



**Makale  
(Article)**

## Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması

**Mümin FİLİZ\*, Cengiz ÖZEL\*, Oktar SOYKAN\*, Yunus EKİZ\***

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 32260 Isparta/ TÜRKİYE  
[cozel@tef.sdu.edu.tr](mailto:cozel@tef.sdu.edu.tr)

### Özet

Bu çalışmada iki farklı çimento tipi (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N ve CEM I 42.5 R) ve iki farklı su/çimento oranında (0.50 ve 0.55) hazırlanmış olan karışımlara mermer tozunun hacim oranınca agrega ile yer değiştirmesinin, mekanik ve fiziksel özelliklere etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre mermer tozu atığının parke taşı imalatında kullanılabilirliği TS 2524 EN 1338 standardına göre değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre mermer tozu kullanımı ile betonların mekanik ve fiziksel özelliklerinin şahit betona göre yükseltilebilmektedir (basınç dayanımını %32.3, yarmada çekme dayanımını %13.5 ve elastisite modülü değerleri %15.2 arttırılabilmekte, su emme %25.8, aşınma kaybını %8.4 ve donma çözülme sonrası mukavemet kaybını %87.7 azaltılabilmektedir). Üretilen numunelerin ilgili standartta belirtilen şartları sağladığı ve mermer tozunun parke üretiminde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer tozu, parke taşı, mekanik ve fiziksel özellikler

## Usage of Waste Marble Dust at Paving Stones

### Abstract

In this study, effect to mechanical and physical properties investigated on concretes replaced with marble dusty of aggregate according to volume ration to prepared mixtures at two types of cement (CEM II / BM (P-LL) 32.5 N and CEM I 42.5 R) and two water/cement ratio (0.50 and 0.55). Experimental results were evaluated that paving stones produced usability of marble dusty based on the TS 2524 EN 1338 standard.

According to the experimental results, it is concluded that the addition of marble dusty upgrades the mechanical and physical performance of concrete (compressive strength 32.3%, splitting tensile strength 13.5% and elasticity modulus 15.2% values are augmentable, water absorption 25.8%, loss of abrasion resistance 8.4% and loss of freeze thaw 87.7% values are diminishable). Concretes of marble dusty are provided the requirements at the standard, therefore marble dusty is usable in producing paving stone.

**Keywords:** Marble dusty, paving stone, mechanical and physical.

## 1. GİRİŞ

Beton günümüzde en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Taşıyıcı elemanların inşasından kaplama elemanlarının üretimine kadar birçok farklı amaç doğrultusunda, farklı karışım oranlarında üretilmekte ve yapılarda kullanılmaktadır. Parke taşları, özellikle kentleşmenin gelişmesiyle ağır taşıt trafiğinin bulunmadığı yollarda ulaşım ve peyzaj amaçlı olarak kullanımı her geçen gün artan doğal veya yapay olarak elde edilen zemin kaplama malzemesidir [1, 2].

*Bu makaleye atf yapmak için*

Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., Ekiz, Y., "Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 6(2) 57-72

*How to cite this article*

Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., Ekiz, Y., "Usage of Waste Marble Dust at Paving Stones" *Composites* Electronic Journal of Construction Technologies, 2010, 6 (2) 57-72

Gelişen endüstri ve teknoloji ile mermer hemen hemen her yerde kullanılır hale gelmiş ve buna paralel olarak da mermer üretiminin arttığı bilinmektedir. Dünyadaki kaliteli ve en zengin mermer yataklarının büyük bölümü Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır. Mermer ve diğer yapı taşları (granit, siyenit, andezit, bazalt, gabro, diyabaz, gnays, mika şist, traverten, oniks mermer vb) ülkemizde her bölgede bulunan yer altı zenginliklerindedir [3]. Mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi gerekmektedir. Kesme işlemi sonunda mermer tozu (MT) ortaya çıkmaktadır. Mermerlerin kesiminde soğutma suyu kullanıldığından ve toz bastırıcı olarak sulu kesim yapıldığından, mermer kesiminden çıkan ince şlam boyutundaki parçacıklar başlangıçta ıslak olarak depo edilmekte veya doğrudan araziye bırakılmaktadır. Dolayısıyla çevre kirlenmesi söz konusudur. Mermer atıkları, oluşum yerlerine göre ocakta oluşan ve fabrikada oluşan atıklar olarak, boyutlarına göre ise; Molozlar, Kapaklar, Paledyenler ve Tozlar olarak gruplandırılır. Mermer tozu, en küçük boyutlu mermer atıklarıdır. Mermer işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi sırasında oluşan, öğütme işlemine tabi tutulmadan kolloidal yapıda bulunan ve büyük çoğunluğu da 250  $\mu\text{m}$ 'nin altında olan mermer tanecikleridir. Mermer atıkları ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, MT tane boyutlarının tamamına yakın bir kısmının 0.2 mm'nin altında olduğunu göstermiştir [4].

Mermer işleme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerdeki mermer atık sahaları da çevreye olumsuz etki yaptığı gibi imhası ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Atık maddelerin geri dönüştürülmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Geri dönüştürme işlemleri ayrıca bir yatırım gerektirdiği gibi malzemelerin tamamı da geri dönüştürülemezdir. Bu malzemelerden en büyük faydayı sağlamak için çeşitli sektörlerde kullanılabilirliği son yıllarda üzerinde yoğun bir şekilde çalışılan konulardandır. Beton sektöründe de çevre kirliliğine neden olan birçok atık maddenin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır [1, 3, 5, 6, 7].

Gelişen teknolojinin ihtiyaçlarına paralel olarak betondan beklenen performansları arttırmada beton için çok çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkılar, özel olarak beton için üretilen sanayi ürünü olan katkılılar olabildiği gibi endüstriyel üretimler sonucu veya kullanım sonrası açığa çıkan maddeler de olabilmektedir. Dünyada sürdürülebilir bir gelecek için geliştirilen endüstriyel ekoloji kavramına göre bir endüstrinin yan ürünü bir başka endüstride hammadde olarak kullanılabilir. Böylece iki endüstrinin çevreye olan zararları azaltılabilir. Beton teknolojileri geliştirilirken çevreyle dostluk, maliyetler ve dayanıklılık kriterleri göz önüne alınmaya başlanmıştır [7].

Geri dönüştürülmüş beton agregası ile üretilen parke taşlarında, %10 yer değiştirme ile kullanılan tuğla, kiremit, cam ve ahşap (yonga) atıklarının mekanik ve fiziksel özelliklere etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda %5'e kadar yoğunluk azalması, atıkların kullanıldığı karışımlarda basınç dayanımı kaybı (%5.5-%29.5) olduğu, tuğla ve kiremit atıklarının yarmada çekme dayanımını arttırdığı, ahşabın ise önemli derecede azalttığı, aşınma değerlerinin düşük agrega/çimento'lu (A/C) karışımlarda azaldığı yüksek A/C oranlı karışımlarda arttığı ve kayma direncinin arttığını belirtmişlerdir [8]. Geri dönüştürülmüş agrega ve tuğla atığı ile üretilen parke taşlarında kırılmış tuğla atığının yoğunluk, basınç dayanımı, çekme mukavemeti değerleri azalırken su emme değerleri önemli derecede artmakta, bu karışımlara uçucu külü ilavesi ile (%15) basınç dayanımı kaybı ve su emme değerleri azaltılabilmektedir[9].

Granüle yüksek fırın cürufunun parke ve bordür üretiminde ince agrega olarak kullanılmasının araştırıldığı çalışmada, granüle fırın cürufunun basınç dayanımını bir miktar düşürdüğu ancak donma-çözülme ve aşınma gibi fiziksel özellikleri iyileştirdiği belirtilmiştir [10].

Kullanılmış döküm kumları ve F tipi uçucu külün (UK) parke taşlarında kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, UK'ün karışımlarda kullanılmasıyla basınç dayanımı (%32'de daha fazla), aşınma direnci ve durabilitenin arttığı, soğuk bölgelerde kullanılmış döküm kumu veya F tipi UK'ün %25'e kadar kumla yer değiştirilebileceğini belirtmişlerdir [11, 12]. Aşınma direnci UK ile ince malzemenin yer

değiştirilmesi (% 40 oranında) sonucu %40'a kadar arttırılabilmektedir. Kullanılmış döküm kumun ince malzeme ile yer değiştirilmesiyle de iyi kalitede (55 MPa) yapı malzemesi üretilebilmektedir [13, 14]. Bununla birlikte yapılan bir diğer çalışmada farklı UK'lerle üretilen kilit taşlarında % 10'dan fazla UK'ün yarmada çekme dayanımını, donma çözülme direnci ve aşınma direnci azalırken su emme oranının arttığı, tuzlu kürlenme yapıldığı takdirde bu ilişkilerin tersine sonuçlar elde edildiği de rapor edilmiştir [15].

