

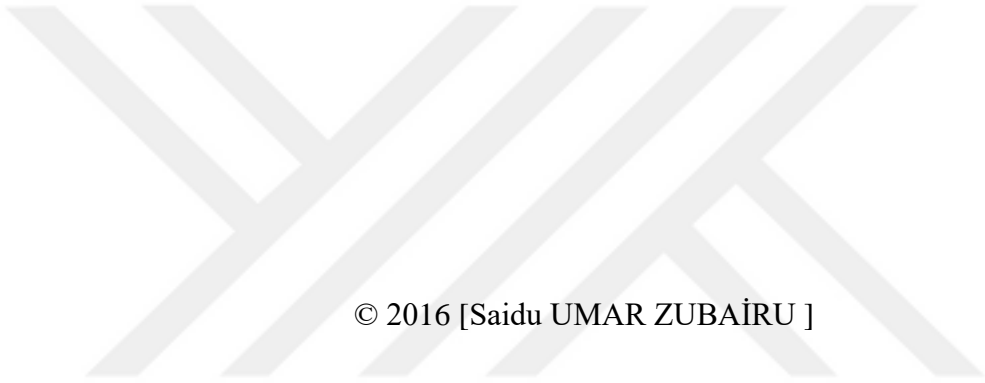
**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATIK LASTİK LİFLERİNİN ÇİMENTO ESASLI
KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Saidu UMAR ZUBAİRU

**Danışman
Doç. Dr. Emre SANCAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**



© 2016 [Saidu UMAR ZUBAIRU]

TEZ ONAYI

Saidu UMAR ZUBAIRU tarafından hazırlanan **ATIK LASTİK LİFLERİNİN ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yapı Eğitimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Doç. Dr. Emre SANCAK**

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. İsmail DEMİR**

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Jüri Üyesi **prof .Dr. Fuat DEMİR**

Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Doç.Dr.Yasin TUNCER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Saidu UMAR ZUBAİRÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE METOD	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Kuvars kumu.....	15
3.1.2. Çimento.....	15
3.1.3. Karışım suyu	15
3.1.4. Uçucu kül.....	15
3.1.5. Kimyasal katkı	16
3.1.6. Atık lastik lif.....	16
3.2. Metod	17
3.2.1. Karışımların hazırlanması.....	17
3.2.2. Miniçökme yayılma deneyi	20
3.2.3. Marsh hunisi deneyi.....	21
3.2.4. Basınç dayanımı deneyi.....	22
3.2.5. Eğilmedayanımı deneyi	23
3.2.6. Yüksek sıcaklık etkisi	25
3.2.7. Kılcal su emme (kapilarite) tayini deneyi.....	27
3.2.8. Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini (TS EN 12390-7 ve BS 1881)	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	32
4.1. Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini deneyi	32
4.2. Kılcal su emme (kapilarite) tayini deneyi	33
4.3. Mekanik özellikler	34
4.4. Basınç dayanımı bulguları.....	34
4.5. Eğilme performansı.....	36
4.6. Yüksek sehim ilişkisi	36
4.7. Eğilmede çekme dayanımı mukavemeti	38
4.2. ATL içeren ECC'lerde Yüksek sıcaklığın basınç dayanımına etkisi	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	48

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATIK LASTİK LİFLERİNİN ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Saidu UMAR ZUBAİRU

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Emre SANCAK

Tasarlanmış Çimento Esaslı Kompozit (ECC), yüksek performanslı lif donatılı çimento esaslı kompozitlerin özel bir çeşidi olan, basınç, eğilme ve çekme yüklemeleri gibi mekanik yükler altında sünek ve hasara karşı toleranslı bir davranışı sergilemektedir. Standard ECC karışımları PVA esaslı liflerle üretilmektedir. Bu çalışmada, yaygın çevre kirliliğine neden olan atık taşıt lastiklerinden elde edilen plastik esaslı lifler (ATL) kullanılarak üretilen ECC'lerin mekanik özellikleri incelendi. Bu amaçla, altı farklı ECC karışımları belirlendi. Kontrol karışımı olarak çimento miktarının ağırlıkça %2 PVA lifi içeren kompozit (M45) karışımı üretilmiştir. Geriye kalan beş karışım ise sırasıyla %2, %4, %5, %10 ve %12 oranlarında ATL içermektedir. Üretilen ATL karışımlarının mekanik özellikleri 7 ve 28 günlük kür süreci sonunda incelenmiştir. Ayrıca 28. günlük örneklerde ATL kullanımının ECC'lerde kapilarite ve sertleşmiş beton yoğunluğu ile poroziteye etkisi araştırılmıştır. Yüksek sıcaklığın ECC'lerde ATL kullanımına bağlı olarak basınç dayanımına etkisini belirlemek üzere örneklere 200-400-800°C lik sıcaklıklar uygulanmıştır. ATL içeren ECC karışımlarının mekanik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, kontrol karışımı olan M45'e kıyasla, ATL içeren karışımların genel olarak daha düşük bir kapasite sergilediği gözlemlenmiştir. ATL kullanım miktarının artışı, 7 ve 28 günlük basınç ve eğilmede çekme dayanımlarını olumlu etkilediği ayrıca yüksek sıcaklık nedeni ile oluşan basınç dayanımı kaybını sınırlandırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık, atık lastik, çimento esaslı kompozit, kompozit, lif, mekanik özellik

2016, sayfa 49

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF EFFECTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENTITIOUS COMPOSITE OF WASTE TIRE FIBERS

Saidu UMAR ZUBAIRU

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Construction Education**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emre SANCAK

Engineered Cementitious Composites (ECC) is a special type of high performance fiber reinforced cementitious composite featuring high ductility and damage tolerance under mechanical loading, including tensile and flexural loadings. Standard ECC mixtures are typically produced with PVA basis fibers. In this study we investigate the using of mechanical properties of ECC which that it's a common in the environment and obtained from plastic waste tire fibers (WTF). For this purpose, six different ECC mixtures were adopted, M45 control mixture of cement with 2% PVC weight fiber composite content was produced, while the rest of mixtures included 2%, 4%, 5%, 10% and 12% waste tire fiber, respectively. The properties of WTF mixtures were investigated for the ages of 7 and 28 days. For the mechanical properties, and then the samples of 28 days of WTF effect of porosity, capillarity and the hardened concrete density in the ECC was also investigated. Samples 200-400-800°C temperature, depending on the use of high temperature in the ECC and WTF was applied to determine the effect of compressive strength. It was concluded that the mechanical properties of ECC mixtures and WTF with the control M45 compared with the WTF in general lower than the reference mixture M45. Increase in the use of WTF also in the high temperature of compressive strength flexural strength tensile loading shows a positive change at the ages of 7 and 28 days.

Keywords: Waste, waste tire, cementitious composite, composite, fiber, mechanical property

2016, pages 49

TEŞEKKÜR

Okul hayatım boyunca maddi ve manevi yardımda bulunan canım aileme sonsuz müteőekkirim. Ayrıca bu çalışmanın her aşamasında, bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım her zaman beni destekleyen ve yanımda olan, Danışmanım Doç. Dr. Emre SANCAK' a ve ayrıca tezimin deneysel ve yazım aşamalarındaki katkılarından dolayı Uzman Şükrü ÖZKAN'a ve değerli arkadaşşıma Hassan Mamman TELA'ya teşekkür bir borç bilirim. İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine, özellikle Yrd.Doç.Dr. Melda Alkan ÇAKIROĞLU'na yüksek lisans öğrenimim boyunca sağlamış oldukları değerli bilgiler ile desteklerinden dolayı, laboratuvar personeline deneysel çalışmalardaki katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Saidu UMAR ZUBAIRU
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Atık lastiklerden liflerin ayrıştırılması işlemi (Pammakina 2015)	4
Şekil 1.2. Taşıtlı lastiğinin yapısı ve liflerin görünümü (GTradial,2015).....	6
Şekil 3.1. Plastik esaslı ATL'nin görünümü	17
Şekil 3.2. a)ATL içeren ECC üretim aşamalı kuru bileşenlerin karıştırılması b) su ve superakışkanlaştırıcının eklenmesi Atık lastik liflerinin eklenmesi	20
Şekil 3.3. Mini yayılma testi	21
Şekil 3.4. Marsh hunisi deney aparatı	22
Şekil 3.5. Basınç dayanımı test cihazı.....	23
Şekil 3.6. Universal test cihazı.....	24
Şekil 3.7. Dört noktalı eğilme testi için deney düzeneği yük uygulama noktaları	24
Şekil 3.8. Dört noktalı eğilme testi aparatı.....	25
Şekil 3.9. Numunelerin oda sıcaklığına kadar soğutulmasında kullanılan desikatör	26
Şekil 3.10. Laboratuvar fırını	26
Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan fırının sıcaklık-zaman ilişkisi	27
Şekil 3.12. Kılcal su emme deney düzeneğinin şematik olarak görünümü	27
Şekil 3.13. Numuneler üzerinde kılcal su emme deneyinin yapılışı	28
Şekil 3.14. Beton numune hacminin su ile yer değiştirme metoduyla Tayini için tipik kefe düzeneği	31
Şekil 4.1. ECC'lerde ATL oranına bağlı sertleşmiş kompozit yoğunluğu değişimi	33
Şekil 4.2. ECC'lerde kılcal su emme katsayı-zaman ilişkisi	34
Şekil 4.3. ATL içeren ECC'lerde zaman ve sıcaklığa bağlı basınç dayanımı değişimi	36
Şekil 4.4. ATL içeren 7 günlük ECC karışımlarının eğilme yükü ve orta Açıklık sehimini	37
Şekil 4.5. ATL içeren 28 günlük ECC karışımlarının eğilme yükü ve orta Açıklık sehimini	38
Şekil 4.6. ATL içeren ECC'lerde 7 günlük eğilme dayanımı değişimi	39
Şekil 4.7. ATL içeren ECC'lerde 28 günlük eğilme dayanımı değişimi	40
Şekil 4.8. Küp numunelerin fırında 200°C 400°C ve 800°C etkisi ile görsel değişimi	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Atık lastiklerden elde edilen ürünlerin yüzdesel değerleri (Reschner,2007)	5
Çizelge 3.1. Isparta SDÜ şebeke suyunun kimyasal özellikleri.....	15
Çizelge 3.2. Portland çimentosu uçucu kül ve kuvarsın kumunun kimyasal özellikleri.....	15
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan liflerin fiziksel, mekanik ve geometrik Özellikleri.....	16
Çizelge 3.4. ATL içeren ECC bileşenleri ve miktarları	17
Çizelge 4.1. ATL içeren ECC bileşiminde mini slump,yayıllma tablası ve Marsh hunisi.....	32
Çizelge 4.2. Basınç dayanımı test sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Eğilme mukavemeti test sonuçları	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Deney numunesinin suya temas ettirilen yüzeyinin brüt alanı (cm ²)
ASTM	Amerikan Test ve Standart Oluşturma Birliği
ATL	Atık lastik lif
B:	Numune eni (mm)
Ç	Çimento
ECC	Tasarlanmış çimento esaslı kompozitler (Engineering cementitious composite)
F:	Kırılma Yüğü (N)
F _c :	ECC numunenin basınç dayanımı
F _{cf} :	Eğilmede çekme dayanımı (N/mm ²)
F _{max} :	Maksimum Yüğü (N)
H:	Numune yüksekliğı (mm)
LDB	Lif donatı beton
L _s :	Mesnet açıklığı(serbest açıklık) (mm)
M _i	Deney numunesinin ilk kütleşi (gr)
M _s	Deney numunesinin (t) süreyle suya tema ettirildikten sonraki kütleşi(gr)
N :	Kılcallık katsayısı [g/(cm ² x dk ^{1/2})],
SA	Super akışkanlaştırıcı
SK	Silis kumu
UK	Uçucu kül
WTF	Waste tire fiber

1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde doğaya bırakılan endüstriyel atıkların artmaya başlaması, çevreye ve insan sağlığına ciddi oranda zarar vermektedir (Yeşilata vd., 2008; Emiroğlu vd., 2009). Bu atıklar, zararlı etkilerinin azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması ve geri dönüştürülmesiyle, sınırlı kaynakların tüketiminin azaltılması ile sürdürülebilirliğin sağlanması amacı ile kullanımı günümüzde çeşitli sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Gönüllü, 2005).

