

# Atık Lastik Agregalı Harçların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

İlker Bekir TOPÇU<sup>a</sup>, Cenk KARAKURT<sup>b</sup>, Burak IŞIKDAĞ<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir

<sup>b</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 11210, Bilecik

<sup>c</sup>Anadolu Üniversitesi, Porsuk Meslek Yüksekokulu, 26140, Eskişehir

## ÖZET

Atık taşıt lastikleri günümüzde önemli sorunlardan birisidir. Bu çalışmada, atık otomobil lastikleri agrega yerine kullanılarak harçlar üretilmiş ve harçların özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla atık lastikli harçlarda 7. ve 28. gün sonunda mekanik ve fiziksel testler yapılmıştır. Ayrıca, harç numunelerinin içyapıları taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile araştırılmıştır. Deneylerde, lastik agregası harçlarda üç farklı tane boyutunda kullanılmıştır. Lastik agrega harç karışımlarında kum yerine hacimce % 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında kullanılmıştır. Deneysel sonuçlara göre lastik agregalı harçların normal harçlara göre basınç ve eğilme dayanımları ve ultrases geçiş hızları daha düşüktür. Bu nedenle, atık lastikli harçlar hafiflik ve ses yalıtımı özellikleri istenilen yerlerde kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Harç, Atık Lastik, Eğilme Dayanımı, Basınç Dayanımı, İçyapı

## Investigation of Mechanical and Physical Properties of Waste Tire Aggregate Used in Mortars

### ABSTRACT

Waste tires are one of the important problem of today. In this study, waste automobile tires are used as aggregate to produce mortars and properties of mortars were investigated. For this purpose, physical and mechanical tests were conducted on waste tire mortars at 7<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup> day. Furthermore, microstructures of mortar specimens were investigated by scanning electron microscope (SEM). In experiments, tire aggregate was used at three types of grain sizes. Tire aggregate was used in mortar mixtures instead of sand with the volumetric proportions of 0, 10, 20, 30, 40, 50 %. According to experimental results, compressive and flexural strength and ultrasonic pulse velocity of waste tire mortars were lower compared to control specimens. Therefore, waste tire mortars can be used where light weight and sound insulation properties are desired.

**Keywords:** Mortar, Waste Tire, Flexural Strength, Compressive Strength, Microstructure

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda, otomobil endüstrisinin dünya çapında büyümesi, artan otomobil sayısına paralel olarak atık otomobil lastiği (AOL) miktarını da her geçen yıl artırmaktadır. Birleşmiş Milletler ve IMF verilerine göre dünyada 2002 yılında 751 milyon olan motorlu taşıt sayısı 2030 yılında 1 milyar 660 milyon seviyelerine ulaşacaktır. Veriler incelendiğinde, otomobil sayısı ile birlikte artan atık lastiklerin ne şekilde yok edileceği problemi ortaya çıkacaktır [1]. Atık lastiklerin yok edilmesi veya depolanması önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır. Genellikle, atık lastikler veya katı atıklar yakılarak, gömülerek veya depolanarak ortadan kaldırılmaktadır [2-4]. Amerika Birleşik Devletlerinde öğütülmüş lastiklerinin inşaat uygulamalarında en çok spor saha yüzeylerinde, asfalt üretiminde ve zemin dolgusunda kullanıldığı belirtilmektedir [5]. Atık taşıt lastiklerinin problem oluşturmasını önlemek için yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir [6]. 1990'ların başında, kapsamlı araştırma projelerinde kullanılan lastikler farklı uygulamalarda kullanım alanı bulmuştur. Harçlarda agrega olarak lastik agrega kullanımı lastik atıkların değerlendirilmesini sağlamaktadır. Yapılan

çalışmalarda, AOL harçlara uygun boyutlarda eklenmiş ve üretilen malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir [2,7,8].

