bir sorun varsa, aksi de söylenebilir. Eğer taştaki sorun az ise, üçüncü aşamadaki fiziksel-teknolojik incelemeler yapılmalıdır.

Yeni taşın karakterinin belirlenmesinde uygulanması gereken petrografik analizler, su emme, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık (doluluk-boşlukluluk oranları) vb. fiziksel özellik deneyleri ilgili



Şekil 5. Fener Balat bölgesi, Od taşı kullanımına örnekler.



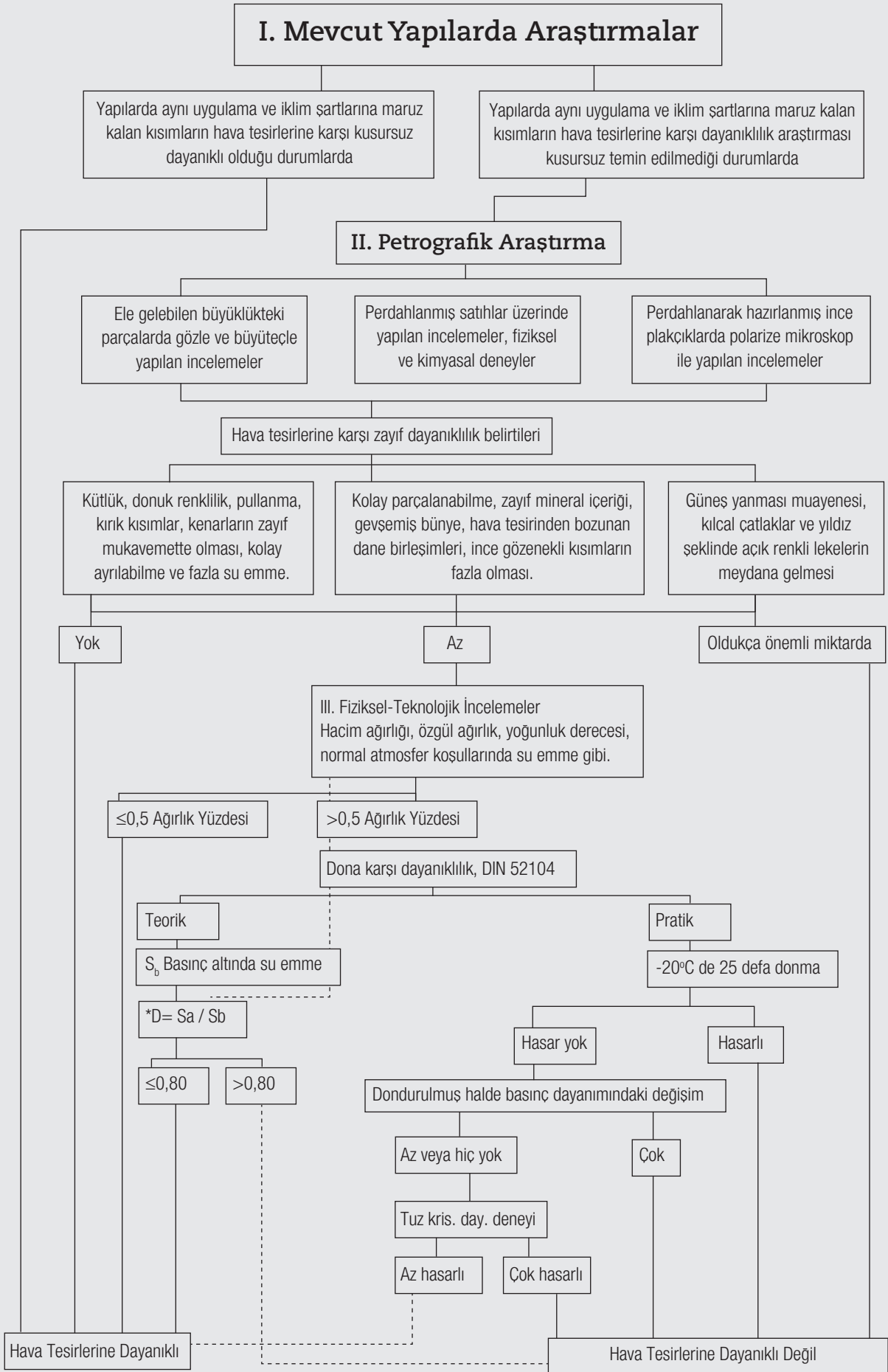
standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Özellikle taşın su emme oranı %0,5'den fazla olduğunda, taşın dona dayanıklılık deneylerinin de yapılması gerekir. Dona dayanıklılık, teorik ve pratik olarak ölçülebilmektedir. Teorik ölçümde, taşın normal atmosfer basıncında su emme oranının, basınç (yüksek basınç<sup>1</sup>) altında su emme oranına bölünmesiyle “doyma katsayısı” bulunmaktadır. Doyma katsayısı “ $D=Sa/Sb \leq 0,80$ ” olduğunda, taşın dona dayanıklı olduğu kabul