Büyük bir çoğunluğunu karayollarında kullanılan taşıtların oluşturduğu, atık lastiklerle ilgili problemler her geçen gün hızla artmaktadır. Ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri, günümüzde bol olmasının yanında, değersiz bir atık konumundadırlar. Ayrıca; çevre kirliliğine sebebiyet vermekte ve insan sağlığı ile doğal dengeyi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmanın en etkin yollarından biri; atık lastiklerin yeniden işlenerek, endüstride farklı uygulamalarda kullanılması olarak gösterilmektedir. Tüm bir lastiğin, çeşitli endüstriyel işlemlerden geçirilerek, farklı boyut ve geometrilerde alternatif bir malzeme olarak kullanımı; başta ABD olmak üzere, birçok gelişmiş ülkede lastik atıklarının yönetimi ile ilgili sorunları büyük ölçüde azaltmıştır (Gönüllü, 2004).

Ulaşımın yüzde 95'inin karayoluyla yapıldığı ülkemizde, milyonlarca taşıttan elde edilen atık lastiğin büyük bir çoğunluğu; yasadışı yollarla çöplük, deniz ve nehirlere atılmaktadır. Atık lastiklerin çok az bir kısmı ise, çimento veya tuğla üretim fabrikalarında pişirme işlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Ancak bu uygulamalarda da fabrikaların baca filtrelerinde biriken tozların, filtrelerin ömrünü kısalttığı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, atık lastikler genellikle doğaya atılarak veya açık havada yakılarak bertarafı çok büyük çevre sorunları oluşturmaktadır. Atık lastikler yanıcı madde oldukları için, atık lastiklerin depolanması işleminde özel güvenlik tedbirlerinin alınması zorunluluğu ortaya çıkmakta ve bu durumda da depolama maliyetleri artmaktadır (TMMOB, 2004; Ünlü, 2006).

Türkiyede her yıl oluşan 110.000 ton atık lastiğin yeniden değerlendirilmesine yönelik, bazı potansiyel uygulama önerileri literatürde mevcuttur. Kullanılmış atık lastiklerin; tarımda, çocuk oyun parkı yer kaplamaları, spor alanları tartar pist yapımı, halı sahalar, iskelelerde gemi tamponu vs. yerlerde sönümleyici eleman olarak kullanımı ve malzeme olarak değerlendirilmesi (kauçuk haline getirme v.s) söz konusudur. Ayrıca, enerji geri kazanımında kullanımı (çimento fabrikası ve ısı santrallerinde yakıt olarak), hammaddesel değerlendirme (petrol benzeri yağlar ve kimyasal maddeler elde edilmesi), yığma yapıların depreme karşı güçlendirilmesi ve sismik yalıtım amaçlı kullanımı, önerilen başlıca potansiyel uygulamalardır (Gönüllü, 2004; KSÖİK,2006; Özden ve Türer, 2006).

Atıkların yönetimi ülkemizde ve dünyada karşılaşılan en önemli çevresel sorunların başında gelmektedir. Oluşan bu atıkların çeşitli endüstri kollarında değerlendirilmesi gelecekte günümüze uygulanmakta olan çok önemli bir tasarruf yöntemidir. Bu amaç doğrultusunda atıkların geri kazanımı veya çeşitli alanlarda değerlendirilmesiyle ilgili günümüzde geniş bir araştırma ve geliştirme uygulamaları kendine yer bulmaktadır.

Mikronize boyut olarak nitelenebilen agrega malzemeler, günümüzde özellikle kompozit yapıdaki harç ürünlerin elde edilmesindeki kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve ülke ekonomisine önemli katma değerler sağlayacak endüstriyel malzemeler konumuna gelmiştir.

İnşaat sektöründe son yıllarda enerji verimliliğinin önem kazanması ve enerji tasarrufu sağlayan özel teknik nitelikli ürün türevlerinin geliştirilmesi süreci hız kazanmış olup, bu tarz ürün türevlerinde doğal kayaçların mikronize olarak kullanımı ayrı bir önem taşımaya başlamıştır. Bununla birlikte, doğal mikronize malzemelerle bütünleşik ve/veya katkı malzemesi olarak yarı suni ve proses atığı cüruf malzemelerin mikronize boyutlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Şahin, 2011).

Atık lastiklerin boyutlarının küçültülmesinde kullanılan yöntemleri; kullanılan makine ve makine gruplarını çalışma teknolojileri açısından iki temel başlıkta

incelemek mümkündür. Bunlar; mekanik parçalama yönetimi ve nitrojenle parçalama yöntemidir (Reschner, 2007; Hammer ve Gray, 2004)

Aşağıda lastiklerin işlenmesi sırasındaki izlenen prosesi göstermektedir.

Endüstride hurda lastiğin yüksek değerli küçük kırpıntılarına dönüştürme prosesi aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- **Birincil Parçalama**

Birincil parçalama bütün bir lastiğin yaklaşık 5- 20 cm lik boyutlara küçültülme işlemidir. Lastik parçalama makinasında oluşturulan bu işlemde yani birincil parçalamada ideal boyut yaklaşık 5 cm dir.

- **İkincil Parçalama**

Lastik parçacıkları konveyör ile granülatöre, kırma makinasına beslenir. Burada Boyutları 6 mm kadar küçülür. Buradan malzeme lif aspirasyonu olarak manyetik bir ayırmaya aşamasından geçer. Ek işlem ile uzun lifler ve ince oluşumlar ayrılır. Sonrasında bu malzeme konveyörler ile depolama bidonları ya da torbalara konur. Granül uygulamalarına yönelik olarak paketlenir.

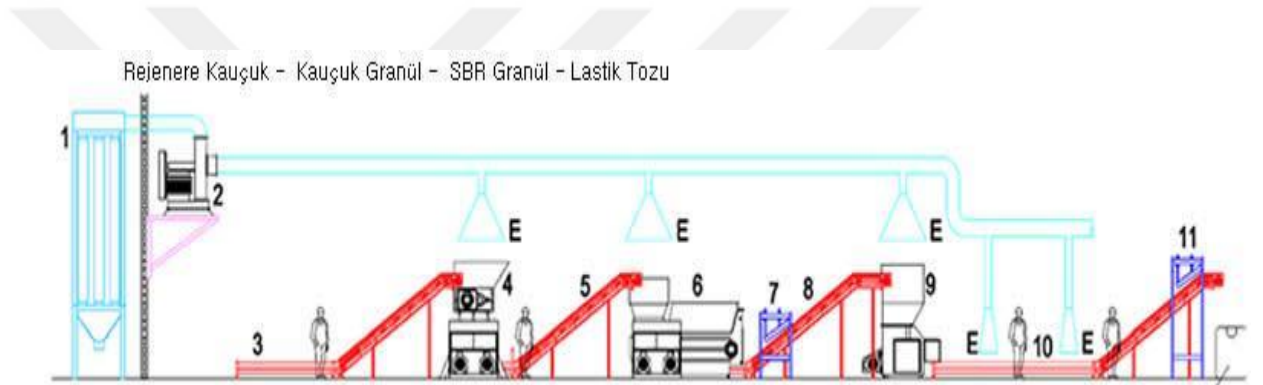
- **Sonuç İşlemi**

Pulverize edilmiş boyutu 3mm'den +10 mm aralığındaki elekten geçen boyuttaki malzemeler paketlenmeden önce boyut sınıflandırması işleminden geçtikten sonra istenilen dönüşüme hazır fiziksel boyutlarındadır.

Lastik Parçalama ve Granül Tesisi Kısaca Aşağıdaki Bileşenlerden oluşur;

Kamyon lastiği ve araba lastiği parçalama ve granül tesisleri için ayrı konfigürasyonlar oluşturulur

- 1- Jet Filtre
- 2- Aspirasyon Fanlar
- 3- Lastik Besleme Konveyörü
- 4- İki Şaftlı Yüksek Torklu Ana Parçalayıcı
- 5- Parçalanmış Lastik Taşıma Konveyörü
- 6- Ara Depolama
- 7- Manyetik Ayırıcı
- 8- Parçalanmış Lastik Taşıma Konveyörü
- 9- Granülator
- 10- Tekstil Aspirasyonu
- 11- Manyetik Ayırıcı



Şekil 1.1. Atık lastiklerden liflerin ayrıştırılması işlemi (Pammakina 2015)

Her lastik üç ana üründen oluşur: kauçuk, çelik lif ve diğer atıklar. Bunların lastik içindeki tipik kullanım oranları Çizelge 1.1. aşağıda gösterilmiştir. Rakamlardan da anlaşılacağı gibi atık lastiğin ortalama %95'i geri dönüştürülebilen ürünlerden oluşmaktadır (DİE, 2015).

Atık taşıt lastiğinin geri kazanımı; atık lastiğin parçalanarak, çelik, fiber ve diğer kirleticilerden ayrılmasından ibarettir.

Atık bir otomobil lastiğinin ağırlığı 9,1 kg'dır. Atık lastiğin yaklaşık olarak %35'i doğal ve %65' sentetik olan geri kazanılabilir kauçuktan meydana gelmektedir. Bir kamyon lastiği 18,2 kg ağırlığında olup, bu ağırlığın %60 ile %70'i geri kazanılabilir kauçuk içermektedir.

Atık lastiğin geri kazanımı; atık lastiğin parçalanarak, çelik, fiber ve diğer kirleticilerden ayrılmasıdır. Atık lastiklerden kazanılabilecek temel ürünlerin oranları Çizelge 1.1’de verilmektedir. Atık bir lastiğin yararlı bir başka endüstriyel ürün olarak kullanılabilmesi için; boyutlarının küçültülmesi gereklidir. İşlem şekline ve boyutuna göre; tüm bir lastikten, beş farklı boyutta atık lastik bileşeni eldesi mümkün olup, bu durum şematik olarak Şekil 1.1.’de gösterilmiştir.

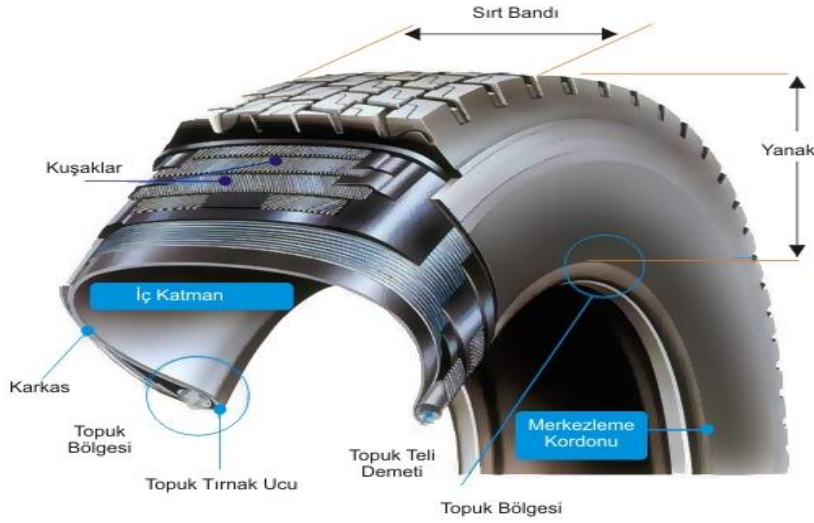
Çizelge 1.1. Atık lastiklerden elde edilen ürünlerin yüzdesel değerleri (Reschner, 2007)

Ürün	Kamyon Lastiği	Endüstriyel Araçların Lastikleri	Otomobil Lastiği
Kırıntı Kauçuk	%70	%78	%70
Çelik	%27	%15	%15
Elyaf ve Diğer Atıklar	%3	%7	%15

Atık taşıt lastiğinin yeniden değerlendirilmesi için, atık lastiğinin boyutlarını küçültecek olan endüstriyel işlemlerin yapılması gerekmektedir. Boyut küçültme işlemi, belirlenen amaç doğrultusunda, iki aşamadan oluşmaktadır:

- Kauçuk kısım içerisindeki elyaf ve çeliğin ayrıştırılması,
- Kauçuk parçaların pazarda satılabilir boyutlara indirgenmesi

Taşıtların lastiklerinin yapılarında, gerek yüksek mukavemeti karşılamak üzere naylon, rayon, polyester gibi elyaf esaslı kordlarla çelik kordlar bulunmaktadır(Şekil 1.1). Topuk dayanımları ise çelik teller yardımıyla sağlanır. Birbirinden farklı karakterdeki bu elemanların bir arada tutulması ve hizmet anında zeminle temasın güvenle sağlanmasıyla, yanaklardaki esneme kabiliyetinin verilmesi görevini lastik karışımı üstlenir. Lastik karışımını doğal ve sentetik kauçuklarla, ana dolgu olarak karbon karaları oluşturur. Bunlara ilave olarak vulkanizasyon elemanları bulunmaktadır. Karışımın işlenmesi ve homojenliği için kimyasal yağlar kullanılır (GTradial, 2015).