Bu çalışmada, atık otomobil lastiği agregalı harcın (AOLAH) geleneksel harçla karşılaştırıldığında birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı değerlerinde azalmalar görülmüştür. Ayrıca, bazı çalışmalarda AOL boyutunun dayanım üzerinde etkili olduğu görülmektedir [4,9,10]. İnce lastik agregalı betonlara göre, iri lastik agregalı betonlarda basınç dayanımı değerlerinin daha fazla azaldığı gözlenmiştir [4,9,10,11]. Farklı oranlarda AOL kullanılarak üretilen harç numunelerinde fiziksel ve mekanik özelliklerin incelenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [4,9,10,12]. Üretilen AOLAH numunelerinin birim ağırlıklarının düşük olması nedeni ile hafif yapı malzemeleri üretiminde kullanılabileceği ve ses yalıtımı gerektiren yerlerde kullanılmasının yararlı olabileceği belirlenmiştir [13,14]. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda atık lastiğin dayanım kayıplarını önlemek için bazı yöntemler geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda lastik agregası yüksek sıcaklıkta nitrojen ve oksijen gazıyla birlikte okside edilerek lastik yüzeyi modifiye edilmiştir. Böylece %6 lastik agregası kullanım oranında okside edilmiş agregalı harçların mekanik özelliklerinin diğer numunelerle karşılaştırıldığında daha iyi olduğu belirlenmiştir [15].

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: bisikdag@anadolu.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17 Sayı 1 : 1, 3-7

Bu çalışmada, harçlara değişik boyutlarda ve belirli hacimsel oranlarda atık lastik eklenerek üretilen harç numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Bu özelliklerdeki değişimler içyapı analizleriyle araştırılmıştır. Yapılan çalışmalara göre AOLAHA numunelerinde her ne kadar betonun eğilme ve basınç dayanımı bakımından istenen sonuçlara ulaşılmassa da, sıcaklıktan kaynaklanan büzülme çatlaklarının ve birim ağırlıkların azaldığı belirlenmiştir.

## 2. YÖNTEM (METHOD)

Deney numunelerinin hazırlanmasında CEM IV/B 32.5 puzolanik çimento kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıda Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan çimentonun özellikleri

Oksit bileşimi (%)		Fiziksel ve Mekanik Özellikler	
CaO	45.05	Blaine inceliği (cm <sup>2</sup> /g)	5011
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.67	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.91	Priz başlangıcı (saat: dakika)	3:00
SiO <sub>2</sub>	33.26	Priz bitişi (saat: dakika)	6:00
MgO	1.34	Le Chatalier genişlemesi (mm)	1
SO <sub>3</sub>	2.26	2-gün basınç dayanımı (MPa)	11.9
K <sub>2</sub> O	1.82	7-gün basınç dayanımı (MPa)	29.8
Na <sub>2</sub> O	1.27	28-gün basınç dayanımı (MPa)	37.0

Numunelerin hazırlanmasında kullanılan Standart Rilem kumu Set Çimento Trakya fabrikasında üretilmiş ve 1350 gr’lık poşetler halinde paketlenmiştir. Rilem kumunun birim ağırlığı 1713 kg/m<sup>3</sup>, özgül ağırlığı 2,68, incelik modülü ise 2.04’tür. Deneylerde kullanılan AOL karakteristik özellikleri; dayanım, aşınmaya karşı direnç ve elastisitedir. Yumuşak lastiğin elastisite modülü 1-10 MPa arasındadır. Sert lastiğin elastisite modülü ise 1000 MPa’dır. Diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, AOL en yüksek enerji yutma kapasitesine sahip olan malzemedir. AOL’nin düşük geçirgenlik özelliğinden dolayı düşük su geçirgenliği istenen ve su yalıtımı yapılan alanlarda kullanılması uygundur. Ayrıca elektrik yalıtımı içinde kullanılabilen AOL, bu özelliğinden dolayı iyi bir yalıtım malzemesidir. AOL paslanmaya, güneş ışığına, petrol ürünlerine, organik kimyasal maddelere, asit ve alkalilere dayanımı da yüksektir. Çalışmalarda belirlenmiş harç fazı içine çeşitli oranlarda ince ve kaba agrega olarak AOL 0-1 mm, 0-2 mm ve 0-3 mm boyutlarında olacak şekilde öğütülmüş ve elenmiş, daha sonra belirtilen boyutlarda gruplandırılmıştır. Numunelerin üretiminde kullanılan karışım suyunun kimyasal özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

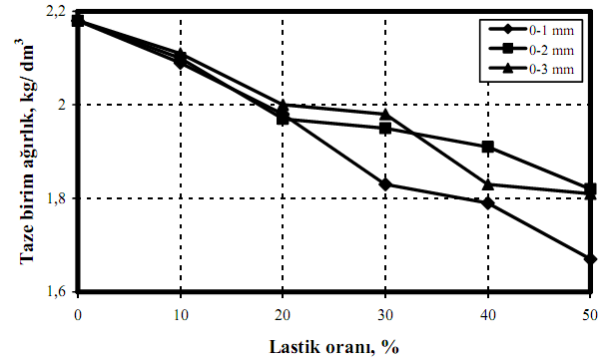
Çizelge 2. Karışım suyu kimyasal özellikleri

