

Farklı Çimentolarla Üretilen Lastik Agregalı Harçların Bazı Özellikleri

İlker Bekir TOPÇU, Abdullah DEMİR

ÖZET

Katı atıklar tüm dünyanın en önemli problemlerinden birisi halini almıştır. Bu problemlerden biri de otomobil atık lastiklerinin çevreye verdikleri zararlarıdır. Bu nedenle otomobil atık lastiklerinin beton teknolojisinde kullanılabilirliği düşünülmüştür. Bu düşünceyle otomobil atık lastiği (OAL) agregası kullanılarak hazırlanan harçların özellikleri araştırılmıştır. Deneylerde üç farklı çimento tipi, yüksek performanslı hiperakışkanlaştırıcı ve 2-4 mm arası boyutlarda OAL agregası kullanılmıştır. Harçlara kum hacminin % 10, 20, 30 ve 40'ı oranlarında OAL agregası katılmıştır. Bu harçlar ile hazırlanan numuneler 28. gün sonunda fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmuşlardır. Deneysel bulguları karşılaştırıldığında genel olarak ortaya çıkan önemli sonuç ise CEM II/A-L 42.5R çimentosu kullanılarak hazırlanan % 10 OAL agregalı harç numunelerinin deney bulgularının OAL agregalı diğer numunelerin deney bulgularından daha yüksek olduğudur.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Harç, Otomobil atık lastiği, Hiperakışkanlaştırıcı.

Some Properties of Rubberized Mortars Produced With Different Cements

ABSTRACT

Solid wastes have been one of the major problems through all over the world. One of these problems is the environmental deterioration of rubber from scrap automobile tires. Therefore, it is thought that the scrap automobile tire rubber could be used in concrete technology. In this manner, the properties of mortars produced with scrap automobile tire (SAT) are investigated. In the experimental study, three different types of cement, high performance hyperplasticizer and 2-4 mm sized SAT have been used. SAT aggregate have replaced sand at the ratios of 10, 20, 30 and 40 % by volume. These mortar specimens have been subjected to physical and mechanical tests at the end of 28th day. When the test results are compared, the first general important result can be said as that the test results of the specimens produced with CEM II/A-L 42.5R containing 10 % SAT are greater than the test results of other specimens produced with SAT.

Keywords: Cement, Mortar, Scrap automobile Tire, Hyperplasticizer.

1. GİRİŞ

Günümüzde atık kontrolündeki en önemli problemlerden birisi de atıkların günden güne artması ve ciddi boyutlarda çevreye zarar vermesidir. Birçok ülkenin karşı karşıya olduğu bu sorun, son yıllarda sayıları artan çevresel kuruluşları çözüm bulmaya zorlamaktadır. Bulunan çözümlerden biri de pek çok endüstriyel atığın beton teknolojisinde agrega olarak kullanılmasıdır. Ülkemizde ve dünyada çok miktarda ortaya çıkan otomobil atık lastikleri (OAL) bunlardan bir tanesidir.

Otomobil atık lastiklerinin belirli işlemlerden sonra beton bileşiminde kullanılması ile ilgili birçok

Makale 20.02.2007 tarihinde gelmiş, 07.10.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

*I.B. TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., İnş. Müh. Böl., Batı Meşelik, 26480 ESKİŞEHİR
e-posta : ilkerbt@ogu.edu.tr*

*A. DEMİR, Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Merkez Kampüs Tavşanlı Yolu 10. km, KÜTAHYA
e-posta : ademir@dumlupinar.edu.tr*

Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.3, 201-206

çalışma vardır. İlk olarak 1980 yılında Amerika'da Clemson Üniversitesi'nden Prof. Rad betona OAL agregası katma fikrini öne sürmüştür. Yaptığı deneylerde bu betonların basınç dayanımının OAL agregasız beton numunelere göre % 35 azaldığını belirlemiş ve OAL agregalı betonların taşıyıcılık özeliği aranmayan yapı elemanlarında kullanılmasını önermiştir (1). Lastik agregalı harcın limanlarda gemilerin yanaşması sırasında ani çarpmalara uğrayabileceği yüksek dayanım aranmayan rıhtım koruyucularında, otoyollarda yol korkuluk betonlarında, donma-çözülme olaylarının çok görüldüğü beton yollarda kullanılması uygun olacaktır (2). Yapılan çalışmalar yüksek sıcaklıklarda, lastik agregalı betonların normal betonlara göre arta kalan dayanımların daha düşük olduğunu göstermiştir (3).