Şekil 1.2 Taşıt lastiğinin yapısı ve liflerin görünümü (GTradial, 2015)

Atık taşıt lastikleri günümüzde en çok kullanılan hidrokarbon kökenli malzemelerden biridir. Bu durum sonucunda ortaya yüksek miktarlarda atık çıkmakta ve ancak kısıtlı bir kısmı geri dönüştürülebilmektedir. Doğada yüzyıllarca kaybolmayan, çevre kirliliğine yol açan bu atıkların ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi çok önemli bir sorundur.

Günümüze kadar biriken atık lastiklerin yeniden ekonomiye kazandırılması amacıyla, kesilmiş lastiklerin kauçuk ve plastik üretiminde kullanılması, elektrik santrallerinde yakıt olarak kullanılması ve asfalt-beton gibi yapı malzemelerinde agrega olarak kullanılabilirliği ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Nehdi ve Khan 2001; Siddique ve Naik, 2004; Öner, 2013).

Atık malzemelerin inşaat sektöründe kullanımı ülkemizde son yıllarda hız kazanmış son yıllarda akademik çalışmalarda yeni bir malzeme olarak ortaya çıkan kompozit ve bunun yapı alanındaki özel bir kullanım alanı olan çimento esaslı kompozit malzemelerde bu atıklar değerlendirilmeye başlanmıştır. PET (polietilentereftalat) günümüzde en çok kullanılan plastik kökenli malzemelerden biridir. Bu durum sonucunda ortaya yüksek miktarlarda atık çıkmakta ve ancak kısıtlı bir kısmı geri dönüştürülebilmektedir. Doğada yüzyıllarca kaybolmayan, çevre kirliliğine yol açan

bu atıkların ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi çok önemli bir sorundur. Öner, (2005) çalışmasında, geri dönüşüm tesislerinde eritilip sertleştirilmiş atık PET'leri çimentolu kompozit ürünlerinde kullanımı yoluyla inşaat sektöründe değerlendirilmesini planlamıştır.

Öner (2013), farklı harç örnekleri hazırlayarak içerisine kusurlu PET atıkları, agrega yerine farklı oranlarda karıştırmıştır. Ayrıca bazı karışımlara PET lifleri ekleyerek üretilen karışımların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda PET atıkların, geliştirilen kompozitlerin birim hacim ağırlık, eğilme ve basınç dayanımlarını, ısı iletkenliğini düşürdüğü, buna karşılık harç içerisindeki doğal agregaya belirli oranında ikame yapılması eğilme ve basınç dayanımını düşürürken, taze haldeki işlenebilirliğini, tokluğunu, aşınma ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığını arttırdığını belirtmiştir.

Emiroğlu (2006), atık taşıt lastiklerinin beton içerisinde agrega olarak kullanmak, böylece hem bu atıkların yönetimine katkıda bulunmak hem de betonun karakteristiklerine etkilerini araştırmak amacı ile yaptığı çalışmada beton içerisine hacimce %5, 10, 15 ve 20 oralarındaki lastikler agregayla yer değiştirilmiştir. Sonuç olarak, beton içerisindeki lastik agrega miktarı arttıkça birim ağırlık, basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı ve ultrases hızı ölçüm değerlerinde bir azalma gözlemlendiğini, eğilme dayanımı değerlerinde ise beton içerisindeki lastik agreganın içeriğine ve cinsine göre değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. İri lastik agrega ilavesinin, ince lastik agrega ilavesine oranla betonun karakteristiklerine daha olumlu etkiler yaptığı belirtilmiştir.

Lastik agregalı beton geleneksel betona göre daha düşük birim ağırlık ve yüksek tokluğa sahiptir. Ancak, lastik miktarı arttıkça basınç dayanımı azalmaktadır (Emiroğlu vd., 2009; Emiroğlu vd., 2008). Topçu ve Avcular (1997) yaptıkları çalışmada, iki farklı boyutta atık lastik içeren betonların çarpma dayanımlarının normal betona oranla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Khatib ve Bayomy (1999) beton içerisinde ince ve iri agrega yerine iki farklı boyutta lastik agrega kullanılmasının lastik agregalı betonun dayanımını azalttığını, buna karşın tokluğunu arttırdığını belirlemişlerdir. Oliveras ve arkadaşları ortalama uzunlukları 12.5 mm olan atık lastik ve polipropilen lif kullanımının lastik agregalı betonların basınç

dayanımlarını azalttığını belirlemişlerdir (Olivares vd. 2002). Li vd. (1998), atık lastik agrega kullanarak ürettikleri betonların, düktil bir kırılma sergilediğini, basınç ve eğilme yükleri altında daha fazla enerji soğurduklarını ve iyi bir titreşim yalıtımı sağladıklarını ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra, atık lastik kullanımının betonların geçirimsizlik özelliklerine etkileri incelendiğinde, geçirimsiz betonların donma-çözünme direnci, kırılma enerjisi, süneklik ve yüzey aşınma direnci özelliklerinin ise önemli oranda iyileştiği rapor edilmiştir.

Sismik izolasyon, geçen yüzyılın başından itibaren gelişmekte olan ileri seviyede depreme dayanıklı yapı tasarımı tekniklerinden biridir. Temelde; yapının sismik aktiviteler karşısında indirgenmiş yapısal sismik tepkiler vermesini amaçlamaktadır. Genel olarak, olası deprem hareketi sonucunda kritik performans gösterecek ya da deprem riskinin minimumda tutulmasının gerekli olduğu yapılarda uygulandığı görülmektedir. Yakın dönemde, atık lastik karıştırılarak dinamik özellikleri iyileştirilmiş zeminin, bina temelini etrafına yerleştirilmesi alternatif bir sismik izolasyon tekniği olarak önerilmiştir. Sözü edilen iyileştirmede, zeminin özellikle sönüm kapasitesinin artacağı ve bu sayede sismik hareket geçirgenliğinin azalacağı varsayılmaktadır (Adir, 2013).

Oliveras vd. (2002), ortalama uzunlukları 12.5 mm olan atık lastik ve polipropilen lif kullanımının lastik agregalı betonların basınç dayanımlarını azalttığını belirlemişlerdir.

Tantala vd. (1996), bu lastik yığınlarının yangın potansiyeli bulunması dışında kemirgenler için beslenme alanları oluşturma ve estetik gibi problemlere neden oldukları bilinmektedir.

Atık lastiklerin asfalt üretiminde kullanımı, kauçuklu asfaltın daha iyi kayma direnci göstermesi, yorulma çatlaklarını azaltması ve geleneksel asfalta oranla daha fazla servis ömrü sağladığı için başlangıçta ilgi çekmiştir. Ancak kauçuklu asfaltın ilk maliyetinin geleneksel asfalta oranla %40 ile %100 değişen oranlarda daha fazla olması ve uzun vadede getireceği faydaların tam olarak bilinmemesi nedeniyle bu konudaki çalışmalar giderek azalmıştır (Celik 2001; Dore vd. 1995).

Yüksek Performanslı Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozitlerin yeni bir türü olan Tasarlanmış Çimento Esaslı Kompozitler (ECC), ağır yükleme altında yüksek hasar toleransı ve normal servis şartlarında yüksek dayanıklılık göstermesi için mikromekanik olarak tasarlanmış sünek lif donatılı çimento esaslı kompozitlerdir. ECC'yi geleneksel ve lif donatılı betondan (LDB) ayıran en önemli özelliği, karışımına göre %3 ile %5 arasında değişen çekme şekil değiştirme kapasitesidir. Bu kapasite, normal betonun 300 katından daha fazla şekil değiştirme kapasitesine izin veren çok sık aralıklı mikroçatlakların oluşumuyla ilgilidir. Çatlakların oluşumundan sonra daha yüksek yüklemeyi taşıyabilen bu çatlaklar, malzemenin sünek metallere benzer şekilde şekil değiştirme sertleşmesi göstermesini sağlar.

ECC'nin rijit üstyapı kaplama iyileştirmesinde olduğu gibi yüksek yorulma durumlarındaki performansı incelenmiştir. Üstyapı uygulamalarında, en büyük endişe yeni üstyapı kaplamasına aktarılan yansıma çatlaklardır. Var olan çatlaklar ve alt tabakadaki bölgesel olarak azalmış yük taşıma kapasitesi, kaplamada eğilme yorulmasına sebep olabilir. ECC'nin bir rijit üstyapı kaplama malzemesi olarak performansını belirlemek için, ECC/beton ve beton/beton kaplama numuneleri eğilme yorulması testine tabi tutulmuşlardır (Zhang ve Li, 2002).

Suthiwarapirak vd. (2002), ECC/beton kaplama numunelerinin yük kapasitesinin, beton/ beton kaplama numunelerinin iki katı olduğunu, şekil değiştirme kapasitesinin önemli ölçüde yüksek olduğunu ve yorulma ömrünün büyük ölçüde arttırılmış olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca, ECC'nin mikroçatlaklı deformasyon mekanizması sayesinde yansıma çatlaklarını önemli ölçüde ortadan kaldırdığı belirtilmiştir. ECC'nin yorulma dayanımının, polimerli çimento harçlarıyla karşılaştırıldığında benzer avantajları olduğu açıklanmıştır.

Geleneksel betonun, yüksek düzeyde gevrek bir malzeme olması nedeni ile dış etkiler altında şekil değiştirme kapasitesi kısıtlı bir malzemedir. Özellikle eğilme ve çekme gerilmeleri altında, ilk çatlak oluşumundan sonraki aşamada beton çatlak kesitteki zorlanmalar nedeniyle tüm kütleyle kullanmaya fırsat vermeden yük taşıma özelliğini aniden kaybetmektedir. Bu nedenle donatı ve lif benzeri malzemelerin ilavesi ile bir kompozite dönüştürülerek, kırılma ve çatlak ilerlemesi aşamalarında yük taşımaya devam etmesi sağlanmaktadır. Mühendislik özellikleri geliştirilmiş çimento esaslı

kompozitler: Engineered Cementitious Composites (ECC) çekme gerilmesi altında deformasyon davranışı gösteren malzemeler olup yukarıda açıklanan potansiyel kısıtlarını gidermeye yönelik olarak geliştirilmiştir (Li, 2003). ECC, çekme ve eğilme gerilmeleri altında geleneksel betona kıyasla çok daha yüksek deformasyon kapasitesi olan bir malzemedir. Literatürde çekme birim deformasyon kapasitesi %2-4'e kadar çıkan ECC'ler rapor edilmiştir (Li, 2002).

Çimento esaslı kompozit bir malzeme olan betonun da sünekliğine yönelik olarak tasarımının yapılması gerekir. Beton hacminin yaklaşık %70'ni agreganın oluşturması nedeni ile malzemenin kırılmasında, bu bileşen, önemli bir işleve sahiptir. Kimyasal ve mineral bileşim, petrografik tanımlama, özgül ağırlık, sertlik, dayanım, fiziksel ve kimyasal kararlılık ve boşluk yapısı gibi agrega özelliklerinin betonun performansında kilit bir role sahip olduğu belirtilmiştir (Neville, A., M, 2011).

Ayrıca maksimum agrega boyutundaki artışla betonda karakteristik boyun ve kırılma enerjisinin belirgin biçimde arttığı yani beton daha sünek bir davranış göstermektedir (Taşdemir vd., 1999).

Bu çalışmada, çevre kirliliğine sebebiyet vermesi ve insan sağlığı ile doğal dengeyi olumsuz etkilemesi nedeni ile atık taşıt lastiklerinden elde edilen plastik esaslı liflerin, betonun çekme dayanımı ve deformasyon kapasitesini artırarak çimento esaslı kompozit eldesinde kullanılması ile hem atık lastiklerin çevreye verdiği zararın azaltılması hem de malzeme performanslarının artırılarak uzun ömürlü yapı malzemelerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Türker vd. (2003), yaptığı çalışmada uçucu kül hakkında bilgi vererek Türkiye'deki uçucu kül potansiyelinden bahsetmiştir. Ayrıca uçucu külün betona sağladığı katkıdan da bahsederek Türkiye'deki 11 termik santralden alınan uçucu küllerin özelliklerini belirlemiş ve özellikleri doğrultusunda sınıflandırmıştır.

