

## **ATIK LASTİK VE UÇUCU KÜLLÜ HARÇLARIN ÖZELİKLERİ**

İlker Bekir TOPÇU<sup>1</sup>, Abdullah DEMİR<sup>2</sup>

**ÖZET :** Bu çalışmada atık otomobil lastiği (AOL) ve uçucu külün (UK) birlikte kullanılarak hazırlanan harçların özellikleri araştırılmıştır. Deneylerde üç farklı çimento tipi (CEM II/A-L 42.5R, CEM I 42.5 R ve CEM II/B-M 32.5R), yüksek performanslı hiperakışkanlaştırıcı ve 0-4 mm arası boyutlarda AOL kullanılmıştır. Hazırlanan standart harç numunelerinde % 30 AOL agregası tüm numunelerde sabittir. Çalışmada çimento miktarından % 0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında azaltılarak yerine UK ilave edilen numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere 28. gün sonunda fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucu en iyi sonuçların CEM II/A-L 42.5R çimentosundan elde edildiği ve % 30 AOL + % 5 UK'lı harç numunelerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Harç, Atık oto lastiği, Hiperakışkanlaştırıcı, Uçucu kül.

## **PROPERTIES OF MORTARS WITH SCRAP TIRE AND FLY ASH**

**ABSTRACT :** In this study, the properties of mortars produced by using scrap tire (ST) and fly ash (FA) have been reviewed. Three different cement types (CEM II/A-L 42.5R, CEM I 42.5 R ve CEM II/B-M 32.5R), high performance super-plasticizer and 0-4 mm sized scrap tire have been used in the experiments. 30 % of ST aggregate is constant at all standard mortar specimens. Specimens prepared by adding of 0, 5, 10, 15 and 20 % FA, instead of cement. After 28 days, it was carried out those physical and mechanical experiments to the prepared specimens. After these experiments, it is observed that the best results are obtained from CEM II/A-L 42.5R cement and the experimental features of the mortars produced by using 30 % ST + 5 % FA instead of cement is better than the other specimens.

**KEYWORDS :** Mortar, Scrap Tire, Super-Plasticizer, Fly Ash.

<sup>1,2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Bölümü Batı Meşelik Kampüsü, 26480 ESKİŞEHİR.

## ***I. GİRİŞ***

Son yıllarda beton teknolojisinde pek çok endüstriyel atık beton agregası olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ve dünyada çok miktarda ortaya çıkan atık otomobil lastikleri (AOL) bunlardan bir tanesidir. Atık konumundaki AOL'lerin belirli işlemlerden sonra beton içerisinde kullanılması ile ilgili birçok çalışma vardır. İlk olarak 1980 yılında Amerika'da Clemson Üniversite'sinden Prof. Rad betona AOL agrega katma fikrini öne sürmüştür. Yaptığı deneylerde bu betonların basınç dayanımının AOL'siz beton numunelere göre % 35 azaldığını gözlemlemiştir ve AOL agregalı betonların taşıyıcılık özeliği aranmayan yapılarda kullanılmasını önermiştir [1].

Daha sonra yapılan çalışmalarda çıkan sonuçlara göre, AOL agregalı betonların yük taşınmasını gerektirmeyen fakat ses yalıtımı gerektiren yerlerde kullanılmasının yararlı olabileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda beton içerisine % 10-30 arasında atık AOL katılarak betonun fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır [2-16]. Betona % 10 oranında katılan lastiğin betonun tokluğunda % 23 artış gösterdiği saptanmıştır. 28 günlük silindir numune deneyleri sonucunda % 30 AOL'li betonun kontrol numunesine göre % 94 oranında daha az basınç dayanımı göstermektedir. Bu azalma % 10 AOL içeren betonda % 65 oranında gerçekleşmektedir [4-6]. Bu araştırmalar sonucunda AOL agrega katkılı betonun basınç dayanımının ve birim ağırlığının azaldığı süneklik ve enerji yutma kapasitesinin ise arttığı belirlenmiştir. Kompozit malzeme kurallarına göre yapılan araştırmaların sonucunda harçlara AOL ilavesi ile betonlarda olduğu gibi taze ve sertleşmiş harçların birim ağırlığının, işlenebilmesinin, çökmesinin azaldığı ve yayılma değerinin arttığı belirlenmiştir [6-16].

Uçucu kül (UK) beton teknolojisinde çok yaygın olarak kullanılan bir endüstriyel atıktır. UK katılan betonlarda Ve-Be süresinin azaldığı, beklenen beton basınç dayanımının geciktiği ve UK miktarının artırılması durumunda dayanımın daha da geç kazanıldığını bilinmektedir [17].

