

BAZI DOĞAL TAŞLARIN TEKNO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE UYGUN KULLANIM ALANLARININ BELİRLENMESİ

Önder UYSAL* Hamdi AKÇAKOCA** ismail TOPAL***

* Yrd.Doç.Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya.
uyosal@dumlupinar.edu.tr

** Yrd.Doç.Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya.
hkoca@dumlupmar.edu.tr

*** Arş.Gör., Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya,
itopal@dumlupinar.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, bazı mermer türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilerek, inşaatlarda yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında, Afyon beyaz, Afyon bulutlu, Bilecik göl beji, Bilecik royal bej ve Sivrihisar bej türü mermerler incelenmiştir. Önce bu mermer birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiş, daha sonra elde edilen bu değerler, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen standartlar ile karşılaştırılmış ve söz konusu mermerlerin, yer döşemesi, duvar kaplaması, merdiven basamağı v.s. kullanım alanlarına uygunluğu araştırılmıştır. Son olarak bu mermer türlerinin tekno-mekanik özelliklerinin üretimde kalite kontrolünün sağlanmasına ve Üretim sürecinin iyileştirilmesine olan etkileri vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: fiziksel ve mekanik Özellik, kaplama malzemesi, mermer, yapı malzemesi

THE TECHNICAL-MECHANICAL SPECIFICATIONS OF SOME NATURAL STONES AND THE DETERMINATION OF SUITABLE USAGE AREAS

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the usability of an construction and covering material in buildings and also to determine the physical and mechanical properties of some marble types. In this study, Afyon beyaz, Afyon bulutlu, Bilecik göl beji, Bilecik royal bej and Sivrihisar bej marble types were studied. Firstly the physical and mechanical properties of these marble types were determined and evaluated. After that these determined values were compared to values suggested by Turkish Standarts Institute (TSI). According to these determined values some evaluations were carried out for the suitability of usage areas such as flooring, wall covering, step etc. In the last evaluation, the effects of the technical-mechanical specifications of the marble types to was emphasized improve of the production process to obtain quality control.

Key Words: physical and mechanical properties, covering material, marble, construction material

1 Giriş

Mermerler, bilimsel anlamda; kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, yeniden kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla meydana gelen taşlardır. Endüstriyel olarak ise; endüstriyel alanda kesilip, her türlü yüzey işleminden geçebilen (cilalama, kumlama, yakma, çekiçleme vb.) ve ticari değeri olan her türlü kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır. Petrografik manada ise; masif, kabaca tekdüze irilikte (geçirdiği metamorfizma şekline göre) kalsit kristallerinin arasında boşluk bırakmaksızın dirildiği bir mozaiktir (Onargan ve Köse, 1997). Mermerleri oluşumlarına göre; hakiki mermerler, kristalize kalkerler (kireçtaşları), traverten ve oniksler, magmatik kökenli mermerler ve tüfler olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu çalışmada hakiki mermerler ele alınmıştır.

Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan mermerin Özellikle ülkemiz için ayrı bir önemi vardır. Türkiye mermer kaynakları açısından oldukça zengin bir ülke konumundadır. Dünya doğal taş rezervinin %40'ı Türkiye'de bulunmaktadır. Ülkemiz mermer ihracatından yılda yaklaşık 300 milyon \$ gelir elde etmektedir ve bu değer sürekli artış eğilimindedir (İMMİB, 2002). Bu değer ile mermer, madencilik sektörü ihracatında ilk sırada yer almaktadır. Ancak, bu olumlu yaklaşıma rağmen, Türkiye dünya pazarında hak ettiği yerde bulunmamaktadır. Dünya rezervinin % 40'ına sahip olmasına rağmen, üretimin ancak % 3.1'ini karşılamakta ve dünya toplam ihracat rakamının % 2.3'ünü elde etmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bu sektördeki pazarın büyüklüğü ve Türkiye'nin bulunduğu ve ulaşması gereken noktalar açıkça görülmektedir. Bu durumun irdelenerek çözüm önerileri geliştirilmesi gerekmektedir.

