

# SICAKLIĞIN MERMER KARAKTERİSTİĞİNE ETKİSİ

Yrd. Doç. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ

Yrd. Doç. Dr. Yıldırım İ. TOSUN

Doç. Dr. Ahmet ŞENTÜRK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde çeşitli renk ve desenlerde zengin ve kaleteli mermer, traverten, oniks mermeri, konglomera, breş, mağmatik kökenli mermer yatakları bulunmaktadır. İlk çağlardan bu yana mermer ülkesi olarak bilinen Anadolu, eski zamanlarda dünya pazarlarında aranılan çeşitli tip ve kalitede mermer bulunduğu ve dünya mermer piyasasında çok önemli bir rol oynadığı tarihi kaynaklardan anlaşılmaktadır. Anadolunun birçok yerinde eski uygarlıklardan kalma sanat eserleri ve yapıtlarda ileri bir mermer işleme tekniğine rastlanmaktadır. Bu eserlerde dekorasyon ve heykeltraş alanlarında çok çeşitli ve değerli mermerlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu tarihi süreç içerisinde, bu mermerler sıcaklık değişimi gibi farklı atmosfer şartlarına maruz kalmışlar, ancak yapısal olarak gerek görünüm ve gerekse teknik özellik olarak fazla bir değişime uğramamışlardır. Bu bakımdan, kaliteli çeşitli renk ve desende mermerlerin değerlendirilmesi için ilk aşamada bunlara ait bazı önemli özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Mermer işletmeciliğinde ve kullanımında oluşum ve bulunuş özelliklerinin yanısıra fiziksel, kimyasal ve tekno-mekanik özelliklerinin farklı atmosfer şartlarındaki değişimi analiz edilmeli ve mermerin değişik sıcaklık ortamlarındaki karakteristik yapısı ve davranışı belirlenmelidir. Bu tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi, mermer ticaretinde ekonomik değerini artıracak başlıca kriterlerden birisi olacağı düşünülmektedir.

Basınç ve sıcaklığın oluşumdaki önemi kadar, mermer kullanım alanlarında alternatif olarak sürekli farklı sıcaklık ortamlarında yorulmaya maruz kalan mermer plakları, yapısal parçalanmalara maruz kalmaktadır. Hatta, ısıtma panellerinde dekoratif süs taşı olarak kullanımı

istendiğinde, mermer plakları farklı sıcaklık değişimlerinde yapısal olarak bozulmaması ve ısı özelliklerinin iyi olması gerekmektedir. Yüksek sıcaklık değerlerinde kalsine olan mermer, oda sıcaklığından başlayarak yüksek sıcaklıklarda iç yapısal olarak farklı karakter göstermesine rağmen, daha yüksek sıcaklıklarda iç yapısal gerilme çatlamlarına maruz kaldığından her tür mermer için tekno mekanik özelliklerinin sıcaklık ile değişimi belirlenmelidir.

Sıcaklık etkisinde mermerlerin karakteristik değişim ve etkileşimini incelemek amacıyla Mermer Teknolojisi Laboratuvarında değişik yörelere ait farklı tür, renk ve özelliklere sahip mermerler üzerinde bir dizi araştırma yapılmıştır. Bu makalede, laboratuvarında testleri yapılan mermer türlerinden Finike Taşı (Limra), Avrupa Beyazı, Kırçıçeği, Siyah Lale mermerlerinin farklı sıcaklık ortamlarındaki tekno-mekanik karakteristik değişimi detay olarak incelenmiş olup, analiz bulguları, sıcaklık-mermer etkileşimine birer örnek olarak sunulmaktadır. -25 C ile + 200 C sıcaklık değerleri arasında yapılan standard testlerin analiz bulgularından yararlanılarak, mermerlerin elastisite, basınç dayanım karakteristikleri, ultrases geçirgenlik kriterleri, sertlik, porozite gibi özellikleri sıcaklığa bağlı fonksiyonel ifadelerle tanımlanmıştır. Ayrıca, mermer sektöründe önemli olabilecek mermer sıcaklık dayanımını belirleyen bir standard yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır.

## 2. MERMER - SICAKLIK İLİŞKİSİ

Mermerler kullanım yerlerine bağımlı olarak çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalmakta olup özellikle, inşaat sektöründe yapı ve kaplama

malzemesi olarak kullanımında, iç ve/veya dış mekanlarda bulunması durumunda değişken sıcaklık ortamlarının etkisinde kalmaktadırlar. Bu durumda, mermerin karakteristik davranış özelliklerinin bilinmesi, kullanım optimizasyonu açısından önem taşımaktadır.