## 2. MALZEME ve METOT

Bu çalışmada, Afyon ilinin İncehisar ilçesinde bulunan mermer işleme tesislerinden çıkan MT atıkları ile Isparta ili Atabey ilçesinde bulunan doğal agrega yataklarından elde edilen normal agrega kullanılmıştır. Hazırlanan bütün karışımlarda çimento dozajı 400 kg/m<sup>3</sup> olup Tablo 1'de bazı özellikleri verilmiş olan iki farklı çimento türü (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N ve CEM I 42.5 R), iki farklı s/ç oranı (0.50 ve 0.55) ve MT karışımındaki agrega ile hacimce yer değiştirilerek kullanılmıştır (Tablo 2). Üretilen beton serilerinde MT sıfır çökme elde edilinceye kadar yer değiştirmeye devam edilmiştir.

**Tablo 1.** Kullanılan çimentolara ait bazı özellikler

Çimento Tipi	SiO <sub>3</sub> (%)	Cl <sup>-</sup> (%)	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Priz Başlama (dakika)	Genleşme (mm)	Dayanım değeri (MPa)		
						2 günlük	7 günlük	28 günlük
32.5	3.21	0.044	4230	170	1	14.7	26.9	39.6
42.5	2.69	0.009	3560	145	1	25.3	40.5	51.7

**Tablo 2.** Karışım kodları ve özellikleri

Kod	Çimento Tipi	s/ç	Agrega Oranı				
			MT (%)	0-3 (%)	0-7 (%)	7-15 (%)	
1. Seri	AX	32.5	0.50	0	25.0	25.0	50
	A10X	32.5	0.50	10	22.5	22.5	45
	AY	32.5	0.55	0	25.0	25.0	50
	A10Y	32.5	0.55	10	22.5	22.5	45
	A20Y	32.5	0.55	20	20.0	20.0	40
	A30Y	32.5	0.55	30	17.5	17.5	35
2. Seri	BX	42.5	0.50	0	25.0	25.0	50
	B10X	42.5	0.50	10	22.5	22.5	45
	B20X	42.5	0.50	20	20.0	20.0	40
	BY	42.5	0.55	0	25.0	25.0	50
	B10Y	42.5	0.55	10	22.5	22.5	45
	B20Y	42.5	0.55	20	20.0	20.0	40
	B30Y	42.5	0.55	30	17.5	17.5	35
	B40Y	42.5	0.55	40	15.0	15.0	30

Agregaların elek analizi deneyi TS 706 EN 12620'e [16] göre, birim hacim kütle ve su emme oranı tayini deneyleri iri agrega için ASTM C127'ye [17] göre, ince agrega için ise ASTM C128'e [18] göre yapılmıştır. Deneyler her malzeme için üç kez tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır.

Üretilen beton serilerinde taze beton özeliği olarak TS EN 12350-6'ya [19] uygun olarak taze betonun yoğunluğunun tayini deneyi ve TS EN 12350-2'ye [20] uygun olarak çökme deneyi yapılmıştır. Üretilen her seri betona ait numuneler beton üretimini sonrasında (5. dk) alınmıştır. Numuneler üretimini takip eden gün kalıptan çıkarılmış ve deney yapılacak güne kadar sıcaklık kontrollü ve sirkülasyonlu kür

havuzlarında saklanmıştır.

Elde edilen betonlar üzerinde TS EN 12390-7'ye [21] göre sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini, tahribatsız (ASTM C 597'ye [22] uygun ultrases geçiş hızı tayini "US" ve TS 3260'a [23] göre Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi "SCH") ve tahribatlı (TS EN 12390-3'e [24] göre basınç dayanımı tayini "BD", TS EN 12390-6'ya [25] göre yarmada çekme dayanımının tayini "YD", TS 699'a göre [26] ve TS 2824 EN 1338'e [2] göre aşınma deneyi (Böhme yüzey aşındırma) "AD", TS 3449'a [27] ve ASTM C 666/C 666M'a [28] göre donma çözülme dayanımının belirlenmesi "DÇMK", Sekant Yöntemi kullanılarak Elastisite Modülü tayini deneyi [29] "EM" ve TS 2824 EN 1338'e [2] göre ağırlıkça su emme "SE") deneyler yapılmıştır. Elde edilen verilerin TS 2824 EN 1338'e [2] göre uygunluğu araştırılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

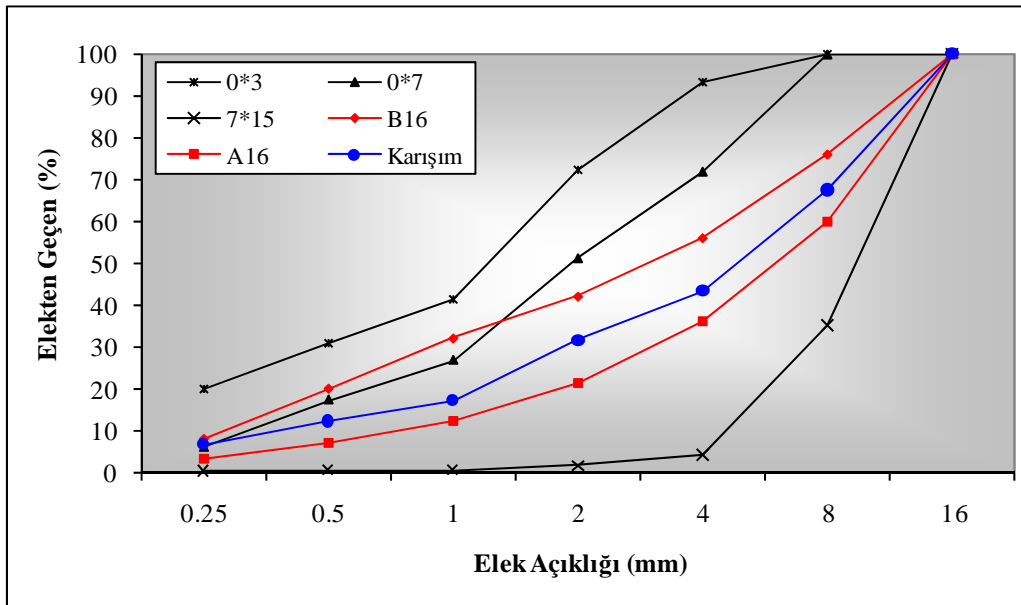
#### 3.1. Agregaya Deneylerine Ait Sonuçlar

Beton üretiminde kullanılan agregaların bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Agregaların fiziksel özellikleri

Agrega tipi	Tane Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
0-3	2730	2.92
0-7	2710	3.02
7-15	2739	0.93
MT	2679	0.17

Beton Üretiminde kullanılan agregaların gradasyonu Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Agregaların ve karışım agregasının gradasyonu

#### 3.2. Taze Beton Deney Sonuçları

Taze betonun yoğunluğunun tayini ve çökme deneylerinin sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'de verilmiştir. Çökme deneyinde standart ölçüme (ÇY) ek olarak yayılma çapı (YÇ) da ölçülmüştür. 4 ana tipte üretilen betonlardan sıfır çökmenin elde edilmesiyle mermer ilavesine devam edilmemiştir.

**Tablo 4.** Üretilen betonlara ait taze beton deney sonuçları

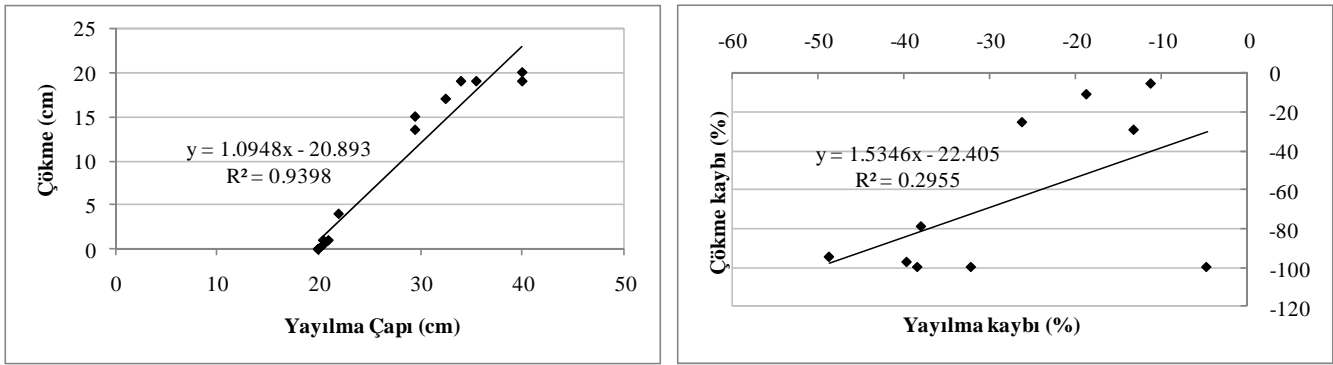
	BHA (gr/cm <sup>3</sup> )	ÇY (mm)	YÇ (mm)
AX	2.371	1.0	21.0
A10X	2.361	0.0	20.0
AY	2.306	19.0	40.0
A10Y	2.306	17.0	32.5
A20Y	2.292	1.0	20.5
A30Y	2.287	0.0	20.0
BX	2.315	19.0	34.0
B10X	2.315	13.5	29.5
B20X	2.299	0.5	20.5
BY	2.316	20.0	40.0
B10Y	2.316	19.0	35.5
B20Y	2.302	15.0	29.5
B30Y	2.299	4.0	22.0
B407	2.292	0.0	20.0