Bu çalışmanın amacı; üretilen harç numunelerinde UK kullanılarak, AOL agrega kullanımı ile ortaya çıkan dayanım azalmalarını iyileştirmektir.

## II. DENEYSEL ÇALIŞMA

### II.1. Kullanılan Malzemeler

**Çimento:** Çalışmada CEM II/A-L 42.5R ( Beyaz Kalkerli Portland Çimentosu), CEM I 42.5 R ve CEM II/B-M 32.5R (Portland Kompoze çimento) kullanılmıştır. Çizelge 1’de bu çimentoların fiziksel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1. Kullanılan çimentoların fiziksel özellikleri.

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

**Atık Otomobil Lastiği (AOL):** Karışımlarda hacimce % 30 oranında kum yerine ince kıyılmış AOL agrega kullanılmıştır. Bu AOL’ler 4 mm’lik elekten elenerek elek altına geçen malzeme çalışmada yer almıştır. AOL’lerin ortalama kalınlıkları 2-3 mm, uzunlukları ise 5-6 mm’dir. Gevşek birim ağırlıkları 0.34 kg/dm<sup>3</sup> ve özgül ağırlıkları ise 1.025 kg/dm<sup>3</sup> olarak yapılan deneyler sonucunda bulunmuştur.

**Kum:** Harç karışımlarında Standart Rilem kumu kullanılmıştır. Bu kumun birim ağırlığı 1.352 kg/dm<sup>3</sup>, özgül ağırlığı ise 2.563 kg/dm<sup>3</sup> olarak saptanmıştır.

**Uçucu kül (UK):** Kütahya Tunçbilek Termik Santrali atığı UK kullanılmıştır. UK’a ait kimyasal bileşimleri Çizelge 2’de verilmiştir.

**Su:** Beton karışım suyu olarak Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun sülfat içeriği 5.8 mg/lt, sertliği 3.9 mg/lt ve pH değeri 6.3'tür.

**Kimyasal Katkı:** Yüksek oranda su azaltması ve uzun süreli işlenebilirlik sağlaması amacıyla kimyasal yapısı modifiye polikarboksilat esaslı polimer olan yüksek performanslı hiperakışkanlaştırıcı beton katkı kullanılmıştır. Yoğunluğu 1.045-1.085 gr/cm<sup>3</sup>, pH değeri 3-7, donma noktası - 4 °C, viskozitesi 63 puvaz'dır.

**Çizelge 2.** Tunçbilek uçucu külünün kimyasal bileşenlerinin yüzdeleri.

Oksitler, %	Değer
SiO <sub>2</sub>	48.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.32
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79.92
CaO	9.18
MgO	0.71
TiO <sub>2</sub>	1.01
K <sub>2</sub> O	1.87
Na <sub>2</sub> O	2.00
SO <sub>3</sub>	2.64
KK	2.43

## II.2 Üretim yöntemi ve yapılan deneyler

Harçların üretiminde, agrega olarak Standart Rilem kumu, özellikleri Çizelge 1'de verilen üç farklı çimento, AOL agregası, UK ve katkı maddesi kullanılmıştır. Üretilen tüm serilerde % 30 oranında AOL agregası sabit olarak yer almaktadır. Seriler çimentonun ağırlıkça % 0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında azaltılıp, yerine azaltılan kadar UK ilave edilmesi şeklinde üretilmiştir. Üretilen harçlarda yayılmanın sabit tutulması amacı ile % 0, 5, 10, 15 ve 20 UK'lı serilerde sırasıyla % 1.6, 1.5, 1.7, 1.9, 2.1 oranlarında polikarboksilat esaslı hiperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Çalışmada 5 farklı seride üretilen harç serilerinin karışım oranları Çizelge 3'te verilmiştir. Harç üretiminde su/bağlayıcı oranı 0.5 sabit tutulmuştur. TS EN 196-1'e uygun olarak