Mermerler, dış mekanlarda kaplama malzemesi olarak kullanıldığında, mermerlerin çözülmesi olgusu gündeme gelmektedir. Atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle mermerler belirli bir değişime uğrarlar. Çözülme şiddeti, her mermerde aynı olmayıp, mermerin kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme kabiliyetine bağlı olarak gelişmektedir. Az su emen mermerler binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır.

İnşaat sektöründe binaların dış kaplamalarında kullanılan mermerler emdiği suyun donması sonucu zamanla basınç dayanımında bir azalma görülmektedir. TSE 1910'a göre kaplama malzemesi olarak kullanılacak mermerlerin don sonu basınç dayanımı azalması %5 den fazla olmamalıdır.

Mermerlerin diğer önemli bir özelliği olan gözenekliliğinin düşük olması gerekmekte olup gözeneklilik değerinin yüksek olması, su emme yolu ile renk bozulmaları ve donma ile çatlamalara neden olabilmektedir. İyi kalitede olan mermerlerde gözeneklilik değeri %0.0002

ile %0.5 arasında değişmektedir. TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal taşlarda gözeneklilik maksimum %2 olmalı ve travertenler için ise bu değer en fazla %12 olarak kabul edilmektedir.

Diğer önemli bir olgu ise, mermerlerin artan sıcaklık ortamlarında bulunduğu durumlarda, don sonrası dayanım değerinin düşmesinin tersine, bünye nemini kaybetmesi ve yapısal olarak daha kompakt bir şekil kazanması ile karakteristik yapısında bir iyileşme görülmektedir. Bu etkileşim mermerin elastiklik ve rijitlik özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır.

### 3. MERMER KARAKTERİSTİĞİNİN DEĞİŞİMİ

Değişik sıcaklık etkisinde mermer karakteristik özelliğinin değişimini incelemek amacıyla deneysel çalışmada kullanılan mermer türleri ve teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Mermer türleri üzerinde sıcaklık değişiminin etkisinin araştırılması, iki farklı analizle irdelenmiştir.

- Mermerin tabii don tesirine dayanım etkisi (-25 C)

- Mermerin değişen sıcaklık tesirlerine dayanım etkisi (20 C - 200 C).

Mermerin tabii don etkisine dayanıklılık ve don sonu basınç dayanımının belirlenmesi amacıyla TS 699 a göre ilgili deneyler standarda

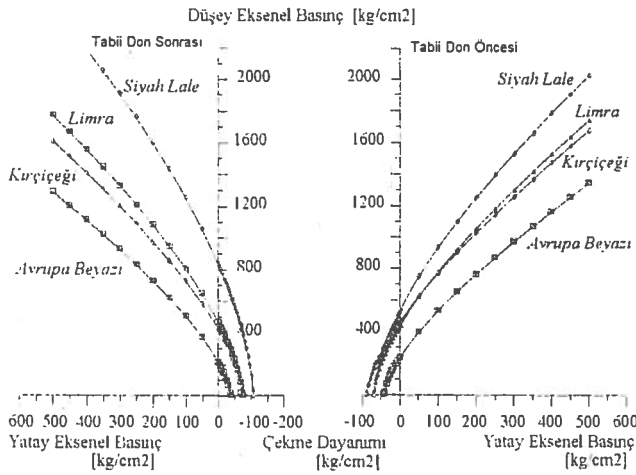
Çizelge 1. Mermer türlerinin tekno-mekanik özellikleri

Mermer Türü		Özgül Ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Basınç Dayanımı kg/cm <sup>2</sup>	Sertlik Mohs	Su Emme %	Porozite %	Dinamik Elastisite x10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>
Avrupa Beyazı	Muğla	2.78	597	4-4.5	0.12	0.16	57.4
Finike-Limra	Antalya	2.48	423	4	2.33	5.54	38.6
Kırçiçeği	Afyon	2.77	467	4-4.5	0.33	0.75	37.1
Siyah Lale	Afyon	2.76	537	4.5-5	0.15	0.51	48.5

uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, -25 C'ye kadar inebilen ve bu sıcaklık değerinde sabit kalabilen soğuk hava dolabı ve ELE marka 300 tonluk bir hidrolik pres birlikte kullanılmıştır. Tabii don etkisine dayanım deneylerinden elde edilen analiz bulguları ile, her bir mermer türü için aksel basınç dayanım değerlerine bağlı olarak Hoek & Brown kriteri ile irdelenmiştir.