Daha sonra yapılan çalışmalarda çıkan sonuç OAL agregalı betonların, dayanım yerine ses yalıtımı gerektiren yerlerde kullanılmasının yararlı olabileceği belirtilmiştir (4). Yapılan çalışmalarda beton içerisine

% 10-30 arasında OAL agregası katılarak betonun fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Betona % 10 oranında katılan lastik agreganın betonun tokluğunda % 23 artış gösterdiği saptanmıştır. Yine 28 günlük silindirik beton numunesi deneyleri sonucunda % 30 OAL agregalı beton basınç dayanımının denetim numunelerinden % 94 daha az olduğu belirlenmiştir. Bu azalma % 10 OAL agregası içeren betonda % 65 oranında gerçekleşmektedir (4-8).

Bu araştırmalar sonucunda OAL agrega katılı betonun basınç dayanımının ve birim ağırlığının azaldığı fakat süneklik ve enerji yutma kapasitesinin arttığı belirlenmiştir (9). Kompozit malzeme kurallarına göre yapılan araştırmalarda, harçlara (0-1) ile (1-4) mm olan iki farklı boyut ta ve farklı oranlarda OAL agregası ilavesi ile betonlarda olduğu gibi taze ve sertleşmiş harçların birim ağırlığının, işlenebilmesinin, çökmesinin düştüğü ve yayılma değerinin arttığı belirlenmiştir (10-12).

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde üretimi yapılan çimentolarla üretilen otomobil atk lastik agregalı harç numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini karşılaştırmaktır. Karşılaştırma sonucunda lastik agregalı harç üretiminde uygun çimento tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Kullanılan Malzemeler

Çimento: Çalışmada CEM II/A-L 42.5R, CEM I 42.5R ve CEM II/B-M 32.5R çimentoları kullanılmıştır. Bu çimentoların özgül ağırlıkları ile 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Kullanılan çimentoların özellikleri

Özellik	CEM II/A-L 42.5R	CEM I 42.5R	CEM II/B-M 32.5R
Özgül Ağırlık	3.15	3.15	3.05
Basınç Dayanımı, (MPa)			
7 Günlük	≥ 21	≥ 21	≥ 16
28 Günlük	≥ 42.5	≥ 42.5	≥ 32.5

Otomobil Atk Lastiği (OAL): Karışımlar için çeşitli oranlarda (hacimce % 10, 20, 30 ve 40) kum yerine ince kesilmiş OAL agregası kullanılmıştır. Bu lastikler 4 ve 2 mm’lik elekler ile elenerek boyutları 2 ve 4 mm arasında olan OAL kum yerine kullanılmıştır. OAL’lerin ortalama kalınlıkları 2-3 mm, uzunlukları ise 5-6 mm’dir. Deneyler sonucunda birim ağırlıkları 0.34 kg/dm³ ve özgül ağırlıkları ise 1.025 olarak belirlenmiştir.

Kum: Harç karışımlarında Standart Rilem kumu kullanılmıştır. Bu kumun birim ağırlığı 1.352 kg/dm³, özgül ağırlığı ise 2.563 olarak belirlenmiştir.

Su: Beton karışım suyu olarak Eskişehir şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun sülfat içeriği 5.8 mg/l, sertliği 3.9 mg/l ve pH 6.3’tür.

Kimyasal Katkı: Yüksek oranda su azaltması ve uygun işlenebilirlik sağlaması amacıyla kimyasal yapısı değiştirilmiş polikarboksilat esaslı polimer olan yüksek başarılı hiperakışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. Bu katkı maddesinin yoğunluğu 1.045-1.085, pH değeri 3-7, donma noktası - 4 °C, viskozitesi 63 puvaz’dır.