Mermer işletmeciliğinde toplam kalite kontrol anlayışına gereken önem verildiğinde, bu önemli doğal kaynağın yurt içi kullanımı ve ihracattaki payı önemli oranda artacaktır. Ancak bu önem verme nasıl oluşturulacak? Bunun prosedürü mermerin ocaktan üretilip, kullanım yerine kadar geçireceği tüm aşamaların bilimsel olarak iyi bir şekilde analiz edilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması şeklinde tarif edilebilir. Böylece mermerin kullanıldığı yer ve amaca uygunluk derecesi, fiziksel durumu, renk, desen ve tekno-mekanik özelliklerinin iyi bir şekilde tanımlanması, istenen kalite özelliklerini sağlayacaktır. Mermerlerin tekno-mekanik özelliklerinin iyi bilinmesi ve standartlar dahilinde kullanıma uygun hale getirilmesi, mermerin hem kalitesini, hem de ekonomik değerini artırmaktadır. Buna paralel olarak ta, yurt içi ve yurt dışında daha kolay pazar bulmalarını

sağlamaktadır. Bir başka deyişle, mermerin tekno-mekanik özellikleri ne kadar iyi bilinirse, kalitesi ve ekonomik değeri de aynı oranda artmaktadır.

Bu çalışmada, genelde yaygın olarak kullanılan bazı mermer türleri ele alınmıştır. Bu mermerlerin, bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneyler yapılmış ve deney sonuçları değerlendirilmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu TS 10449 Standardı ile karşılaştırılarak, bu mermer türlerinin yapı malzemesi olarak kullanılabilirlikleri ortaya konmuştur.

2. İncelenen Mermer Birimleri Ve Uygulanan Deneyler

Kayaçlar sınıflandırılırken veya çeşitli mühendislik işlemlerinde kullanılırken fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Onargan, Köse, 1997). Bu fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenebilmesi için arazide ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çeşitli deney ve analizler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu mermer birimleri üzerinde ISRM (1981) ve TS 699 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilen deneyler neticesinde, birim hacim ağırlık, porozite, doluluk oranı, su emme oranı (kütlece), schmidt sertliği, sürtünme ile aşınma dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve don sonrası basınç dayanımı değerleri tespit edilmiştir (ISRM, 1981; TS 699, 1987). Deneyler Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Laboratuarda gerçekleştirilen deneyler neticesinde elde edilen veriler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1'de örneklerin deneyler ile belirlenen bazı fiziksel özellikleri, Tablo 2'de ise bazı mekanik özellikleri görülmektedir. Tablolarda ayrıca "yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlar" ile ilgili standartları belirleyen TS 10449 standardına ait değerler verilmektedir (TS 10449,1992).

Ocaktan çıkarılan, fabrikada kesilip, işlenen ve satışa hazır hale getirilen mermerlerin bütün fiziko-mekanik özelliklerinin standartlarda belirtildiği şekilde olması, onların kalitelerini ortaya koymaktadır. Başka bir deyişle fiziko-mekanik özelliklerine bağlı olarak, kalitesi yüksek mermer sınıfına girmektedirler. Buna paralel olarak kalitesi yüksek olan mermerin, ekonomik değeri de artmaktadır. Bu şekilde, hem ekonomik yönden cazip olan, hem de

kalite bakımından yüksek kaliteye sahip olan mermerlerin, hem yurt içinde ve hem de yurt dışında pazar bulma şansları daha kolay olmaktadır. Mermerlerin, gerek ekonomik değeri, gerek kalitesi ve gerekse de pazar bulma açısından bu denli önemli bir konuma sahip olan tekno-mekanik özellikleri incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır;

Tablo 1. Örneklerin Bazı Fiziksel Özellikleri.

Örnek Adı	Birim Hacim Ağırlık (S/cm ³)			Gerçek Porozite			Gerçek Doluluk oranı	Kütlice Su Emme (%)
	Numune Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Numune Sayısı	Ortalama	Standart Sapma		
Afyon Beyaz	5	2,69	0,12	5	1,11	0,09	99,89	0,16
Afyon Bulutlu	5	2,57	0,16	5	0,10	0,08	99,90	0,04
Bilecik Gül Beji	5	2,67	0,12	5	0,73	0,11	99,26	0,28
Bilecik Royal Bej	5	2,65	0,14	5	1,12	0,13	98,88	0,23
Sivrihisar Bej	5	2,60	0,16	5	0,30	0,33	99,70	0,11
TS 10449 standardı	En az 2,55 gr/cm ¹ olmalı. (>2,55 gr/cm ¹¹)			En fazla %2 Olmalı (<%2)			En az %93 Olmalı. (>%93)	En fazla %0,4 olmalı. (< % 0,4)

Tablo 2. Örneklerin Bazı Mekanik Özellikleri.