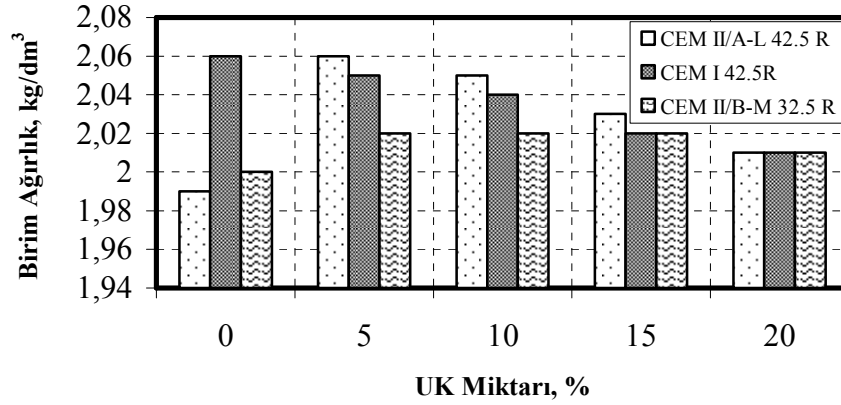
üretilem 40x40x160 mm boyutlu harç numuneler 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış, 28. güne kadar  $20 \pm 2$  °C sıcaklıktaki kirece doymun suda bekletilmiştir.

Çizelge 3. Harç numunelerinin karışım oranları.

UK miktarı,%	Ağırlıkça, gr					
	Çimento	UK	Kum	AOL	Su	Katkı
% 0	450	-	945	162.05	225	7.1
% 5	427.5	22.5	945	162.05	225	6.6
% 10	405	45.0	945	162.05	225	7.5
% 15	382.5	67.5	945	162.05	225	8.5
% 20	360	90.0	945	162.05	225	9.4

### III. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Üretilem tüm harç numunelerinde hacimce % 30 AOL agregası Standart Rilem kumu ile yer değiştirmiştir. Bu nedenle üretilem numunelerde kullanılan üç farklı çimento ve UK miktarı incelenen değişkenlerdir. Tüm bunlar göz önüne alınarak elde edilen fiziksel ve mekanik sonuçlar Şekil 1-5'te gösterilmiştir.

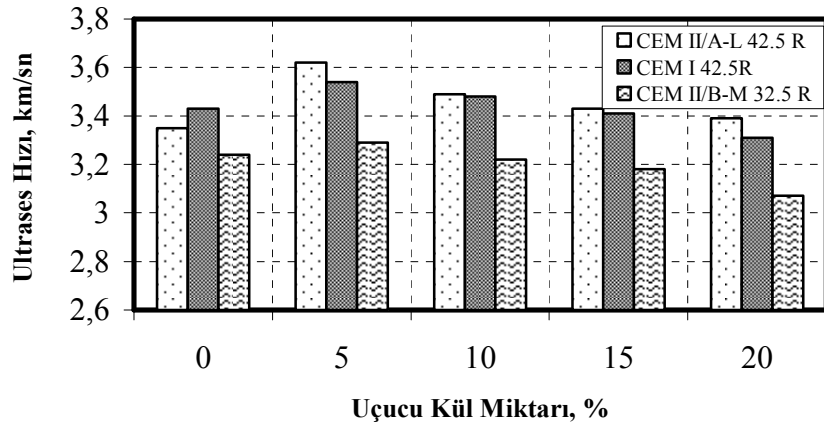


Şekil 1. UK miktarı ile birim ağırlık değişimi.

AOL ve UK kullanılarak üretilem harç numunelerinin birim ağırlık sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Birim ağırlık 1.99-2.06 kg/dm<sup>3</sup> değerleri arasında değişmektedir. Genel olarak izlenen, CEM II/B-M 32.5R ve CEM II/A-L 42.5R

ile üretilen AOL agregalı ve UK'lı numunelerin kontrol numunesine göre birim ağırlıklarında artışlar olmuştur. Diğer yandan üç farklı çimento ile üretilen AOL agregalı ve UK'lı harçlarda gözlenen, UK miktarı arttıkça birim ağırlıklarda azalmaların meydana geldiğidir. UK kullanımı ile en büyük birim ağırlık değerleri CEM II/A-L 42.5R ile üretilen AOL agregalı harç numunelerinde elde edilmiştir.

Üretilen AOL agregalı harç numunelerinin UK miktarı değişimine göre hesaplanmış ultrases hızları Şekil 2'de verilmiştir. Hesaplanan ultrases hızı değerleri ise 3.07-3.62 km/sn değerleri arasında değişim göstermektedir. AOL agregalı kontrol numunesine göre CEM II/A-L 42.5R ile üretilen numunelerde UK kullanımı ile ultrases hızlarında artışlar görülmüştür. Aynı durum CEM I 42.5 R çimentosu ile üretilen numuneler içinde söz konusudur. UK miktarının % 20'ye çıkarılması ultrases hızını düşürmüştür. Ultrases hızlarına göre % 5 UK'lı ve AOL agregalı ile oluşturulan numunelerin en yüksek ultrases hızı değerlerini verdikleridir.

