

Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi

Hakan CEYLAN¹, Sedat MANÇA²

^{1,2} Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Isparta

Özet - Bu çalışmada mermer üretim atığı olarak ortaya çıkan iri parçalı mermer atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla parça mermer atıkları ve geleneksel olarak betonda kullanılan kırmataş agregaları üzerinde agrega deneyleri yapılmıştır. Daha sonra mermer parça atık agregası ve kontrol grubu kırmataş agregası ile TS 802 standardına göre beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre mermer atık agregalarının değerlerinin kontrol grubu ile çok yakın olduğu görülmüştür. Her iki grup agregadan elde edilen beton numuneleri üzerinde yapılan basınç dayanımı, Schmidt yüzey sertliği ve ultrasonik ses geçirgenliği değerleri mukayese edilmiştir. Sonuç olarak parça mermer atıklı betonların değerleri kontrol grubuna çok yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre parça mermer atıklarının beton agregası olarak kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mermer parça atıkları, atık değerlendirme, beton agregası.

Evaluation of Concrete Aggregate Marble Pieces

Abstract - In this study, coarse marble waste arising in production waste was investigated as concrete aggregate. For this purpose, large pieces of marble waste and crushed aggregate are conventionally used in concrete tests were carried out on the aggregate. Then the pieces of marble waste aggregates and the control group with crushed stone aggregate concrete were produced according to TS 802. According to the findings of marble waste aggregates were found to be very close with of control group. Samples of the two groups of pressure tests of aggregate concrete obtained, Schmidt surface hardness and ultrasonic sound diffusion characteristics were compared. As a result, pieces of marble-waste concrete are very close to the values observed in the control group. According to these result, it would be better to use piece of marble waste concrete aggregate.

Key Words: Piece of marble waste, waste assessment, concrete aggregate

1. Giriş

Mermer blokların çıkarılması ve işlenmesi sırasında parça ve toz halinde olmak üzere iki tür atık oluşmaktadır. Bu atıklar çevrede çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır (Şekil 1). Mermer ocaklarında ve fabrikalarında ortalama olarak üretimin % 40 – 60'ı atık olarak çıkmaktadır. Türkiye'de yıllık 7 milyon ton mermer üretimi gerçekleşmektedir. Bu durumda mermer atıklarının miktarı milyon tonlarla ifade edilmektedir. Bu atıkların kirlilik yükü fazla olmamakla birlikte büyük hacimli atıklar olması nedeniyle depolanmasında sorunlar yaşanmaktadır. Bu atıklardan inşaat sektöründeki değişik alanlarda yararlanma yöntemiyle ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmakta, sanayideki bazı uygulamaları olduğu da bilinmektedir. Ancak bu uygulamalar yeterli düzeyde değildir (Akbulut ve Gürer, 2003).



Şekil 1. Mermer atıklarının sahadaki görünümü

Mermer fabrikalarından üretim atığı olarak ortaya çıkan atıkların kullanılabilirliği endüstriyel açıdan kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır. Bu nedenle mermer atıklarının değerlendirilmesi konusunda bulunabilecek alternatifler, mermer işletmecilerine ve ülke ekonomisine kaynak sağlayacağı gibi bu işletmelerin çevre kirlenici özelliğini de büyük oranda ortadan kaldıracaktır (Ceylan, 2000).

Öte yandan devamlı gelişim gösteren inşaat sektörünün agrega talebi gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde yıllık yaklaşık 290 milyon ton civarında agrega üretimi olduğu bildirilmektedir (Özgür vd.,2007). Bu üretim büyük oranda taşocaklarında yapılmaktadır. Bu üretimde doğaya müdahale sonucu olumsuz çevresel etkiler oluşabilmektedir. Oysaki hazır parça mermer atıklarının agrega amaçlı kullanılabilirliği söz konusudur. Bununla ilgili endüstriyel uygulamaların çok kısıtlı olduğu bilinmekte, milyonlarca ton mermer atığı değerlendirilememekte ve doğada çevresel bir kirlilik yaratılmaktadır.

