

ADANA-İÇEL-OSMANIYE MERMERLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yasin ERDOĞAN, Ergül YAŞAR

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET

Özellikle inşaat sektöründe yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılan mermerler çeşitli atmosferik koşullarda farklı fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalmaktadırlar. Mermerlerin yapısının bozunmasına neden olan faktörlerin başında, ısı değişimi, su içeriği, nem oranı, aşınma durumu, kimyasal etkileşimler ve mekanik olaylar sayılabilir. Bu etkileşimler mermerlerde çatlamalara, kırılmalara ve alterasyonlara neden olurken iç yapı ve dokusunda bozunmalar görülmekte ve dolayısı ile mermerlerin kullanım süreleri de kısalmaktadır. Bu çalışma ile Adana, içel ve Osmaniye bölgesinde yüzeyleyen mermerlerin dış ortamlarla olan etkileşimleri sonucunda yapı ve dokusunda meydana gelen fiziksel ve kimyasal etkileşimlerden kaynaklanan değişimler, aşınma durumları, dayanımları ve dış etkenlere karşı olan dirençleri ile farklı sıcaklık koşullarındaki mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. 600°C'den sonra mermerlerin dayanımlarında, fiziksel, jeolojik ve mekanik özelliklerinde çok farklı değerler tespit edilmiş ve bu sıcaklıktan sonra ani değişiklikler gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklık koşullarında mineralojik özellikler polarizan mikroskobu ile incelenmiş ve minerallerdeki değişim, minerallerin çatlak ve kırık yüzeyleri ve kristal dokanıkları belirgin bir hale geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basma Dayanımı, Sıcaklık Değişimi, Mekanik ve Fiziksel Özellikler, Yapı ve Doku Değişimi.

THE ASSESMENT OF ENGINEERING PROPERTIES OF ADANA-İÇEL-OSMANIYE MARBLES

ABSTRACT

Marble used as a structure and covering materials in partuculary building sector is subjected to various physical and chemical effects in different atmospheric conditions. The important factors which can be caused to the alteration of marble are changing of temperature, water content, humidity, abrasivity,

chemical effects and mechanical events. These effects can cause alterations, fissur and fracture in marble and also affect to the structure and texture of marble. Therefore using time of marble is shortened. In this study, the marble which observed in Adana, içel and Osmaniye region were investigated the changing of texture which is occured by physical and chemical effects, abrasivity, strength and resistances to outside factors and changing of mechanical properties in different temperature conditions. The various values of the strength, physical, geological and mechanical properties of marble in 600°C were observed and after 600°C, properties of marble was suddenly changed. Furthermore, mineralogical changes, fracture and fissures of marble, contacts of calcite minerals were clearly observed in 600 °C.

Key Words: Compression Strenght, Changing of Temperature, Physical and Mechanical Properties, Changing of Structure and Texture.

1.GİRİŞ

inşaat sektöründe geniş kullanım alanına sahip olan mermerler kullanıldığı yerlere göre fiziksel, kimyasal, atmosferik ve değişik hava koşullarına maruz kalmaktadır. Bu koşullar karşısında göstereceği davranışlar sonucunda mermerin hem görüntü olarak fiziksel yapısında, hem de kılcal bozunmaya uğrayarak kimyasal yapısında bozunmalar olabilmektedir. Bu etkilerin sonucunda mermerlerin hem fiziksel yapısında hem de mekanik özellikleri üzerinde değişimler meydana gelmektedir. Mermerlerin yapısında meydana gelen bozunmalar yeni mermerlerin yerleştirilmesi veya bozunmuş kısımların tamiratının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu onarım hem farklı mermerlerin kullanılmasına hem de ekstra işçilik giderlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bütün bu işlemler doğal olarak yapı maliyetini arttırmaktadır. Yapı malzemesi olarak kullanılan mermerlerin aşınma indeksleri, dirençleri, mühendislik parametreleri ve dayanımları incelenerek fiziko-kimyasal etkilere karşı olan davranışlarının göz önüne alınması ile malzeme seçiminde daha sağlıklı kararların alınmasına yardımcı olacaktır.

Bu amaçla Adana-İçel-Osmaniye Bölgesindeki farklı özelliklere sahip mermerlerin dayanımı, sertliği, aşınması ve sıcaklık karşısında göstereceği davranışlar irdelenerek yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. MERMERLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Günümüzde mermer kelimesi genel anlamda kullanılmakla birlikte literatürde iki tanımı yapılmıştır. Bilimsel açıdan mermer, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarının sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayaç olup, kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit ile değişik metal oksitleri ve silikat mineralleri görülür. Mermer saf kalsiyum karbonat bileşiminde olduğu zaman beyaz ve yarı saydamdır. Genellikle sertliği Mohs ölçeğine göre 3 ve özgül ağırlığı 2,5 ile 3,5 arasında değişmektedir. Mermerlerin ticari bakımdan tanımlanması ise, blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümlü her türden (mağmatik, sedimanter, metamorfik) kayaçların bütünü için kullanılan bir terimdir [1].