Tablo 4'den görüleceği gibi karışımlarda MT kullanılmasıyla taze beton birim hacim ağırlığı (BHA) değerlerinde çok az da olsa azalma meydana gelmiştir. Azalma oranı en düşük %10 MT'lu karışımda AX serisi hariç sıfır, en fazla %30 MT'lu karışımda %0.8'dir. YÇ ve ÇY değerlerinde ise tüm serilerde MT kullanılmasıyla azalma meydana gelmiştir. YÇ değerlerinde en düşük azalma oranı %4.8 ile A10X karışımından elde edilmişken en yüksek azalma oranı %48.8 ile A20Y karışımından elde edilmiştir. ÇY değerlerinde ise %100 çökme kaybı elde edilinceye kadar MT yer değiştirmesi yapıldığından tüm serilerde en yüksek çökme kaybı bu oranda olmuştur. Bununla birlikte en az çökme kaybı %5.0 ile B10Y karışımından elde edilmiştir.

s/ç oranına bağlı değişim incelendiğinde s/ç oranının artmasıyla BHA değerlerinde A serisinde ortalama %2.5 değerinde azalma meydana gelirken B serinde bu oran %0'a çok yakındır. YÇ değerlerinde ise s/ç oranının artmasıyla A serisinde ortalama %76.5 oranında bir artış meydana gelirken B serisinde bu oran ortalama %37.3'dür. ÇY değerlerinde ise AY-AX arasında %1800 oranında bir artış elde edilmişken B serisinde MT oranına bağlı olarak %5.3-2900 oranı arasında bir artış elde edilmiştir.

Çimento tipinin etkisi incelendiğinde (42.5'un kullanıldığı seride 32.5'un kullanıldığı seriye göre) 0.50 s/ç oranında B serisinde BHA değerlerinde azalma elde edilmişken %1.9-2.4, 0.55 s/ç oranlı karışımlarda çok az da olsa %0.4-0.5 artış elde edilmiştir. YÇ değerlerinde tüm serilerde artış elde edilmiştir, bu artış 0.50 s/ç oranında %47.5-61.9, 0.55 s/ç oranlı serilerde %0-43.9 arasındadır. YÇ değerlerine benzer olarak ÇY değerlerinde de 42.5'un kullanıldığı serilerde artış oranı elde edilmiştir. Ancak bu oran YÇ'dan çok daha yüksek %5.3-1800 arasındadır.

Şekil 2'den görüleceği gibi YÇ ile ÇY değerleri arasında benzer davranış gözlemlense de, MT oranının artmasıyla değişim oranlarında bu benzerlik bozulmaktadır. Yukarıda verilen değişim oranları doğrultusunda MT ile s/ç oranının artmasıyla ve çimento tipinin değişmesiyle (32.5 yerine 42.5) YÇ'nda daha az değişme meydana gelirken ÇY'nde daha yüksek oranlarda değişme meydana gelmektedir. Bu değişim betonun kohezyonunda meydana gelen artış olabilir.



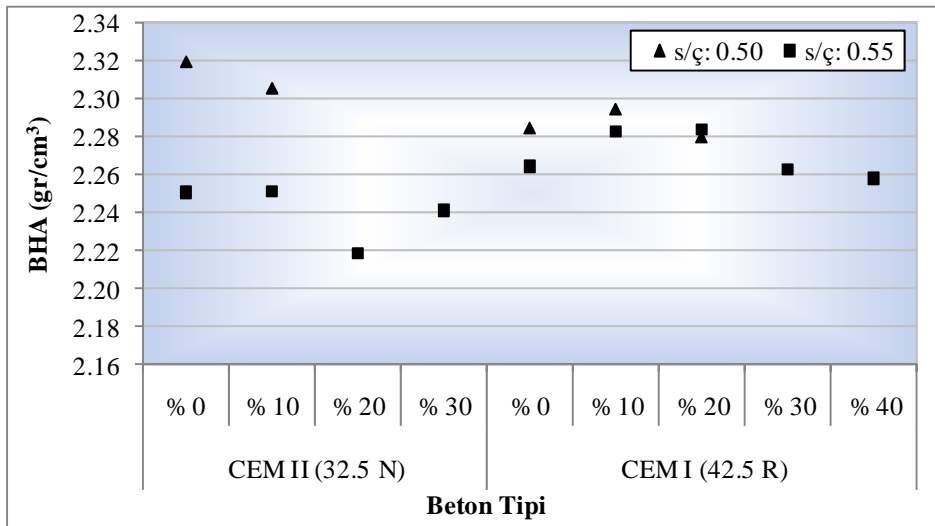
Şekil 2. Çökme ve yayılma çapı ilişkisi

### 3.3. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

#### 3.3.1. Tahribatsız Deney Sonuçları

Sertleşmiş betonlardan elde edilen birim hacim ağırlık (BHA) değerleri Şekil 3’de verilmiştir. Genel olarak 0.50 s/ç oranındaki betonların BHA değerleri 0.55 s/ç oranındaki betonların BHA değerlerinden daha yüksek elde edilmiştir. Karışımlarda MT kullanılmasıyla A serisinde BHA değerlerinde azalma elde edilmişken B serisinde MT’nin %10 yer değiştirilmesinde artış, MT’nun artan oranlarına ise azalma elde edilmiştir. Bununla birlikte MT’nin sertleşmiş BHA değerlerindeki değişim oranları taze betonun BHA değerlerindeki benzer olarak çok düşüktür. MT’nun kullanılmasıyla artan BHA değerindeki en yüksek değişim oranı %0.9 ile B20Y betonundan elde edilmişken azalan BHA değerindeki en büyük değişim oranı %0.6 ile A10X betonundan elde edilmiştir.

Artan s/ç oranına bağlı olarak BHA’ndaki değişim oranları %0.2 ile %-2.9 arasındadır. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %-1.5 ile %3.0 arasında BHA değerlerinde değişim vardır.

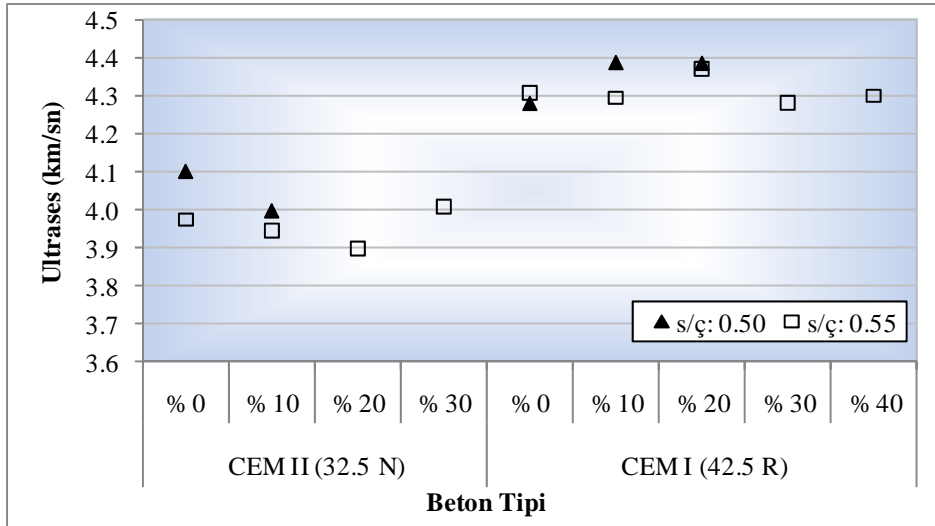


Şekil 3. Üretilen betonların birim hacim ağırlığı değişimi

Ultras ses geçiş hızı tayini deneyinde, ölçüm aralığı: 15~6550  $\mu$ sn, çözülüm Min. 0.1  $\mu$ sn, Voltaj akımı 1 KV, Atım oranı Min. 3/sn, Direnç 1 M $\Omega$  olan ultras ses pandit (S dalgalı proplu) cihaz kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen US değerleri Şekil 4’de verilmiştir. Karışımlarda MT’nun kullanılmasıyla US değerlerindeki değişim sertleşmiş BHA değerlerindeki değişime benzer olmasına karşılık orantısız ilişki bulunmamaktadır ve US değerlerindeki değişim aralığı daha fazladır. US değerlerinin A serisinde

MT oranının artmasıyla azalmasına karşılık B serisinin düşük oranlı MT yer değiştirmesinde artmakta, yer değiştirme oranı arttıkça azalma davranışı gösterdiği gözlenmektedir. MT'nun yer değiştirme oranına bağlı olarak US değerlerindeki en büyük artış oranı %2.5 ile B10X ve B20X serilerinde meydana gelirken, en büyük azalma oranı %-2.5 ile A10X betonundan elde edilmiştir (her iki değişimde 0.50 s/ç oranlı serilerdedir). 0.55 s/ç oranlı beton serilerinde değişim oranları (%-0.8 ile %1.5 arasında) 0.55 s/ç oranlı karışımlara göre daha düşüktür.