2.2 Üretim yöntemi ve yapılan deneyler

Harçların üretiminde, agrega olarak Standart Rilem kumu, özellikleri Çizelge 1’de verilen üç farklı çimento, OAL agregası ve harçlarda yayılmanın sabit tutulması amacı ile farklı oranlarda (% 1-2) polikarboksilat esaslı hiperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Harçlarda yayılma deneyi sarsma tablasında yapılmıştır. Sarsma tablasındaki metal tablanın 15 saniyede 15 kez düşme yapması sağlanarak belirlenmiştir. Tüm karışımların yayılma miktarları % 105-120 aralığındadır. Serilerde değişkenlik kum hacimce % 0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında azaltılıp yerine azaltılan oran kadar OAL agregası ile değiştirilmesiyle sağlanmıştır. Çalışmada üretilen 5 farklı harç serisinin karışım oranları Çizelge 2’de verilmiştir. Harç üretiminde su/çimento oranı 0.5 olarak sabit tutulmuştur. TS EN 196-1’e uygun olarak üretilen 40x40x160 mm boyutlu harç numuneler 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış, 28 günlük oluncaya kadar 20±2 °C sıcaklıktaki kirece doygun suda saklanmıştır.

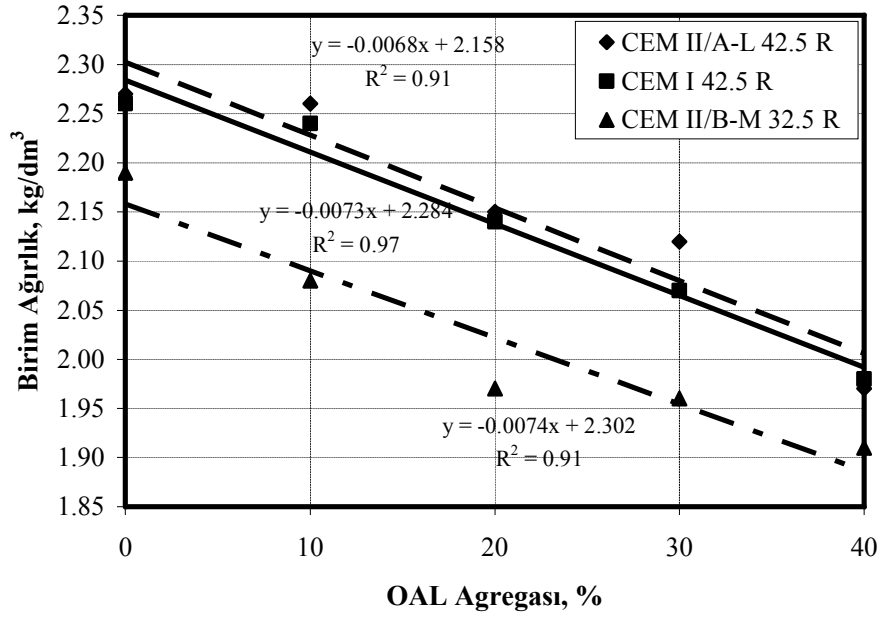
Çizelge 2. Harç numunelerinin karışım miktarları

OAL agregası, %	Hacimce, dm ³				
	Çimento	Kum	OAL	Su	Katki
0	144.7	515.3	0	225	7.1
10	144.7	463.3	52	225	6.6
20	144.7	411.8	105	225	7.5
30	144.7	360.3	158	225	8.5
40	144.7	308.7	210	225	9.4

3. DENEY BULGULARININ İNCELENMESİ

Harç numuneleri üzerinde 28. günün sonunda hasarsız deneylerden birim ağırlık, ultrases geçiş süresi, hasarlı deneylerden basınç ve eğilme deneyleri yapılmıştır. Lastik agregalı harç numunelerinin birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, dinamik elastisite modülleri, eğilme dayanımları ve basınç dayanımları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu artan OAL agregasına göre bulgular Şekil 1-5’te yer almaktadır. Şekillerde bu özellikler arasındaki ilişkileri gösteren regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir.