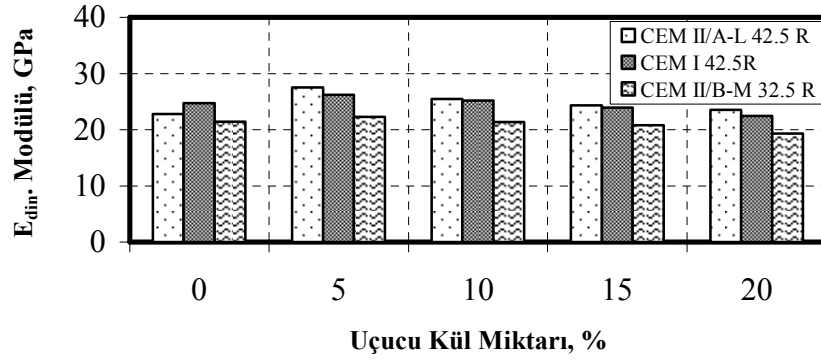


Şekil 2. UK miktarı ile ultrases geçiş hızı değişimi.

AOL ve UK'lı harç numunelerinde hesaplanan ultrases hızları kullanılarak Dinamik Elastisite Modülleri hesaplanmış ve bulunan sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir. Dinamik Elastisite Modülü hesaplanırken,

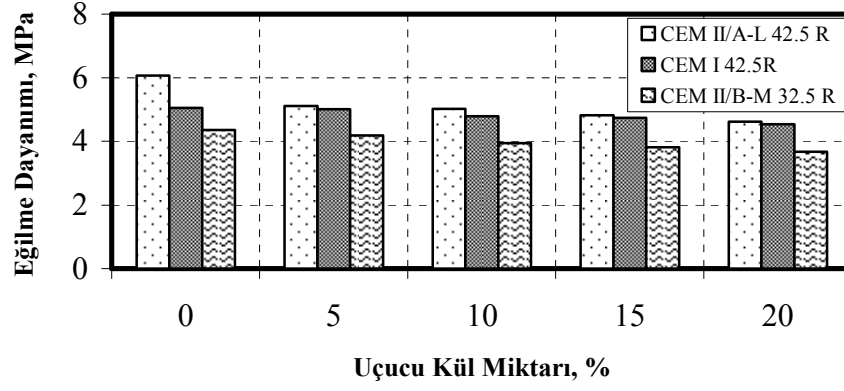
$$E_{\text{din}} = 10^5 V^2 \frac{\Delta}{9.81} \quad (1)$$

formülünden yararlanılmıştır. Formül (1)'deki V'nin birimi km/sn,  $\Delta$ 'nın birimi  $\text{kg/dm}^3$ , E'nin birimide GPa dır [18]. Dinamik Elastisite Modülü değerleri 27.52-19.31 GPa arasında değişim göstermektedir. Ultrases hızlarında olduğu gibi % 5 UK'lı ve AOL agregalı numunelerde üç çeşit çimento tipi içinde en yüksek Dinamik Elastisite Modülü değerleri görülmüştür. Ancak daha yüksek miktarlarda UK kullanımı ile AOL harç numunelerinin Dinamik Elastisite Modülü değerlerinde düşüşler görülmüştür. Dinamik Elastisite Modülündeki değişimler Şekil 2'de yer alan ultrases hızı değerlerindeki değişimler ile paralellik göstermektedir. % 20 UK'lı serilerin Dinamik Elastisite Modülü değerlerinin kontrol AOL harç numunelerinin Dinamik Elastisite Modülü değerlerinden daha düşüktür.

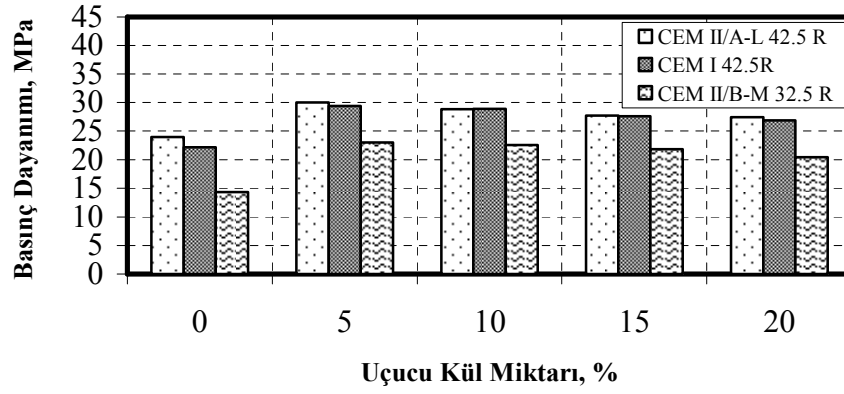


Şekil 3. UK miktarı ile dinamik Elastisite modülü değişimi.