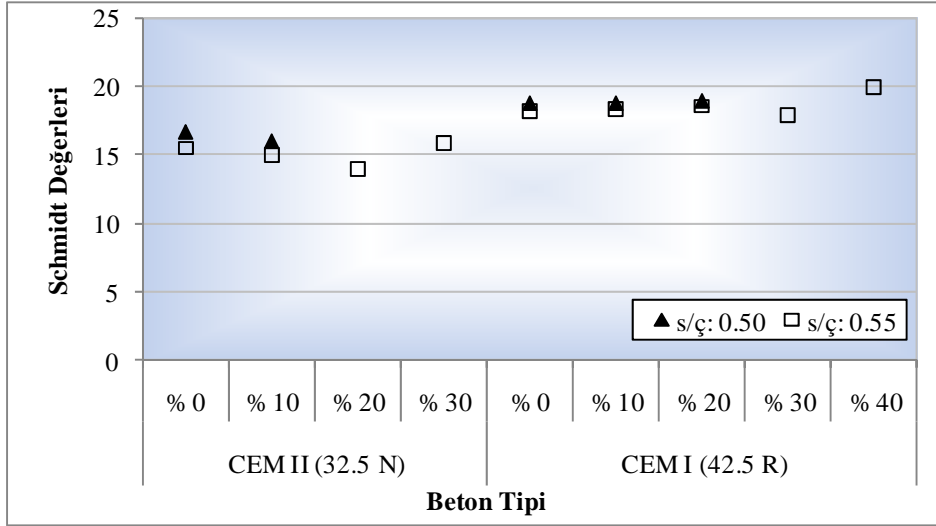
Artan s/ç oranına bağlı olarak ultrases değerlerindeki değişim oranları %0.6 ile %-3.1 arasındadır. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B serisinde A serisine göre %4.4 (AX-BX arasında) ile %12.2 oranlarında (A20Y-B20Y arasında) US değerlerinde değişim aralığı vardır.



Şekil 4. Üretilen betonların ultrases değerlerinin değişimi

Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesinde N tipi beton test çekici (Schmidt) kullanılmış olup, deney esnasında numunenin oynamaması ve geri sekmemesi için beton basınç presi altında 3~5 t'luk yükleme altında yapılmış olup, deneyler 90°'lik açıyla ve beş farklı noktadan alınmıştır. Beş değerlerin ortalaması bir numune için değer olarak kaydedilmiştir [30]. Deneylerden elde edilen SCH değerleri Şekil 5'de verilmiştir. SCH yüzey sertliği değerleri A serisinde mermer oranıyla azalma davranışı gösterirken B serisinde artma yönünde davranış gözlemlenmiştir. Şahit betonlara göre hem azalma yönündeki en büyük değişim oranı %-3.6 (A20Y betonundan) artış yönündeki en büyük değişim oranı (%9.7 olarak elde edilmiştir).

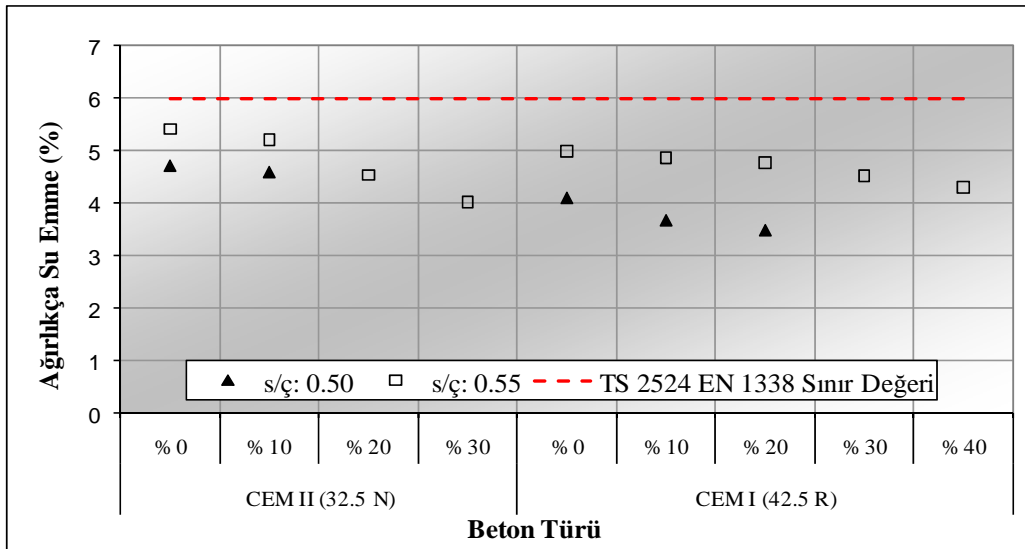
Artan s/ç oranına bağlı olarak SCH değerlerindeki değişim oranları %-2.1 ile %-7.3 arasındadır. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %12.3 (AX-BX arasında) ile %32.5 oranlarında (A20Y-B20Y arasında) SCH değerlerinde artış aralığı vardır.



Şekil 5. Üretilen betonların schmidt değerlerinin değişimi

Üretilen betonlara ait ağırlıkça su emme değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Üretilen beton serilerinin tümünde MT ilavesiyle ve MT'nin kullanım oranının artmasıyla SE değerlerinde azalma meydana gelmekte ve tüm numunelerde TS 2524 EN 1338'in [2] belirlediği sınır değerlerin altında kalmaktadır. Şahit betonlara göre SE değerlerindeki en küçük değişim oranı A10X (%-2.6) betonundan elde edilmişken en büyük değişim oranı A30Y (%-25.8) betonundan elde edilmiştir.

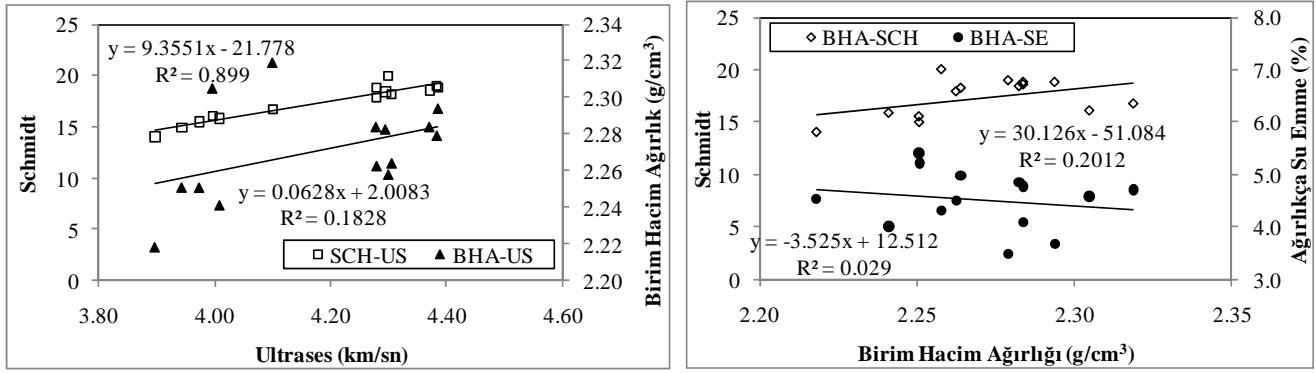
Artan s/ç oranına bağlı olarak SE değerlerindeki değişim oranları %13.7 ile %37.0 (s/ç oranı arttıkça SE değerleri artmaktadır) arasındadır. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %-13.0 (AX-BX arasında) ile %12.3 oranlarında (A30Y-B30Y arasında) SE değerlerinde değişim aralığı vardır.