Dumlu, (2013) çalışmasında hedeflenen, arttırılmış mekanik dayanım ve ısı yalıtımı özelliklerine sahip, yapı endüstrisinde gerek ısı yalıtımı gerekse yük taşımaya yardımcı ya da farklı kullanımlar için, yapı elemanı olarak kompozit alçı malzeme üretmeyi amaçlamıştır. Yapılan çalışmada, alçının zayıf mekanik özelliklerini ve ısı yalıtkanlığını arttırmak için içerisine, 6 mm uzunluğunda E-camı ve 2 mm elek altı kırpık atık taşı lastiği, değişen ağırlıklarda katılarak, farklı bileşimlerde kompozit malzemeler üretilmiştir. Söz konusu süreçte; takviye maddelerinin miktarları ve su/alçı oranları birer değişken olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, su/alçı oranındaki artışla beraber malzemenin ısı yalıtımının arttığını, mekanik özelliklerinin azaldığını, alçı hamurundaki su/alçı oranı eş olan numunelerde, E camı katkısıyla artan mekanik özelliklerin, atık taşı lastiği katkısı ile azaldığını, atık taşı lastiği katkısıyla azalan ısı iletim katsayısının ise E camı katkısıyla arttığını göstermiştir.

Güneyisi vd. (2004), yaptıkları çalışmada, silika katkılı ve silika katkısız lastik agregalı betonun mekanik özelliklerini incelemişler ve silika füme katkısının lastik agregalı betonun basınç dayanımındaki düşüş oranını azalttığını kaydetmişlerdir.

Khoshnaw (2014) çalışmasında, kırsal bölgelerde yapılan beton yol kaplamaların olumsuz yönlerini iyileştirmek üzere atık lastik kullanımının geçirimli betonların mekanik, kalıcılık ve geçirimlilik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Lastik katkılı geçirimli beton sonuçları kontrol betonu ile kıyaslandığında atık lastik kullanımı ile basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, eğilme dayanımı ile elastisite modülünün azaldığı görülmüştür.

İnaguma vd. (2005), tren yüklerine maruz kalmış viyadüklerin tamiri için kullanılan ECC'nin yorulma dayanımını araştırmıştır. Yorulmaya karşı zayıf beton altyapıda, ECC malzemesinin uygulanması servis ömrünü önemli ölçüde arttırıp, bakım, onarım ve kullanım süresi boyunca oluşacak harcamaları büyük oranda sınırlandırmaktadır.

Beycioğlu vd. (2008), yaptıkları çalışmada büyük çevre sorunları haline gelen endüstriyel atıklardan, atık araç lastikleri, uçucu küller, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu ve mermer toz atıklarının inşaat sektöründe kullanılabilirliğini incelemişlerdir.

Emiroğlu vd.(2008), lastik agregalı betonlarda atık lastikler ile çimento pastası arasındaki aderansın normal agrega ile çimento pastası arasındaki mevcut aderanstan daha az olduğunu ve bu nedenle lastik agregalı betonlarda basınç dayanımının azaldığını bildirmişlerdir.

Segre ve Joekes, (2000) atık lastik tozlarını sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde yüzey işleme tabi tutarak beton içerisinde kullanmışlar ve ürettikleri lastik agregalı betonların basınç dayanımları ile tokluklarının arttığını açıklamışlardır.

Emiroğlu vd. (2009), tarafından yapılan bir çalışmada, beton içerisinde katı atıkların kullanımı ile beton dayanımında meydana gelen düşüş istatistiksel olarak araştırılmıştır. Yaptıkları deneysel çalışmada çeşitli oranlardaki atık taşıt lastiği ve kayısı çekirdeği kabuğu agrega ile hacimce yer değiştirerek beton numuneleri elde etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda; beton içerisinde atık taşıt lastiği ve kayısı çekirdeği kabuğu gibi katı atıkların kullanımı ile beton basınç dayanımında düşüş olduğu ve kurulan regresyon modeli ile dayanım azalma faktörünün iyi bir biçimde modellendiğini belirtmişlerdir.

Huang vd.(2013), ince silis kumu genellikle iyi yapı malzeme olarak tasarlanmış çimentolu kompozit (ECC) üretiminde ince agrega olarak kullanılır. Ancak, ince silica kumun yüksek maliyeti ve sınırlı sayıda bulunması nedeniyle sivil altyapı da (ECC) yaygın uygulama için sınır oluşturmuştur. Bu sınırlamayı aşmak için, yapılan çalışmalarda standart ECC sünek- mekanik performanstan ödün vermeden daha ucuz ve çevreye zararsız alternatif agrega olarak demir cevheri atıklarının (IOTs) kullanımının fizibilitesini araştırmıştır. Taze ECC harç ve gerilme özellikleri ile kompozit lif dağılımına, plastik viskozitesine, IOTs büyüklüğünün etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Uçucu kül / çimento oranı iki düzeyde doğrudan çekme ve basınç altında IOTs ile ECC performansı araştırılmıştır. Sonuç olarak basınç dayanımının ulaşabileceği agregalar halinde kullanılan ECC ve IOTs boyutu uygun aralıkta olması koşuluyla iyi bir lif dağılımı kolaylaştırılmaktadır. Böylece, son

derece sünek ve yeşil ECC gelişiminde agrega olarak endüstriyel katı atık demir cevheri atıklarını kullanımının fizibil olduğunu açıklamışlardır.

Caggiano vd.(2015), çalışmalarında atık lastiklerin ve geri dönüşümde elde edilen çelik liflerin mekanik davranışını incelemişler ve daha sonra betonarme üretimi için uygun çevre dostu elyaf elde etmeye çalışmışlardır. Özellikle çimento matrislere gömülü olduğunda yukarıda belirtilen çelik liflerin çekme tepkisi ve bunların bağ davranışlarını anlamaya yönelik deneysel araştırmanın sonuçları tartışılmıştır. Ayrıca, çimentolu matrislere gömülü liflerin genel çekim davranışını simüle etmek için bir kırılma bazlı plastisite formülasyonu da kullanılmaktadır. Bu formülasyon, arayüz bağı stresleri ve görece yer değiştirme arasındaki kesintili yanıt varsayımına dayanmaktadır. Daha sonra, numerik tahminler ve betona gömülü geri dönüştürülmüş çelik liflerin çekme dayanımı davranışlarının genel deneysel sonuçlar arasında geniş bir karşılaştırma ile doğrulandığını belirtmişlerdir. Sayısal ve deneysel sonuçlar arasında arayüz formülasyonun geçerliliğini doğrulayan bir ilişki belirlenmiştir.

Eiras vd.(2014), atık lastiklerden elde edilen kauçuk parçalarını çimento esaslı kompozit malzemelerde hafif agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapılan testlerde elde edilen sonuçlara göre ECC'lerin taze haldeyken daha işlenebilir olduğu görülmüştür. Termal ve akustik özellikleri gerekli olan yapısal uygulamaları için sertleşmiş kompozit üzerinde yapılan testleri olumlu davranış sergilemiştir. Yığma birimleri için istenilen minimum mekanik dayanımı elde edilmiştir. Basınç dayanımı, 1 ile 10 MPa arasında değişmektedir.

Belferrag vd. (2013), çalışmalarında kum tepciklerinden(kumul) elde ettikleri kumun ve kullanılmış lastiklerden elde edilen metal liflerin beton basınç dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu formülasyon, çevre ve inşaat malzemeleri maliyetlerinin azaltılması, korunması katılmak üzere kumul kumu ile birlikte kullanılan lastiklerin geri dönüşümünü amaçlamışlardır. Üç tip liften 30, 40 ve 60 mm uzunluğunda ve 0.28 ve 0.9 mm çapları nasahip olanları test etmişlerdir. Beton içerisindeki lifin hacim oranı %1 ile %1.5 arasındadır. Elde edilen sonuçlara göre metal liflerin ve kumul kumunun betonun basınç dayanımında, lif içermeyen betona kıyasla gelişme sağladığı belirtilmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının konusu ve kapsamında: atık taşıt lastiklerinden elde edilen plastik esaslı liflerin (ATL) ECC üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Elde edilen değişik oranlarda plastik esaslı ATL içeren ECC'lerin fiziksel ve mekanik özellikleri, basınç dayanımına yüksek sıcaklığın etkileri, tahribatlı ve tahribatsız test teknikleri yardımı ile 7 ve 28 günlük kür (olgunlaştırma) süreci sonunda belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada plastik esaslı ATL'lerin ECC üretiminde kullanım imkanları araştırılmak amacı ile aşağıda özellikleri açıklanan malzemeler kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler ve bu malzemelere ilişkin özellikler verilmiştir.

3.1.1. Kuvars kumu

Numunelerin üretiminde agrega olarak ortalama tane büyüklüğü yaklaşık 150 µm ve 200 µm, özgül ağırlığı 2.60 gr/cm³ ve su emme kapasitesi % 0.3 olan ince kuvars kumu kullanılmıştır. Kuvars kumuna ait kimyasal özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

3.1.2.Çimento

Çalışma kapsamında Göлтаş Çimento Fabrikası tarafından üretilen standart CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu (Ç) kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı 3.06 gr/cm³, Blaine özgül yüzeyi 3250 cm²/gr dır. Çimentoya ait kimyasal özellikler Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

3.1.3.Karışım suyu

Beton karışım suyu olarak Isparta, Süleyman Demirel Üniversitesi şebeke suyu kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılan Isparta, SDÜ şebeke suyunun kimyasal özellikleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Isparta SDÜ şebeke suyunun kimyasal özellikleri

Kimyasal Bileşim	Oranlar	Kimyasal Bileşim	Oranlar
Na ⁺ (mg/l)	9.94	SO ₄ ⁻² (mg/l)	20
K ⁺ (mg/l)	3.50	NO ₃ ⁻ (mg/l)	12.2
Mg ⁺² (mg/l)	35	NH ₄ (mg/l)	< 0.05
Ca ⁺² (mg/l)	82.03	NO ₂ ⁻ (mg/l)	< 0.06
Fe ⁺² (mg/l)	0.11	CO ₃ ⁻² (mg/l)	0
Pb ⁺² (mg/l)	0.13	% Na	6.92
Zn ⁺² (mg/l)	< 0.2	SAR	0.22
Cu ⁺² (mg/l)	0.21	Toplam Sertlik (°f)	40.8
Al ⁺³	< 0.05	KarbonatSertlik(°f)	43.1
Cl ⁻ (mg/l)	5		

3.1.4. Uçucu kül

ASTM C 618 standardına göre uçucu küller (UK) F ve C-sınıflarına ayrılırlar. Bu çalışmada kullanılmak üzere F-sınıfı uçucu kül, Sugözü Termik santralinden temin edilmiştir. Sugözü uçucu külünün özgül ağırlığı 2.31 gr/cm³, Blaine özgül yüzeyi ise 2900 cm²/gr.dır. Uçucu küle ait kimyasal özellikler Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Portland çimentosu, uçucu kül ve kuvarsın kimyasal özellikleri

Kimyasal Kompozisyon	Çimento	UK (Sugözü)	Kuvars
CaO (%)	63.65	1.16	0.02
SiO ₂ (%)	19.87	61.72	99.79
Al ₂ O ₃ (%)	4.11	20.13	0.06
Fe ₂ O ₃ (%)	3.44	7.46	0.02
MgO (%)	1.61	1.80	0.01
SO ₃ (%)	2.68	0.22	-
K ₂ O (%)	0.48	1.88	0.01
Na ₂ O (%)	0.12	2.57	0.02

Kızdırma Kaybı (%)	2.20	2.99	0.07
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	27.42	89.31	-

3.1.5. Kimyasal katkı

ECC karışımlarının işlenebilirliğini arttırmak için SİKA Yapı Kimyasalları tarafından üretilmekte olan Sika ViscoCrete-SF 18 isimli modifiye polikarboksilat esaslı polimer tipi süperakışkanlaştırıcı katkı (SA) kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan SA katkının pH değeri 3-7 ve özgül ağırlığı yaklaşık 1.10±0.02 kg/l, olan sıvı halde bir katkıdır. SA katkı miktarı karışım sırasında katkının performansına, ayrışmaya karşı direncine ve liflerin matrise homojen olarak dağılmasını sağlayacak kıvamda olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.6. Atık Lastik Lifi

Çalışmada kullanılan PVA liflerinin ve ATL'lerin fiziksel, mekanik ve geometrik özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan liflere ait fiziksel, mekanik ve geometrik bazı özellikler

Lif Türü	Çekme Dayanımı (MPa)	Çap (µm)	Boy (mm)	Elastisite Modülü (GPa)	Kopma Uzama Oranı (%)	Özgül Ağırlık
PVA	1620	39	8	42.8	6.0	1.30
ATL	875	15	17.4±4.1	4.2	16.2	1.1
NYLON	870	15	12.7-25.4	2.9	35-300	1.46
POLYESTER	850	15	6-12	2-4.5	24-50	1.38

Bu tez çalışmasında Bölüm 1.'de bahsedilen yöntemlerden mekanik parçalama yöntemi kullanılarak elde edilen değişik oranlardaki (Şekil 3.1.) araç lastiği atık liflerinin (ATL) ECC karışım elemanları ile karıştırılarak örnekler üretilmiş,

laboratuvar ortam koşulları altında M45 referans örnekleri ile karşılaştırılmalı olarak özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.1. Plastik esaslı ATL'nin görünüm

3.2 Metodu

3.2.1. Karışımların Hazırlanması

ATL içeren ECC bileşenleri ve miktarları Çizelge 3.4.'de verilmiştir. Burada S: Karışım suyu, K: Kum ve BM: Bağlayıcı Madde olarak kısaltılmıştır.