Bu çalışma ile mermer parça atıkları ile ilgili endüstriyel uygulamaların artırılması ve mermer atıklarının değerlendirilerek inşaat sektöründe özellikle hazır beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Mermer atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili olarak değişik araştırmacılar tarafından farklı çalışmalar yapılmıştır. Tüm bu çalışmalara rağmen endüstriyel uygulamaların yeterli düzeyde olmadığı bilinmektedir. Ayrıca mevcut işletmelerde atık sorunu halen devam etmektedir. Ulaşılabilen kaynaklara göre literatürdeki konu ile ilgili çalışmalar şöyledir: Uğur ve Gündüz, çeşitli mermer atıkları ile katkılı portland çimentosunu değişik dozajlarda karıştırarak elde edilen numunelerin farklı kür sürelerindeki tekno-mekanik özelliklerini araştırmıştır (Uğur ve Gündüz, 1995). Yıldız ve Eskikaya, Afyon mermerleri toz atıklarının katkı veya dolgu malzemesi olarak saf kalsit yerine, kalsit ile birlikte ya da tek başına kullanılabilceği alanlar ile ilgili bilgiler içeren bir çalışma yapmıştır (Yıldız ve Eskikaya, 1995). Büyüksağış, mermer toz atıklarının oluşumu ve mermer fabrika atık sularından toz mermer atıklarının ekonomik olarak elde edilebilme yöntemleri ile ilgili bir çalışması mevcuttur (Büyüksağış, 1995). Özkan, Afyon mermerleri toz atıkları ile Etibank Kırka boraks atıklarının çeşitli oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıkta pişirilmesi sonucu oluşan numunelerin dayanıklılığı üzerine bir araştırma yapmıştır (Özkan, 1996). Tosun, mermer toz atıklarının temizlenmesi ile ilgili deneysel bir çalışma yapmıştır (Tosun, 1996). Emrulloğlu ve Çelik, mermer taneciklerinden çeşitli bağlayıcılar yardımıyla suni mermer blok elde edilmesi konusunda çalışma yapmıştır (Emrulloğlu ve Çelik, 1996). Şentürk, parça mermer atıklarından suni mermer plağı yapımı konusunda bir deneysel çalışma yapmıştır. Ayrıca toz mermer atıklarının hava kirliliğinin önlenmesinde kullanılabilirliği ve farklı endüstri dallarında kullanımı ile ilgili çalışması mevcuttur (Şentürk vd., 1996). Çelik, mermer atıklarının (parça-tozların) değerlendirilmesi üzerine yüksek lisans tez çalışması yapmıştır (Çelik, 1996). Onargan ve Köse, parça ve toz mermer atıklarının oluşumu ve mermer fabrikalarına uygulanan çevre mevzuatı ile ilgili bir çalışma yapmıştır (Onargan ve Köse, 1997). Gündüz, mermer atık değerlendirme ile ilgili bir çalışma yapmıştır (Gündüz, 1998). Ceylan'ın, mermer fabrikalarındaki mermer toz atıklarının ekonomik olarak değerlendirilmesi ile ilgili yüksek lisans tezi mevcuttur (Ceylan, 2000). Ceylan, mermer toz atıklarının derz dolgu malzemesi (fuga) üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır (Ceylan vd., 2001). Ünal ve Kibici, mermer tozu atıklarının beton üretiminde kullanımı üzerine araştırması vardır (Ünal ve Kibici, 2001). Zorluer ve Usta, zeminlerin atık mermer tozu ile iyileştirilmesi üzerine çalışma yapmıştır (Zorluer ve Usta, 2003). Akbulut ve Gürer, mermer atıklarının çevresel etkileri ve yol katmanlarında tekrar kullanımı üzerine çalışma yapmıştır (Akbulut ve Gürer, 2003). Demir ve Başpınar, mermer tozu atıklarının (havuz çökeltisi) hafif yapı bloğu üretiminde kullanımı ile ilgili çalışması mevcuttur (Demir ve Başpınar, 2003). Akbulut ve Gürer, atık mermerlerin asfalt kaplamalarda agrega olarak değerlendirilmesi üzerine

çalışma yapmıştır (Akbulut ve Gürer, 2006). Yıldız, 2008, mermer toz atıklarının yol inşaatında değerlendirilmesi üzerine doktora tez çalışması mevcuttur (Yıldız, 2008). Binici vd., geri dönüştürülmüş granit ve mermer atıklarından yapılan betonun duraylılığı üzerine bir çalışma yapmışlardır (Binici vd., 2008). Er vd., 2009, atık mermer pasalarının sıcak asfalt özelliklerine etkisi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır (Er vd., 2009). Topçu ve Uygunoğlu, mermer agregası ve uçucu külün kilit parke taşı üretiminde kullanılması üzerine çalışma yapmışlardır (Topçu ve Uygunoğlu, 2011). Gencel vd., mermer atığından yapılan beton kaldırım bloklarının özelliklerini araştırmıştır (Gencel vd., 2012).