AOL agregalı harç numuneleri üzerinde yapılan eğilme deneyi sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. AOL agregalı kontrol numunesine göre üretilen UK'lı harç numunelerinin eğilme dayanımlarında azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalmalar artan UK miktarı ile artış göstermiştir. Eğilme dayanım sonuçlarına bakıldığında en iyi sonuçları CEM II/A-L 42.5R ile üretilen AOL agregalı harçlar vermiştir. En düşük eğilme dayanımı sonuçları CEM II/B-M 32.5R ile üretilen numunelerde görülmüştür.



Şekil 4. UK miktarı ile eğilme dayanımı değişimi.



Şekil 5. UK miktarı ile basınç dayanımı değişimi.

Üç farklı çimento ve AOL agregası ile üretilen UK'lı harç numunelerin basınç dayanımı sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Hesaplanan basınç dayanımı değerleri 14.32-30.02 MPa arasında değişim göstermektedir. Genel olarak tüm UK'lı ve AOL agregalı numunelerin basınç dayanımları kontrol numunesine göre daha yüksektir. Artan UK miktarı ile basınç dayanımlarında çok azda olsa azalmalar meydana gelmiştir. Tüm üretilen numuneler arasında CEM II/A-L 42.5R ile üretilen numuneler en yüksek değerleri vermiştir. Üretilen tüm numunelerin sonuçlarına bakıldığında % 5 UK'lı ve AOL agregalı numuneler en yüksek basınç dayanımı değerlerini vermiştir.



#### **IV. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

AOL ve UK'nın birlikte kullanılmasının araştırıldığı bu çalışmada elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- UK'lı ve AOL agregalı harç numunelerinin birim ağırlıkları yalnızca % 30 AOL agregası içeren kontrol numunesine göre daha yüksek değerler vermiştir. Artan UK miktarı ile % 5 UK'lı harç numunelerine göre birim ağırlıklarda azalmalar görülmüştür.
- Hesaplanan ultrases hızlarına bakıldığında CEM II/A-L 42.5R ve CEM I 42.5R çimentoları ile üretilen % 5 UK'lı ve AOL agregalı numuneler en yüksek ultrases hızı değerlerini vermişlerdir. Bu durum kontrol numunesine göre boşluk miktarının daha az olduğu sonucunu ortaya koymuştur. UK kullanımı ile harçlarda AOL kullanılması sonucu artan boşluk miktarlarının azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.
- AOL agregalı ve % 5 UK'lı numunelerde üç çeşit çimento tipi içinde en yüksek Dinamik Elastisite Modülü değerleri görülmüştür. Buna karşılık % 20 UK'lı serilerin Dinamik Elastisite Modülü değerleri kontrol numunelerinden de düşüktür.
- AOL'li harçların en önemli özellikleri yüksek eğilme dayanımı göstermeleridir. UK'lı ve AOL agregalı harçlarda 28. günün sonunda yapılan deney sonuçları göz önüne alındığında beklenen iyileşme görülememiştir. Bunun nedeni UK'nın puzolanik aktivitesinin henüz istenen seviyeye ulaşmaması olabilir. Bu çalışmanın devamında 90 günlük deney sonuçları göz önünde tutularak yeniden incelemeler yapılacaktır.
- Basınç dayanım sonuçları incelendiğinde genel olarak gözlenen tüm UK'lı ve AOL agregalı numunelerin basınç dayanımları kontrol numunesine göre daha yüksektir. Bu durumun UK'ın puzolanik aktivitesinin istenen seviyeye ulaşması ile daha iyi olabileceği düşünülmektedir.

- Hesaplanan eğilme ve basınç dayanımı sonuçlarına göre ortaya çıkan bir başka sonuç ise; CEM II/A-L 42.5R ile üretilen numunelerin diğer çimento tiplerine göre daha yüksek değerler vermiştir.
- Deneysel sonuçları karşılaştırıldığında genel olarak ortaya çıkan önemli sonuç ise; % 30 AOL + % 5 UK kullanılarak hazırlanan harç numunelerinin deneysel sonuçları diğer UK'lı numunelerin deneysel sonuçlarından daha yüksek olmasıdır.