Çizelge 3.4. ATL içeren ECC bileşenleri ve miktarları

Karışım Kodu	S/BM	KB/M	UK/Ç	Ç	PVA Lif Kg/m ³	ATL Lif	SA
M45	0.26	0.36	2.2	1	26	-	4.9
ATL2	0.26	0.36	2.2	1	-	19,13	5.80
ATL4	0.26	0.36	2.2	1	-	33.60	7.54
ATL5	0.26	0.36	2.2	1	-	41.30	18.84
ATL10	0.26	0.36	2.2	1	-	84.75	25.13
ATL12	0.26	0.36	2.2	1	-	94.20	28.99

Örneklerin kısaca ifade edilmesinde kullanılan kodlamada ATL içermeyen örnekler ECC M45 ile kodlanırken, ATL içeren ECC örnekler yüzde cinsinden içerdiği lif oranı ATL ifadesinin yanına sayı ile belirtilerek gösterilmiştir. Örnek olarak ATL10, hacimce %10 ATL içeren ECC'yi ifade etmektedir.

Tüm karışımlar, 20 litre kapasiteli Hobart tipi mikser kullanılarak hazırlanmıştır(Şekil 3.2.a). Çimento, UK ve kırma kuvars kumu, önce kuru olarak 100 devir/dakika hızda 3 dakika karıştırılmıştır. Sonrasında Şekil 3.2.b'de görüldüğü gibi 3 dakika boyunca karıştırılan su ve süperakışkanlaştırıcı karışımı, toz karışımına eklenerek karışım homojen hamur kıvamına gelinceye kadar toplamda 7-8 dakika süreyle 100 devir/dakika hızda karıştırılmıştır. Hazırlanan ECC matrisine lif ilave edilmeden önce yaklaşık 2 litrelik örnek alınıp matrisin taze ve reolojik özellikleri (mini çökme hunisi ile yayılma çapı, Marsh hunisi akma zamanı) belirlenmiştir. Örnek alımından hemen sonra, hiç beklemeden ATL matrise eklenip karıştırma işlemi mikserde 100 devir/dakika hızda 2 dakika, 200 devir/dakika hızla 3 dakika süreyle devam etmiştir. Daha sonra lifli kompozit karışımı üzerine taze ve reolojik özellikleri (mini çökme hunisi ile yayılma çapı, Marsh hunisi akma zamanı ve yayılma tablası ile yayılma çapı) belirlenmiştir. Hazırlanan ECC karışımları, numune üretimi için daha önceden yağlanmış olan kalıplara dökülmüştür.

Sertleşmiş numunelerin eğilme dayanımlarının belirlenmesi için universal test cihazında 360x75x50 mm boyutlarındaki kiriş numuneler üzerinde dört nokta eğilmede çekme testi uygulanmıştır. Eğilme deneyleri, elektro-mekanik test cihazı ile deformasyon kontrollü olarak (2 mm/saniye hızla) yapılmıştır. Deney sırasında, merkezde oluşan sehim ve buna karşılık gelen yük bilgisayar sistemi sayesinde hassas bir şekilde otomatik ve saniyede 10 nokta toplayacak şekilde kaydedilmiştir.

ATL ile üretilen ECC'lerin basınç dayanımının belirlenmesi için her bir ECC karışımından 50 x 50 x 50 mm boyutlarında 6'şar adet küp numune 28 gün boyunca ortalama sıcaklığı 20 ± 2 °C suda kür edilmiştir. Basınç dayanımı testi ASTM C39 standardına uygun olarak 25 ton kapasiteli universal test cihazında yapılmıştır.

ECC örneklerin dört nokta eğilme dayanımı değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$F_{cf} : (F_{max} * L_s) / (b * h^2)$$

(3.1)

Burada;

F_{cf}: Eğilmede çekme dayanımı (N/mm²)

F_{max}: Maksimum Yük (N)

L_s: Mesnet açıklığı (serbest açıklık) (mm)

b: Numune eni (mm)

h: Numune yüksekliği (mm)

ECC örneklerin basınç dayanımı değerleri ise aşağıdaki denkleme göre hesap edilmiştir;

$$F_c = (F / A_c) \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(3.2)

Burada;

F_c: ECC numunenin basınç dayanımı

(3.3)

F: Kırılma Yüğü (N)

A_c=(b*h): uygulama yönüne dik deney numunesi kesit ortalama alanı (mm²)



a)



b)

Şekil 3.2.a. ATL içeren ECC üretim aşamaları su ve süperakışkanlaştırıcının eklenmesi b)Atık lastik liflerinin eklenmesi.

3.2.2 Mini Çökme-Yayılma Deneyi

Mini çökme-yayılma aparatı kesik koni şeklinde olup, üst çapı 70 mm, alt çapı 100 mm ve yüksekliği 60 mm boyutlarındadır (şekil 3.3). Mikserde karıştırma işlemi tamamlanan malzeme herhangi bir sıkıştırma işlemi uygulanmadan, bu kesik koni içine konur ve ardından koninin yukarıya dik bir şekilde yavaş yavaş kaldırılmasından sonra malzeme yayılmaya başlar. Yayılma tamamlandığında, yaklaşık olarak dairesel bir şekil ortaya çıkar. Bu dairenin çapı, birbirine dik olan iki ekseninde ölçülmüş ve elde edilen değerlerin ortalaması, “mini çökme- yayılma çapı” olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.3. Mini yayılma testi

3.2.3. Marsh Hunisi Deneyi

Bu çalışmada kullanılan Marsh hunisi, 1.5 litre iç hacimli ve alt ucunda 4.56 mm çapında bir çıkış deliği olan sert plastikten yapılmış bir hunidir (Şekil 3.4). Alt çıkış deliği parmakla kapatılan huninin içine malzeme konulur ve kronometrenin çalıştırılmasıyla beraber parmak çekilerek malzemenin akmaya başlaması sağlanır. Ne kadar malzemenin aktığı, huninin altına konan dereceli bir silindir vasıtasıyla ölçülür. Belirli bir hacimdeki malzemenin kaç saniyede aktığı ölçülür. Tezde, 100 ml malzemenin akması için geçen süre kaydedilmiştir (Bu huni için 23 ± 2 °C sıcaklıkta 100 ml suyun akma süresi 1.76 saniyedir).



Şekil 3.4. Marsh hunisi deney aparatı

3.2.4. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı deneyleri 250 kN kapasiteli test cihazında (Şekil 3.5.) ASTM C39 standartında uygun olarak yapılmış olup, karışımların basınç yükü altında özelliklerinin belirlenmesi için boyutları 50x50x50 mm olan küp numuneleri kullanılmıştır.



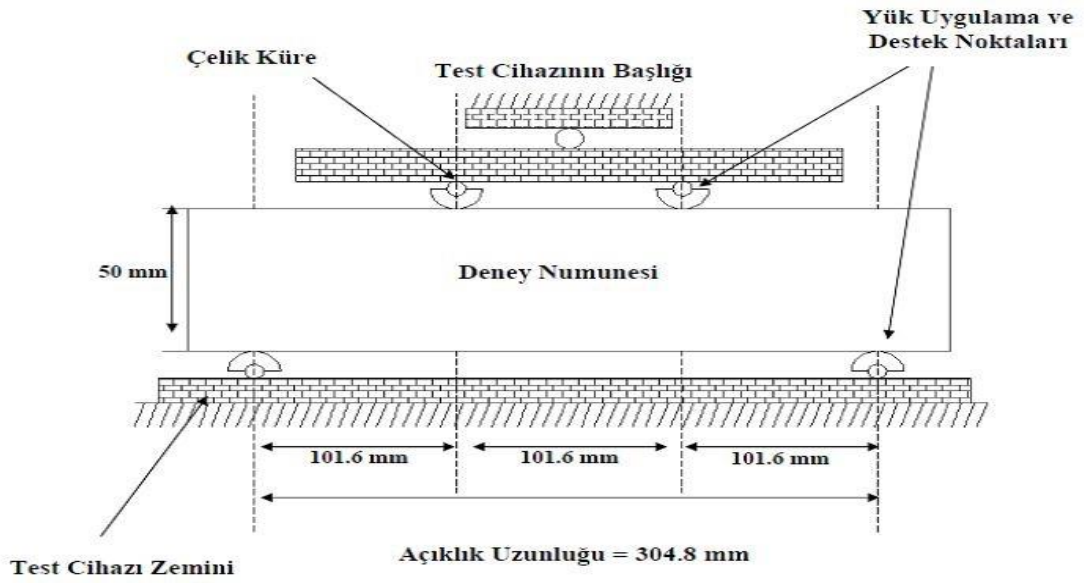
Şekil 3.5. Basınç dayanımı test cihazı

3.2.5. Eğilme Dayanımı Deneyi

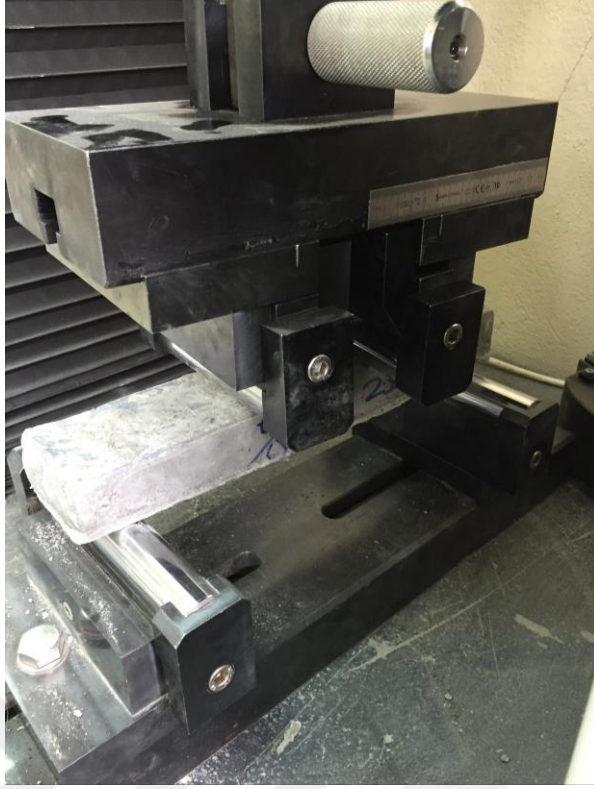
Eğilme dayanımı deneyinde üniversal test cihazı (Şekil 3.6) kullanılmıştır. Karışımların eğilme yükü altında özelliklerinin belirlenmesi için boyutları 360x75x50 mm olan kiriş numuneleri üzerinde, önce numuneler temizlenerek Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi yüklerin uygulanacağı noktalar belirlenmiş ve dört noktalı eğilme testi uygulanmıştır (Şekil.3.8. Eğilme deneyleri, kapalı devre elektromekanik test cihazı ile deformasyon kontrollü olarak (0.002 mm/saniye hızla) yapılmıştır. Deney sırasında, numunenin orta noktasında oluşan şekil değiştirme ve buna karşılık gelen yük bilgisayar sistemi sayesinde hassas bir şekilde kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Üniversal test cihazı



Şekil 3.7. Dört noktalı eğilmede çekme testi için deney düzeneği yük uygulanma noktaları