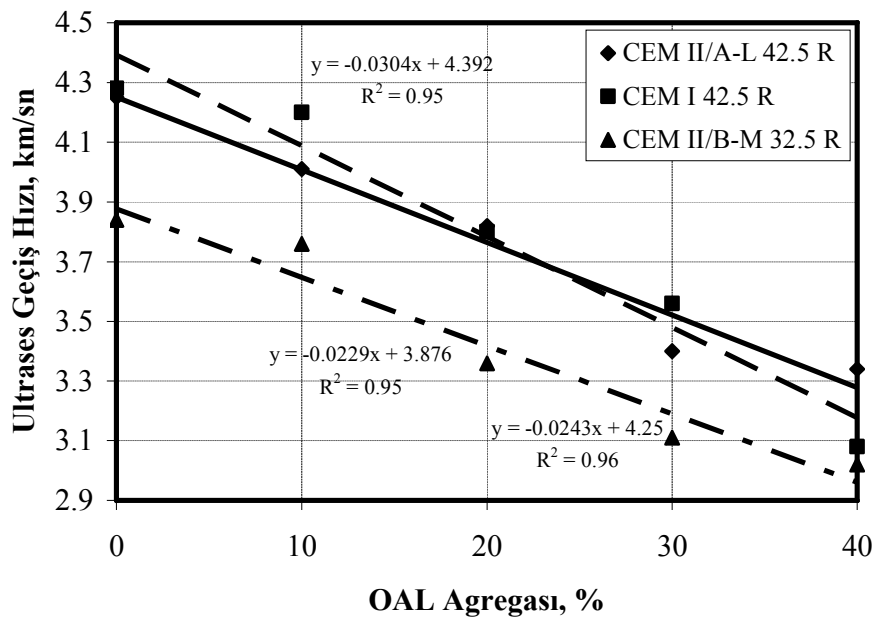
OAL agregası kullanılarak üretilen harç numunelerinin birim ağırlık bulguları Şekil 1’de verilmiştir. Birim ağırlık değerleri 1.91-2.27 kg/dm³ değerleri arasında değişmektedir. Genel olarak izlenen OAL agregası arttıkça denetim numunesine göre birim ağırlıklarda azalışlar olduğu görülmüştür. Diğer yandan üç farklı çimento ile üretilen denetim numunelerinde en yüksek



Şekil 1. Harç numunelerinde birim ağırlığın OAL agregası oranına göre değişimi.

birim ağırlık 2.27 kg/dm^3 ile CEM II/A-L 42.5R çimentosuyla üretilen denetim numunesinde görülmüştür. OAL agregası kullanımıyla birim ağırlıklardaki azalış üç çeşit çimento içinde bir doğrusallık izlemektedir. Denetim numunesindeki karşılaştırmalarda olduğu gibi en düşük birim ağırlıklar % 40 OAL agregası kullanılan harç numunelerinde görülmüştür. En düşük birim ağırlık 1.91 kg/dm^3 ile CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen % 40 OAL agregalı harç numunelerinde görülmüştür. Bunun nedeni lastik oranının yüksek oluşu ve CEM II/B-M 32.5R çimentosunun özgül ağırlığının diğer iki çimentoya göre daha düşük olmasıdır.

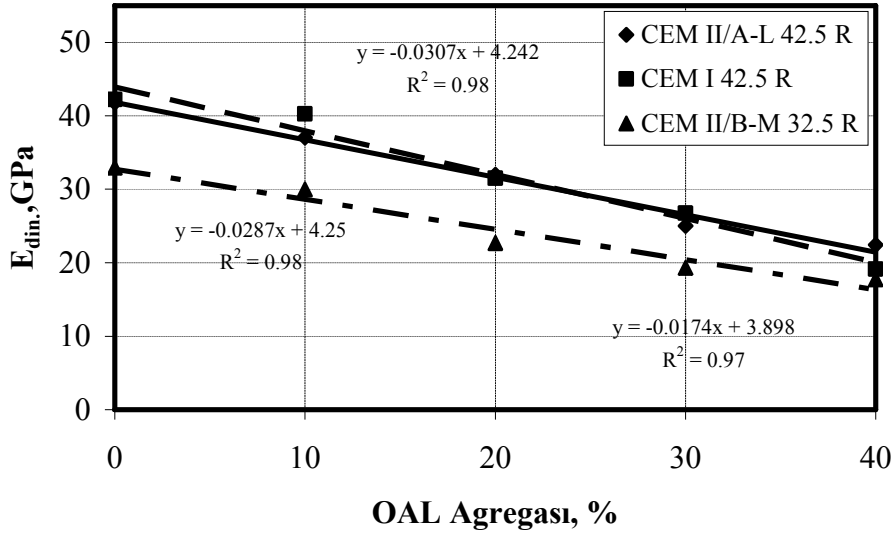
Üretilen OAL agregalı harç numunelerinin ultrases geçiş süresi deneyi bulgularına göre hesaplanmış ultrases geçiş hızları Şekil 2'de verilmiştir. Hesaplanan ultrases geçiş hızı değerleri $4.28\text{-}3.02 \text{ km/sn}$ arasında değişim göstermektedir. OAL agregası arttıkça denetim numunesine göre ultrases geçiş hızlarında azalmalar görülmüştür. Denetim numunelerinde en yüksek ultrases geçiş hızı CEM I 42.5R çimentosuyla üretilen numunede görülmüştür. Ayrıca % 10 OAL agregası içeren CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentosuyla üretilen numunelerin ultrases geçiş hızları 4.00 km/sn üzerinde olup denetim numunelerinin değerlerine yakındır. Öte yandan artan OAL agregası ile