Şekil 6. Üretilen betonlara ait ağırlıkça su emme (%) değerlerinin değişimi

Tahribatsız deney sonuçları aralarındaki ilişkiler Şekil 7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek ilişki SCH -US değerleri arasında ( $R^2= 0.899$ ) elde edilmiştir. Diğer özellikler arası ilişki katsayıları oldukça düşüktür.



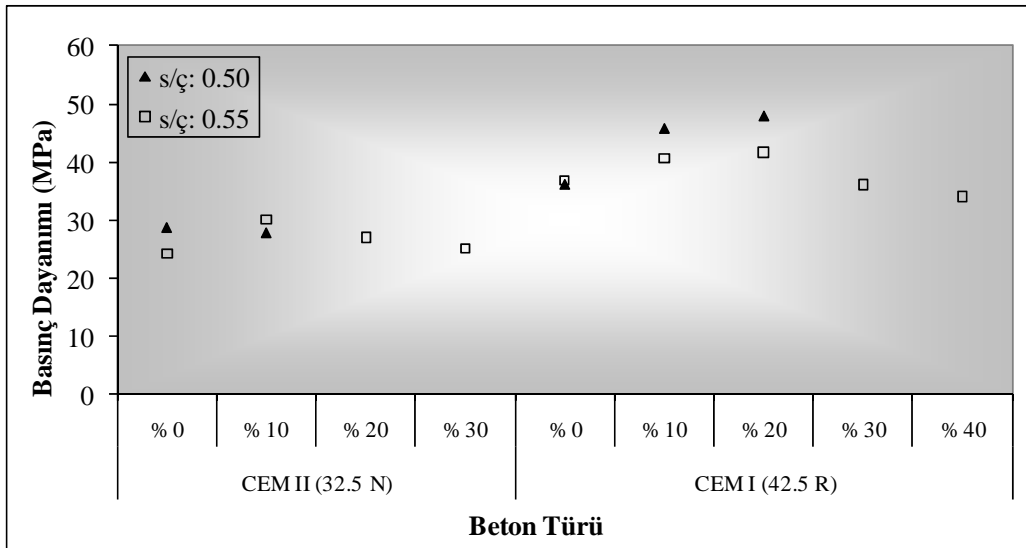


Şekil 7. Tahribatsız deneyler arası ilişkiler

### 3.3.2. Tahribathı Deney Sonuçları

#### a. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Basınç dayanımı tayini 200 ton kapasiteli tam otomatik beton basınç presi ile yapılmış olup her beton serisi için 3'er adet üretilen 15x15x15 cm ebadındaki beton örneklerinin ortalaması olarak basınç dayanımı hesaplanmıştır (Şekil 8).

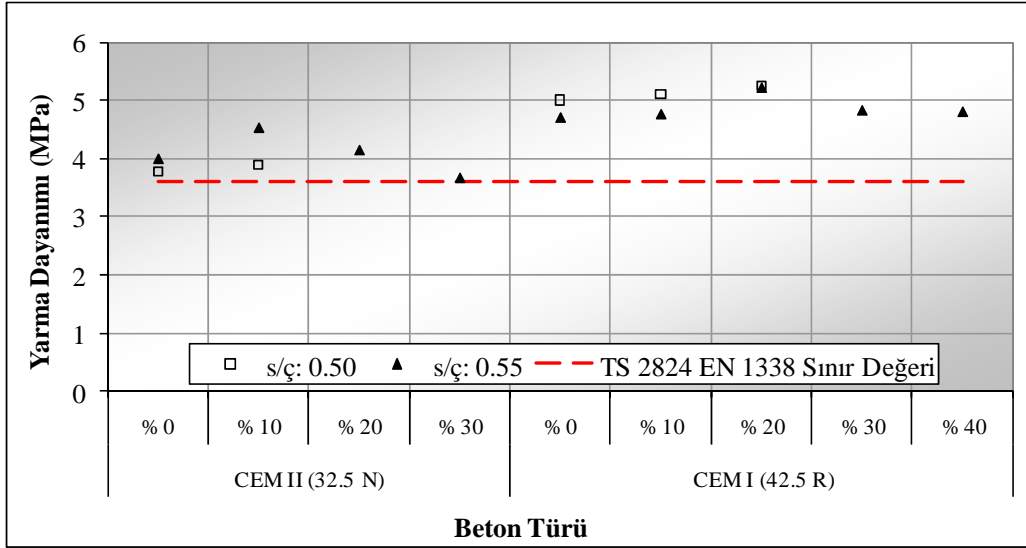


Şekil 8. Üretilen betonlara ait beton dayanımı deney sonuçları

Basınç dayanımı tayini deneyinden elde edilen verilere göre A serisinde karışımlara MT ilavesiyle s/ç oranına bağlı olarak BD değerleri değişkenlik gösterirken (0.50 s/ç oranında azalma, 0.55 s/ç oranında artış), B serisinde % 20 yer değiştirme oranına kadar yükselme daha fazla oranlarda ise azalma meydana gelmiştir. BD değerlerinin değişim oranı %-7.6 (B40Y) ile %32.3 (B20X) aralığındadır. BD'nda azalmanın elde edildiği A serisi ile B30Y ve B40Y betonlarında işlenebilirlik kayıplarının yüksek olmasından kaynaklanan bir basınç kaybı olabileceği düşünülmektedir. s/ç oranının azalmasıyla BD değerlerinde genellikle bir azalma meydana gelirken değişim aralığı %-16.3 (AX-AY) ile %7.9 (A10X-A10Y) arasındadır. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %25.7 (AX-BX arasında) ile %64.0 oranlarında (A10X-B10X arasında) BD değerlerinde artış elde edilmiştir.

## b. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Yarmada çekme dayanımı tayini deneyi beton basınç presinde ve yarma aparatı kullanılarak yapılmıştır. 15×30 cm boyutunda her seri için 3'er adet üretilen beton örnekleri üzerinde deneyler yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları Şekil 9'da gösterilmiştir. Üretilen tüm serilerde YD TS 2824 EN 1338'de [2] belirtilen en küçük (3.6 MPa) değerin üzerinde elde edilmiştir. MT'nun A serisinde %10 ve B serisinin %20 yer değiştirme oranına kadar artış gösterdiği, bu oranların üzerinde azalma davranışı gösterdiği gözlemlenmiştir.



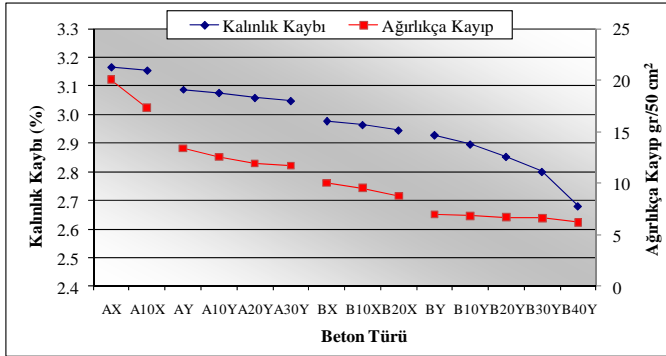
Şekil 9. Üretilen betonlara ait yarmada çekme dayanımı deney sonuçları

MT'nun yer değiştirilmesiyle azalma yönündeki en büyük değişim oranı %-8.3 ile A30Y betonundan elde edilmişken, artış yönündeki en büyük değişim oranı %13.5 ile A10Y betonundan elde edilmiştir. s/ç oranının artmasıyla A serisinde YD değerlerinde artış (%5.8 ile 16.3 arasında), B serisi betonlarda azalma (%-0.7 ile %-6.6 arasında) elde edilmiştir. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %5.2 (A10Y-B10Y arasında) ile %32.9 oranlarında (AX-BX arasında) YD değerlerinde artış elde edilmiştir.

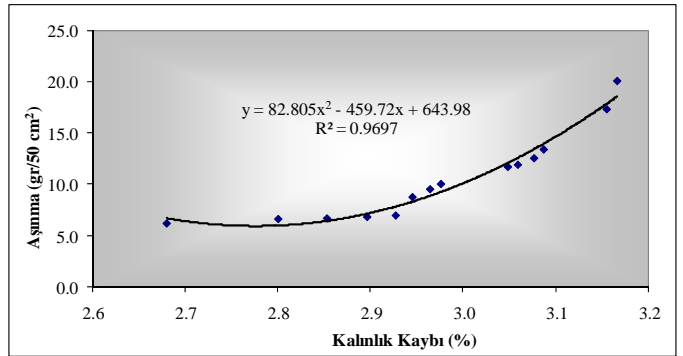
## c. Aşınma Dayanımı Deney Sonuçları

Aşınma dayanımının belirlenmesinde 5 kg sabit yük altında ve her bir yönünden 22 tur olmak üzere iki yönden deneye tabi tutulmuştur. Deneyler Böhme yüzey aşındırma cihazında yapılmış olup demir tozu aşındırıcı madde olarak kullanılmıştır. Her beton serisi için 7x7x4 cm boyutlarında 3'er adet beton örnekleri üzerinde deneyler yapılmış olup bu değerlerin ortalaması, o seri için aşınma değeri olarak kullanılmıştır. TS 699'a [26] göre elde edilen deney sonuçları Şekil 10'da, TS 2824 EN 1338'e [2] göre elde edilen deney sonuçları ise Şekil 12'de verilmiştir.

TS 699'a [26] göre yapılan değerlendirme hem kalınlık kaybının hem de ağırlık kaybının beton içindeki MT yer değiştirmesiyle ve çimento dozajının artmasıyla azaldığı Şekil 10'da görülmektedir. Kalınlık kaybı ile ağırlık kaybının benzer davranış gösterdiği gözlemlenmiş, bu nedenle bu iki değer arasında ilişki araştırılmıştır. Şekil 11'den görüleceği gibi bu iki değer arasında polinomsal bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

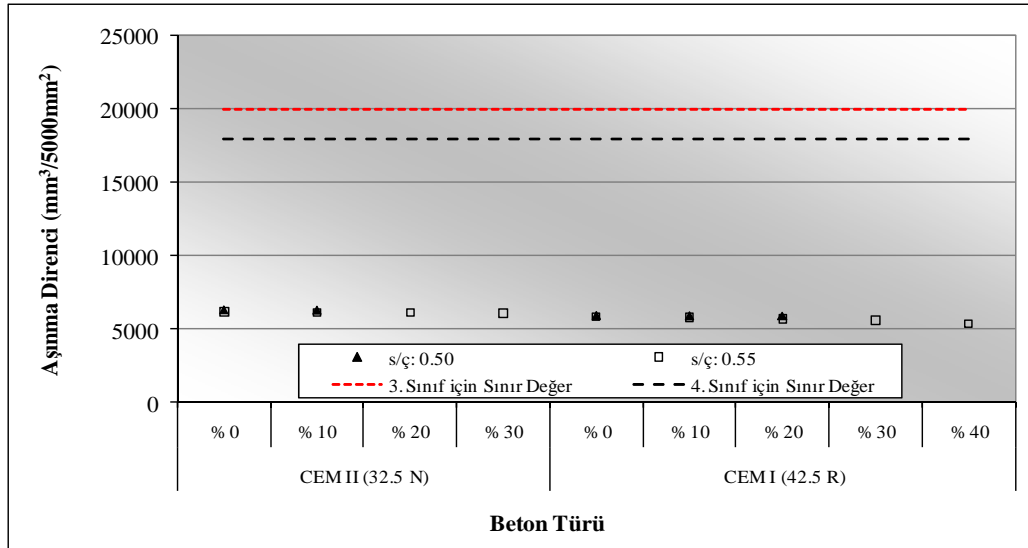


Şekil 10. Üretilen betonlara ait TS 699'a göre [26] aşınma deney sonuçları



Şekil 11. Kalınlık kaybının ağırlık kaybı ile ilişkisi

TS 2824 EN 1338'de [2] aşınmaya karşı üç direnç sınıfı tanımlanmıştır. 1 Sınıf aşınma değeri için performansı ölçülemeyen, 3. Sınıf aşınma sınırı olarak  $20000 \text{ mm}^3/5000 \text{ mm}^2$  ve 4. Sınıf aşınma sınırı olarak ise  $18000 \text{ mm}^3/5000 \text{ mm}^2$  değerleri üst limit olarak tanımlanmıştır. Üretilen tüm numunelerin aşınma değerleri TS 2824 EN 1338'in [2] belirlediği sınır değerlerin oldukça altındadır (Şekil 12).



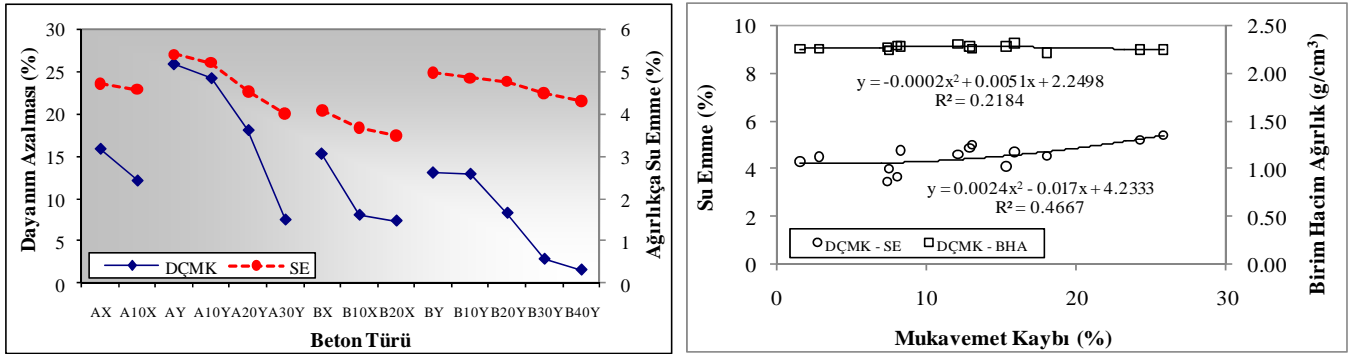
Şekil 12. Üretilen betonlara ait TS 2824 EN 1338'e [2] göre aşınma deney sonuçları

MT'nun yer değiştirilmesiyle TS 2824 EN 1338'e göre aşınma değerlerinde azalma yönündeki değişim oranı şahit betonlara göre %-0.3 (A10Y) ile %-8.4 (B40Y) arasında elde edilmiştir. s/ç oranının artmasıyla %-1.6 (BX-BY) ile %-3.1 (B20X-B20Y) arasında azalma elde edilmiştir. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %-5.2 (AY-BY) ile %-8.1 (A30Y-B30Y) azalma elde edilmiştir.

#### d. Donma Çözülme Dayanımının Deney Sonuçları

Donma-çözülme deneylerinde  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$  ebatlarında hazırlanan 6'şar adet numune 28 gün  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de küre tabi tutulmuştur. 28 gün sonunda, 3'er adet numune 30 çevrimli donma çözülme deneyine ( $-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ve 2 saat donma ve  $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  su içinde 1 saat çözülme) tabi tutulup basınç dayanımı belirlenmiş, 3'er adedi ise şahit olarak saklanıp basınç dayanımı belirlenmiştir. Donma çözülme sonrası dayanımı kaybı hesaplamalarında (DÇMK) üçer numunenin ortalaması alınarak kullanılmıştır. Şekil 13'den görüleceği gibi donma çözüme deney sonuçlarına göre MT yer değiştirmesiyle tüm serilerin

basınç kaybı değişimlerinde azalma meydana gelmiştir. DÇMK sonuçları SE deney sonuçlarına benzerlik gösterse de değişim oranı DÇMK’nda daha yüksektir. DÇMK ile SE ve BHA arasında ilişkiler incelendiğinde DÇMK ile SE arasındaki ilişki DÇMK ile BHA arasındakinden daha yüksektir.

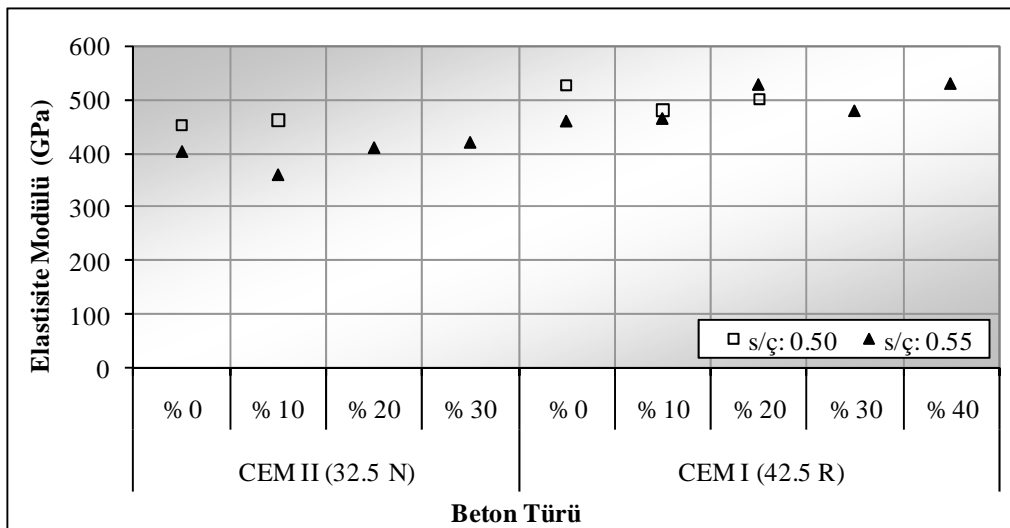


Şekil 13. Üretilen betonlara ait donma çözülme deneyi sonuçları

MT’nun yer değiştirilmesiyle DÇMK değerlerindeki azalma oranı şahit betonlara göre %-6.2 (A10Y) ile %-87.7 (B40Y) arasında elde edilmiştir. s/ç oranının artmasıyla A serisinde artış (%62.7 ile %99.7), B serisinde şahit betonlar arasında azalma (%-14.8) MT’lu serilerde ise artış (%12.4 ile %59.8 arasında) elde edilmiştir. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %-3.4 (AX-BX) ile %-61.6 (A30Y-B30Y) azalma elde edilmiştir.