Şekil 3.8. Dört noktalı eğilmede test aparatı

3.2.6. Yüksek Sıcaklık Etkisi

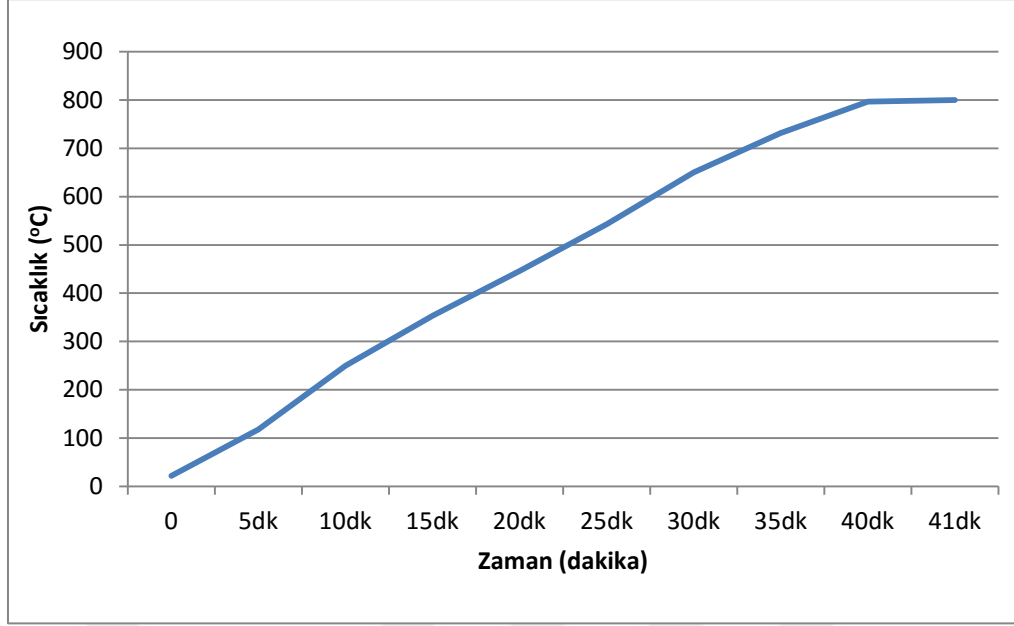
Araştırmada her seri için 2'şer adet 50x50x50 mm boyutlu numune, ECC'lerde ATL kullanımının yüksek sıcaklık etkisini belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Çalışmada laboratuvar kül fırını olarak 1200°C kapasiteli Protek Marka12lt hacmine sahip Şekil 3.10. de gösterilen fırın kullanılmıştır. Şekil 3.11.de fırın sıcaklık-zaman ilişkisi gösterilmiştir. Deneyin yapılışında 6 adet 50x50x50 mm boyutlarındaki numune fırın çalışmaya başlamadan fırına yerleştirildikten sonra ısıtma işlemine başlanmıştır. Daha sonra fırın, 200°C ye ulaştığında 2 örnek, 400°C ye ulaştığında 2 örnek dışarı alınarak Şekil 3.9. de gösterilen desikatör içerisinde oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Fırın sıcaklığı 800°C ye ulaştığında ise 2 örnek fırın içerisinde bırakılmış, fırın durdurularak oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ve böylece kalan son 2 örnek de fırından yaklaşık 12 saat sonra çıkarılarak basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.9. Numunenin oda sıcaklığına kadar soğutulmasında kullanılan desikatör



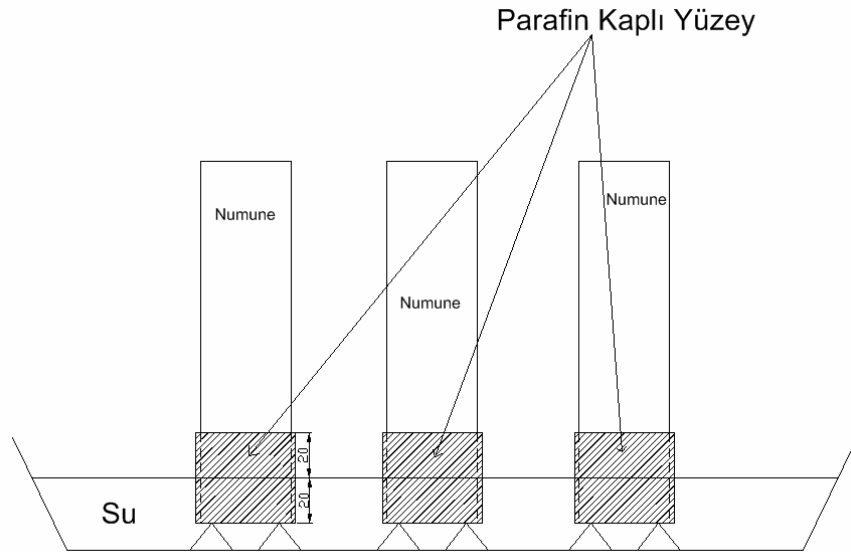
Şekil 3.10. Laboratuvar fırını



Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan fırının sıcaklık-zaman ilişkisi

3.2.7. Kılcal su emme (kapilarite) tayini deneyi

Prizmatik numunelerin kılcal su emme (Kapilarite) tayini deneyleri, TS EN 772-11 “Kâgir birimler – Deney yöntemleri – Bölüm 11: Betondan, gazbetondan, yapay ve doğal taştan yapılmış kâgir birimlerde kapiler su emme ve kil kâgir birimlerde ilk su emme hızının tayini” standardına uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 3.12. Kılcal su emme deney düzeneğinin şematik gösterimi

Kapiler su emme deneyinde kullanılan numuneler; su emme oranı, birim ağırlık, boşluk oranı ve yoğunluk tayini deneyinde kullanılan 360x75x50 mm boyutlarındaki örneklerdir. Örnekler deneyden önce 105 °C sıcaklığındaki etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurtulmuşlardır. Kılcallık katsayısı belirlenecek olan ve 28 günlük numunelerde, suya dokundurulan yüzey taban kesitidir. Numunelerin sadece alt taraflarındaki kare kesitlerinin su ile temasa geçip, yan taraflarından su geçişi olmaması için, örneğin suya değecek yan yüzeylerine, eritilmiş parafın, fırça yardımıyla sürülmüştür. Parafınle 40 mm yüksekliğine kadar yalıtılmış numunelerin ilk ağırlıkları alınmıştır. Parafınle birlikte kuru ağırlıkları alınan numunelerin alt yüzeylerine gelecek şekilde tepsiye mesnetler yerleştirilmiştir. Mesnetler üzerine konulan numunelerin bulunduğu tepsiye, numunelere 20 mm temas edecek şekilde su ile doldurulmuştur (Şekil 3.12). Şekil 3.13’deki gibi; 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81 ve 100 dakikalık sürelerde numuneler tarafından kapiler yolla emilen su miktarları belirlenmiş ve kapilarite katsayısı, Denklem 3.4 yardımıyla tespit edilmiştir. Deney boyunca su seviyesi kontrol edilmiş ve su seviyesi düştüğünde takviye yapılmıştır.

$$N = \frac{m_s - m_i}{A\sqrt{t_s}}$$

(3.4)

N : Kılcallık katsayısı [g/(cm² x dk^{1/2})]

m_i: Deney numunesinin ilk kütlesi (gr),

m_s: Deney numunesinin (t) süreyle suya tema ettirildikten sonraki kütlesi (gr),

A : Deney numunesinin suya temas ettirilen yüzeyinin brüt alanı (cm²),

t_s : Deney numunesinin suya temas ettirilme süresi (dk).



Şekil 3.13. Numuneler üzerinde kılcal su emme deneyinin yapılışı

3.2.8. Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini (TS EN 12390-7 ve BS 1881)

Sertleşmiş hafif, normal ağırlıklı ve ağır betonların yoğunluğunu belirleyerek betonarme hesaplarda kullanılan yapı elamanın öz ağırlığını ve betonların yoğunluklarına göre gruplandırılmasını sağlamaktır.

Deneyde kullanılan aletler

- Kumpas ve cetvel, numune boyutlarını, \pm % 0,5 sapma sınırları içerisinde ölçmeye uygun olan.
- Teraziler, numuneyi, hem havada ve hem de su içerisinde tartmak için üzengi şekilli numune kefi olan ve kütleyi, % 0,1 doğrulukla tartabilen (Şekil 3.14).
- Su deposu, depo içerisindeki suyu, sabit seviyede tutmak için düzeneği olan ve kefedeki numuneyi suya, sabit derinlikte, tam olarak batırmak için yeterli büyüklükte olan.
- Etüv, sıcaklığı (105 ± 5) °C'da sabit tutabilen

Deneyin yapılışı

Deneye başlamadan önce deney numunelerinin şekil ve büyüklüğünün seçilmesi gerekir. Deney numunesinin hacmi en az 1 litre olmalıdır. Kalıba dökülerek hazırlanmış numunede, agreganın en büyük anma tane büyüklüğünün 25 mm'den daha büyük olması halinde, numune hacmi $50 D^3$ 'den (yani maksimum tane çapı küpünün 50 katından) daha küçük olmamalıdır.

Normal şartlardaki yoğunluk tayininde numune, teslim edildiği şekilde, olduğu gibi (bütün olarak) deneye tabii tutulur. Ancak, numune şekli veya büyüklüğünün, numuneyi olduğu gibi deneye tâbi tutmaya uygun olmaması halinde deney, numuneden kesilerek veya kırılarak alınan, daha küçük parçalardan da yapılır. Deneyde, başlıklanmış numune kullanılmamalıdır.

Sertleşmiş beton deneyleri, aşağıda verilen farklı gruplara ayrılır ve bu gruplara göre yoğunlukları tayin edilir:

- Tabii durumda,
- Suya doygun durumda,
- Etüv kurusu durumda.

Sertleşmiş beton numunesinin kütlesi ve hacmi tayin edilerek yoğunluğu hesaplanır.

Kütle tayini

Kütlenin belirlenmesi esnasında numunenin bulunabileceği, aşağıda verilen üç durum kabul edilir:

- a) Tabii durum,
- b) Suya doygun durum,
- c) Etüv kurusu durum.

Bu üç kütle tayinini geniş olarak izah ederek ölçümleri kayıt altına alabiliriz.

1. Tabii durumdaki numune kütlesi;

Numune, teslim alındığı durumda, kütlesinin % 0,1'i doğrulukla tartılır (m_r). Okunan kütle değeri, kilogram olarak kaydedilir.

2. Suyu doymuş durumdaki numune kütlesi ;

Numune, (20 ± 2) °C sıcaklıktaki su içerisinde, 24 saat aralıkla yapılan tartımda kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar batırılır. Deneyden önce, en az 72 saat süreyle su içerisinde tutularak küre tâbi tutulan numunenin, sabit doymuş kütleye ulaştığı kabul edilir. Bu tartımlarda numune yüzeyindeki serbest su silinerek temizlenir. Suyu doymuş numune kütlesi (m_s), kilogram olarak kaydedilir.

3. Etüv kurusu durumdaki numune kütlesi ;

Numune, (105 ± 2) °C sıcaklıktaki hava dolaşımli etüvde, 24 saat aralıkla yapılan tartımdaki kütle değişimi % 0,2'den daha az hale gelinceye kadar tutulur. Daha sonra numuneler her tartımdan önce oda sıcaklığına gelinceye kadar, kuru, hava sızdırmaz kapalı kap içerisinde veya desikatörde bekletilerek soğutulduktan sonra tartılır. Etüv kurusu numunenin okunan kütlesi (m_o), kilogram olarak kaydedilir.



Şekil 3.14. Beton numune hacminin su ile yer değiştirme metoduyla tayini için tipik kefe düzeneği

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, ATL içeren ECC örneklerden elde edilen deneysel bulgular ECC-M45 örneklerinden elde edilen bulgularla karşılaştırmalı olarak tartışılarak değerlendirilmiştir. ATL içeren ECC örneklerin bileşiminde kullanılan malzeme miktarları Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. ATL içeren ECC örneklerin bileşiminde mini slump, yayılma tablası ve marsh hunisi

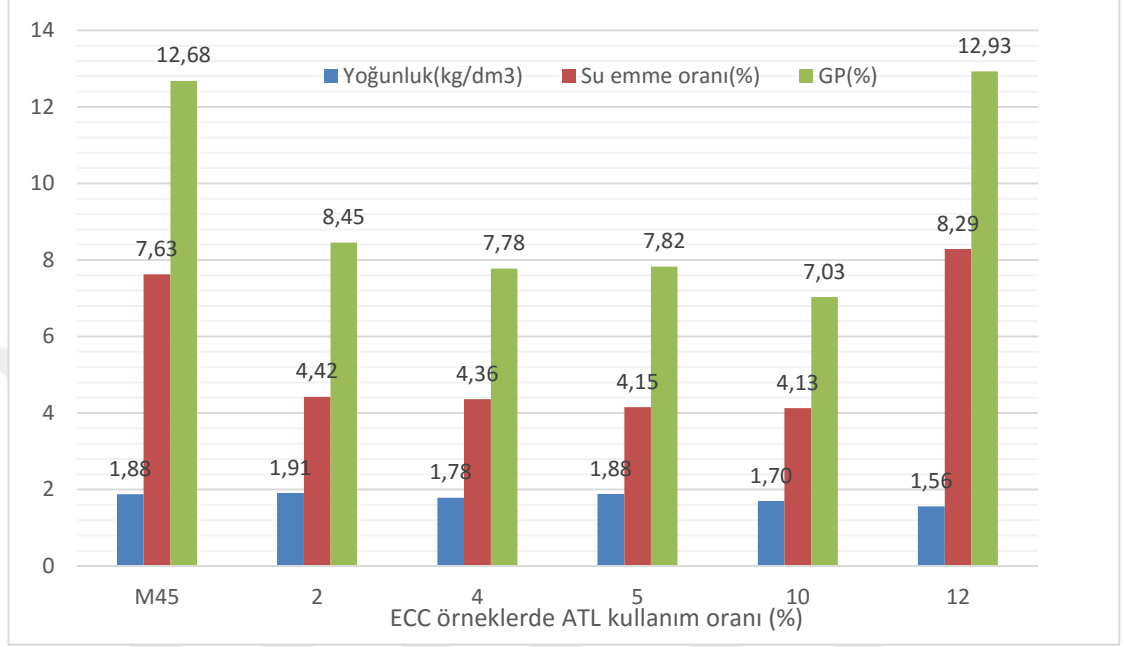
Mini slump		Yayılma tablası (cm)	Marsh hunisi (sn.)	
Lifli	Lifsiz		Lifli	Lifsiz
17	44	22	17	14
30	44	30	17	15
14	26	17	-	14
12	48	17	44	14
11	49	11	-	13
11	44	15	60	14

Çizelge 4.1 den görüleceği gibi ATL kullanım oranının artışına bağlı olarak katkı oranının da artırılması gerekmiştir. Katkı miktarının ATL kullanım oranının artışına paralel olarak artırılmasının nedeni bütün karışımlarda aynı işlenebilirlik değerlerinin sağlanmasının hedeflenmesidir. Ayrıca Çizelge4.1 incelendiğinde ECC malzeme üretiminde kullanılan endüstriyel bir atık olan termik santral bacalarından salınan UK miktarının çimento miktarından fazla olması nedeni ile çevre dostu bir yapı malzemesi olarak değerlendirilebilir.

4.1. Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini deneyi

Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini deneyi TS EN 12390-7 ve BS 1881 standartlarına uygun olarak yapılmış elde edilen bulgular Şekil 4.1 de verilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere sertleşmiş kompozit örneklerin yoğunluk değerleri ATL kullanım oranına bağlı olarak belirgin bir değişiklik sergilememiştir. M45 referans örneği 1.88kg/dm^3 yoğunluk değerine sahip iken sırasıyla %2, %4 %5, %10 ve %12

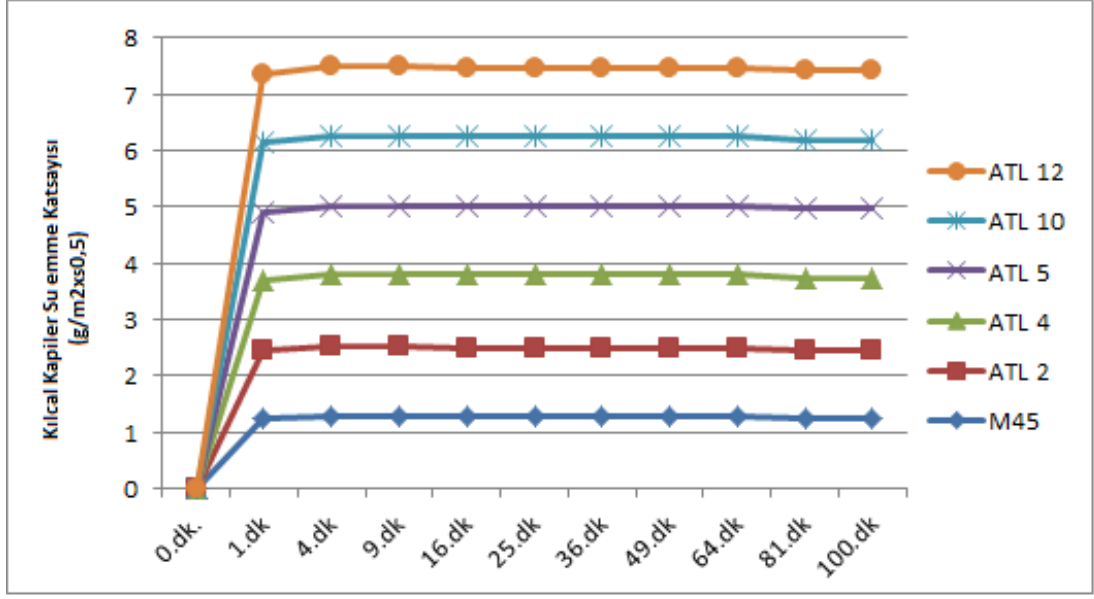
ATL içeren örneklerde 1.91, 1.78, 1.88, 1.70 ve 1.81 kg/dm³ yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Su emme oranı değerleri ve buna bağlı olarak hesaplanan görünen porozite değerleri birbirlerine çok yakın değerler vermiştir.



Şekil 4.1 ECC'lerde ATL oranına bağlı sertleşmiş kompozit yoğunluğu değişimi

4.2. Kılcal Su Emme (Kapilarite) Tayini Deneyi

Kılcal su emme değerlerine zamana bağlı olarak şekil 4.2'de gösterilmiştir. bütün örneklerde yaklaşıklık sonuçlar elde edilmiştir. 100 dakika da standart karışım M45'e göre %4 ATL katkılı örnekler daha yüksek su emme değeri vermiş olup bu oran %5.55 olarak bulunmuştur. 100 dakika da ATL-2, ATL-4, ATL-5, ATL-10 ve ATL-12 numunelerinde sırasıyla standart karışıma göre; %0.04, 5.55, 0.82, 0.82, 0.73'lük su emme artışları tesbit edilmiştir.



Şekil 4.2. ECC'lerde kılcal su emme katsayısı-zaman ilişkisi

4.3. Mekanik Özellikler

Bu bölümde ATL içeren ve içermeyen ECC'lerde elde edilen basınç dayanımı, eğilmeye çekme dayanımı ve eğilme performansları incelenmiştir.

4.4. Basınç Dayanımı Bulguları

ATL içeren ECC'lerin karışımlarının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçları, M45 serisinden elde edilen sonuçlarla birlikte Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Her bir karışımdan bütün kür yaşları için 3'er numune test edilmiştir. Karışımlardaki ATL içeriğinin artmasına bağlı olarak erken yaş basınç dayanımında önemli bir artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. Basınç Dayanımı test sonuçları

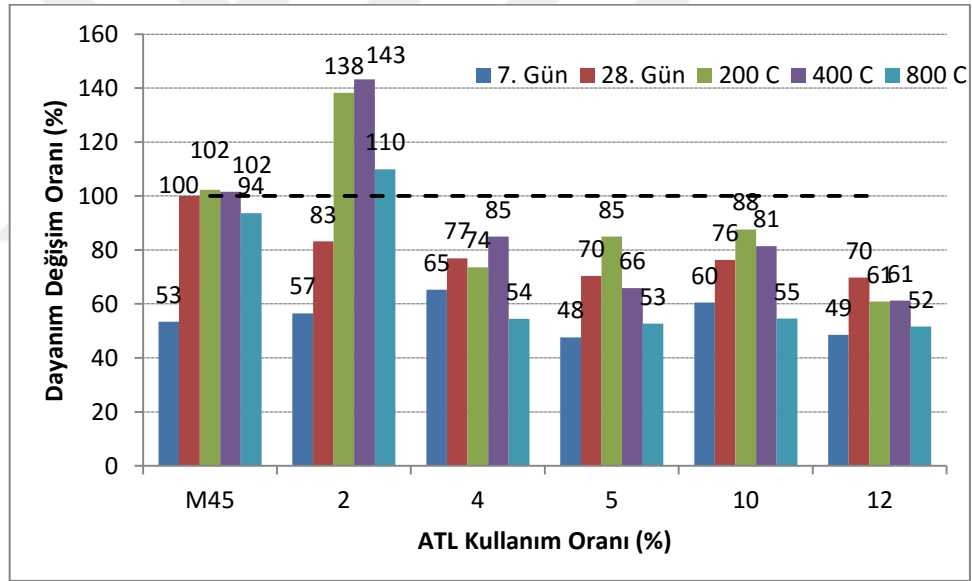
Karışım Adı	Basınç Dayanımı, Mpa				
	7. Gün	28. Gün	200°C	400°C	800°C
M45	17.34±2.49	32.45±1.05	33.19±2.45	32.97±1.85	30.38±4.9
ATL2	18.34±3.40	26.99±2.22	44.84±3.09	46.48±2.49	35.67±7.88
ATL4	21.02±1.32	24.97±3.31	23.87±2.56	27.57±5.54	17.66±1.66
ATL5	15.46±4.05	22.84±4.86	27.56±5.54	21.37±10.24	17.10±1.85
ATL10	19.63±1.27	24.77±0.88	28.43±2.43	26.42±3.17	11.71±1.12
ATL12	15.75±0.21	22.64±1.18	19.76±2.5	19.89±6.06	16.75±0.09

(± standart sapma değerlerini ifade etmektedir.)

Atık lastik karışımlarına ait 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde en düşük değer ATL-5 serisinde elde edilmiştir(15.46MPa). 28 günlük basınç dayanımı değerleri içerisinde de en düşük değerler ATL-5 ve ATL-12 serilerinde sırası ile 22.84 MPa ve 22.64 MPa olarak belirlenmiştir.

Yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılan örneklerde ise 200°C sıcaklık etkisi ile en düşük dayanım değeri ATL-12’de görülmüştür (19.76MPa). En yüksek değer ise ATL-2 numunesinde elde edilmiştir (44.84 MPa). Bu artış miktarı aynı zamanda standart karışım olan M45’in 28 günlük basınç dayanımı değerine göre Şekil 4.3’den de görüleceği gibi %38 olarak gerçekleşmiştir. Bir çok araştırmada sıcaklığın artışına bağlı olarak ECC’lerde basınç dayanımı deformasyon ve elastik modül kaybı olduğu belirtilmektedir(Shang and Lu, 2014; Şahmaran vd., 2011). İlgili çalışmalarda 400°C’ye kadar PVA liflerin ergime derecesine ulaşıldığında ergiyerek, yerlerini 39 mikron çapında 8mm uzunluklarındaki boşluklara bıraktıklarından dayanım kaybını azaltıcı olumlu bir etki gösterdiği açıklanmaktadır. 200°C sıcaklık etkisinde ATL-2 serisinden sonra M45 serisi diğer ATL içeren serilere göre daha iyi sonuçlar sergilemiştir. 400°C sıcaklık etkisinde de basınç dayanımı değeri bakımından ATL-2 serisi M45’e göre %43 artış sergilemiştir (46.48 MPa). En düşük dayanım değeri ATL-12 numunelerinden elde edilmiştir (19.89 MPa). ATL-10 serisi 200°C sıcaklık etkisinde 28 günlük dayanımına göre daha iyi performans göstermiş bütün seriler arasında M45’in dayanımının %88’i kadar basınç dayanımına sahiptir. ATL-12 serisi 400°C sıcaklık etkisinde ATL-2 numuneleri standart karışım olan M45’e göre yaklaşık %43’lük dayanım artışı elde edilmiştir. Shang and Lu, (2014)’nun çalışmasında uygulanan 1 saat boyunca 200°C,400°C ve 800°C sıcaklıkta

bekletildikten sonra suda ve havada soğutma şeklinde uygulanan yöntemler nedeni ile bu çalışmadan farklılık göstermektedir. Belirtilen yöntemler tabii olarak örneklerdeki yüksek sıcaklık tahribatını daha şiddetli hale getirmektedir (Sancak, vd. 2008). Bu yüzden 800°C'ye maruz bırakılan örneklerin uzun süre (yani 1 saat gibi) maruz kalmasına izin verilmediğinden ve fırından alınır alınmaz desikatörde soğumaya bırakıldığından, Ç'ya ve UK'ya bağlayıcılık özelliğini veren C-S-H jellerininin bozunmadığı düşünülmektedir. Bu durum diğer sıcaklık değerlerinde olduğu gibi en yüksek değer ATL-2 numunesinde(35.67 MPa) elde edilmesine neden olmuştur. M45'e göre %10'luk bir artış göstermesine neden olduğu düşünülmektedir. Ancak, en düşük değer ise ATL-10 numunesinden elde edilmiştir(11.71 MPa). Burada büyük oranda meydana gelen dayanım kaybının nedeni karışım içerisinde kullanılan lif miktarının artışına bağlı olarak homojen bir karışım elde edilemesinin zorlaşması olabilir.