edilir. Katsayı  $D > \%80$  olduğunda don deneyine tabi tutulmalıdır. Eğer  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de 25 çevrim donma-çözünme deneyine tabi tutulan taşlarda hasar bulunmazsa, taşın donma etkilerine dayanıklı olduğu söylenebilir. Bu deneyler sonucunda hasar yoksa ya da azsa, basınç dayanımı deneyi yapılır; sonuçlar eskitilmeden önceki sonuçlarla karşılaştırıldığında, aradaki fark %15'in altında ise, yeni taşın dayanıklılığının iyi olduğu kanaatine varılır, dolayısıyla kullanımının

uygun olacağına karar verilir. Az veya hiç değişme olmadığı durumda da, 52111 standardında belirtilen “Tuz kristallerine dayanıklılık deneyi” yapılır. Bu deney sonunda tekrar bir değerlendirme yapılır, buna göre hasar az veya hiç yoksa, kesin olarak taşın hava tesirlerine dayanıklı olduğu söylenir.

Bu deney sonuçları bize, kullandığımız taşın değişken atmosfer şartlarında göstereceği davranışları, diğer bir deyişle, “ömürü” hakkında bilgi verecektir.

1 TS699'a göre yüksek basınç deneyi şu şekilde yapılır: Sabit ağırlığa kadar kurutulmuş olan örnek, deney yapılacak tanka konur ve havası boşaltılır. Daha sonra 150atm basınç altında su verilerek bütün boşlukların su ile dolması sağlanır. Bu yolla, basınçlı su emme değeri bulunmuş olur.



\* D= Doyma katsayısı: Normal atmosfer basıncında su emme; S<sub>a</sub> / S<sub>b</sub>: Basınç altında su emme

Sekil 5. Doğal taşların hava etkilerine karşı dayanıklılığının araştırılması için yapılması gereken deneyler, DIN 52106.



Tablo 2: Doğal taşların kullanım amaçlarına göre uygulanacak deneyler, DIN 52100

Araştırılacak Özel-likler Dene Çeşitliliği	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Zemin üstü Yapıları Genel	Anıtsal Yapılar	Köprüler	Su Yapıları	Yol Parkeleri	Blokaj	Bordür Taşları	Yaya Yolu Plakaları Merdiven Basamakları	Yol İnşaatı için kırma taş, mıcır, çakıl	Balast	Yol Betonu için Agrega	Çatı Arduvazı
1	Ocakların araştırılması, numune alma	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Mevcut yapılarda inceleme	E	(E)	(E)	(E)	(E)	(E)	(E)	(E)	E	(E)	E
3	Petrografik yapı	K+	K+	K+	K+	K+	K+	K+	K+	K+	K+	K+
4	Kimyasal araştırma		(E)									(E)
5	Ağırılık ve boşluk oranları	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
6	Su emme	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Dona dayanıklılık	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Basınç dayanımı	K+	K+	K+	K+	K+	K+	(E)	+		K+	
9	Eğilmede çekme dayanımı	(+)	(+)	(+)	(+)			K+				K+
10	Darbe dayanımı				+						+	
11	Sürtünmeden dolayı aşınma				+		+	+	+		+	
12	Asitlere karşı dayanıklılık			(+)								+
13	Su geçirgenliği	(E)		(E)								
14	Kılcak yükselme	(E)	(E)	(E)								
15	Sekil ve boyutlar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	Dane şekli								+	+	+	
17	Elek analizi								+	+	+	
18	Agresanın yabancı madde içeriği								+	+	+	
19	m <sup>2</sup> ağırlığı								(+)	+	(+)	
20	Kırma taşın basınç dayanıklılığı								K+			
21	Kırma taşın darbeye dayanımı								K+	+		
22	Kayganlık				+		+	+				

+: Gerekli

(E): Özel hallerde arzu edilir

K+: İşaretili deneyler kontrol amacı ile teslim alma süresince yapılır.

E: Arzu edilir

(&gt;): Sarta bağlı olarak gerekli.