Şekil 2. Harç numunelerinde ultrases geçiş hızının OAL agregası oranına göre değişimi.

üç çeşit çimento birbiriyle karşılaştırıldığında en düşük ultrases geçiş hızı değerlerini CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen numuneler vermiştir. Farklı çimentolarla üretilen numunelerde artan OAL agregası ile görülen ultrases geçiş hızı düşüşleri doğrusallık göstermektedir.

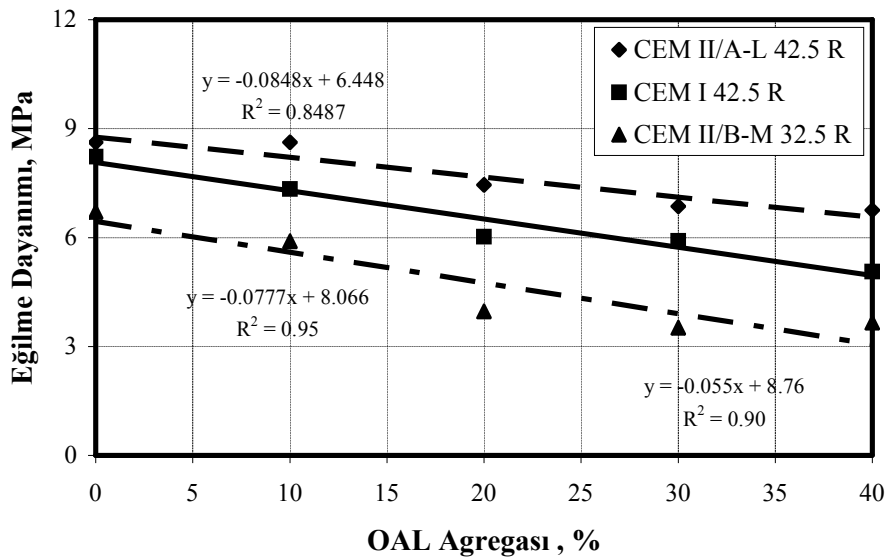
birimide GPa'dır (13). Dinamik elastisite modülü değerleri 41.80-17.76 GPa arasında değişim göstermektedir. Ultrases geçiş hızlarında olduğu gibi en yüksek dinamik elastisite modülü değeri CEM I 42.5R çimentosuyla üretilen numunede görülmüştür. Buna karşılık OAL agregası arttıkça en düşük azalma



Şekil 3. Harç numunelerinde $E_{din.}$ 'in OAL agregası oranına göre değişimi.

OAL agregalı harç numunelerinde hesaplanan ultrases geçiş hızları kullanılarak dinamik elastisite modülleri hesaplanmış ve bulgular Şekil 3'te gösterilmiştir. Dinamik elastisite modülü hesaplanırken $E_{din.} = 10^5 \times v^2 \times \Delta / 9.81$ bağıntısından yararlanılmıştır. Bağıntıdaki v 'nin birimi km/sn, Δ 'nın birimi kg/lt, E 'nin

yüzdeleri CEM II/A-L 42.5R çimentosuyla üretilen harç numunelerinde görülmüştür. Öte yandan ultrases geçiş hızlarına bağlı olarak en düşük dinamik elastisite modülü değerlerini ve en yüksek azalma yüzdelerini CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen numuneler vermiştir



Şekil 4. Harç numunelerinde eğilme dayanımının OAL agregası oranına göre değişimi.