Yukarıdaki çalışmalardan da görüldüğü üzere mermer atıkları ile ilgili yapılan çalışmaların çoğu toz atıkların yolda ve betonda kullanımı ile ilgilidir. Bunun dışında kilit parke taşı üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar vardır. Beton agregası olarak sadece (Binici vd., 2008) yapmış olduğu çalışma mevcuttur. Söz konusu çalışmada, granit ve mermer atıkları iri agrega, dere kumu ve yüksek fırın cürufu ise ince agrega olarak kullanılmıştır. Bu proje çalışmasında ise iri ve ince agregaların tamamı mermer atıklarından oluşmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada Isparta ili ve çevresinde faaliyet gösteren mermer fabrikalardan çıkan mermer atıklarının karışımından oluşan kırılmış agregalar kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak Isparta bölgesinde üretilen kırmataş agregaları kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak CEM I 42,5 R tipi Portland çimentosu kullanılmış olup çimentoya ait kimyasal, fiziksel ve mekanik değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Beton karışım suyu olarak kampüs şebeke suyu ve akışkanlaştırıcı katkı olarak Chryso-Fluid Hp 2124 kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan CEM-I 42,5 tipi çimentoya ait değerler

Özellik	Değer
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0,35
Kızdırma Kaybı (%)	3,21
Cl ⁻ (%)	0,004
SO ₃ (%)	2,53
Basınç Dayanımı, 2 günlük (N/mm ²)	23,6
Basınç Dayanımı, 28 günlük (N/mm ²)	50,2
Priz Başlama Süresi (dakika)	155
Genleşme (mm)	0,80

2.2. Deneysel Program ve Yöntem

Çalışmada ilk olarak kontrol grubu kırmataş agregaları ile mermer parça atık agregaları üzerinde agrega

deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında standart agrega deneylerinden elek analizi, Los Angeles aşınma deneyi, birim hacim ağırlık deneyi, donma-çözünme deneyi, özgül ağırlık, tane yoğunluğu ve su emme deneyleri uygulanmıştır.

Bu deneylerden alınan veriler ve sonuçlar ışığında TS 802'ye (TSE, 2009) göre beton karışım hesapları yapılarak atık mermer parçalarından elde edilen agregalardan ve kontrol grubu agregalardan beton numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Beton numuneleri

Taze beton üzerinde slump ve birim hacim ağırlık değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu beton numuneleri kür havuzunda su içerisinde 28 günlük küre tabi tutulmuştur. Kür havuzunda kürenen beton numuneleri 7. ve 28. günde beton presinde kırılarak tek eksenli basınç dayanım değerleri bulunmuştur. Ayrıca ultrasonik ses geçirgenliği ölçümü ve schmidt yüzey sertliği ölçümleri yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Agregası Analizleri

Mermer atık agregaları ve kontrol grubu kırma taş agregaları üzerinde elek analizi yapılmıştır. Elek analizinde TS 802'de belirtilen en büyük agrega tane boyutu 22,4 mm olan ve pompa ile iletmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı referans alınmıştır. Çizelge 2'de söz konusu dağılıma ait değerler verilmektedir.