Yukarıda elde edilen sonuçlar doğrultusunda harçta AOL agregası ve UK kullanılması daha olumlu netice vermektedir. Özellikle CEM II/A-L 42.5R çimento kullanımı bu özelliklerin iyileştirilmesinde etken olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda % 10 AOL agregası kullanılması önerilmektedir. Bu çalışma ise, beklenen dayanım iyileşmelerinin % 30 AOL agregalı harçlarda görülmesi sonuçlarının daha az AOL kullanılmasında daha etkili olacağını ortaya koymaktadır.

### **KAYNAKLAR**

- [1] E. Rad, "Rubberized Concrete", *New Horizons in Construction Materials Envo Publishing Company*, Vol. 1, pp. 287-292, 1976.
- [2] D. Fedroff, S. Ahmad, B.Z. Savaş, "Mechanical Properties of Concrete with Ground Waste Tire Rubber." *Transportation Research Record*, Vol.1532, pp. 66-72,1996.
- [3] M.C. Bignozzi, F. Sandrolini, "Tyre Rubber Waste Recycling in Self Compacting Concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol.36, pp. 735-739, 2005.
- [4] Ö.F. Eser, "Lastik Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., İnş. Müh. Böl., Eskişehir, Ocak 1994.
- [5] E. Girşen, "Lastik Agregalı Betonların Fiziksel ve Dinamik Özellikleri", Osmangazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fak., İnş. Müh. Böl., Bitirme Ödevi, Eskişehir, Ocak 1994.

- [6] İ.B. Topçu, "The Properties of Rubberized Concretes", *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 2, pp. 304-310, 1995.
- [7] İ.B. Topçu, "Assessment of the Brittleness Index of Rubberized Concretes", *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, No. 2, pp. 177-183, 1997.
- [8] İ.B. Topçu, N. Avcular, "Collision Behaviours of Rubberized Concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, No. 12, pp. 1893-1898, 1997.
- [9] İ.B. Topçu, Y. Özçelikörs, "Lastik Agregalı Beton", Akdeniz Ün., Müh. Fak., VII. Müh. Haf., Isparta, 25-29 Mayıs 1992.
- [10] İ.B. Topçu, "Lastik Agregalı Betonların Dinamik Özellikleri", TMMOB, İMO Ankara Şubesi, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, ss. 339-352, Ankara, Kasım 1993.
- [11] İ.B. Topçu, "Lastik Agregalı Betonların Kompozit Malzeme Kuralları İle İncelenmesi", Dumlupınar Üniv., Yapı Mekaniği Semineri 94, Bildiriler Kitabı, ss.71-80, Kütahya, Haziran 1994.
- [12] İ.B. Topçu, Ö.F. Eser, "Lastik Agregalı Betonların Özellikleri", Balıkesir Üniv., Müh.-Mim. Fak., III. Balıkesir Müh.-Mim. Semp., ss. 173-181, Balıkesir, 10-11 Nisan 1995.
- [13] İ.B. Topçu, Ö.F. Eser, "Lastik Agregalı Betonların  $\sigma$ - $\epsilon$  Diyagramları", Balıkesir Üniv., Müh.-Mim. Fak., III. Balıkesir Müh.-Mim. Semp., ss. 183-190, Balıkesir, 10-11 Nisan 1995.
- [14] İ.B. Topçu, "Lastik Katılmış Çimento Harçlarının Özellikleri", Balıkesir Üniv., Müh.-Mim. Fak., III. Balıkesir Müh.-Mim. Semp., ss. 192-200, Balıkesir, 10-11 Nisan 1995.
- [15] İ.B., Topçu, "Properties of Concretes Containing Waste Rubber Chips", 3<sup>rd</sup> International Symposium on Environmental Geotechnology, pp. 386-394, San Diego CA, USA, June 10-12 1996.
- [16] İ.B. Topçu, A. Demir, "Durability of Rubberized Mortar and Concrete", ASCE, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.19, pp.173-178, 2007.
- [17] İ.B. Topçu, A. Demir, "Uçucu Kül Katkılı Harçlarda Yüksek Sıcaklık Etkisi", İMO İstanbul Şubesi, 6. Ulusal Beton Kongresi, 16-17-18 Kasım 2005, ss. 101-115.
- [18] B. Postacıoğlu, "Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri", İTÜ Kütüphanesi, İTÜ Matbaası, 615s.,1981.