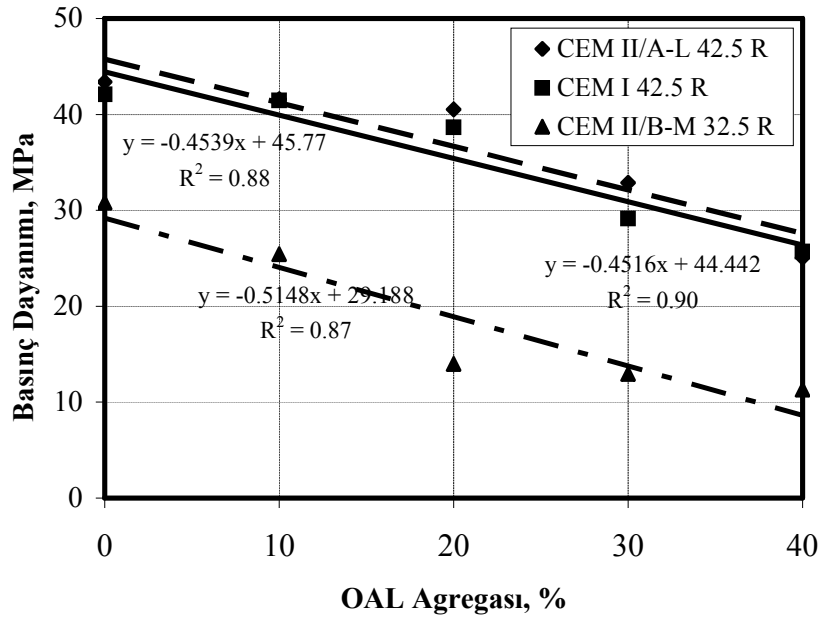
OAL agregalı harç numuneleri üzerinde yapılan eğilme dayanımı deneyi bulguları Şekil 4'te gösterilmiştir. OAL agregalı denetim numuneleri karşılaştırıldığında 8.62 MPa ile en yüksek eğilme dayanımı CEM II/A-L 42.5R çimentosuyla üretilen harç numunelerinde görülmüştür. Ayrıca CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentoları ile % 10 OAL agregası içeren numunelerin eğilme dayanımları da 8 MPa üzerinde hesaplanmıştır. Kullanılacak OAL agregasının % 10'u geçmesiyle farklı çimentolarla üretilen numune dayanımlarında ortalama % 40 oranında bir azalma olmuştur. En fazla azalma yüzdesi gösteren numuneler CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen numunelerdir. Farklı çimentolarla üretilen numunelerde artan OAL agregası ile görülen eğilme dayanımı düşüşleri doğrusallık göstermektedir.

denetim numunesine göre dayanım düşüşü % 42'dir. Basınç dayanımı düşüşü en yüksek olarak CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen numunelerde görülmüştür.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı çimentolarla OAL agregasının kullanılmasının araştırıldığı bu çalışmada elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Farklı çimentolar ile birlikte OAL agregasının kullanımıyla birim ağırlıklardaki azalış bir doğrusallık izlemektedir.
- Harç içinde OAL agrega miktarı arttıkça denetim numunesine göre ultrases geçiş hızlarında azalmalar görülmüştür. Ancak % 10 OAL agregası içeren CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentosuyla



Şekil 5. Harç numunelerinde basınç dayanımının OAL agregası oranına göre değişimi.

Üç farklı çimento ve OAL agregası ile üretilen harç numunelerin basınç dayanımı bulguları Şekil 5'te gösterilmiştir. Hesaplanan basınç dayanımı değerleri 43.4-11.31 MPa arasında değişim göstermektedir. CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentosu ile üretilen denetim numunelerinin basınç dayanımları 40 MPa üzerinde iken CEM II/B-M 32.5R çimentosuyla üretilen denetim numunelerinin basınç dayanımı 30.8 MPa'dır. Buna karşılık CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentosu ile üretilen % 10 OAL agregalı harç numunelerinin de basınç dayanımı sırasıyla 41.59, 41.47 MPa'dır. Bununla birlikte % 20'nin üzerindeki OAL agregalı numunelerde basınç dayanımı düşüşleri % 30 OAL agrega kullanımı ile % 35 iken, % 40 OAL agrega kullanımında görülen basınç dayanımı düşüşü ortalama % 55 civarındadır. CEM II/A-L 42.5R çimentosu ve % 40 OAL agregası kullanılan numunenin

üretilen numunelerin ultrases geçiş hızları 4.00 km/sn üzerinde olup denetim numunelerinin değerlerine yakındır.