Örnek Adı	Schmidt Sertliği (L Tipli)			Sürtünme ile Aşınma Dayanımı (cm ² /50 cm ²)			Dolaylı Çekme Dayanımı (MPa)			Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)			Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		
	Deney Say.	Ort.	Std. Sapma	Numune Say.	Ort.	Std. Sapma	Numune Say.	Ort.	Std. Sapma	Numune Say.	Ort.	Std. Sapma	Numune Say.	Ort.	Std. Sapma
Afyon Beyaz	20	50,8	1,54	10	11,5	0,60	10	4,70	0,42	10	89,7	16,3	10	62,7	4,50
Afyon Bulutlu	20	36,8	2,17	10	18,5	1,02	10	4,99	0,84	10	63,3	4,32	10	57,4	7,82
Bilecik Göl Beji	20	59,0	1,56	10	9,0	0,56	10	7,38	1,62	10	122,2	27,1	10	90,4	5,53
Bilecik Royal Bej	20	53,5	1,58	10	10,6	0,72	10	6,32	1,02	10	90,7	16,2	10	63,2	9,24
Sivrihisar Bej	20	55,0	2,80	10	10,5	1,02	10	7,69	1,53	10	151,9	21,1	10	130,0	19,61
TS 10449 standardı	--			Yer döşemesinde en fazla 15cm ² /50cm ² Duvar kaplamasında en fazla 25cm ² /50cm ² olmalı			--			Yer döşemesinde en az 50 MPa Duvar kaplamasında en az 30 MPa olmalı			En az 30 MPa olmalı		

Mermerlerin fiziksel özelliklerinin, özellikle ilk aşamada sertlik ve renginin bilinmesi oldukça önemlidir. Bunun nedeni ise, mermerin kullanım yerinin belirlenmesinde bu iki özellikten oldukça yararlanılmaktadır. Mermerin sertliği arttıkça, ekonomik değeri ve kalitesi de artmaktadır. Buda mağmatik kökenli sert mermerlerin, diğer mermer cinslerine oranla ekonomik değerinin ve kalitesinin yüksek olmasına neden olmuştur. Fakat sert mermerlerin kesilmeleri daha zor olduğu için, bunların üretici firmaya ek bir maliyet getirdiği göz ardı edilmemelidir. Bu iki kriter göz önünde bulundurulduğunda, hem sertlik, hem kesilip işlenmesi yönünden en ekonomik mermer grubu hakiki mermerlerdir.

Renk de, mermerlerin pazarlanmasında, sertlik gibi önemli özelliklerden birisidir. Renk açısından, Fe₂O₃ yüzdesi en fazla olan mağmatik kökenli mermerler daha koyudurlar. Bunun için açık renkli mermer istendiğinde kullanım yerine bağlı olarak, hakiki mermerler tercih edilirler.

Özgül ağırlık ve birim hacim ağırlığı da, sertlik ve renk kadar olmasa da mermerin kullanım yerini tayin etmede bilinmesi gereken Önemli fiziksel özelliklerdendir. Bu özelliklerin değerleri, standartlarda belirtilen değerlerden yüksek olmalıdır. Bu durumda mermer hem kaliteli, hem de ekonomiktir denebilir. Çünkü, mermerin özgül ağırlığı ve birim hacim ağırlığı arttıkça, kalitesi ve ekonomikliği de aynı oranda artmaktadır. Özgül ağırlık ve birim hacim ağırlığı, hemen hemen bütün mermer cinslerinde birbirine yakındır. Bunun için bu özellikler, mermerin ekonomik değerini tayin etmek için kesin sonuç vermemektedir.

Fiziksel özelliklerden, doluluk oranı ile ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarına baktığımızda ise; doluluk oranı düşük, su emme kapasitesi yüksek olan mermerlerin, standartlarda da belirtildiği gibi binaların dış kaplamalarında v.b. yerlerde kullanılmaları sakıncalıdır. Bunun yanında doluluk oranı yüksek, su emme kapasitesi ve ayrışma derecesi düşük olan mermerlerin içerisinde boşluk ve çatlakların az olmasından dolayı bu tür mermerlerin, zemin döşemesinde, binaların dış kaplamasında, merdiven basamağı yapımında v.b. yerlerde kullanılması yararlı olacaktır. Doluluk oranı ve su emme kapasitesi bakımından en Önemli grubu hakiki mermerler oluşturmaktadır.