Mermerlerin kullanım alanlarına göre bir takım özellikleri tercih sebebidir, kaplama ve dekoratif olarak kullanılan mermerlerde aranan özelliklerin başında, renk özelliği ve desen homojenliği, blok verme ve kesilip cilalanma, jeomekanik ve fiziksel karakterler, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanım sayılabilir. Dekoratif taşlar tek renkte olabildikleri gibi, değişik renk gösteren bantlar, damarlar ve benekler halinde çeşitli desenlerde de olabilmektedirler. Bir mermer yatağından alınan blokların devamlı olarak yatağın her yerinde aynı renk ve desende olması istenir. Mermerlerin kalitesini, renk, desen, görünüş, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanım ve kesilip parlatılabilme gibi kriterleri kontrol etmektedirler. Fiziksel ve mekanik özellikler ise mermerin kullanım yerini tayin etmede birinci derecede önem taşımaktadır. Mermerlerin kristal yapısı içinde, değişik sertlikte ve farklı minerallerin bulunması, özelliklerle silme ve cilalama işlemlerinde parlak yüzey oluşumunu engellemektedir. Ayrıca blok içinde homojen olmayan yapılar, kesme ve plaka almada problemler çıkarabilmektedir. Mermerlerin kesilme ve cilalama özelliği ile sertliği arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Sert mermerler iyi cila kabul etmelerine rağmen, cilalanmaları çok emek ve uzun zaman almaktadır [2].

3. AKDENİZ BÖLGESİNDEKİ MERMER POTANSİYELİ

Ülkemiz jeolojik değişimin ve tektonik gelişimin en fazla görüldüğü bir noktada olması nedeni ile mermercilik açısından büyük bir potansiyel göstermektedir. Bu sebeple mermer açısından son derece büyük bir rezerve sahip olan ülkemizde, metamorfik, magmatik ve sedimanter kaya kütleleri yoğun olarak bulunmaktadır. Kaya kütlelerinde jeolojik yapının taşıdığı özelliklerden dolayı çeşitli renk ve desenlerde mermer olarak değerlendirilebilecek niteliklerde kristalin kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, traverten, oniks, konglomera, breş, granit, siyenit, gabro, diyabaz, diyorit, serpantin, gnays, şist, fillit, amfibolit ve kuvarsit gibi kayalar bulunmaktadır. Ülkemizde 100'ün üzerinde değişik renk ve desende mermer çeşidi görülmektedir.

Türkiye'nin geniş alanları kaplayan mermer rezervleri henüz kesin olarak çıkarılmamıştır. MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sınırlı araştırmalarda ve jeolojik etüt raporlarına göre Türkiye'nin mermer rezervleri Çizelge 1 'de özetlenmiştir [3].

Çizelge 1. Türkiye mermerlerinin rezerv potansiyeli

Rezerv Türü	Rezerv+Potansiyel(milyon m ³)	Rezerv+Potansiyel(milyon ton)
Görünür	589	1590
Muhtemel	1545	4171
Mümkün	3027	8172
Toplam	5161	13933

Çalışma alanındaki mermerlerin tamamına yakın bir kısmı Toros Orojenik Kuşağı içinde yer almaktadır. Bölgenin geçirdiği jeolojik evrim nedeniyle bu kuşakta yüzeyleyen formasyonlar kırıklı, kıvrımlı ve bindirmeli bir yapı kazanmışlardır. Akdeniz Bölgesinin çok aşın engebeli bir morfolojiye sahip olmasından dolayı mermer ocaklarının işletilmesi oldukça sınırlıdır.

Doğu Akdeniz Bölgedeki başlıca mermer alanları (Şekil 1),

Adana Yöresi

Kireçtaşı Alanları. Kozan, Bucak , Ceyhan, Pekmezci, Kırstepe

Burdur Yöresi

Kireçtaşı alanları: Sazak, Yeşilova, Akkaya Tepe, Kara Tepe
Traverten alanları Bucak, Çamlık, Hacıbağ

Hatay Yöresi

Kireçtaşı alanları, İskenderun, Bitişik, Gömbece

İçel Yöresi

Kireçtaşı alanları: Tarsus ve Silifke

Osmaniye Yöresi

Ofiyolitik melanj alanları. Osmaniye [3]



Şekil 1. Çalışma sahası yer buldum haritası

3.1. Adana-İçel-Osmaniye Mermerlerinin Genel Durumu

Arazi ve laboratuarda yapılan incelemelerde çalışma bölgesi mermerlerinin jeolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri ile fiziko-kimyasal olayların mermer dayanımına olan etkileri araştırılmıştır. Bu faktörlerden özellikle su içeriği, nem oranı ve sıcaklığın değişimi mermerlerin dayanımına ve fiziksel özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Fakat bu bozunmalar kısa bir süre içinde fark edilememekte olup zamanla ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan mühendislik özelliklerin değişimi ile mermerin dayanımı arasında bir ilişki kurulmuştur. Ayrıca düşük ve yüksek sıcaklık koşullarında dayanım, aşınma, darbe dayanımı ve birim hacim ağırlığında meydana gelen değişimler irdelenmiştir.