Çalışmada kullanılan mermer atık agregaları ve kontrol grubu kırma taş agregalarının analizi sonucu elde edilen değerler Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 2. TSE 802'ye göre pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutu 22,4 mm olan agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılım sınırları

Elek Göz Açıklığı (mm)	Elekten Geçen Yığılımlı (%)
31,5	100
22,4	89-96
16	73-86
8	54-71
4	37-56
2	25-43
1	16-32
0,5	10-22
0,25	6-15
0,15	3-10
0,063	1-5
Pan	0

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan agregalara ait fiziko-mekanik özelliklere ait bulgular

Özellik	Birimi	Mermer Atık Agregası	Kontrol Grubu Agregası
KBHA	kg/m ³	2520	2480
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2,7	2,6
Su Emme	%	0,4	0,5
Los Angeles Aşınma Değeri (500)	%	26,7	25
Don Kaybı	%	0,65	1,2
Don Sonrası Aşınma Dayanımı	%	30	27

3.2. Beton Analizleri

Mermer atık agregasından ve kontrol grubu kırma taş agregasından TS 802 standardında belirtilen esaslar doğrultusunda beton karışım tasarımı yapılarak deneme karışımları dökülmüştür. Bu çalışmada, C 25/30 betonu hedeflenmiştir. Bu kapsamda TS 802 standardına göre, en büyük agrega tane boyutu 22,4 mm, s/ç oranı 0,52, hava içeriği 1,7 olarak tasarlanmıştır. Her iki grup agregalarla dökümde akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Çizelge 4'de her iki grup için, 1 m³ betonda kullanılan malzeme miktarları verilmiştir.

Çizelge 4. 1 m³ beton karışımına giren malzeme miktarları

Malzeme	Türü	Miktarı (kg)
Çimento	CEM I 42,5	305
Agrega	Mermer atığı ve kırmataş	1956
Su	Şebeke	159
Kimyasal Katkı	Chryso-Fluid Hp 2124	3,05

Her iki agrega türü ile 15x15x15 cm'lik küp şeklinde beton numuneleri hazırlanmıştır. Taze beton üzerinde slump ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Daha sonra sertleşmiş betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımları, Schmidt yüzey sertliği ve Ultrasonik ses geçirgenliği değerleri belirlenmiştir. Beton numuneleri ile ilgili değerler Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Beton numunelerine ait bazı değerler

	Mermer Agregalı Beton	Kırmataş Agregalı Beton
Taze Beton BHA (g/cm ³)	2,46	2,45
Slump (mm)	120	90
σ_7 (MPa)	25	36
σ_{28} (MPa)	30	43
Schmidt Yüzey Sertliği	25	23
Ultrasonik Ses Geçirgenliği (km/s)	4,54	4,48

4. Sonuç ve Öneriler

Mermer parça atıklarının beton üretiminde agrega olarak kullanılması amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda, deney bulgularına göre olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol grubu olarak kullanılan kırmataş agregası ve parça mermer atıkları için mukayeseli yapılan KBHA, özgül ağırlık Los Angeles aşınma direnci, don kaybı ve don kaybı sonrası aşınma deneylerinde standartlara uygun değerler elde edilmiştir. Mermer atık agregalarına ait değerler, kontrol grubu kırmataş agregalarına çok yakın değerlerdir. Bu sonuçlar mermer atıklarının agrega olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Nitekim daha sonra mermer atık agregaları ile üretilen beton numunelerinden elde edilen basınç değerleri bu sonuçları doğrular niteliktedir.

Mermer atık agregaları ve kontrol grubu kırmataş agregaları ile üretilen beton numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt yüzey sertliği, ultrasonik ses geçirgenliği değerleri de uygun değerlerdir. Her iki grup agrega ile C 25/30 betonu üretilmesi hedeflenmiştir. Sonuç olarak mermer atık

agregaları ile C 25/30 betonu elde edilebilmiştir. Kontrol grubunda ise yaklaşık C 36/43 dayanım sınıfında beton elde edilmiştir. Mermer atık agregaları ile üretilen betonun basınç dayanımı kontrol grubuna göre düşük çıkmış olmasına rağmen tasarılan C 25/30 değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre, mermer atıklarının iri ve ince agrega olarak beton üretiminde kullanılabilir olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda parça mermer atıklarının endüstriyel olarak özellikle hazır beton tesislerinde beton üretiminde agrega olarak kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir. Bu düşünceyi geliştirmek ve desteklemek amacıyla yeni çalışmaların yapılması yararlı olacaktır. Değişik tür mermer atıkları için yapılacak yeni kapsamlı çalışmalar bu fikrin kabul görmesini ve endüstriyel uygulamaların oluşmasını sağlayacaktır.