Bileşen	mg/lt
pH	7.66
Sertlik	29.8
Kalsiyum	52.8
Magnezyum	40.3
Nitrat	4.55
Nitrit	0.0
Klorür	19

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

### 3.1. Taze birim ağırlık (Fresh unit weight)

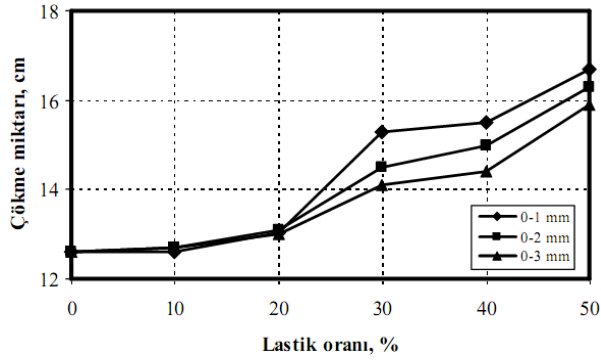
% 10, 20, 30, 40, 50 hacim oranlarında AOL katılan harçların taze birim hacim ağırlıkları ile işlenebilirlik açısından AOL’nin etkileri araştırılmaya çalışılmıştır. AOLAHA numunelerinde taze birim ağırlığı AOL miktarındaki artışla birlikte azalma göstermiştir. AOL’nin normal agregaya oranla düşük olan birim ağırlığından kaynaklanan azalmalar harç numunelerinin birim ağırlığını da etkilemiştir ve AOLAHA numunelerinin birim ağırlıklarında Şekil 1’de verildiği gibi % 25’e varan oranlarda azalma belirlenmiştir.



Şekil 1. AOLAHA numunelerinin taze birim ağırlıkları

### 3.2. Çökme (Slump)

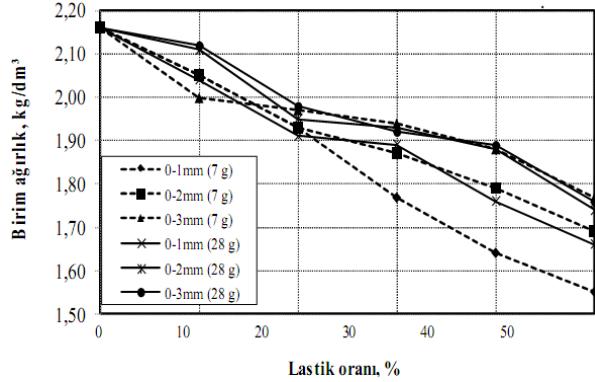
AOLAHA numunelerinde işlenebilirlik özellikleri çökme ve yayılma deneyleriyle belirlenmiştir. Üretilen harç numuneleri hacimce % 10, 20, 30, 40, 50 AOL içermektedir. AOLAHA karışımlarının çökme değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Buna göre harç numunelerinde % 30 ve üzeri AOL kullanımı durumunda işlenebilirliğin arttığı görülmüştür. Bunun nedeni lastik agregasının gözeneksiz olması ve mineral agregalar gibi su emmemesinin çökme değerlerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. AOLAHA numunelerinin çökme değerleri

### 3.3. Sertleşmiş birim ağırlık (Hardened unit weight)

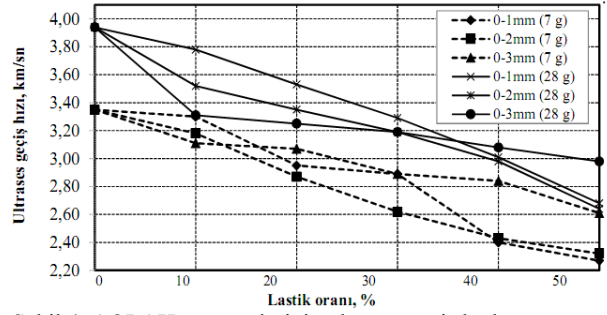
AOLAHA numunelerinin sertleşmiş birim ağırlıklarındaki değişimler Şekil 3'te verilmiştir. Buna göre sertleşmiş AOLAHA numunelerinin birim ağırlıklarındaki azalmaların taze AOLAHA numunelerinin birim ağırlıklarından daha fazla olduğu görülmüştür. AOLAHA numunelerinde sertleşmiş birim ağırlıkların AOL kullanım oranındaki artışa bağlı olarak azalmasında karışıma giren agrega ıslatma suyu fazlasının hidratasyona girmeyerek sertleşme sonrası buharlaşarak boşluk oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneyler sonucunda sertleşmiş birim ağırlıktaki en büyük azalma %50 oranında 0-1 mm AOL içeren 7 günlük numunelerde %28 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. AOLAHA numunelerinin sertleşmiş birim ağırlıkları

### 3.4. Ultrases geçiş süresi (Ultrasonic pulse velocity)

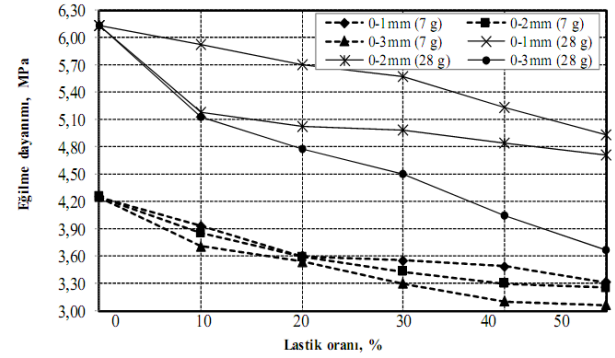
AOLAHA numunelerinin ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 4'te verilmiştir. Ultrases değerlerinde azalmaya lastiğin rijit bir yapıda olmaması ve artan boşluk miktarı neden olmuştur. Deneyler sonucunda ultrases geçiş hızı değerlerinde en büyük azalma %50 oranında 0-2 mm AOL içeren 28 günlük numunelerde %33 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. AOLAHA numunelerinin ultrases geçiş hızları

### 3.5. Eğilme dayanımı (Flexural strength)

Sertleşmiş harç numunelerinin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımı sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Deneyler sonucunda eğilme dayanımı değerlerinde en büyük azalma %50 oranında 0-3 mm AOL içeren 28 günlük numunelerde %40 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. AOLAHA numunelerinin eğilme dayanımları

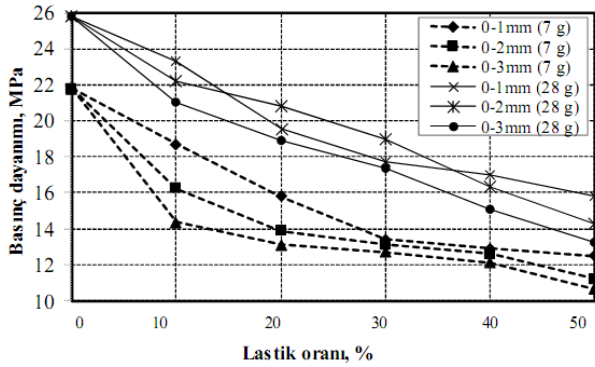
### 3.6. Basınç dayanımı (Compressive strength)

Sertleşmiş harç numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 6'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde dayanımların AOL kullanımındaki artışa bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Deneyler sonucunda basınç dayanımı değerlerinde en büyük azalma %50 oranında 0-3 mm AOL içeren 7 günlük numunelerde %51 olarak belirlenmiştir.

AOLAHA numunelerinin tane boyutuna bağlı olarak fiziksel ve mekanik özelliklerindeki bağlı değişimler Çizelge 3'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde AOL tane boyutundaki artışla birlikte mekanik ve fiziksel özelliklerde azalmalar görülmektedir. Mekanik özellikler incelendiğinde eğilme dayanımı değerlerindeki azalma oranları basınç dayanımlarındaki azalma oranlarına göre daha düşüktür.

Çizelge 3. AOLAHA numuneleri deney sonuçlarının bağıl değişimi

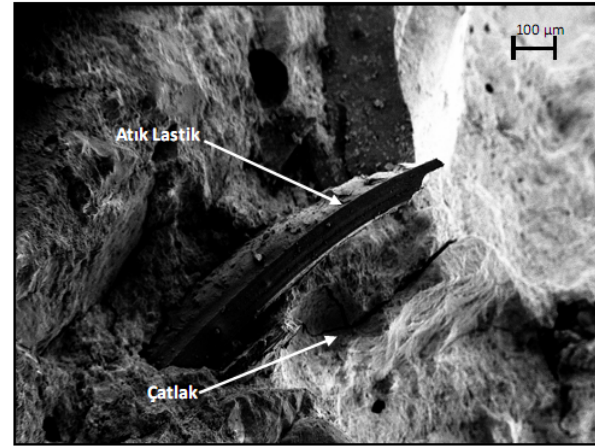
AOL %	Elek Çapı, mm	Birim Ağırlık		Ultrases Geçiş Hızı		Eğilme Dayanımı		Basınç Dayanımı	
		7 gün	28 gün	7 gün	28 gün	7 gün	28 gün	7 gün	28 gün
10	0-1	-% 5	-% 5	-% 2	-% 4	-% 8	-% 3	-% 14	-% 10
	0-2	-% 5	-% 3	-% 5	-% 11	-% 9	-% 15	-% 25	-% 14
	0-3	-% 7	-% 4	-% 7	-% 16	-% 13	-% 17	-% 34	-% 19
20	0-1	-% 11	-% 12	-% 12	-% 10	-% 15	-% 7	-% 27	-% 24
	0-2	-% 11	-% 10	-% 14	-% 15	-% 15	-% 18	-% 36	-% 19
	0-3	-% 8	-% 8	-% 8	-% 18	-% 17	-% 22	-% 39	-% 27
30	0-1	-% 18	-% 13	-% 14	-% 17	-% 16	-% 9	-% 39	-% 31
	0-2	-% 13	-% 11	-% 22	-% 19	-% 19	-% 19	-% 40	-% 26
	0-3	-% 10	-% 11	-% 14	-% 19	-% 25	-% 28	-% 42	-% 33
40	0-1	-% 24	-% 18	-% 28	-% 24	-% 18	-% 15	-% 41	-% 32
	0-2	-% 17	-% 13	-% 28	-% 24	-% 22	-% 20	-% 42	-% 37
	0-3	-% 13	-% 13	-% 16	-% 22	-% 27	-% 34	-% 44	-% 40
50	0-1	-% 28	-% 23	-% 32	-% 32	-% 22	-% 20	-% 43	-% 39
	0-2	-% 22	-% 19	-% 31	-% 33	-% 24	-% 23	-% 49	-% 45
	0-3	-% 18	-% 18	-% 22	-% 24	-% 28	-% 40	-% 51	-% 49



Şekil 6. AOLAHA numunelerinin basınç dayanımları

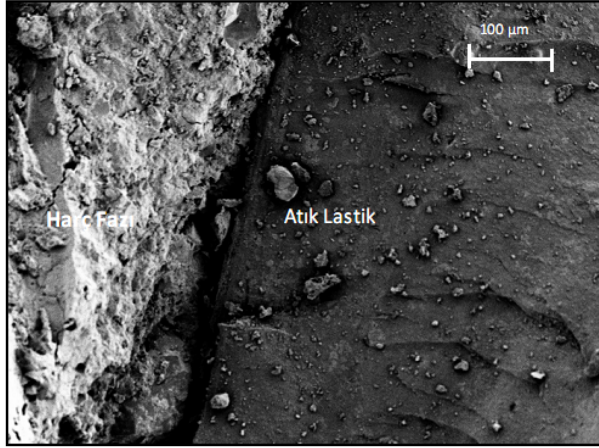
### 3.7. Mikroyapı (Microstructure)

Üretilen AOLAHA numunelerinin içyapıları SEM incelemeleriyle araştırılmıştır. Şekil 7'de görüldüğü gibi kırık harç yüzeylerinde yapılan incelemede lastik agregaların kompozit yapıda lif etkisi yaparak gevrek yapıdaki çatlak ilerlemesini durdurduğu görülmüştür. Bu durum özellikle eğilme etkisinde kompozit yapı içinde ortaya çıkan çekme gerilmelerinin oluşturduğu çatlaklarda çatlak gelişiminin azaltıldığını göstermektedir. Lastik kullanım oranına bağlı olarak eğilme ve basınç dayanımlarındaki azalma oranları karşılaştırıldığında, eğilme dayanımlarındaki azalma oranlarının basınç dayanımlarındaki azalmaya göre düşük olmasının nedeninin bu etki olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7. 28 günlük % 20 AOL içeren AOLAHA numunesinin SEM incelemesi

AOLAHA numunelerinin basınç dayanımlarındaki azalmanın kompozit yapıdaki harç fazı ile lastik agregası arasındaki aderansın düşük olması ile açıklanabilir. Şekil 8 incelendiğinde lastik yüzeyinin pürüzsüz ve parlak olması nedeniyle harç ve lastik ara yüzündeki bağın çok sıkı olmadığı görülmektedir. Bu durum dayanımda azalmaya neden olmaktadır.