3.2. Mermer Ocaklarının Jeolojik Özellikleri ve Genel Durumu

Çalışma kapsamında Adana Ceyhan Bölgesi mermerlerinden Ceyhan Beji, Mersin Silifke Bölgesinde çıkartılan Barbaros Beji, Tarsus Bölgesinde çıkartılmakta olan Som Antik Krem Beji ile Osmaniye'de çıkartılan Osmaniye Vişne Çürüğü mermerleri incelenmiştir. Mermer ocaklarının genel durumu incelenmiş ve jeolojisi hakkında genel bilgiler elde edilmiştir [4,5,6].

Özellikle mermer ocaklarının jeolojik oluşumu ve geçirmiş olduğu tektonik hareketler incelenmiştir. Ocaklarda etkin olan ana ve tali süreksizlik düzlemleri, mermer kütlelerindeki devamlılıkları ve dolgu durumları irdelenmiştir.

3.2.1 Ceyhan Bej

Ceyhan bej mermeri litolojik olarak Tersiyer yaşlı dolomitik kireçtaşıdır [4,5,6]. Kireçtaşı tabakaları K42B doğrultulu, 20°-30° KD'ya ve 30°-36° GB'ya eğimli olup bu tabakalar bir antiklinal meydana getirmiştir. Kireçtaşı tabakalarında bu kıvrımlanmaya bağlı gerilim çatlakları oluşmuştur. Genellikle çatlaklar devamsız, seyrek ve birbirlerine paralel olup ikincil kalsit mineralleri ile dolmuştur. Çatlaklar boyunca az da olsa demir oksit kristalleri (Fe_2O_3) görülmektedir.

Ceyhan bej mermerinin blok alım durumu, şekillendirme yeteneği ve kenar köşe kesilmesinin hızı normaldir. Cilalanma yeteneği iyi fakat çatlaklarındaki demir oksit yığılımından dolayı paslanma çok az görülmektedir. Blokların kesimi tel testere ile ocakta gerçekleştirilmektedir. Mermerin rengi iyi olduğundan pazarlama problemi bulunmamaktadır.

3.2.2 Barbaros Bej

Barbaros bej mermeri litolojik olarak kireçtaşı olup Orta Jura - Alt Kretase yaşlıdır. Kireçtaşlarının taban kısmında Alt Jura yaşlı kumtaşları, üzerinde ise Üst Kretase yaşlı kumtaşı, mam ve kireçtaşları bulunmaktadır [4]. Tane boyu 5 mikrondan küçük mikritik kalsitten ibaret olup, çatlak ve boşluklar genelde ikincil kalsit mineralleri ile dolmuştur. Çatlakların içerisinde çok az olsa da demir oksit yığılımı özellikle kırıkların köşeli kısımlarında görülebilmektedir. Çatlaklarda ikincil olarak gelişen kalsit minerallerinin tane boyu birincil kalsit minerallerinden daha iri kristalli oldukları görülmüştür.

Blok durumu, kenar köşe kesilmesi, şekillendirilebilme yeteneği ve kesilebilme hızı normaldir. Plaka verme durumu ile cilalanabilme yeteneği iyi olup paslanma tehlikesi yoktur. Bloklar yerinde çeşitli boyutlarda kesilmektedir. Mermerin renk ve güzel görünüm özellikleriyle pazarlanması oldukça kolay olmaktadır.

3.2.3 Antik Krem Bej

Antik Krem Bej Orta Jura - Alt Kretase yaşlı olup Barbaros bej mermeri gibi litolojik olarak kireçtaşıdır [4]. Antik krem bej mermeri mikritik kalsitten oluşmuş ve kısmen yuvarlaklaşmış, kısmen de yeniden kristallenmiş intraklast parçaları ve fosil kavkı kalıntılarından ibaret olup, bu taneler ince taneli sparit çimento ile bağlanmıştır.

iç kaplama ve döşeme ile dekorasyonda kullanılabilir. Blok durumu, kenar köşe kesilmesi, şekillendirilme yeteneği, kesilebilme hızı normal, plaka verme durumu ve cilalanabilme yeteneği iyidir, istenilen standart boyutlarında kesilip plaka elde edilebilmektedir. Paslanma tehlikesi yoktur.