#### e. Elastisite Modülü Deney Sonuçları

Bu çalışmada “Sekant Yöntemi” kullanılarak elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır. Üretilen betonların ortalama basınç dayanımlarının % 40’ına karşılık gelen değere kadar yükleme yapılmış ve başlangıç (0) noktasından geçen lineer doğrunun eğimi elastisite modülü olarak kullanılmıştır. Yanal deformasyon ölçümü tek noktadan alınmış iken, boyuna deformasyon ölçümleri iki farklı noktadan alınmış olup deformasyon değerleri bu iki okumanın ortalaması olarak hesaplanmıştır. Yine her seri için 15x30 cm ebatlarında üçer numune üzerinde hesaplanan elastisite modülü değerlerinin ortalaması, o seri beton için elastisite modülü olarak kullanılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Üretilen betonlara ait Elastisite modülü değerlerinin değişimi

EM değerlerinde MT'nun yer değiştirmesiyle şahit betonlara göre 0.50 s/ç oranlı A sersinde artış (%2.2), B sersinde azalma (%-4.6 ile %-8.6), 0.55 s/ç oranlı A sersinde %10 MT yer değiştirmesinde azalma (%-10.7), MT'nun artan oranlarında artış (%1.8 ile %4.2 arasında), B sersinde artış (%1.0 ile %15.2 arasında) elde edilmiştir. s/ç oranının artmasıyla B20X-B20Y betonları arası ilişki hariç (%5.5) diğer serilerde azalma (%-3.1 ile % -21.8 arasında) elde edilmiştir. Çimento tipinin etkisine göre incelendiğinde B tipi serilerde A tipi serilere göre %4.2 (A10X-B10X) ile %29.1 (A10Y-B10Y) artış elde edilmiştir.

Üretilen betonlar üzerinde yapılan deneyler arası ilişkiler Tablo 5'de verilmiştir. Deneyler arası ilişkiler araştırılırken üstsel ilişkilerin seçilmesinin nedeni x değişkenin sıfır olduğunda y değişkeninde sıfır olması gerekliliğidir (BD ile YD arası ilişki gibi). Tablo 5'den görüleceği gibi en yüksek korelasyon katsayıları US ile SCH, BD ile YD ve BD ile US arasında elde edilmişken özellikle BHA ile ilgili değerler oldukça düşüktür. DÇMK ile AD arasında, US ve SCH ile YD, EM AD arasındaki ilişkilerin ise farklı karışımlarda daha detaylı analizlerinin yapılması gereklidir.

Tablo 5. Deneyler arası ilişkiler

y değişkeni x değişkeni	Yarma Dayanımı	Elastisite Modülü	Aşınma Direnci	DÇ Sonrası Mukavemet Kaybı	Ultras	Schmidt	Birim Hacim Ağırlık
Basınç Dayanımı	$y = 0.7453x^{0.5123}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.8215</b>	$y = 141.28x^{0.3362}$ R <sup>2</sup> = 0.4341	$y = 9006.1x^{-0.118}$ R <sup>2</sup> = 0.3143	$y = 749.27x^{-1.228}$ R <sup>2</sup> = 0.125	$y = 2.2154x^{0.1804}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.8301</b>	$y = 4.5097x^{0.3815}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.6301</b>	$y = 2.1091x^{0.021}$ R <sup>2</sup> = 0.1562
Yarma Dayanımı		$y = 201.65x^{0.5481}$ R <sup>2</sup> = 0.3686	$y = 8748.9x^{-0.257}$ R <sup>2</sup> = 0.473	$y = 262.7x^{-2.17}$ R <sup>2</sup> = 0.1247	$y = 2.7011x^{0.2892}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.6819</b>	$y = 6.7891x^{0.6184}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.5291</b>	$y = 2.2267x^{0.013}$ R <sup>2</sup> = 0.0191
Elastisite Modülü			$y = 29986x^{-0.264}$ R <sup>2</sup> = 0.4074	$y = 2E+12x^{-4.222}$ R <sup>2</sup> = 0.3845	$y = 0.5796x^{0.322}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.6889</b>	$y = 0.1101x^{0.8241}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.7655</b>	$y = 1.6815x^{0.049}$ R <sup>2</sup> = 0.2212
Aşınma Direnci				$y = 5E-50x^{13.332}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.6556</b>	$y = 1264.1x^{-0.657}$ R <sup>2</sup> = 0.4909	$y = 3E+07x^{-1.659}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.5306</b>	$y = 1.6741x^{0.0351}$ R <sup>2</sup> = 0.0194
DÇ Sonrası Mukavemet Kaybı					$y = 4.4803x^{-0.031}$ R <sup>2</sup> = 0.2865	$y = 21.004x^{-0.086}$ R <sup>2</sup> = 0.3848	$y = 2.2709x^{-2E-05}$ R <sup>2</sup> = 2E-06
Ultras						$y = 0.6331x^{2.3116}$ <b>R<sup>2</sup>= 0.9067</b>	$y = 1.9205x^{0.1172}$ R <sup>2</sup> = 0.1905
Schmidt							$y = 1.9533x^{0.0529}$ R <sup>2</sup> = 0.2287

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlar çimento tipinin s/ç oranı ve MT yer değiştirme oranının değişimine göre incelenmiş ve ilgili standarda göre (TS 2824 EN 1338 [2]) değerlendirme yapılmıştır.

MT kullanılmasıyla şahit betona göre

- MT'nun kullanım oranının artmasıyla aynı s/ç oranında ÇY (%5~100) ve YÇ değerleri (%4.8~48.8) azalmaktadır.
- MT yer değiştirilmesiyle BHA değerleri üzerinde önemli değişiklikler olmamaktadır (%-0.6~0.9). Betonun birim ağırlığının çok az değişmesine karşılık ÇY değerlerindeki oranın YÇ'na göre çok daha yüksek olmasının nedeni kohezyonun yükselmesi kaynaklı olabilir.
- Karışımlarda MT'nun kullanılmasıyla US değerlerindeki değişim sertleşmiş BHA değerlerindeki değişime benzer olmasına karşılık orantısal ilişki bulunmamaktadır ve US değerlerindeki değişim aralığı daha fazladır. Ultras değerleri A serisinde MT oranının artmasıyla azalmasına karşılık B serisinin düşük oranlı MT'lu betonlarda artmakta, oranın artmasıyla azalma davranışı göstermektedir (%-2.5~2.5).
- SCH değerleri A serisinde artan MT oranıyla azalma davranışı gösterirken B serisinde artmaktadır (%-3.6~9.7).
- Tüm numunelerde SE değeri TS 2524 EN 1338'in [2] belirlediği sınır değerlerin (%6) altındadır.

MT'nun kullanım oranının artmasıyla SE değerleri azalmaktadır (%-2.6 ~ -25.8). Bunun nedeninin hem MT'nun SE değerinin düşük olması hem de ince malzeme olan MT'nun beton içindeki boşlukları doldurması olabilir.