Mermerler içerisinde boşluk (porozite) istenmeyen bir durumdur. Mermerin su emme kapasitesiyle doğru orantılı olan porozite yüzdesi ne kadar büyürse, mermerin ekonomikliği de o derece azalmaktadır. Kaliteli ve ekonomik sayılabilecek bir mermerin porozitesi % 0,0002-% 0,5 arasında değişmelidir. Buna en iyi örnek olarak hakiki mermerler gösterilebilir.

Mermerlerin başka bir fiziksel özelliği olan cila tutma, mermer üzerine uygulanan son işlemdir. Sertliği fazla olan mermerlerin cila alma kabiliyeti, sertliği düşük olanlara nazaran daha iyidir. Bu yüzden iyi cilalanan mermerler göze daha iyi gözüktüğünden piyasa da daha fazla tercih edilmektedirler. Mağmatik kökenli sert mermerler, sertliklerinin fazla olmasından dolayı en iyi cila alma kabiliyetine sahip grubu oluşturmaktadır.

Mekanik özelliklerden, tek eksenli basınç direnci mermerin mineral bileşimi, su içeriği ve ayrışma derecesi ile azalmaktadır. Yani basınç direnci değeri azaldıkça, mermerin daha fazla boşluk içerdiği anlaşılmaktadır. Bunun yanında basınca karşı dayanımı fazla olan mermerlerin su emme kapasitesi, porozitesi ve ayrışma dereceleri düşük olmaktadır. Bu nedenle bu tür mermerlerin genellikle, zemin döşeme, merdiven basamağı v.b. yük taşıyıcı alanlarda kullanılması uygun olmaktadır. Basınca karşı dayanımı düşük olan

TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM'2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2003

mermerlerin ise, dekorasyon, süs eşyası ve duvar kaplamalarında kullanılmaları uygun olmaktadır. Bu tür mermerlerin kullanılabilmesi ve kaliteli sayılabilmesi için, basınca karşı dirençlerinin mutlaka standartlarda belirtilen değerlerden yüksek olması gereklidir. Tek eksenli basınca karşı dayanımı en fazla olan grubu mağmatik kökenli sert mermerler oluşturmaktadır.

Çekme direnci, mermerlerin tane boyutu, sertliği ve içerisindeki süreksizliklere bağlı olarak değişen bir özelliktir. Mermerlerin tane boyutu ve sertliği arttıkça çekmeye karşı dayanımları da artmakta, buna karşın içerisindeki süreksizliklerin fazlalığı çekme direncinin düşük olmasına neden olmaktadır. Mağmatik kökenli sert mermerler çekme direncine karşı en dayanıklı gruptur. Bunun yanında bej türü mermerlerin de çekmeye karşı dirençlerinin fazla olduğu da unutulmamalıdır.

Mermerlerin diğer bir mekanik özelliği olan don sonrası basınç dayanımı» özellikle inşaat sektöründe binaların dış kaplamasında kendini göstermektedir. Bu alanda kullanılacak olan mermerlerin donmaya karşı oldukça dirençli olmaları gerekir. Bunun için genellikle duvar kaplamasında kullanılan mermerlerin don sonrası basınç direnci değeri mutlaka standartlarda belirtildiği şekilde olmalıdır. Aksi takdirde mermerin kalitesi ve ekonomik değeri olumsuz yönde etkilenecektir. Bu alanda kullanılacak mermerlere en iyi örnek, bej türü mermerler ve mağmatik kökenli sert mermerler verilebilir.

Mermerlerin ortalama aşınma dayanımının da bilinmesi son derece önemlidir. Aşınma dayanımı değeri ne kadar düşük olursa, mermerin ekonomik değeri ve kalitesi o oranda yüksek olmaktadır. Mağmatik kökenli sert mermerler buna en iyi örnektir.

Deneylerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve TS 10449 standardı ile karşılaştırılması neticesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre, mermer örneklerinin fiziksel özelliklerinin standartlara uygunluğu araştırılmıştır.

TSE, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlar için birim hacim ağırlık değerini en az 2,55 g/cm³ olarak belirlemiştir. Yapılan deneylerde örneklerin birim hacim ağırlıkları, 2,57-2,69 g/cm³ değerleri arasında belirlenmiştir. Buna göre, incelenen örneklerin tümü TS 10449 standardına uygundur. Porozite değerlerine bakıldığında, elde edilen değerlerin tümü sınır değer olan % 2'den küçüktür ve şartları yerine getirmektedir.