3.2.4 Osmaniye Vişne Çürüğü

Osmaniye mermerleri ofiyolit karmaşığı içinde oluşmuştur. Genellikle ofiyolitlerin alterasyonu neticesinde serpantin minerallerine dönüşmesi sonucunda, çatlaklar boyunca beyaz renkli kalsit minerali ve kırılmış kayaç kırıntıları dolgu malzemesi şeklinde ve çatlaklar dışında noktalar halinde belirgin piroksen mineralleri görülmektedir. Mermer bordo renklidir. Kaya ince taneli ve kristalizedir. Mermerin ofiyolit karmaşığı içerisinde bulunması nedeni ile çok kırıklı-çatlaklı ve bünyesinde serpantin minerali dağılımı görülmektedir. Serpantin minerallerinin çok çabuk alterasyona uğraması ile dayanımları da düşük çıkmıştır. Mermer tabakalarında hakim doğrultu K40D ve eğimleri ise 60 KB' dir.

Mermerler ıyı blok vermekle beraber, zaman zaman 1 m. den uzun çatlaklar blok vermeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bloklar yerinde elmas tel kesiciler ile çeşitli boyutlarda kesilmektedir. Bu mermerler genellikle yurt dışına ihraç edilmektedir. Mermerin renk, desen ve güzel görünüm özellikleriyle pazarlanması oldukça kolay olmaktadır.

4. ADANA-İÇEL-OSMANİYE BÖLGESİ MERMERLERİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Adana, içel ve Osmaniye Bölgesi mermer ocaklarından alınan numuneler Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilerek standartlara uygun olarak alınan silindirik ve küp numuneler (42 x 84 mm) üzerinde TS'699 a göre sertlik, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, doluluk oranı, tek eksenli basma dayanımı, don ve ısı sonrası basma dayanımı, darbe direnci, eğilme ve ortalama aşınma dayanımı (Böhme) deneyleri yapılmış ve Çizelge 2'de belirtilen sonuçlar elde edilmiştir [7,8].

5. ADANA-İÇEL-OSMANİYE BÖLGESİ MERMERLERİNDE ISININ DAYANIMA ETKİSİ

Bu çalışmada bir yangın sonucu ahşap kısımları yanan mermer karkaslı yapılarda yanma sırasında oluşan ısının karkas, sütun, duvar, döşeme v.b. malzemenin mukavemet özelliklerini ne ölçüde etkilediği ve bu etkiden sonra mermer yapı elemanlarının restorasyon sonucunda taşıyıcı malzeme olarak kullanılıp kullanılmayacağı, hangi sıcaklık derecesine kadar taşıyıcılık özelliğini koruyacağı, hangi tür mermerlerin sıcaklığa karşı dayanıklı olduğu ve hangi tür mermerlerin sıcaklığa karşı hassas olduğu araştırılmıştır.

5.1 Mermerlerde Sıcaklığın Ağırlığa Etkisi

Çizelge 2'de gösterilmiş olan numunenin fiziksel ve mekanik özellikleri dışında Adana-İçel-Osmaniye bölgesi mermerlerinde sıcaklığın ağırlığa etkisinin belirlenmesi amacıyla 100°C sıcaklıktaki kuru ağırlığı tespit edilen numuneler 200°C, 400°C, 600°C ve 800°C sıcaklığa kadar 24 saat süre ile ısıtılmalarının ardından desikatörde soğutulmuş ve ağırlıkları tekrar belirlenmiştir. Mermerlerin sıcaklığa bağlı olarak ağırlığındaki değişimler ısıtılan numune ağırlıklarının ilk ağırlığına oranı şeklinde hesaplanmış ve değişim değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi mermerlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Yapılan Denei Tipi	Ceyhan Bej	Barbaros Bej	Antik Krem Bej	Osmaniye Vişne Çürüğü	Birim
Sertlik	3	3	3	2,95	Mohs
Birim Hacim Ağırlık	2,66	2,70	2,71	2,58	gr/cm ³
Özgül Ağırlık	2,67	2,72	2,72	2,62	gr/cm ¹
Porozite	0,26	0,32	0,41	1,87	%
Darbe Direnci	3	3	3	2	kg/cm ²
Eğilme Direnci	188	183	170	142	kg/cm ²
Doluluk oranı	99,7	99,6	98,5	97,9	%
Ortalama Aşınma Dayanımı	18,7	19,3	23,2	28,8	cm 750 cm"
Shore Schleroscope Sertliği	60,2	62,9	56,3	52,4	
Tek Eksenli Basma Dayanımı	821	839	891	524	kg/cm ²
Don Sonrası Basma Dayanımı	664	668	679	469	kg/cm"
Isı Sonrası Basma Dayanımı (800°C)	1102	1112	401	288	kg/cm"

Çizelge 3. Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi Mermerlerinde Isıya Bağlı Ağırlık Değişimi (%)

Mermer Adı	100 °C	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C
Ceyhan Bej	100,00	99,99	99,95	99,63	97,36
Barbaros Bej	100,00	99,99	99,96	99,71	97,87
Antik Krem Bej	100,00	99,97	99,89	99,21	96,76
Osmaniye Vişne Çürüğü	100,00	99,71	99,49	96,76	93,86

400°C'ye kadar ısıtılmaları sonunda mermer numuneleri üzerinde fiziksel olarak (renk, ağırlık, çatlakların genişlemesi, ufalanma v.s) belirgin değişimlere rastlanmamıştır.

800°C sıcaklığa maruz kalmalarının ardından Ceyhan beji mermerlerinin renginin bejden beyaza renk değiştirdiği ve üzerinde uzun ve belirgin çatlakların oluştuğu, ancak, kenar ve köşe kısımları gibi zayıf bölgelerinde dahi ufalanma olmadığı gözlemlenmiştir. Barbaros bejin renginin açık griye doğru renk değiştirdiği ve çatlak izleri boyunca mikro boyutta demir oksit yığılmasını açığa çıktığı tespit edilmiştir. Ancak mevcut bulunan çatlakların dışında en zayıf noktalarında bile yeni bir çatlama gelişmediği görülmüştür. Antik Krem Bej mermerinde hafif çatlamlar ile renginin duman rengine doğru renk değiştirdiği, Osmaniye Vişne Çürüğü mermerinin dokusunun kaybolmaya ve renginin de kiremit rengine doğru değişmeye başladığı ve kenar noktalarının da elle ufalanabilecek duruma geldiği görülmüştür. 800°C sıcaklık sonunda Osmaniye vişne çürüğü mermerinde ufalanmanın aşırı ağırlık kayıplarından kaynaklandığı görülmüştür.

1000°C'de ise, Ceyhan bej mermerlerinin bej olan renk açık beyaz haline gelmiştir. Sık olmayan, düzensiz, ancak çok derin çatlamlar olmasına rağmen ufalanma yoktur. Barbaros bej mermerlerinde renk mat bir şekilde beyazımsı bir gri rengini almış çatlamlar çok belirgin olarak ortaya çıkmış ancak ufalanma görülmemiştir. Antik Krem Bej mermerin kristal dokusu belirgin bir şekilde kaybolmuş ve numune ufalanabilir hale gelmiştir. Osmaniye Vişne Çürüğünde ise eklem ve çatlaklar derince bir şekilde açılmış olup, numune kolaylıkla ufalanabilir hale gelmiştir.

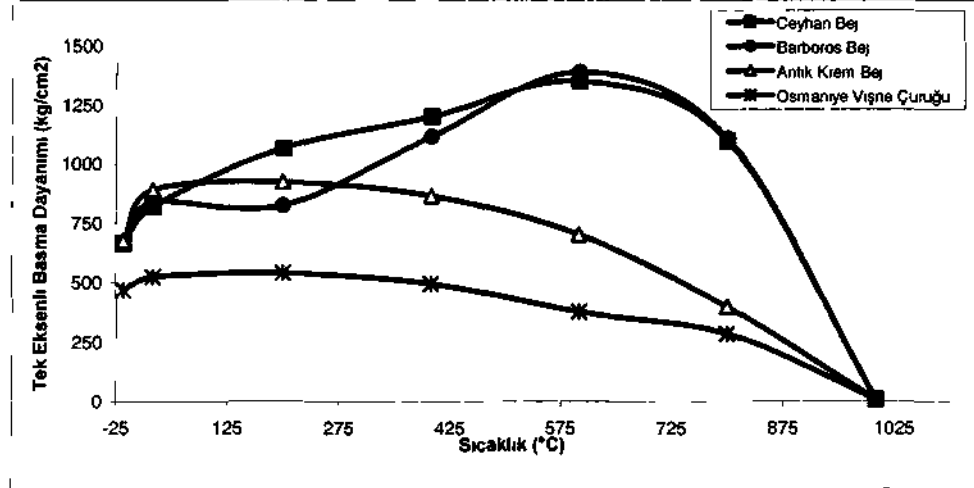
5.2 Mermerlerde Sıcaklığın Dayanımına Etkisi

Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi mermerlerde sıcaklığın basma dayanımına etkisinin belirlenmesi amacıyla her bir gruptan en az 7 tane olmak kaydıyla fırında 24 saat süreyle bekletilmişlerdir. Daha sonra Ceyhan Bej, Barbaros Bej, Antik Krem Bej ve Osmaniye Vişne Çürüğü mermeri üzerinde -15° (48 saat boyunca), normal oda şartları altında (25°C), 200°C, 400°C, 600°C ve 800°C sıcaklık koşullarında (24 saat fırında bekletildikten sonra) basma dayanımları incelenmiş, elastisite (deformasyon) modülleri hesaplanmış ve bu ısı şartları altında numunelerin ısı farklılıklarına göre göstermiş oldukları dayanımlar grafikler halinde incelenmiş ve bulunan değerler Çizelge 4'de gösterilmiştir

Çizelge 4. Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi Mermerlerinin Isı Farklılığındaki Dayanımları (kgf/cm²)

Mermer Adı	-15 °C	25 °C	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C
Ceyhan Bej	664+98	821+112	1070+196	1204+181	1351+248	1102+299
Barbaros Bej	668±129	839+169	826+201	1121+104	1390+220	1112+189
Antik Krem Bej	679±193	891+125	926+206	868±218	704+282	401±201
Osmaniye Vişne Çürüğü	469±184	524±195	542+219	498+190	379+194	288+158

Çizelge 4'de görüldüğü gibi Ceyhan bej, Barbaros bej ve Antik Krem Bej mermerlerinin dayanımları 600°C'ye kadar ısıtılmaları sonunda artmış fakat Osmaniye Vişne çürüğü mermerinin dayanımında azalma gözlemlenmiştir. Numunelerin 800°C sıcaklığa maruz kalmaları ardından, Antik krem bej ve Osmaniye mermerlerinin dayanımında büyük ölçüde azalma görülmüş olup Barbaros bej ve Ceyhan Bej mermerlerinin dayanımındaki artış azda olsa devam etmiştir. Numunelerde 1000°C sıcaklık sonrası büyük ölçüde çözülme ve dağılma meydana geldiği ayrıca mukavemetlerini tümüyle yitirdiği gözlemlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Adana-Içel-Osmaniye mermerinin farklı sıcaklıklara göre gösterdiği basma dayanımları.

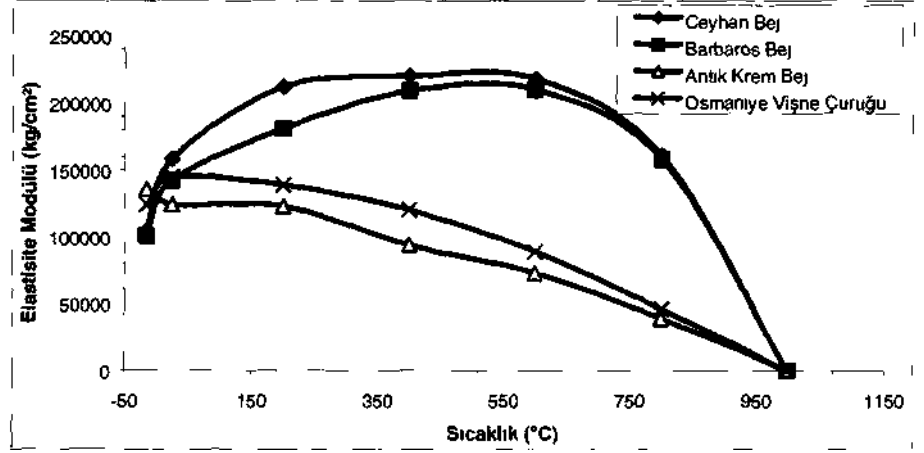
Ayrıca Adana-Içel-Osmaniye Bölgesi mermerlerinin sıcaklığa karşı göstermiş oldukları elastisite deformasyon modülü değerleri hesaplanmış (Çizelge 5) ve grafiği yapılmıştır (Şekil 3).

Çizelge 5. Adana-Içel-Osmaniye Bölgesi mermerlerinin elastisite modülü değerleri (kgf/cm²).

Mermer Adı	-15°C	25°C	200°C	400°C	600°C	800°C
Ceyhan Bej	104000	158000	212000	220000	218000	161000
Barbaros Bej	101000	142000	181000	209000	210000	158000
Antik Krem Bej	136000	124000	123000	94000	73000	39000
Osmaniye Vişne Çürüğü	124000	145000	139000	120000	89000	46000

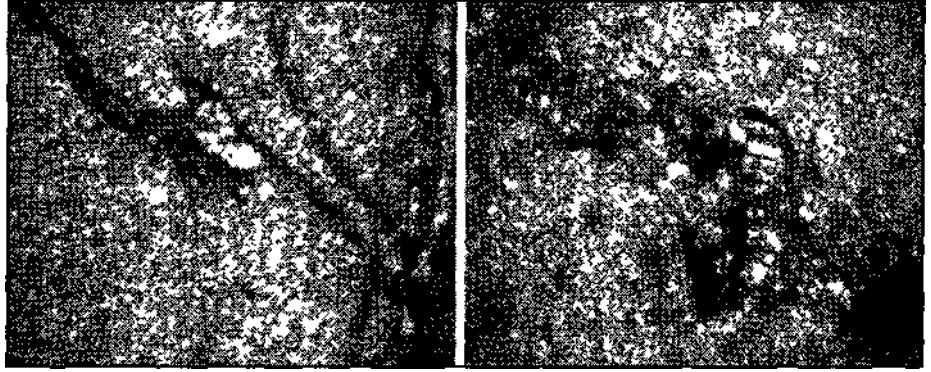
800°C'ye kadar yüksek dayanım gösteren Barbaros Bej mermerinin yüksek ısıya dayanıklılığının sebebinin belirlenmesi amacı ile doğal ve 600°C'ye kadar ısıtılmış numunelerden ince kesitler yapılmış ve iç yapısındaki değişimler polarizan mikroskobu ile incelenmiştir (Şekil 4 a, b).

25°C'de makro boyutta yapılan binoküler mikroskop incelemesinde mermerin yapısında ince kalsit kristalleri ve çatlaklar olduğu belirlenmiştir. Ipeksi parlaklık ve kahve renkli demir oksit boyaması mevcuttur. Ipeksi parlaklık tabakalanma ile paralel ve ana çatlak sistemlerine de 35°'lik açı yapmaktadır. Makro olarak üç tip çatlak sisteminin geliştiği görülmüştür. Bu kırıklar daha etkin olan makaslama kırığını kesmiş ve yaşlıdan gence doğru birbirlerini kestiği tespit edilmiştir.



Şekil 3. Adana-Içel-Osmaniye mermerinin farklı sıcaklıklar göre elastisite modülünün eğrisi.

Polarizan mikroskop incelemesinde ise kalsit kristalleri öz şekilli, bitişik ve düzensiz kristaller halinde ve iç içe bir özellik sunmaktadır. Ayrıca büyük kırıklar içerisinde özellikle kırıkların köşeli olduğu kısımlarına demir oksit yığılması serpilmiş durumdadır. Kesitin genel durumuna bakıldığında etkili olan makaslama kırığına 40-45° civarında açı yapan daha küçük boyutta ikincil kırk sistemleri gelişmiştir. Kırıklar boyunca oluşan ikincil kalsit dolgu mineralleri ana minerallere göre daha büyük boyutta geliştikleri gözlemlenmiştir.



Şekil 4.a Barbaros Bej 25°C'deki görünüşü

Şekil 4.b 600°C altındaki görünüşü

600°C ısıtılmış numunelerde ise kristal kontakları biraz daha belirginleşmiş, kalsit kristalleri biraz daha yüksek rölyefe sahip oldukları görülmüştür. Çatlaklarda demir oksit yığılması, çatlakların geniş olan kısmına yığılmış bu yığılmanın dayanımı arttırdığı gözlemlenmiştir. Demir oksit yığılması çevresindeki kalsit kristallerini de kahverengine boyamıştır. Normal koşullarda daha belirgin olan kırık izleri yüksek sıcaklıkta daha az belirgin durumdadır, ikincil olarak oluşan kalsit kristalleri yüksek sıcaklıkta çatlak boyunca belirli bir yönlenime sahip oldukları tespit edilmiştir.

Numunelerin fiziksel ve mekanik değerleri bulunduktan sonra kimyasal analizleri yapılmış bunun dayanıma etkisi irdelenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi mermerlerinin kimyasal analiz değerleri (%)

Kimyasal Bileşim	Ceyhan Bej	Barbaros Bej	Antik Krem Bej	Osmaniye Vişne Çürüğü
SiO ₂	0,24	0,31	0,23	0,21
Fe ₂ O ₃	0,06	0,18	0,20	2,5
CaCO ₃	96,96	96,73	91,96	75
MgCO ₃	0,58	0,71	0,54	10,52
Diğer	2,15	2,07	7,07	11,77

Mermerin bileşiminde etkin olan kimyasal bileşimlerin analizi neticesinde Barbaros Bej mermerinde SiO₂, Ceyhan Bejde ise CaCO₃, Osmaniye Vişne çürüğünde Fe₂O₃ ve MgCO₃ en yüksek olduğu bulunmuştur. Burada CaCO₃ mermere beyaz, Fe₂O₃ ve MgCO₃ bordo rengi verdiği görülmüştür. SiO₂'nin ise sertliği ve dayanımı arttırdığı görülmüştür.