Değişen sıcaklık etkisinin incelenmesi amacıyla 20 C ile 200 C arası sıcaklık ortamlarında tutulan mermer örnekleri üzerinde basınç dayanımı ve ultrases geçirgenlik deneyleri yapılmıştır. PUNDIT C.N.S. marka sismik hız ölçer alet ile boyuna dalga hızlarının ölçüldüğü deneyler sonucunda, ultrases hızının numune içinden geçiş süresi ve numunenin boyundan yararlanarak ultrases hız değeri ile, mermer örneklerinin dinamik elastisite ve rijitlik modülleri belirlenmiştir.

Değişik mermer türleri üzerine laboratuvarında tabii don tesirlerine dayanım ve (+) sıcaklık ortamlarındaki karakteristik değişim özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan analiz bulguları, asal basınç gerilmelerine bağlı kırılma mod kriter grafiklerinin eldesi ile irdelenmiştir. Mermer türlerine ait bu karakteristik inceleme bulguları Şekil 1'de verilmiştir.

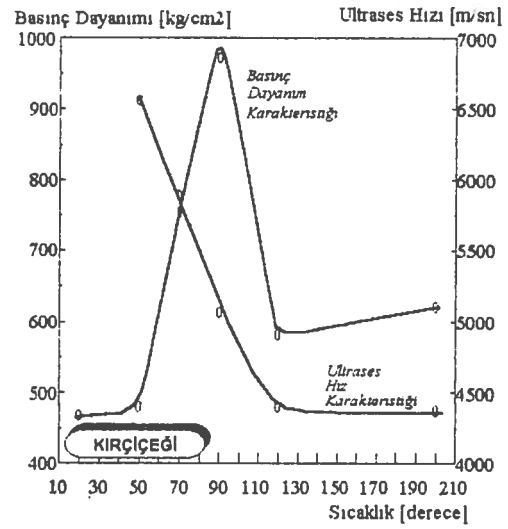
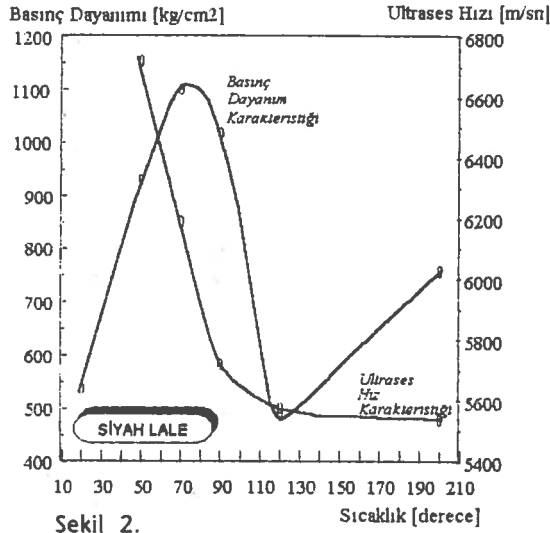