Mermerlerin doluluk oranı en az % 93 olmalıdır. Tablo 1 incelendiğinde, Örneklerin doluluk oranlarının % 98,88-99,89 aralığında olduğu görülmektedir. Bu değerler, arzu edilen seviyede bulunmaktadır. TS 10449 standardına göre, doğal taşların kütlece su emme oranı % 0,4'den küçük olmalıdır. Yapılan deneyler neticesinde, bu oran tüm örnekler için standartları sağlayacak şekilde, % 0,4 değerinin oldukça altında belirlenmiştir.

Aynı örneklerin, Tablo 2'de verilen mekanik özelliklerinin, standartlara uygunluğu incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir. Mermerler için önemli bir özellik olan aşınma dayanımı değerleri, yer döşemesi için en fazla $15\text{cm}^3/50\text{cm}^2$, duvar kaplaması için ise en fazla $25\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ olmalıdır. Elde edilen değerler incelendiğinde, Afyon beyaz, Bilecik Göl Beji, Bilecik Royal Bej ve Sivrihisar Bej yer döşemesi, merdiven basamağı ve duvar kaplaması olarak kullanılabilir vasıflan taşırken, Afyon Bulutlu Mermer sadece duvar kaplaması olarak kullanılabilir özelliktedir. Mermerin dayanıklılığının bir göstergesi olan tek eksenli basma dayanımı değerlerine bakarsak, bu değer yer döşemesi için 50 MPa ve duvar kaplaması için 30 MPa'dır. Tablo 2'den görüldüğü gibi incelenen tüm mermer birimlerinin tek eksenli basınç direnci, standart değerlerinden yüksektir. Son olarak, özellikle dış etkilere açık kısımlarda kullanılacak mermerler için önemli olan don sonrası tek eksenli basınç dayanımı 30 MPa değerinin üzerinde olmalıdır. Tüm mermer örnekleri için tesbit edilen değerler bu sınırın üzerindedir.

4. Sonuçlar

Günümüz koşullarında üretilen veya tüketilen ürünlerin özelliklerinin bilinmesi kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, rekabet edebilmenin veya kaliteli ürün kullanabilmenin bir gereğidir. Birçok mermer türünün bulunduğu mermercilik sektöründe de hangi türün, hangi amaçla kullanılabilirliğinin bilinmesi önemli bir gereksinimdir.

Bu çalışmada, genellikle kullanımı yaygın olan beş adet mermer türünün (Afyon beyaz, Afyon bulutlu, Bilecik göl beji, Bilecik royal bej ve Sivrihisar bej) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Laboratuvar ortamında belirlenen bu değerler, öncelikle kendi içerisinde analiz edilmiştir. Daha sonra Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen TS 10449 standardı ile karşılaştırılmıştır. Bu standart, mermerlerin kullanım yerine göre taşınması gereken fiziksel ve mekanik özellikleri kapsamaktadır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, incelenen mermer örneklerinden dört adedinin standartlar ile belirlenen tüm değerleri sağladığı belirlenmiştir. Sadece,

TÜRKİYEİV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM'2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2003

Afyon bulutlu mermeri TS 10449 standardı tarafından belirlenen aşınma dayanımı değerlerine göre yer döşemesi ve merdiven basamağı olarak kullanılabilir özellikleri taşımamakta, sadece duvar kaplaması olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Kullanılan mermer çeşitleri bu çalışmada yer alan beş tür ile sınırlı değildir. Bunlardan başka, onlarca mermer türü kullanım alanı bulmaktadır. Bu türlerinde ayrıntılı olarak belirlenerek, özelliklerinin ortaya konması tüketiciler açısından faydalı olacaktır.

Kaynaklar

1. ISRM, 1981. Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods. International Society for Rock Mechanics, 211 p.
2. İMMİB, 2002, İstatistik, İstanbul Maden ve Metal İhracatçı Birlikleri, www.immib.org.tr.
3. Onargan, T., Köse, H., 1997, Mermer, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Basım Ünitesi, ISBN 975 441 095 X.
4. TS 699/ Ocak 1987, Tabii Yapı Taşları- Muayene ve Deney Metotları.
5. TS 10449/ Kasım 1992, Mermer- Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan.