### III.2. Doğal Taşlarda Seçim Kriterleri

Doğal taş seçimi, yapıda kullanılacağı yerin ihtiyaç ve gereklilikleri göz önüne alınarak ve taşın fizikokimyasal ve mekanik özellikleri değerlendirilerek yapılmalıdır. Bu özellikler, akredite (veya bağımsız) laboratuvarlarda yapılacak deneylerle belirlenmeli ve bu sonuçlar değerlendirildikten sonra taş seçimi yapılmalıdır. Örneğin, dış cephe kaplaması olarak kullanılacak taşın su emme ve genleşme özelliği önem kazanırken, zeminde döşeme kaplaması olarak kullanılacak taşın sertlik, aşınma dayanımı vb. özel-

likleri, taş seçiminde daha ön plana çıkmaktadır.

Örneğin, yaya trafiğinin çok yoğun olduğu otogarlar, tren istasyonları, hava alanları, hastaneler ve alışveriş merkezlerinin açık ve ıslak ortamlarında yer döşemesi olarak kullanılması düşünülen doğal taşların:

1. Mohs sertliğinin en az 5 ve üzerinde olması,
2. Yüzeysel aşınma dayanımının yüksek olması,
3. Hacimce su emme ve porozitesinin düşük olması,
4. Kuvars içeriğinin fazla olması,
5. Darbe ve eğilme dayanımla-

nın yüksek olması, gerekmektedir.

Basamakların ve rıhtların kaplanmasında düşünülen doğal taşların ise: Darbe ve aşınma dayanımı ile eğilme dayanımının yüksek, su emme ve porozitesinin ise düşük olması beklenmektedir.

Doğru taşın doğru yerde kullanılmasını sağlamak amacıyla:

- DIN 52100 gibi standartlarda doğal taşların seçimi ve değerlendirilmesi için geçici sınır değerler, Tablo 1'de;
- Doğal taşların kullanım amaçlarına göre uygulanacak deneyler ve önem sıraları, Tablo 2'de gösterilmektedir.

## IV. Sonuç ve Öneriler

Taşlar, renk, doku ve dayanıklılık bakımından yer kabuğunun çok değerli bir hazinesidir. Tablo 1'de de izlendiği üzere, uygun şartlarda seçilen taşlar, her koşulda uzun süre dayanıklılık gösterecektir. Tarihi dönemlerden günümüze, ancak kullanılacağı ortam şartlarına uygun olarak

seçilen taşlar gelmiş, uygun olanlar elenmiştir. Örneğin, açıkta kullanılmaması gereken serpantin breşinin, UV ışınları ve havanın nemi ile rengi solar ve içerisindeki mineraller ayrışır. Yine, ocakta yüksek sıcaklık ortamında dayanıklı olan tüfler, dışta atmosfer etkilerine açık olarak kullanıldı-

ğı zaman, içerisindeki feldspat ayrışır ve gözenekleri artarak bozunur. Bu nedenle, yanlış taş seçimi nedeni ile yıpranan yapıların onarımında, yeni seçilecek taşların renk, doku açısından benzer olması; ancak aynı cins taşın, daha iyi kalitedeki türlerinin seçilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- 1- Acun, S., Arioglu, N., 2006, "A Method Concerning the Preservation and Restoration Works of the Stones Used in Historical Buildings", *Architectural Science Review*, sayı 49.2, s. 1-12.
- 2- Acun Özgünler, S., 2007, *Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- 3- Ashurst, J., Ashurst, N., 1990, *Stone Masonry, English Heritage Technical Handbook*, 1, Gower Technical Press Ltd.
- 4- Galan, E., Carretero, M. I., Mayoral, E., 1999, "A Methodology for Locating Original Quarries Used for Constructing Historical Buildings; Application to Malaga Cathedral, Spain", *Engineering Geology*, c. 54, sayı 3-4, s. 287-298.
- 5- Gürdal, E., 2000, *Yapı Malzemesi Ders Notları*, İTÜ Mimarlık Fakültesi.
- 6- Güngör, Y., Angı, S., Yüzer, E., 2008, *Doğal Taş Deyince*, Granitaş Taş Kültürü Yayını.
- 7- DIN 52106, 2004-07, *The Test Methods for the Assessment of the Weathering Resistance*, German Institute of Standards.
- 8- DIN 52100, 2004-07, *Natural stone-Petrographic examinations-General and Summary*, German Institute of Standards.
- 9- *Doğal Taşlar, Deney Metotları*, TS 699, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.