5. Kaynaklar

- [1]Akbulut H., Gürer C.(2003) "Mermer Atıklarının Çevresel Etkileri ve Yol Katmanlarında Tekrar Kullanım İmkanları", Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyonkarahisar.
- [2]Akbulut H., Gürer C.(2006) "Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregası Olarak Değerlendirilmesi", İMO Teknik Dergi, 2006 3943–3960, Yazı 261, Afyonkarahisar.
- [3]Binici H., Shah T., Aksoğan O., Kaplan H.(2008), "Durability of Concrete Made with Grorite and Marble as Recycle Aggregates", Journal of Materials Processing Technology, 208, 299-308.
- [4]Büyüksağış İ.S.(1995) "Mermer İşleme Tesisleri Atık Sularının Arıtım Yöntemleri ve Ekonomikliklerinin İncelenmesi", Türkiye I. Mermer Sempozyumu Kitabı. 69–76,
- [5]Ceylan H.(2000) "Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [6]Ceylan H., Saraç S., Özkahraman T.(2001) "Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi (Fuga) Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem 2001) Bildiriler Kitabı, 3-5 Mayıs 2001, Afyon.
- [7]Demir İ., Başpınar M.S.(2003) "Mermer Tozu Atıklarının (Havuz Çözeltileri) Hafif Yapı Blokları Üretiminde Kullanılması", Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık.

[8]Emrullahoğlu Ö.F., Çelik M.Y.(1996) “Mermer Artıklarından Bağlayıcılar Yardımıyla Mermer Blokları Elde Edilmesi”. Doğal Yapı ve Kaplama Taşı Mermer Teknolojisi Dergisi.

[9]Er A., Barut H.B., Karacasu M., Gündüz A.(2009) ”Atık Mermer Pasalarının Sıcak Asfalt özelliklerine Etkisi”, Mermer Artıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu, 25-26 Haziran, Diyarbakır, Türkiye.

[10]Gencil O., Özel C., Köksal F., Erdoğan E., Barrera G. M., Brostow W.(2012) “ Properties of Concrete Paving Blocks Made with Waste Marble”, Journal of Cleaner Production, 21, 62-70.

[11]Gündüz L., Uğur İ.(1995) ”Mermer Atıklarının Değerlendirilebilirliği”, Türkiye I. Mermer Sempozyumu Kitabı, 61–67, Ankara.

[12]Gündüz L.(1998) ”Mermer Atık Değerlendirme”, Türkiye Taş Dünyası, Sayı: 1, Eylül-Ekim, sf. 94–97.

[13]Onargan T., Köse H.(1997) ”Mermer”, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 220, 209 s. İzmir.

[14]Özkan C., (1996) ”Mermer Tozları-Kırka Boraks Atıklarından Kaliteli Yapı Malzemesi Üretimine Araştırılması”, Doğal Yapı ve Kaplama Taşı Mermer Teknolojisi Dergisi, Sayı: 3, 15-18.

[15] Öztürk Ö., Çelikkol M., Erkan, M.(2007) ”Türkiye Agregası Raporu”, Hazır Beton Dergisi, Kasım-Aralık.

[16]Şentürk A., Gündüz L., Tosun Y.İ., Sarıışık A.(1996) “Mermer Teknolojisi”, S.D.Ü. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 242 s. Isparta.

[17]Tosun İ.Y.(1996) ”Mermer Toz Atıklarının Temizlenmesi”, Doğal Yapı ve Kaplama Taşı Mermer Teknolojisi Dergisi, Sayı: 1, 15–18.

[18]Topçu B.İ., Uygunoğlu T.(2001) ”Mermer Agregası ve Uçucu Külün Kilit Parke Taşı Üretiminde Kullanılması”, Beton Fabrikasyon, Nisan, Sayı: 98.

[19]TS 802 (2009) “Beton Karışımı Hesap Esasları”, Türk Standardı Enstitüsü.

[20]Ünal O., Kibici Y.(2001) ”Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması”, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem 2001) Bildiriler Kitabı, 3-5 Mayıs, Afyon.

[21]Yıldız Ö., Eskikaya Ş.(1995) ”Afyon Mermeri Toz Atıklarının Değerlendirilmesi”, Türkiye I. Mermer Sempozyumu Kitabı, 45–52.

[22]Yıldız H.A.(2008) ”Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

[23]Zorluer İ., Usta M.(2003) “Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem-2003) Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık.