

ÇİMENTO ve BETON DÜNYASI

C E M E N T A N D C O N C R E T E W O R L D

VOL/YIL: 12 SAYI: 71 TÇMB YAYIN ORGANI/JOURNAL OF TÇMB OCAK ŞUBAT/ JANUARY FEBRUARY 2008 / ÜCRETSİZDİR



TÇMB 50
TÜRKİYE ÇİMENTO MUHTELİFİ
.yıl

ARAŞTIRMA-GELİŞTİRME BÖLÜMÜNDE YAYINLANACAK
MAKALELER İÇİN YAYIN DANIŞMA KURULU

Dr. Fehmi AKGÜN	Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü PK. 21 41470 Gebze- KOCAELİ
Prof. Dr. Saim AKYÜZ	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Maslak 80620 İSTANBUL
Ercan BAHADIR	TÇMB PK2 06582 Bakanlıklar- ANKARA
Prof. Dr. Bülent BARADAN	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca-İZMİR
Kadir BAYBURTLU	Italcementi Group Pakpen Plaza Sahrayıcedid-Kadıköy 34734 İSTANBUL
Prof. Dr. Halim DEMİREL	Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh.Böl. Beytepe 06532 ANKARA
Prof. Dr. Ravindra K. DHIR	Department of Civil Engineering University of Dundee Dundee DD1 4HN Scotland UK
Prof. Dr. Turhan Y. ERDOĞAN	İnşaat Mühendisliği Bölümü Orta Doğu Teknik Üniversitesi 06531-ANKARA
Prof. Dr. Güngör GÜNDÜZ	Kimya Mühendisliği Bölümü Orta Doğu Teknik Üniversitesi 06531-ANKARA
Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA	Selçuk Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Jeoloji Müh.Böl. 42079 Kampüs-KONYA
Prof. Dr. Franco MASSAZZA	Via G. Camozzi Bergamo ITALY

BOARD OF REFEREES FOR THE PAPERS TO BE PUBLISHED IN THE
RESEARCH AND DEVELOPMENT SECTION

Prof. Dr. Tarun A. NAIK	Dept. of Civil Engineering and Mechanics College of Eng. and Applied Science University of Wisconsin PO Box 784 Milwaukee, WI 53201 USA
Prof. Dr. Muammer Öner	Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. Böl. Beytepe 06532 ANKARA
Prof. Dr. M. Hulusi ÖZKUL	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Maslak 80620 İSTANBUL
Prof. Dr. Turan ÖZTÜREN	İnşaat Mühendisliği Bölümü Boğaziçi Üniversitesi Bebek İSTANBUL
Doç. Dr. Murat SOYLU	Lafarge Aslan Çimento Danca Taşlımanı Mevkii Gebze 41700, KOCAELİ
Prof. Dr. R.N. SWAMY	The University of Sheffield Department of Mechanical Engineering Mappin Street Sheffield S1 3JD UK
Prof. Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Maslak 80620 İSTANBUL
Doç. Dr. Mustafa TIRIS	TÜBİTAK-MAM PK. 21 41470 Gebze KOCAELİ
Prof. Dr. Mustafa TOKYAY	İnşaat Mühendisliği Bölümü Orta Doğu Teknik Üniversitesi 06531 ANKARA
Prof. Asim YEĞİNOBALI	TÇMB PK 2 06582 Bakanlıklar ANKARA
Prof. Dr. Erdoğan YÜZER	İTÜ Maden Fakültesi 80620 Maslak - İSTANBUL

Atık Taşıt Lastikleri ile Potansiyel Uygulamalar ve Beton İçerisinde Kullanım

Potential Applications and Reuse of Scrap Tires in Concrete

Bülent YEŞİLATA, Paki TURGUT, Hüsamettin BULUT,
Feridun DEMİR
Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa

Bülent YEŞİLATA, Paki TURGUT, Hüsamettin BULUT,
Feridun DEMİR
Faculty of Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Turkey

Özet

Yıllık üretilen ve hurdaya atılan taşıt lastiği miktarının fazlalığı, depolama ve yeniden kullanım açısından yeni çözümler oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada; atık lastiklerin potansiyel kullanımı ile ilgili uygulamalar hakkında kısa bir literatür özeti verilmektedir. Ayrıca özgün uygulama olarak; atık lastik katkılı beton levha ve briket numunelerin hazırlanması ile ilgili, işlem basamakları ve temel fiziko-mekanik test sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Atık taşıt lastikleri, Yeniden kullanım, Beton, Briket, Şerit lastik, Granül lastik.

Giriş

Atık taşıt lastiklerinin çoğalması, çevre ve sağlık açısından önemli endişelere neden olmaktadır. Bu duruma temel sebep; atık lastiklerin kolayca yok edilememeleri ve çevre açısından yangın ve sivrisineklerin yuvalanması için uygun bir ortam oluşturmalarıdır. Atık lastiklerinin geri dönüşümü ya da kompozit malzemelerde yeniden değerlendirilmesi çevre kirliliğini önlemenin yanında, birçok yararlı ürünün ekonomik olarak elde edilmesi açısından uygun bir çözüm olarak gözükmetedir [1].

Bu anlamda, yeni ve çok benimsenen ürünlerden biri atık lastik katkılı beton kompozitlerdir. Atık tekerlerden elde edilen lastiğin Portland Çimentolu Betonlarda (PCC) kullanımı ile malzemenin yoğunluğunda azalma, tokluk, sertlik ve darbe direncinde artış ile ısı yalıtım özelliklerinde önemli iyileşmeler sağlanabilmektedir. Atık tekerden kazanılan lastiğin PCC içerisinde kullanımı; atıkların yok edilmesi sorununun azaltılması yanında, doğal kum ve agrega kaynaklarının korunmasına da katkı sağlamaktadır [2]. Özellikle son on yılda artan dünya nüfusunun sebep olduğu bina gereksinimindeki artış ve yapı malzemelerine olan aşırı talep, bu konularda çalışan mühendisleri, endüstriyel atıklardan inşaat malzemesi

Abstract

The increase in yearly production and accumulation of discarded scrap tires have been a major concern; hence, generating alternative solutions for their recovery and reuse are necessary. The potential application areas to benefit from scrap tires are first reviewed here in brief. The fabrication of concrete slabs and bricks with scrap tire pieces is also introduced, in terms of basic frames of the procedure and physico-mechanical tests.

Keywords: Scrap tires, Reuse, Concrete, Concrete brick,, Strip-rubber, Crumb rubber

Introduction

Accumulations of discarded waste tires have been a major concern because of waste rubber is not easily biodegradable even after a long-period landfill treatment and unmanaged waste tires represent an environmental and health risk through fire hazard and as a breeding ground for disease-carrying mosquitoes. Recycling or reuse of such wastes as composite materials has been found to be feasible solution to both pollution problem and to the problem of economical design of many useful products [1].

One of the new and popular products in this sense is modified cementitious composites with scrap tire-rubber [2]. Use of rubber from scrap tires in Portland cement concrete (PCC) mixtures can result in large benefits, like lower density, increased toughness and ductility, higher impact resistance, and more efficient heat and sound insulation. The use of recycled tire rubber in PCC also helps alleviate disposal problems and address the growing public concern about the need to preserve natural sand and aggregates [2]. Since the large demand has been placed on building material industry especially in the last decade owing to the increasing population which causes a chronic shortage of building materials, the engineers have been challenged to convert these industrial wastes to useful building and construction materials. The increase in the

elde etmeye yöneltmiştir. Bu gelişim çevre dostu, düşük maliyetli ve hafif malzeme seçeneği ortaya çıkarmış olmakla birlikte; çevreye en fazla faydanın, standartların gerektirdiği malzeme özelliklerini göz ardı etmeden nasıl sağlanabileceği yönündeki araştırmalara olan ilgiyi de arttırmıştır [3].

Bu çalışmada; beton kompozit uygulaması ağırlıklı olmak üzere, atık lastiklerin potansiyel uygulama alanları ile ilgili kısa bir literatür özeti verilmektedir. Ayrıca özgün uygulama olarak; atık lastik katkılı beton levha ve briket numunelerin hazırlanması ile ilgili, işlem basamakları ve temel fiziko-mekanik test sonuçları sunulmaktadır.

Hurda Lastiklerle Potansiyel Mühendislik Uygulamaları

Atık lastiklerin potansiyel kullanım alanlarına yönelik ilk çalışmalarda, çimento fabrikalarında yakıt, karbon yapımında hammadde ve marinalarda suni kıyı malzemesi olarak kullanımı öne çıkmaktadır. Ancak, bu tür kullanımlar büyük yatırım maliyeti gerektirdiğinden, son yıllara kadar yoğun olarak tercih edilmemiştir. Örneğin; atık lastiklerin karbon yapımında kullanılması, kesme ve ince öğütme masraflarından dolayı ekonomik olmamış ve petrol ürünlerinden elde edilen yakıtlara kıyasla kalitesi de çok düşük çıkmıştır [2]. Son birkaç yıldır ise; özellikle atık lastiklerin istenilen boyutlara indirgenme teknolojisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve lastik türevli yakıt olarak çimento fabrikalarında kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yapılmış olan ilk araştırmalarda, atık lastiklerin asfaltla birlikte yol yapımında kullanılması; yollarda daha iyi kayma direnci sağlaması, yorulma çatlaklarını azaltması ve asfaltın ömrünü uzatması bakımından yararlı olmuştur [4]. Ancak, granül lastik katılmış asfaltın en önemli sakıncası ısıtılmış haldeki hazırlanma sürecidir. Bu konumda, granül lastik yüzeyi ile asfalt arasındaki zayıf bağdan dolayı, iki ya daha fazla farklı faz oluşur. Normal asfaltta faz ayrışması %2-%4 arasında iken, lastik katılmış asfaltta homojen olmayan ayrışma %25 seviyelerine ulaşabilmektedir. Homojenlikten uzaklaşma asfalt özelliklerinin güvenilirlikten uzaklaşmasına ve asfalt ömrünün kısalmasına neden olur. Ayrıca, atık lastik katılmış asfaltın maliyeti %100'e ulaşan oranlarda

popularity of using environmentally friendly, low cost and lightweight construction materials in building industry has brought about the need to investigate how this can be achieved by benefiting to the environment as well as maintaining the material requirements affirmed in the standards [3].

In this study, the potential application areas for reusing of scrap tires are briefly reviewed first with a special emphasis on their use in cementitious composites. The use of scrap tire pieces in concrete slabs and bricks that have been applied in our laboratory is then introduced, in terms of basic frames of the sample preparations and physico-mechanical tests.

Potential Engineering Applications with Scrap Tires

The scrap-tires have been used as a fuel for cement kiln, as feedstock for making carbon black, and as artificial reefs in marine environment in earlier applications. Because of high capital investment involved, these applications were not attractive at the beginning. As an example, using rubber tires in making carbon black from tire pyrolysis is more expensive since it requires additional shredding and grinding costs. It also has lower quality than that from petroleum oils [2]. In last few years, there has been an increase in the use of tire-derived-fuels in cement factories owing to the fact that the significant progress has been made in size reduction technology of scrap-tires.

Early investigations on the use of discarded tires in asphalt mixtures had been very encouraging. The test results showed that rubberized asphalt had better skid resistance, reduced fatigue cracking and longer pavement life than conventional asphalt [4]. But the disadvantage of rubber modified asphalt is associated with the preparation process during heated storage. The crumb rubber and asphalt separate into two or more phases, because of the weak interaction between the rubber particle surface and the asphalt. Normal asphalt shows a separation of between 2 to 4 % during heated storage. Rubber modified asphalt yields a non-homogeneous blend with up to 25 % separation. This non-homogeneity reduces the reliability of the product properties. The separation decreases the expected life of the rubber modified asphalt. Moreover, the rubber modified asphalt

artmaktadır [5]. Atık lastiğin asfalt katkı maddesi olarak kullanımında sözü edilen bu sakıncalardan dolayı, beton içerisinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

Literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu; teker lastiği parçacıklarının çimentolu malzemelerde agrega olarak kullanımına yoğunlaşarak, elde edilen ürünün fiziko-mekanik özelliklerini değerlendirmiştir [6]. Bazı araştırmacılar [7-9], lastik parçalarının boyut, miktar ve yüzey özelliklerinin, beton karışımının basınç dayanımında önemli oranda düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir. Eldin and Senouci [9], parça ve granül lastik içeren beton karışımlarının basınç ve yarılmaya dayanımlarının, normal betona kıyasla daha az olacağını belirtmişlerdir.

Topcu [10], ince öğütülmüş lastik parçacıklarının beton içerisine katılmasının, beton basınç dayanımı ile çekme dayanımını, iri lastik parçacıklarına kıyasla daha az azalttığını belirtmiştir. Topcu and Avcular [11, 12] beton içerisine katılmış atık lastik parçacıklarının, betonun darbe ve çarpmalara karşı direncini artırdığını bulmuşlardır. Guneyisi ve diğ. [1] lastik katkı beton matrisi içerisine silis eklenmesinin, mekanik özelliklerde iyileşme sağladığını ve dayanımda oluşan düşüş miktarının azaltılabileceğini göstermiştir. Aynı çalışmada, 16-32 MPa basınç dayanımı aralığını sağlamak için, toplam agrega hacminin %25'ine kadar granül lastik eklenebileceği belirtilmiştir.

Granül lastik katkı ürünlerin yapı uygulamalarında direkt kullanımı ile ilgili ise çok sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Topcu [13] granül lastik katkı betonların yol kenarlarında ses kırıcı bariyer olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Sukontasukkul ve Chaikaew [14] granül lastiği yaya kaldırımlarına uygulamış ve kayma ve aşınma direncinin arttığını belirtmiştir. Ayrıca, üretim sürecinin kolay olmasından dolayı ekonomik olacağını da belirtmişlerdir.

Hurda Lastiklerin Beton İçerisinde Kullanımına Yönelik Bir Çalışma

Yıllık üretilen atık lastik miktarı, önceki bölümde sözü edilen potansiyel uygulamalarda kullanılandan çok daha fazladır. Beton içerisinde kullanılan granül lastikleri elde etmek için ek bir öğütme işleminin gerekli olması

may cost up to 100 % more than regular asphalt [5]. Because of these obstacles, using the crumb rubber in some concrete products is suggested to be more feasible.

Most of the literature about the use of tire rubber particles in cement-based materials focuses on the use of tire rubber as an aggregate in concrete and have been evaluated the physico-mechanical properties [6]. Some authors [7-9] reported the size, proportions and surface texture of rubber particles noticeably affected compressive strength of concrete mixtures. Eldin and Senouci [9] reported the concrete mixtures with tire chips and crumb rubber aggregates revealed lower compressive strength and splitting tensile strengths than usual Portland cement concrete.

Topcu [10] showed the addition of coarse rubber chips in concrete lowered the compressive strength more than the addition of fine crumb rubber. Topcu and Avcular [11, 12] reported the impact resistance of concrete increased when rubber aggregates were incorporated into the concrete mixtures. Guneyisi et. al. [1] showed the addition of the silica fume into the matrix improved the mechanical properties of the rubberized concretes and diminished the rate of strength loss. Their results also revealed a rubber content of as high as 25% by total aggregate volume might be practically used to produce rubberized concretes with compressive strength of 16-32 MPa.

On the manufacturing of concrete products with crumb rubber in the construction applications there are limited number researches. Topcu [13] investigated the possibility of using concretes with crumb rubber in the car barriers. Sukontasukkul and Chaikaew [14] used crumb rubber as concrete pedestrian block and showed the crumb rubber block also performed quite well in both skid and abrasion resistance tests. The production process was economical, due to the simplicity of the manufacturing process.

A Case Study on Reusing Scrap Tire Pieces in Concrete

The generation quantity of waste tires far exceeds the potential uses mentioned above. The concrete applications with scrap tires on the other hand hold the only a small portion for the demand due to additional grinding process to reach the form of crumb rubber. The grinding process leads to a significant increase in production cost since

nedeniyle, bu tür uygulamalarda tüketilen lastik miktarı da çok düşük seviyededir. Atık otomobil lastiklerinin orta kısmında bulunan çelik teller nedeniyle öğütme işlemi masrafları küçümsenmeyecek derecede arttırmaktadır. Bu nedenle, atık lastik parçalarının beton içerisine eklenerek inşaat sektöründe kullanılabilir kompozit yapıya ulaşması için yeni yaklaşımlar gerekmektedir.

Sözü edilen sorunların önüne geçmek ve çelik telleri ayrıştırmadan hurda otomobil lastiğinin tüm bölümlerini kullanmak amacıyla bu çalışmada yeni bir yaklaşım tanıtılmaktadır [15]. Mevcut yaklaşıma göre; atık bir otomobil lastiği uygun şekilde kesilerek, çelik telli düzlemsel sırt yüzeyi, çelik tel bulunmayan iki adet halkasal yan yüzeyden ayrılmaktadır. Çelik telli düzlemsel yüzey, teller ayrıştırılmadan basit bir kesme aparatı ile istenilen uzunlukta kesilmektedir. Bu durumda lastiklerin, yapıların yük taşımayan taban ve tavan döşemeleri üzerine uygun aralıklarla direkt olarak serilebilmesi olanağı ortaya çıkmaktadır. Atık otomobil lastiğinin yan yüzeylerinden elde edilen çelik telsiz halkasal yüzeyler ise; uygun bir lastik öğütme makinası kullanılarak granül hale getirilmekte ve briket harcı içerisinde agrega olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, düzlemsel kesilmiş lastik parça katkılı beton levha ve öğütülmüş granül lastik katkılı olmak üzere iki farklı beton ürünü geliştirilmiştir. Bu ürünlerin hazırlanış ve testlerine yönelik temel deneysel detaylar aşağıda sunulmuştur.

Kullanılan Malzemeler

Kullanılan çimentonun cinsi PÇ 32.5 olup, Şanlıurfa'da bir fabrikanın günlük üretiminden alınmıştır. Çimento analizine yönelik değerler Tablo 1'de verilmiştir. Kanşımında kullanılan suyun pH, sülfat içeriği ve sertlik değerleri sırasıyla 6.2, 5.6 mg/lit ve 3.7 olarak belirlenmiştir. Kullanılan kum, Adıyaman Göksu Nehri'nden temin edilmiş olup, en büyük tane çapı 4.75 mm olacak şekilde elenmiştir. Kumun suya doygun birim ağırlığı 2.73 g/cm³ olarak ölçülmüştür.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

Table 1. The chemical properties of the cement used

Hammadde (%) Raw Material (%)	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Kızdırma Kaybı Loss on ignition	Toplam Total
(%)	25.05	52.00	3.52	6.27	6.76	2.12		

removal of the steel belt in the whole tire is required. Because of this, the form of scrap tire added into the concrete needs new approaches to be used in building industries as a composite material.

An original approach is introduced here for this purpose, which makes possible reusing whole part of a scrap tire in concrete products without removing the steel belts [15]. According to this approach; the whole tire is splitted into three pieces by a simple cutting process: a single piece of a planar front wall and two pieces of annular side wall. Planar front wall include treads and steel belts whereas annular pieces have no metal inclusion at all. The planar surface is radially shredded by a simple mechanical process into the desired lengths without removing steel wires. These tire pieces are set into fresh concrete with desired distance and arrangements before pouring the top layer. The possible use of this composite material is to enhance heat insulation performance of non-loaded concrete blocks, such as floor, roof and precast concretes. The annular side walls of a scrap tire are directly grinded into crumb rubber of desired size by a simple cracker mill process. No additional separation process to remove steel fibers is necessary since this part of the tire already has no steel fragments at all. These crumb rubbers as aggregates are then used in manufacturing of concrete bricks.

Two types of rubberized concretes, slabs with shredded tire rubber and bricks with crumb tire rubber, are developed here. The basic experimental details about their preparation and tests are presented below.

Materials

The cement used in this study is Portland cement (PKÇ 32.5R) produced at the cement mill in Şanlıurfa. Analysis of the cement used in this study is given in Table 1. The properties of the tap water used in this study are pH: 6.2, sulphate content: 5.6 mg/lit and hardness: 3.7. The sand used is from the Göksu River from Adıyaman, the largest being 4.75 mm in size. The saturated surface dry specific gravity of sand is 2.73 g/cm³.

Lastik şeritler, hurda otomobil lastiğinin çelik tel içeren yüzeyinden, doğrudan kesilmiştir. Şerit lastikler 5cm x 15cm x 1.5cm (en x uzunluk x kalınlık) boyutlarında olacak şekilde hazırlanmıştır. Telli şerit lastiğin suya doygun birim ağırlığı ise 1.35 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Granül lastikler ise hurda lastiğin çelik tel içermeyen yanal yüzeylerinden laboratuarda mevcut bir öğütme makinası kullanılarak elde edilmiştir. Partikül çapları, 4.75 mm (No. 4 Elek) ile 0.075 mm (No. 200 Elek) arasında değişmekte olup, suya doygun birim ağırlığı ise 1.05 g/cm³ tür.

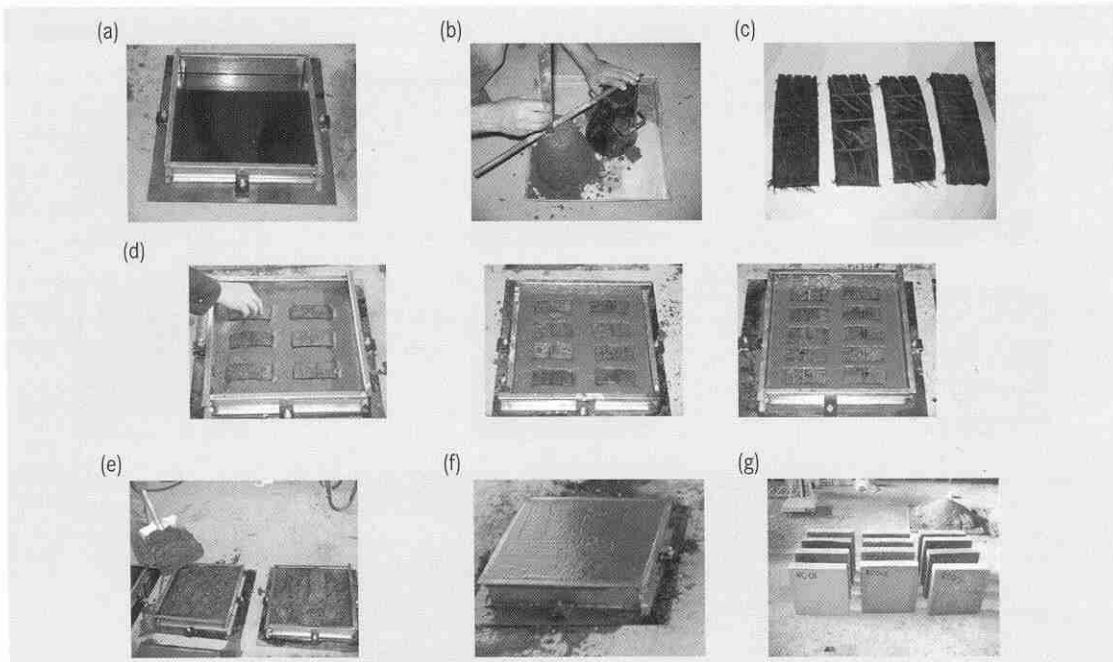
Numune Hazırlama

Kesilmiş şerit lastik içeren beton levhaların hazırlanma aşamaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Beton numunelere lastik ilavesinde temel amaç, betonun ısı yalıtım performansını arttırmak olarak belirlenmiştir. Isıl ölçümler sonucunda [15], kullanılan şerit lastik miktarına bağlı olarak, numunelerin ısı yalıtım performansında %6 - %13 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

The shredded rubber strips are obtained from plane surface of a scrap automobile tire without removing steel-belt wires from their construction. The width, length and thickness of the each tire strip are respectively 15cm, 5cm, and 1.5cm. The saturated surface dry specific gravity of the shredded rubber with steel-belt is 1.35 g/cm³. The crumb rubber used in this research is generated from scrap tire section without steel fiber by using cracker mill process in the laboratory. It consists of particles ranging in size from 4.75 mm (No. 4 Sieve) to 0.075 mm (No. 200 Sieve). The saturated surface dry specific gravity of the crumb rubber is 1.05 g/cm³.

Sample Preparation

The preparation steps of the concrete slabs with shredded tire strips are illustrated in Figure 1. The main object in scrap-rubber-addition into ordinary concrete slabs was to enhance heat insulation performance. Thermal measurements confirmed that heat insulation performances were improved between 6% -13% depending on the amount of strip tire pieces added into ordinary concrete.



Şekil 1. (a)-(f): Şerit halinde kesilmiş lastik katkılı beton levhanın hazırlanışındaki temel malzeme ve aşamalar, (g) 28 günlük kürden sonra levha numunelerin görüntüsü

Figure 1. (a)-(f) The main materials and preparation steps of slab concretes with shredded tire pieces, (g) final appearance of slab concretes after 28 days curing.

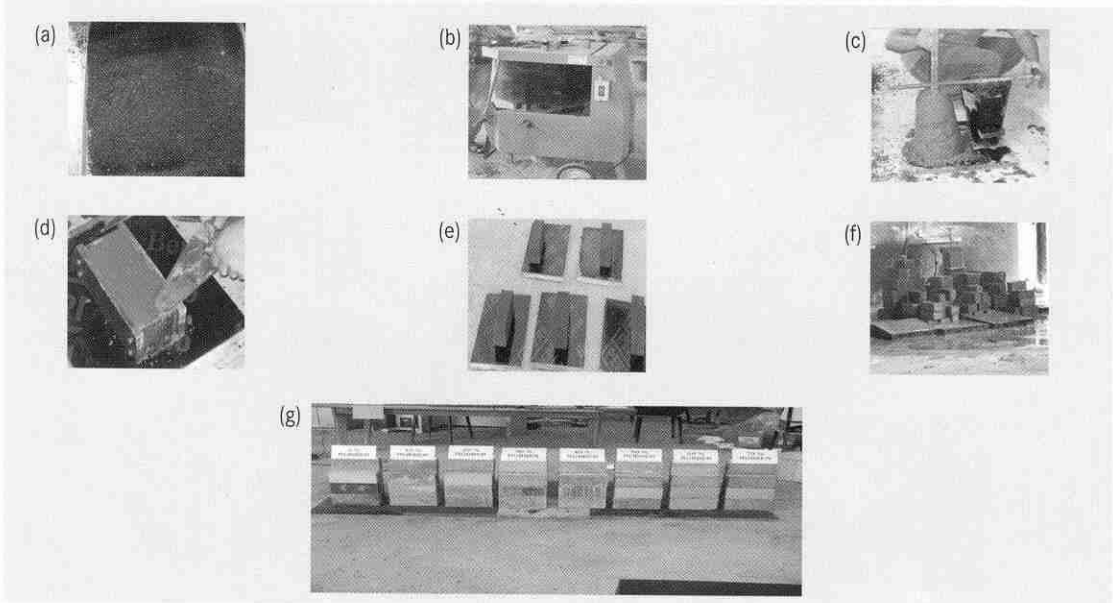
Briket numunelerin üretiminde, karışımlar BS 6073 [16] standardına uygun olarak hazırlanmış olup, taze karışımda kullanılan oranlar Tablo 2’de verilmiştir. Karışımlarda çimento ve su miktarı sabit tutularak, kum ve granül lastik miktarındaki farklı varyasyonlar dikkate alınmıştır. Karışım hesapları malzemelerin hacmi esas alınarak yapılmıştır. Örneğin R-10 karışımında, %10 agrega hacminin yerini, %10 granül lastik almıştır. Briket numunelerin temel hazırlanma aşamaları Şekil 2’de gösterilmiştir.

In production of rubberized concrete bricks, the mixtures are prepared according to the requirements of BS 6073 [16]. The fresh mixture proportions are given in Table 2. The cement and water proportions in the mixes are taken as constant to determine the effect of various sand and crumb rubber combinations. The replacement ratios between crumb rubber and sand are taken as volumetric. For instance, the 10% replacement of crumb rubber means that the 10% of corresponding sand volume is replaced by crumb rubber in the R-10 samples. The main fabrication steps are shown in Fig. 2.

Tablo 2. Bir briket için karışım oranları

Table 2. Mixture proportions for one brick sample

Karışım no Mix no.	Çimento (g) Cement (g)	Su (g) Water (g)	Kum (g) Sand (g)	Granül lastik (g) Crumb rubber (g)	Toplam (g) Total
Control mix	952	429	2619	-	4000
R-10	952	429	2357	101	3838
R-20	952	429	2095	202	3678
R-30	952	429	1833	302	3517
R-40	952	429	1572	403	3356
R-50	952	429	1310	503	3194
R-60	952	429	1048	604	3033
R-70	952	429	786	705	2872



Şekil 2. (a)-(f): Granül lastik katkıli beton briketlerin hazırlanışındaki temel malzeme ve aşamalar, (g) 28 günlük kürden sonra farklı miktarda granül lastik içeren briket numunelerin görüntüsü

Figure 2. (a)-(f) The main materials and preparation steps of concrete bricks with crumb tire rubbers, (g) final appearance of brick specimens with various rubber contribution after 28 days curing.

Karışım oranları belli olan malzemeler, pan tipi betonier içerisine yerleştirildikten sonra bir dakika kuru olarak karıştırılmıştır. Karışımında granül lastiklerin homojen dağılımı sağlanmıştır. Daha sonra, betonier dönerken, kuru karışım içerisine yavaş yavaş su aktararak, toplam üç dakikalık bir karışım süresi uygulanmıştır. Elde edilen taze karışım, çelik kalıp içerisine iki tabaka halinde dökülerek, sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işleminde, 16 mm çapında çelik çubuk kullanılmıştır. Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, taze karışım halindeki briketin üst yüzeyi bir masterla düzeltilmiştir. Briket kalıpları içerisine taze karışım yerleştirildikten sonra, numuneler altı saat normal oda sıcaklığında bekletilmiş ve bu sürenin sonunda kalıplar açılarak, numuneler hasara uğratılmadan çıkarılmıştır. Numunelere, 22°C sıcaklığındaki kür tankında, toplam 28 günlük klasik kür işlemin uygulanmıştır. Daha sonra numuneler, fanlı bir etüv kullanılarak 65 °C sıcaklıkta 48 saat kurutulmuşlardır.

Isıl ölçümler sonucunda [15], kullanılan granül lastik yüzdesine bağlı olarak, numunelerin ısı yalıtım performansında %5 -%11 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

Fiziksel ve Mekanik Özellik Testleri

Briket numunelerin fiziksel ve mekanik özellik testleri, 28 günlük kür işleminden sonra ASTM C 67-03a [17] standardına uygun olarak gerçekleştirildi. Testler sonucunda belirlenen su emme, birim ağırlık, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Granül lastik katkılı briketlerin testlerinde elde edilen en çarpıcı sonuçlardan biri, briket ağırlığının lastik katkısıyla önemli seviyede azalmış olmasıdır. Lastik katkısı ile ağırlık

In the mixing process of samples, crumb rubber, sand and cement contents are placed in a concrete mixer and mixed for 1 min as dry. It is observed that crumb rubber is uniformly scattered within the mixes. In order to obtain more homogeneous mixes, the water is slowly poured onto the mixes while the mixer is turning. Another 3 min of mixing is conducted. Afterward, the fresh mixes are fed into the steel moulds. The steel moulds are over filled with the mixes using the appropriate mixture proportions. The fresh mix is compacted in the mould by using a steel rod with diameter 16 mm. Subsequently, the formed brick samples are air cured for 6 h, removed from their moulds. No damage is observed on the bricks while demoulding. Afterwards, the bricks are cured for a period of 28 days in the cure tank filled with lime-saturated water at 22°C. Then, the concrete brick samples are dried for 48 hours by a ventilated oven at 65 °C.

Thermal insulation performances of rubberized concrete bricks were 5%-11% better than the ordinary brick with no rubber depending on the amount of crumb rubber added.

Physico-Mechanical Tests

The basic physical and mechanical strength tests are performed for the rubberized concrete bricks. The tests are carried out after 28 days of curing, according to ASTM C 67-03a [17], to determine the water absorption, the unit weight, the compressive strength and the flexural strength. The results obtained are given in Table 3.

The most remarkable improvement obtained by crumb rubber addition is dramatic reduction on unit weights of concrete brick samples. The percentagewise relationship

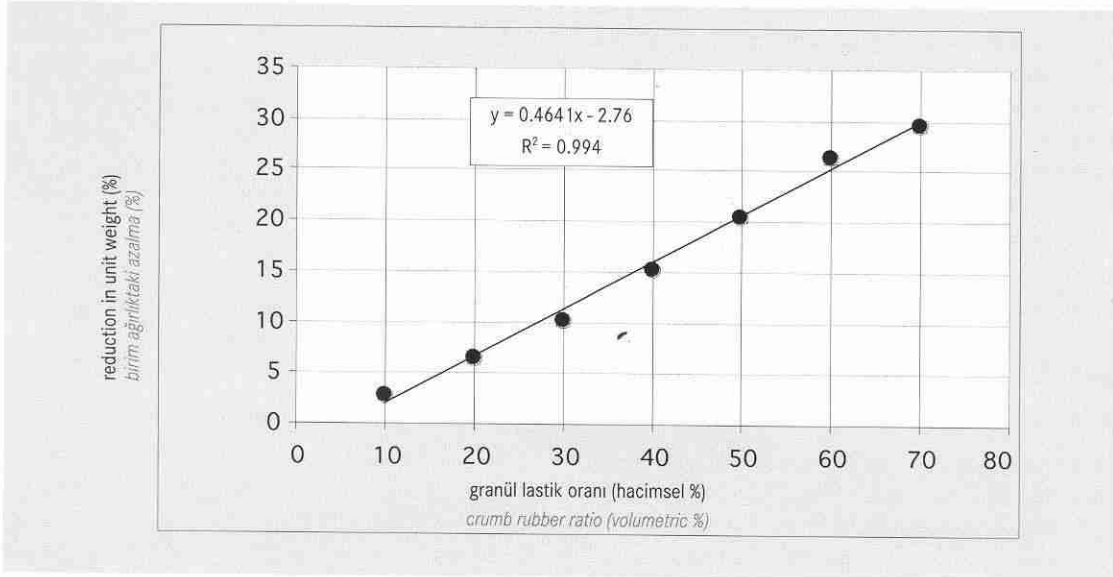
Tablo 3. Granül lastik katkılı briket numunelere ait temel fiziko-mekanik test sonuçları

Table 3. The results of main physico-mechanic tests for brick specimens with crumb rubber

Granül lastik oranı (hacimsel %) <i>Crumb rubber ratio (% in volume)</i>	Birim ağırlık (g/cm ³) <i>Unit weight (g/cm³)</i>	Su emme (kütle %) <i>Water absorption (% in mass)</i>	Basınç dayanımı (MPa) <i>Compression strength (MPa)</i>	Eğilme dayanımı (MPa) <i>Flexural strength (MPa)</i>
0	2.17±0.03	3.05±0.77	28.7±3.3	5.61±0.83
10	2.11±0.02	3.81±0.80	25.1±2.5	4.94±0.07
20	2.03±0.02	4.64±0.40	19.2±2.5	4.31±0.35
30	1.95±0.02	5.00±0.41	12.2±1.8	2.93±0.62
40	1.84±0.02	5.95±0.88	8.8±0.9	2.47±0.68
50	1.73±0.04	6.48±0.87	6.9±0.4	2.21±0.19
60	1.60±0.05	6.77±1.51	5.4±0.1	1.95±0.13
70	1.53±0.04	7.41±0.39	4.4±0.3	1.91±0.03

azalması arasındaki yüzdesel değişimler Şekil 3'de gösterilmiştir. Lastik katkısının %20 değerinin altında kaldığı bölgelerde, ağırlıktaki azalma ihmal edilecek seviyelerde iken, lastik katkısı % 70 değerine ulaştığında, ağırlıktaki %29 gibi çok önemli bir azalma sağlanmaktadır. Bu seviyede bir ağırlık azalması, nakliye, işçilik ve bina konstrüksiyon işlemleri açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır.

between the weight-reduction and crumb rubber content is plotted in Fig.3. The decrease in unit weight of the composite brick is negligible when the crumb rubber content is lower than 20% of total aggregate volume. The reduction in the unit weight of the ordinary concrete brick, on the other hand, is as high as 29% by reaching 70% crumb rubber content. This reduction in unit weight exhibits great potential of their use in the lightweight building material applications.



Şekil 3. Farklı granül lastik miktarlarının briket ağırlık azalması üzerindeki etkisi.

Figure 3. The effect of various amount of crumb rubber addition on unit weight reduction of the brick specimen.

Su emme ve granül lastik miktarı; artan lastikle, gözenekliliğin artmasından dolayı, doğru orantılıdır. Granül lastik miktarının %70 değerine ulaştığı durumda, kontrol karışımına kıyasla su emme değeri %59 oranında bir artışla %7.41 değerine ulaşmaktadır. Bu değer yaygın kullanılan yapı malzemelerinin su emme değerine (örneğin AAC için %60) kıyasla kabul edilebilir seviyededir. [18].

Test numunelerinin basınç ve eğilme dayanımları ile granül lastik miktarı arasında zıt yönlü bir ilişki söz konusudur; granül lastik yüzdesi arttıkça dayanım düşmektedir. Eğilme dayanımı için öngörülen minimum değerler sadece BS6073 standardında [16] mevcuttur ve testi yapılan tüm numuneler bu sınır değeri karşılamaktadır. Basınç dayanımı için artan granül lastik yüzdesi ile çok keskin düşüşler söz konusudur. Granül lastik katkısı %70 olan numunelerde, basınç

The water absorption and the percentage crumb rubber values are proportionate. The increase in crumb rubber content results in higher porosity and higher water absorption. At 70% crumb rubber content, the initial water absorption value increases by about 59% compared to control mix. In this crumb rubber content, 7.41% of water absorption by mass is in relatively acceptable limit compared to the widely used lightweight building materials such as AAC which has an approximate water absorption value of 60% [18].

The average flexural strength and the compressive strength values are inversely proportionate with the crumb rubber content in the test samples. BS6073 [16] requires 0.65 MPa as a minimum flexural strength for the building materials to be used in structural applications. All of the samples tested

dayanımındaki düşüş %85 seviyelerindedir. BS6073 standardı [16] tarafından binalarda kullanılacak malzemeler için öngörülen sınır değer 7.0 MPa olup, asıncı dayanımı 6.9 ± 0.4 MPa olan %50 oranında granül lastik katkı numuneler bu şartı sağlama sınırındadır. TS 705 [19], binaların yük taşıyan ve taşımayan kısımlarında kullanılacak briketlerin basınç dayanımının sırasıyla en az 5.0 MPa ve 2.5 MPa olmasını öngörmektedir. Bu durumda, TS 705 [19] Standardı referans alındığında, yapılar da kullanılacak briketler için hacimsel lastik katkı miktarının % 60 değerinin üzerine çıkmaması gerektiği anlaşılmaktadır.

Sonuç

Bu makalede farklı miktarlarda hurda lastik, kum, çimento ve su bileşenlerinden oluşan yeni kompozit malzemelerin kullanılabilirliğine yönelik bir deneysel çalışma sunulmuştur. Hurda tekerlek lastiği parçalarının beton içerisine eklenmesiyle daha hafif ve çevre dostu kompozite malzemelere ulaşılmıştır. Granül lastik katkıli briketlerde önemli seviyede ağırlık azalmasına ek olarak ısı özelliklerinde de bir iyileşme söz konusudur. Daha düzgün ve pürüzsüz briket yüzeylerine ulaşıldığı gözlenmiştir. Üretilen bu briketlerin hafifliği; işçilik ve nakliye açısından önemli miktarlarda tasarruf sağlayacak düzeydedir.

Diğer taraftan, artan granül lastik miktarının basınç ve eğilme dayanımında sebep olduğu keskin düşüşler söz konusudur. Ancak lastik katkısı, basınç ve eğilme dayanımını olumsuz yönde etkilemekte; standartlar tarafından belirlenen minimum değerlerin altına düşmemek için, lastik katkısının belli bir oranda tutulması gerekmektedir. TS 705 standardı doğrultusunda, mevcut briket numunelerinde, kullanılan granül lastik hacimsel yüzde değerinin %60 sınırının altında tutulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye'de hurdaya ayrılan yıllık lastik miktarı yaklaşık 9,000,000 adet olup, bu lastiklerin sadece %10 oranında bir kısmından geri yararlanılmakta ve kalanı çevreye terkedilmektedir. Bu lastiklerin inşaat sektöründe yeniden kullanımı halinde, enerji ve çevre sorunlarının her ikisine de birden katkı sağlanmış olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmaya, TÜBİTAK-MAG tarafından 105M021 nolu proje kapsamında destek sağlanmıştır.

for the flexural strength satisfy this requirement. The compressive strength dramatically decreases with an increase in the replacement level of crumb rubber. An 85% reduction in the strength of control mix is obtained from the 70% crumb rubber. Concrete brick with 50% replacement level of crumb rubber which attained 6.9 ± 0.4 MPa compressive strength value satisfies the requirement of 7.0 MPa in BS6073 [16] for a building material to be used in the structural applications. In the TS 705 [19], minimum compressive strength values for load-bearing and non-load bearing masonry units are 5.0 MPa and 2.5 MPa, respectively. Thus, concrete brick with 60% replacement level of crumb rubber is a limit value to satisfy the compressive strength values of load-bearing masonry units in TS 705 [19].

Conclusion

This paper presents a case study to evaluate feasibility of new composite materials that contains the various levels of scrap tire rubber, sand, cement as binder and water. Using the tire rubber pieces in concretes has allowed lighter and environmental-friendly new composite materials. The replacement of crumb rubber as aggregate in the tested brick samples dramatically reduces the unit weight and improves thermal properties. The better and smoother surface is obtained. They show great potential as low cost lightweight building materials, which may offer significant savings not only in labour and transportation, but also in the amounts of binder and steel reinforcement.

The compressive and flexural strengths on the other hand sharply decrease with an increasing crumb rubber percentage. The upper limiting value of volumetric crumb rubber percentage is found to be 60% to satisfy the compressive strength values of load-bearing masonry units specified in TS 705. More than 9,000,000 tires are discarded each year in Turkey, and less than 10% of these tires are currently recovered, leaving the rest to the environment. Reusing these tires in building sector of the country seems highly promising to contribute energy and environment concerns simultaneously.

Acknowledgement

The Turkish Scientific and Technical Research Council has provided fund for the present investigation (under grant TUBITAK-MAG-105M021)

Kaynaklar / References

1. E. Guneyisi, M. Gesoglu, T. Ozturan, Properties of rubberized concrete containing silica fume, *Cement and Concrete Research* 34, 2309-2317 (2004).
2. M. Nehdi, A. Khan, Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications, *Cement Concrete and Aggregates* 23, 3-10 (2001).
3. R. Siddique, T.R. Naik, Properties of concrete containing scrap-tire rubber - an overview, *Waste Management* 24, 563-569 (2004).
4. D. Raghvan, H. Huynh, C.F. Ferraris, Workability, mechanical properties and chemical stability of a recycled tire rubber-filled cementitious composite. *Journal of Materials Science* 33, 1745-1752 (1998).
5. C. Estakhri, "Use, Availability and Cost Effectiveness of Asphalt Rubber in Texas," Research Report 1902-1F, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, September 1990.
6. P. Turgut, B. Yesilata, "Physico-mechanical and thermal performances of newly developed rubber-added bricks", *Energy and Buildings*, in press (2007).
7. A. Benazzouk, O. Douzane, K. Mezreb, M. Queneudec, Physico-mechanical properties of aerated cement composites containing shredded rubber waste, *Cement & Concrete Composites* 28, 650-657 (2006).
8. D. Fedroff, S. Ahmad, B.Z. Savas, Mechanical Properties of Concrete with Ground Waste Tire Rubber, *Transportation Research Record*, No. 1532, p. 66, 1996.
9. N.N. Eldin, A.B. Senouci, Rubber-tire particles as concrete aggregates. *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* 5, 478-496 (1993).
10. I.B. Topcu, The properties of rubberized concrete. *Cement and Concrete Research* 25, 304-310 (1995).
11. I.B. Topcu, N. Avcular, Analysis of rubberized concrete as a composite material. *Cement and Concrete Research* 27, 1135-1139 (1997).
12. I.B. Topcu, N. Avcular, Collision behaviors of rubberized concrete. *Cement and Concrete Research* 27, 1893-1898 (1997).
13. I.B. Topcu, The investigation of possibility of using concretes with crumb rubber in the car barriers, TUBITAK Project: INTAG/DPT-612, p.87, Ankara / Turkey, 1995 (in Turkish).
14. P. Sukontasukkul, C. Chaikaew, Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber, *Construction and Building Materials* 20, 450-457 (2006).
15. B. Yeşilata, P. Turgut, H. Bulut, F. Demir, Investigation of scrap automobile tire utilization in building components to improve thermal insulation, TUBITAK Project: MAG 105M021, p.88, Ankara / Turkey, 2007 (in Turkish).
16. BS 6073: Part 1: Precast concrete masonry units, Part 1. Specification for precast concrete masonry units. British Standards Institution, 1981.
17. ASTM C 67-03, Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 2003.
18. Ozdemir, A., (2002), "Capillary water absorption potential of some building materials", *Geological Engineering*, 26, 19-32 (2002).
19. TS 705, Solid brick and vertically perforated bricks, Turkish Standard Institution, 1985.