Şekil 1) Mermerlerin basınç dayanım karakteristiği

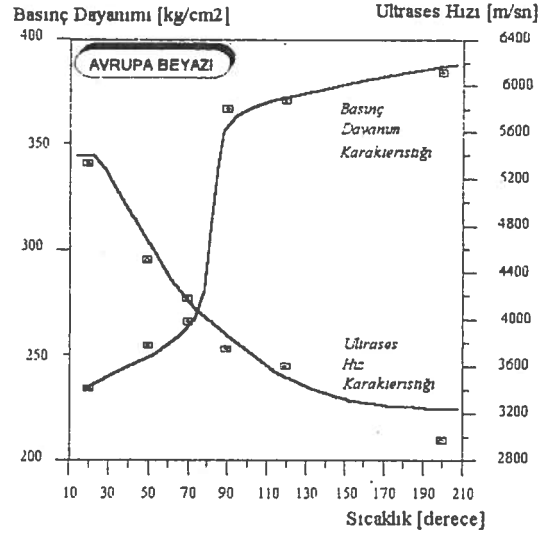
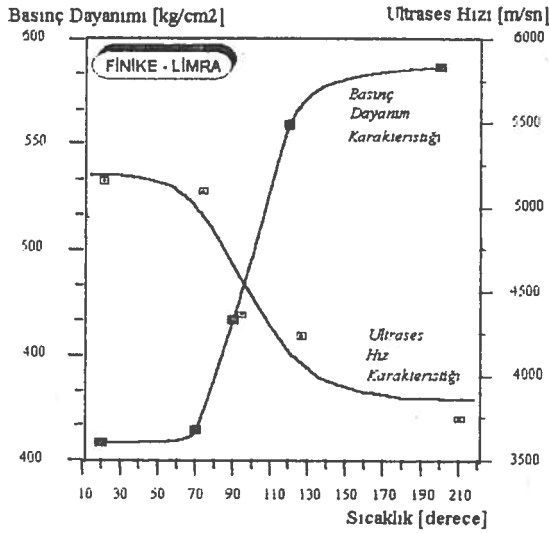
Şekil 1 irdelendiğinde, genel bir sonuç olarak Avrupa Beyazı ve Kırçıçeği mermerinin tabii don öncesi dayanımlarının tabii don sonrası basınç dayanımlarına göre %3-%5 oranlarında düştüğü gözlenirken, Siyah Lale ve Limra mermerlerinde ise bu olgunun tersi bir durum söz konusu olmaktadır. Diğer bir deyişle, tabii don tesirlerine maruz kalan bu mermerlerin basınç dayanım değerlerinde bir iyileşme gözlenmektedir. Bu özellik itibarıyla bu tür mermerlerin, soğuk iklim şartlarına sahip bölgelerde dış cephe kaplama malzemesi olarak daha dayanıklı bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir. Diğer bir olgu ise, aynı tonda bir renge sahip ve desen itibarıyla da aynı görünümü sergileyen mermer türleri arasında da tabii don tesirlerinin farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bunda etkili unsur, mermerin gözeneklilik değeri ve bünyesine su emme miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Ancak, değişen sıcaklık ortamlarında mermerin nasıl bir karakteristik basınç dayanım özelliği sergileyeceği üzerine yapılan analizlerde, sıcaklık değerinin artması ile mermerlerin iç yapısında bir değişime uğradığı ve mermerin bünye suyunu tamamen kaybettikten sonra kompakt bir yapıya büründüğü gözlenmiştir. Deneylerde nominal boy/kalınlık oranı 1.00 olan kübik numuneler örnek olarak kullanılmıştır. Sıcaklık değişiminin mermer üzerine etkisini sembolize etmek amacıyla 10x10x10 cm küp boyutlarında Finike-Limra ve şistozite düzlemine paralel konumda alınan 5x5x5 cm küp boyutlarında Avrupa Beyazı ve homojen yapıya sahip olan Siyah Lale ve Kırçıçeği mermer türüne ait analiz irdemeleri örnek olarak verilmiştir (Şekil 2).

Değişen sıcaklık değerinde mermer türlerinin ses geçirgenlik özelliği ve dinamik elastisite özelliğindeki değişim ise mermer türleri için Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, ortam sıcaklığının artışı ile birlikte ses geçirgenlik karakteristiğinin düşme yönünde bir eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Bunun paralelinde dinamik elastisite ve rijitlik modüllerinde de değer olarak



Şekil 2.



Şekil 3) Mermerlerin sıcaklığa bağımlı tekno-mekanik karakteristiği

azaldığı gözlenmiştir. Analiz bulguları çerçevesinde, mermer türleri için belirli bir sıcaklık aralığında, basınç dayanım karakteristiğinin çok hızlı bir değişim gösterdiği izlenmiş olup Limra için bu sıcaklık aralığı 65°C-135°C, Avrupa Beyazı için ise 65°C - 95°C olduğu gözlenmiştir.

Bu analizlerden de görüleceği üzere, mermerlerin çok farklı atmosferik şartlara maruz kalması durumunda, nasıl bir karakteristik sergileyeceği incelenmelidir. 200°C'nin üzerindeki sıcaklık değişimlerinde mermer türünün sertlik ve gevreklik modüler yapısı üzerine analizlere devam edilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Üniversite-Sanayii işbirliği çerçevesinde bilimsel çalışmalara katkılarından dolayı ÖZERLER Holding ve NADİDE Mermer Sanayii'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Gündüz L., Şentürk A., Bayşırı M., 1995, Muğla Yatağan Beyaz Mermerlerinin Standartlara Uygunluğu, Türkiye'de Mermer Dergisi, Sayı 41, Mayıs/Haziran, s. 24-27.

Gündüz L., Şentürk, A., Sarışık A., 1995, Mermer Türlerinin Farklı Sıcaklıklardaki Tekno Mekanik Karakteristiklikleri, Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu, Z.K.Ü., 5-6 Ekim, Zonguldak.