Şekil 8. 28 günlük % 40 AOL içeren AOLA numunesinin SEM incelemesi

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Deneysel sonuçlara göre AOL miktarının artması birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerini azaltmıştır. Bu azalmanın 0-3 mm AOL içeren numunelerde daha belirgin olduğu belirlenmiştir. İyapı incelemelerinde lastik katkısının kompozit yapıda çatlak ilerleyişini azalttığı görülmüştür. Bu durum numunelerde eğilme dayanımındaki azalma oranlarını düşürmüştür. AOLA numunelerinin sertleşmiş birim ağırlığındaki azalma taze birim ağırlığındaki azalmadan daha fazla olarak gözlenmiştir. Buna göre lastik katkılı harçlar düşük birim hacim ağırlık istenen durumlarda veya taşıyıcılık özelliği istenmeyen yerlerde kullanılabilir. AOL içeren harçların yapılarda ses yalıtımı istenen hafif ve boşluklu bölme duvarlarında bazı dekorasyon işlerinde ve ısı yalıtımı istenen yerlerde kullanılması önerilebilir.

#### 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Fedroff, D., Ahmad, S., Savaş, B. Z., "Mechanical Properties of Concrete with Ground Waste Tire Rubber." Transportation Research Record No. 1532, Transportation Research Board, Washington, DC, (1996).
- 2) Topçu, İ. B., Eser, Ö. F., "Lastik Agregalı Betonların Özellikleri", Balıkesir Üniv., Müh.-Mim. Fak., III.

Balıkesir Müh.-Mim. Semp., ss. 173-181, Balıkesir, 10-11 Nisan, (1995).

- 3) Akhras, N. M., Smadi, M. M., "Properties of tire rubber ash mortar", Cement and Concrete Composites, Vol. 36, No. 9, pp. 1727-1734, (2004).
- 4) Sukontasukkul, P., Chaikaew, C. "Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber", Construction and Building Materials, Vol. 20, No. 7, pp. 450-457, (2006).
- 5) Scrap Tire Markets in the United States, 9<sup>th</sup> Biennial Report, Rubber Manufacturers Association, Washington DC, 85 p., (2009).
- 6) Li, G., Stubblefield, M. A., Garrick, G., Eggers, J., Abadie, C., Huang, B., "Development of waste tire modified concrete", Cement and Research, Vol. 34, No. 12, pp. 2283-2289, (2004).
- 7) Topçu, İ. B., Demir, A., "Durability of Rubberized Mortar and Concrete", ASCE, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.19, pp.173-178, (2007).
- 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., "The properties of rubberized concretes", Cement and Concrete Research, Vol. 25, No. 2, pp. 304-310, (1995).
- 10) Topçu, İ. B., "Assessment of the brittleness index of rubberized concretes", Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 2, pp. 177-183, (1997).
- 11) Fattuhi, N., Clark, L., "Cement-based materials containing shredded scrap truck tire rubber", Construction and Building Materials, Vol. 10, No. 4, pp. 478-496, (1996).
- 12) G. Gregory, J. Eggers, C. Abadie, M. A. Stubblefield, "Waste tire fiber modified concrete", Composites Part B: Engineering, Vol. 35, No. 4, pp. 305-312, (2004).
- 13) Rad, E., "Rubberized Concrete", New Horizons in Construction Materials Envo Publishing Company, Vol. 1, pp. 287-292, (1976).
- 14) Turgut P., Yeşilata B., Işiker, Y., "Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-2: Hurda Lastik Katkılı Betonlar için Ölçüm Sonuçları", Mühendis ve Makina, Cilt 48, 33-39, (2007).
- 15) Chou, LH., Yang, CK., Lee, MT., Shu, CC. "Effects of partial oxidation of crumb rubber on properties of rubberized mortar", Composites: Part B, Vol. 41, pp.613-616, (2010).