6. SONUÇLAR

Adana-İçel-Osmaniye Bölgesi mermerlerinin fiziko-mekanik etkilere karşı dayanımlarının saptanması amacı ile Ceyhan Bej, Barbaros Bej, Antik Krem Bej ve Osmaniye Vişne çürüğü mermerleri üzerinde incelemelerde bulunulmuş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Normal şartlar altında numunelerin basma dayanım değerleri Ceyhan Bej için 821 kg/cm², Barbaros bej'i için 839 kg/cm², Antik Krem bej Mermeri için 891 kg/cm² ve Osmaniye vişne çürüğü için 524 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Numunelerin sıcaklığa bağlı olarak dayanım değişimlerinin tespiti amacıyla deneyler yapılmış ve numuneler dondurulduktan sonra Ceyhan Bej'in dayanımı 664 kg/cm², Barbaros bej türü mermeri için 668 kg/cm², Antik Krem Bej mermeri için 679 kg/cm² ve Osmaniye Vişne Çürüğü için de 469 kg/cm² bulunmuştur. Ceyhan Bej mermeri %19, Barbaros Bej mermeri %20 Antik Krem bej mermeri %24 ve Osmaniye Vişne Çürüğü %10 olarak ilk halinden daha düşük bir dayanım göstermiştir. Bu sonuçlar altında dona karşı en dayanıklı numune olarak Antik krem bej mermeri görülmesine rağmen don sonrası dayanım olarak en düşük azalmayı Osmaniye Vişne Çürüğü göstermiştir.

600°C sıcaklığa kadar ısıtılmalarının ardından yapılan deneylerde Antik Krem bej mermerinin dayanımında %21, Osmaniye Vişne Çürüğü türü mermerlerde ise %28'e varan azalma tespit edilirken, Ceyhan bej türü mermerlerin dayanımında %64,5, Barbaros Bej'de ise %65,6'ya varan bir artış gözlemlenmiştir. Bu sıcaklıkta Barbaros bej mermerleri hariç diğer tüm mermer türlerinde çatlama gözlemlenmiştir.

800 C sıcaklık sonunda mermer dayanımlarının ilk durumuna göre Antik Krem Bej'de %55, Osmaniye Vişne Çürüğünde %45 azalma gözlemlenirken, Ceyhan Bej'de %34,2 ve Barbaros Bej'de ise %32,5'ye varan bir değerde artma gözlemlenmiştir.

Numunelerin 1000°C sıcaklığa kadar ısıtılmaları ardından tüm mermer türlerinin dayanımlarını hemen hemen kaybettikleri görülmüştür. Yüksek sıcaklık altında en yüksek dayanımı gösteren Barbaros Bej mermeri üzerine yapılan analizler yoğunlaştırılmış ve mermerin kırık ve çatlaklarında bulunan ikincil kalsit minerallerinin yeniden düzenli bir dizilim sunması nedeni ile dayanımlarında artış olabileceği kanısına varılmıştır.

Barbaros Bej ve Ceyhan Bej mermerleri yüksek sıcaklığa iyi dayanım gösterdiğinden yangına duyarlı binalarda, aşınmaya, darbeye ve paslanmaya karşı dayanıklı olduğundan binalarda dış cephe ve taban kaplaması ve iç dekorasyona uygundur. Osmaniye mermerleri düşük dayanıma sahip, ancak, göze hoş gelen renge sahip olduğundan iç dekorasyonda kullanılabilir. Osmaniye vişne çürüğü mermerinin donma esnasındaki dayanım değerinin diğer mermerlere göre daha az düştüğü tespit edilmiştir. Bundan dolayı don olayının olabileceği yerlerde de kullanılabilir. Antik Krem Bej mermeri yüksek sıcaklıkta düşük dayanım göstermesine rağmen normal koşullarda ve don sonrasında dayanım değerleri yüksek çıkmıştır.

7. KAYNAKLAR

1. Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, I.Y., Sarışik A., Mermer teknolojisi, Tuğra Ofset, İsparta, (241), (1996).
2. Gündüz. L., Şentürk, A., Sarışik A., Yüzey Sertlik Endeks Belirleme Yöntemi ile Mermerlerin Yerinde Basınç Dayanımlarının Kestirimi, Türkiye'de Mermer Dergisi, Sayı 42, Temmuz/Ağustos, s 6-11, (1995).
3. Avrupa Birliği Mermer Ürünleri Piyasa Araştırması, İTO yayınları, (1998).
4. Özgül, N., Torosların Bazı Temel Özellikleri: TJK Bülteni., 19.1.65-78, (1976)
5. Yetiş,C. ve Demirkol, C, Detailed Geological Investigations of the Western Side of The Adana Basin, Miner. Res. Explor.Inst.Rap. No:8037-8037a (unpublished, in Turkish), (1986).
6. Yetiş,C, Reorganization of the Tertiary Stratigraphy in the Adana Basin, Southern Turkey: Newsl. Stratigr. 20(1).43-58, (1988).
7. TSE, Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları, TS'699
8. Ersoy, H.T., (Konya), Mermerlerin Jeomekanik Özellikleri ve işletmeciliği, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Mühendislik Tezi (1991).
9. Yaşar E., (Adana) Kaya Mekaniği Ders Notları, Ç.Ü. Maden Müh. Bölümü, (2000).