- OAL agregası miktarı arttıkça dinamik elastisite modülündeki düşüşler en az CEM II/A-L 42.5R çimentosuyla üretilen harç numunelerinde görülmüştür.
- OAL agregalı harçların en büyük özellikleri yüksek eğilme dayanımı göstermeleridir. OAL agregalı harçlarda 28. günün sonunda yapılan deney bulguları göz önüne alındığında en iyi bulgular CEM II/A-L 42.5R çimentosuyla üretilen harç numunelerinde görülmüştür. Ayrıca CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentoları ile % 10 OAL agregası miktarı içeren numunelerin eğilme dayanımları da 8 MPa üzerinde hesaplanmıştır.

- CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentosu ile üretilen % 10 OAL agregalı harç numunelerinin basınç dayanımı sırasıyla 41.59 ve 41.47 MPa'dır. CEM II/A-L 42.5R çimentosu ve % 40 OAL agregası içeren numunenin denetim numunesine göre dayanım düşüşü % 42'dir.
- Deney bulguları karşılaştırıldığında genel olarak ortaya çıkan önemli sonuç ise CEM II/A-L 42.5R çimentosu kullanılarak hazırlanan % 10 OAL agregalı harç numunelerinin deney bulgularının OAL agregalı diğer numunelerin deney bulgularından daha yüksek olduğudur.

Yukarıda elde edilen bulgular OAL agregalı harç üretiminde CEM II/A-L 42.5R çimentosunun kullanımının aranan özellikleri iyileştirdiğini göstermektedir. Ancak bu iyileşmenin olabilmesi için üretilen harç veya betonda kullanılan OAL agrega miktarının, bu çalışma ve daha önce yapılan çalışmalara göre % 10 olması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Rad E., Rubberized Concrete, New Horizons in Construction Materials, Envo Publishing Company, Vol. 1, 287-292, 1976.
2. Atahan, A. O., Sevim U. K., Testing and Comparison of Concrete Barriers Containing Shredded Waste Tire Chips, Materials Letters, Vol. 62, 3754-3757, 2008.
3. Topçu İ. B., Demir A., Durability of Rubberized Mortar and Concrete, ASCE, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19, 173-178, 2007.
4. Topçu İ. B., The Properties of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research, Vol. 25, No. 2, 304-310, 1995.
5. Fedroff D., Ahmad S., Savaş B. Z., Mechanical Properties of Concrete with Ground Waste Tire Rubber, Transportation Research Record, Vol. 1532, 66-72, 1996.
6. Bignozzi M. C., Sandrolini F., Tyre Rubber Waste Recycling in Self Compacting Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 36, 735-739, 2005.
7. Topçu İ. B., Assessment of the Brittleness Index of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 2, 177-183, 1997.
8. Topçu İ. B., Properties of Concretes Containing Waste Rubber Chips, 3rd International Symposium on Environmental Geotechnology, pp. 386-394, San Diego, CA, USA, June 10-12 1996.
9. Topçu İ. B., Lastik Agregalı Betonların Dinamik Özellikleri, TMMOB, İMO Ankara Şubesi, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, ss. 339-352, Ankara, Kasım 1993.
10. Topçu İ. B., Lastik Agregalı Betonların Kompozit Malzeme Kuralları İle İncelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Yapı Mekanığı Semineri 94, Bildiriler Kitabı, ss. 71-80, Kütahya, Haziran 1994.
11. Topçu İ. B., Lastik Katılmış Çimento Harçlarının Özellikleri, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, III. Balıkesir Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, ss. 192-200, Balıkesir, 10-11 Nisan 1995.
12. Topçu İ. B., Demir A., Atık Lastik ve Uçucu Küllü Harçların Özellikleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2, ss. 189-199, 2007.
13. Postacıoğlu B., Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri, İTÜ Kütüphanesi, İTÜ Matbaası, 615s., 1981.