- BD değerleri A serilerinde 0.50 s/ç oranında azalmakta, 0.55 s/ç oranında artmakta, B serisinde % 20 yer değiştirme oranına kadar yükselmekte, daha fazla oranlarda ise azalmaktadır (%-7.6 ~ 32.3). A serisindeki bu azalma MT'nun kimyasal bileşimini oluşturan  $\text{CaCO}_3$ 'ten kaynaklandığı, %20 yer değiştirme sonrası işlenebilirlik kayıplarının yüksek olmasından kaynaklanan bir basınç kaybı olabileceği düşünülmektedir. Bu tip serilerde s/ç değişik oranlarında ve/veya plastikleştirici katkı kullanılmasıyla daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.
- YD değerleri tüm serilerde TS 2824 EN 1338'in [2] belirlediği sınır değer (3.6 MPa) üzerindedir. A serisinde %10 ve B serisinin %20 MT'nun yer değiştirme oranına kadar artmakta, bu oranların üzerinde azalmaktadır (%-8.3 ~ 13.5).
- AD değerleri için iki farklı standarda göre (TS 699 ve TS 2824 EN 1338) deney ve değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm serilerde MT ilavesi ile hem kalınlık hem de ağırlıkça aşınma değerlerinde azalma meydana geldiği (%-0.3 ~ -8.4) ve bu iki değer arasında ilişki ( $R^2= 0.9697$ ) olduğu belirlenmiştir. TS 2824 EN 1338'e [2] göre tüm numunelerin standardın belirlediği sınır değer oldukça altında kaldığı belirlenmiştir ( $18000 \text{ mm}^3/500 \text{ mm}^2$ ).
- DÇMK değerlerine göre MT yer değiştirmesinin tüm serilerde dayanım kaybını azalttığı, donma çözülme etkilerine maruz yerlerde bu malzemenin etkili olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Donma çözülme deneylerindeki davranış su emme deney sonuçlarına benzerlik gösterse de değişim oranı dayanım kaybında daha yüksektir. MT'nun yer değiştirilmesiyle donma-çözülme sonrası basınç dayanım kaybı değerlerindeki azalma oranı %-6.2 ~ -87.7 arasında değişmektedir.
- EM değerleri beton türüne göre farklılık göstermektedir. A serisinde 0.50 s/ç oranında (%2.2), 0.55 s/ç oranında %10 MT hariç (%1.8 ~ 4.2) ve 0.55 s/ç oranlı B serisinde (%1.0 ~ 15.2) artış elde edilmiştir. 0.50 s/ç oranlı B serisinde (%-4.6 ile %-8.6) ve 0.55 s/ç oranlı A serisinde %10 MT yer değiştirmesinde (%-10.7) azalma elde edilmiştir.

#### s/ç oranının artmasıyla

- YÇ değerlerinde A serisinde (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N) ortalama %76.5 oranında bir çökme artışı elde edilmişken B serisinde (CEM I 42.5 R) bu oran ortalama %37.3'dür. ÇY değerlerinde ise A serisinde %1800 oranında bir artış elde edilmişken B serisinde MT oranına bağlı olarak %5.3-2900 oranı arasında bir artış elde edilmiştir.
- BHA değerleri %-2.9 ~ 0.2 arasında değişmektedir.
- US değerleri %-3.1 ~ %0.6 arasında değişmektedir.
- SCH %-2.1 ~ %-7.3 arasında azalmaktadır.
- SE değerleri %13.7 ~ %37.0 arasında artmaktadır.
- BD değerlerinde genellikle bir artış meydana gelirken değişim aralığı %-16.3 ~ %7.9 arasındadır.
- YD A serisinde artmakta (%5.8 ile 16.3 arasında), B serisinde azalmaktadır (%-0.7 ~ -6.6).
- AD tüm serilerde azalmaktadır (%-1.6 ~ -3.1).
- DÇMK, A serisinde artmakta (%62.7 ~ %99.7), B serisinde şahit betonlar arasında azalmakta (%-14.8) MT'lu serilerde ise artmaktadır (%12.4 ~ 59.8).
- EM, B20X-B20Y betonları arası ilişki hariç (%5.5) diğer serilerde azalmaktadır (%-3.1 ~ -21.8).

#### Çimento tipinin değişmesiyle (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N yerine CEM I 42.5 R kullanılmasıyla)

- YÇ (0.50 s/ç oranında %47.5-61.9, 0.55 s/ç oranlı serilerde %0-43.9 arasında) ve ÇY değerlerinde (%5.3 ile %1800 arasında) tüm serilerde artmaktadır.
- BHA değerlerinde %-1.5 ~ 3.0 arasında değişim elde edilmiştir
- US değerleri %4.4 ~ %12.2 arasında artmaktadır.
- SCH değerleri %12.3 ~ 32.5 arasında artmaktadır.

- SE değerleri %-13.0 ~ 12.3 arasında değişmektedir.
- BD %25.7 ~ %64.0 arasında artmaktadır.
- YD değerleri %5.2 ~ %32.9 arasında artmaktadır.
- AD %-5.2 ~ %-8.1 arasında azalmaktadır.
- DÇMK %-3.4 ~ %-61.6 arasında azalmaktadır.
- EM değerleri %4.2 ~ %29.1 arasında artmaktadır.

Deneyleler arası ilişki incelendiğinde en yüksek korelasyon katsayıları US ile SCH, BD ile YD ve BD ile US arasında elde edilmişken özellikle BHA ile ilgili değerler oldukça düşüktür. DÇMK ile AD arasında, US ve SCH ile YD, EM ve AD arasındaki ilişkilerin ise farklı karışımlarda daha detaylı analizlerinin yapılması gereklidir.

Parke taşları kullanım amaçları doğrultusunda basınç, çekme (veya eğilme), aşınma ve donma-çözülme etkilerine oldukça fazla maruz kalmaktadırlar. Endüstriyel bir atık olan MT'nun parke taşlarında kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada mermer tozunun TS 2824 EN 1338'e [2] göre parke taşı imalatında kullanılabileceği, üretilen numunelerin mekanik ve fiziksel performansını yükselttiği sonucuna varılmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Açıkgöz Y., Uçucu Küllerin Beton Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara, (2008).
- [2] TS 2824 EN 1338, Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları. Ankara, (2005). 58 s.
- [3] Yüçetürk, G., Göller Yöresindeki Kayaçların Minerolojik ve Petrografik Özelliklerinin Yapay Mermer Kalitesine Etkileri, Doktora tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2010).
- [4] Görhan, G., Kahraman, E., Demir İ., Başpınar, M.S., Mermer Tozu ve Atıklarının Kullanım Alanlarının Araştırılması, Türkiye VI. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu, Afyon, (2008), 327-333.
- [5] Ünal O., Kibici A., Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, (2001), 317-325.
- [6] Ünal O., Uygunoğlu, T., 2003 Atık Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, (2003), 147-157.
- [7] Yüksel, İ., Bilir, T., Yüksek Fırın Cürufunun Parke ve Bordür Üretiminde Kullanılması, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, (2005), 870-880.
- [8] Poon, C. S. ve Chan, D., Effects of Contaminants on the Properties of Concrete Paving Blocks Prepared with Recycled Concrete Aggregates, Construction and Building Materials, Volume 21 (1), (2007), 164-175.
- [9] Poon, C. S. ve Chan, D., Paving Blocks Made With Recycled Concrete Aggregate and Crushed Clay Brick, Construction and Building Materials, Volume 20, Issue 8, (2006), 569-577
- [10] Yüksel, İ., Özkan, Ö., Bilir, T., Use of Granulated Blast Furnace Slag in Concrete as Fine Aggregate, ACI Materials Journal, 3, 103, 203-208, (2006).
- [11] Naik, T.R., Singh, S.S., Ramme, B.W., Mechanical Properties and Durability of Concrete Made With Blended Fly Ash. ACI Materials Journal, 95 (4), (1998), 454-462.
- [12] Naik, T.R., Singh, S.S., Kraus R.N., Ramme, B.W., Manufacture of Masonry Products Containing Large Amounts of Fly Ash. American Concrete Institute, SP-199, (2001), 163-184.

- [13] Siddique, R., de Schutter, G., Noumowe, A., Effect of Used-Foundry Sand on the Mechanical Properties of Concrete, Cement and Concrete Research, Volume 23 (2), (2009), 976-980.
- [14] Siddique, R., Effect of Fine Aggregate Replacement With Class F fly Ash on the Abrasion Resistance of Concrete, Cement and Concrete Research, Volume 33 (11), (2003), 1877-1881.
- [15] Aıkgöz, Y., Uucu Kllerin Beton Kilitli Parke Tası retiminde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.
- [16] TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, Trk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2003), 46 s.
- [17] ASTM C127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, USA, (2001), p. 5.
- [18] ASTM C128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, USA, (1997), p. 5.
- [19] TS EN 12350-6, Beton- Taze Beton Deneyleri- Blm 6: Yoğunluk. Trk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2002), 6 s.
- [20] TS EN 12350-2, Beton- Taze Beton Deneyleri- Blm 2: kme (Slamp) Deneyi. Trk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2002), 5 s.
- [21] TS EN 12390-7, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Blm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini. Trk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2002), 5 s.
- [22] ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, USA, (1997), p. 4.
- [23] TS 3260, Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1978), 7 s.
- [24] TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınc Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2003), 12 s.
- [25] TS EN 12390-6, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada ekme Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2002), 6 s.
- [26] TS 699, Doğal Yapı Taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2009), 42 s.
- [27] TS 3449, abuk Donma ve zlme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1980), 7 s.
- [28] ASTM C 666/C 666M, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. Annual Book of ASTM Standards, USA, (2003), p. 6.
- [29] Erdoğan, T. Y., Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.ř. Yayını, Ankara, (2003), 741 s.
- [30] zel, C., Katkılı Betonların Reolojik zeliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2007).