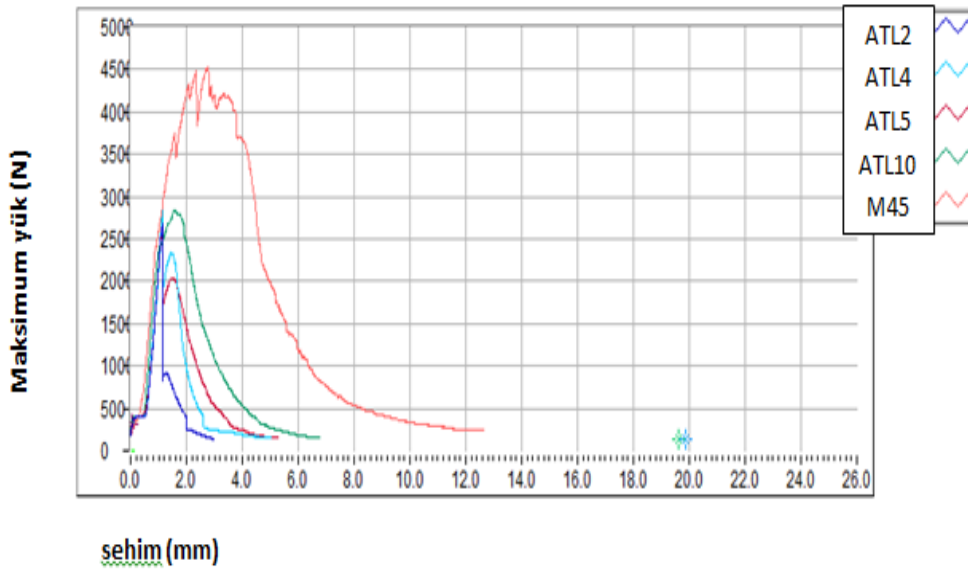
Şekil 4.3. ATL içeren ECC'lerde zamana ve sıcaklığa bağlı basınç dayanımı değişimi

M45 ve ATL-2 serisi haricindeki seriler 200-800°C sıcaklıklar arasında M45 serisinin dayanımının yaklaşık %50 sini korumuşlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda atık lastik lifi kullanımının artışı ile 200°C, 400°C, 800°C sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin dayanım değerlerinde azalış eğilimi görülmüştür.

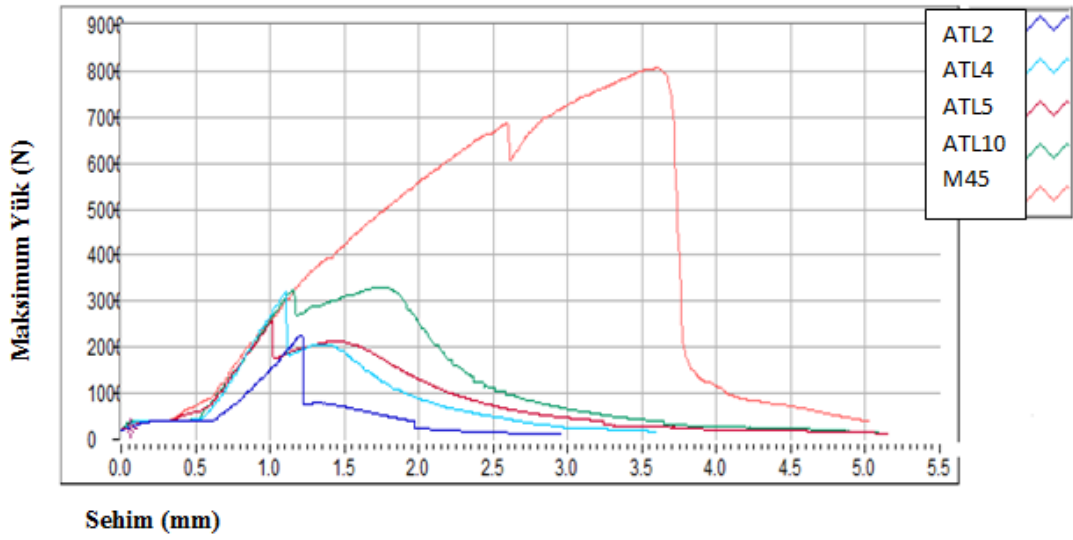
4.5. Eğilme Performansı

4.6. Yük-Sehim Eğrileri

Bu bölümde eğilme kuvvetleri etkisinde meydana gelen orta açıklık sehimi (OAS) encelenmektedir. Yükleme altındaki numunede ilk çatlama ile oluşan ve gerilmedeki ilk düşüş olarak saptanan mukavemete ilk çatlama mukavemeti denilir. Oluşan en büyük gerilmeye; eğilme mukavemeti ve bu eğilme mukavemetine tekabül eden maksimum deplasmana da OAS kapasitesi denir. Üretilen tüm numunelerin eğilme mukavemeti ve OAS kapasitesi değerleri, her seriden iki örnek için dört noktalı eğilme testinden elde edilen sonuçların Şekil 4.4. ve Şekil 4.5. ortalamasıyla belirlenmiştir.



Şekil 4.4. ATL içeren 7 günlük ECC karışımlarının eğilme yükü ve orta açıklık sehimi



Şekil 4.5. ATL içeren 28 günlük ECC karışımlarının eğilme yükü ve orta açıklık

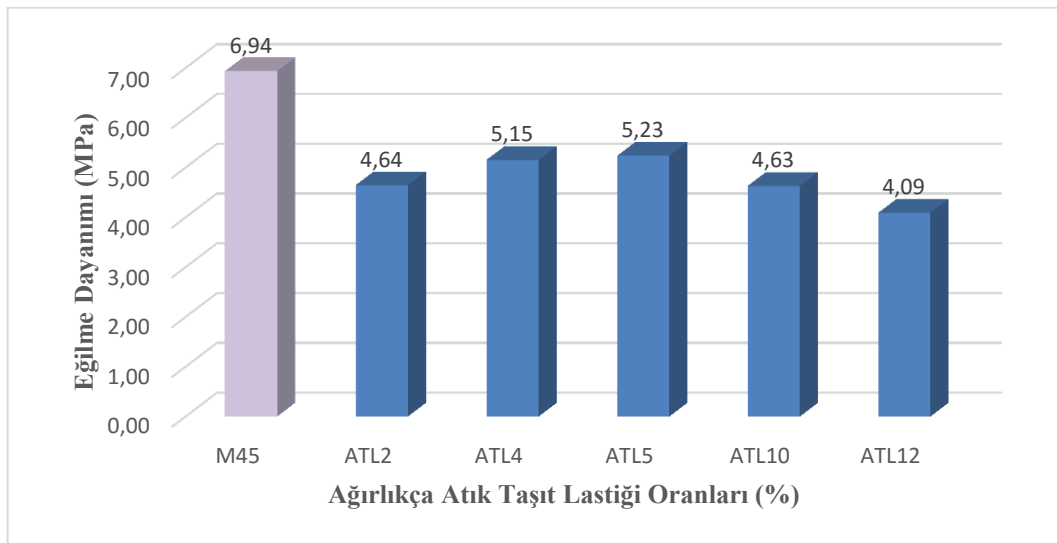
Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 değerlendirildiğinde ECC malzemenin sünekliğinin bir göstergesi olan ECC kiriş orta nokta sehim değerleri bakımından incelendiğinden 7 ve 28 günde en düşük sehim miktarların %2 ATL kullanılan ATL2 numunesinden elde edilmiştir (sırasıyla 2.77 mm, 3.46 mm). En yüksek sehim değerleri ise ATL12 numunesinden elde edilmiştir (sırasıyla 10.38 mm, 9.27 mm). Elde edilen sonuçlardan 7. ve 28. günlük örneklerde ATL miktarı artıkça kiriş orta nokta sehim kapasitelerinin doğru orantılı olarak arttığı söylenebilir. Bu durum ATL kullanımının artması ile lif malzemenin bireysel çekme kapasitesini, kompozitin sehim kapasitesine yansıttığı ve matris-lif arayüz aderansının ECC'nin yük tüketme kapasitesini etkileyen unsuru olması nedeni ile ATL kullanımının kompozit özelliklerini olumlu etkilediği ve kompozit oluşturmada kullanılabileceği söylenebilir. Böylece elde edilecek ATL atıklarının ECC üretiminde kullanılabilirliği sağlanabilirse inşaat sektörünün bu çevre kirletici atıkların depolama ve bertarafı işlemlerinde büyük katkısı sağlanabilecektir.

4.7. Eğilmede Çekme Dayanımı Bulguları

Üretilen ATL içeren ECC karışımlarının eğilme mukavemeti test sonuçları Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir. 28 günlük numunelerde ortalama nihai Eğilme mukavemeti değerleri 6.94 ve 5.61 MPa değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere, tüm kür yaşlarında ATL kullanılan tüm numuneler referans karışımı olan M45'e kıyasla daha düşük Eğilme mukavemeti ve OAS kapasitesi göstermiştir.

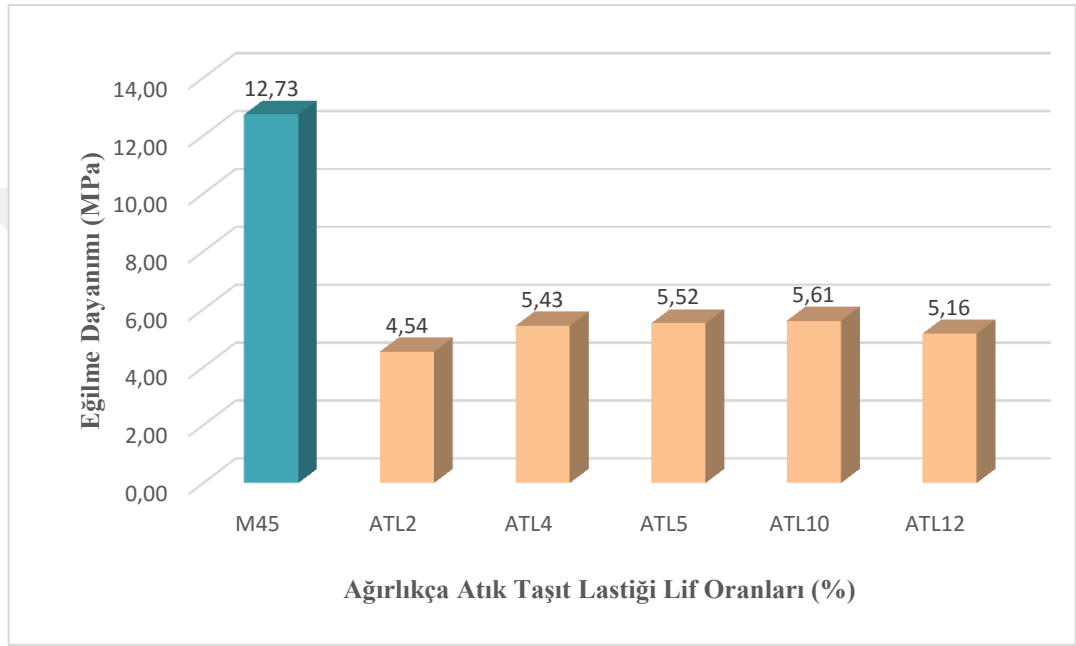
Çizelge 4.3. Eğilme mukavemeti test sonuçları

Karışım adı	Eğilme mukavemeti MPa		Maximum uzaması (mm)	
	7 Gün	28Gün	7Gün	28Gün
M45	6.94	12.73	12.59	15.85
ATL2	4.65	4.54	2.77	3.46
ATL4	5.15	5.43	4.64	4.17
ATL5	5.23	5.33	4.89	4.91
ATL10	4.63	5.61	5.70	5.5
ATL12	4.09	5.16	10.38	9.27



Şekil 4.6. ATL içeren ECC'lerde 7 günlük Eğilme Dayanımı değişimi

Şekil 4.6'den görüleceği gibi ATL kullanılarak üretilen ECC örneklerinde 7 günlük en düşük dayanım değeri %12-ATL katkıli ATL-12 numunesinden elde edilirken (4.09 MPa) en yüksek eğilme mukavemeti %5-ATL katkıli ATL-5 numunesinden elde edilmiştir (5.23 MPa).En yüksek eğilme dayanımının elde edildiği ATL-5 numunesi, standart karışım olan M45'e göre %24.64 oranında bir azalma göstermiştir.



Şekil 4.7. ATL içeren ECC'lerde 28 günlük Eğilme Dayanımı değişimi

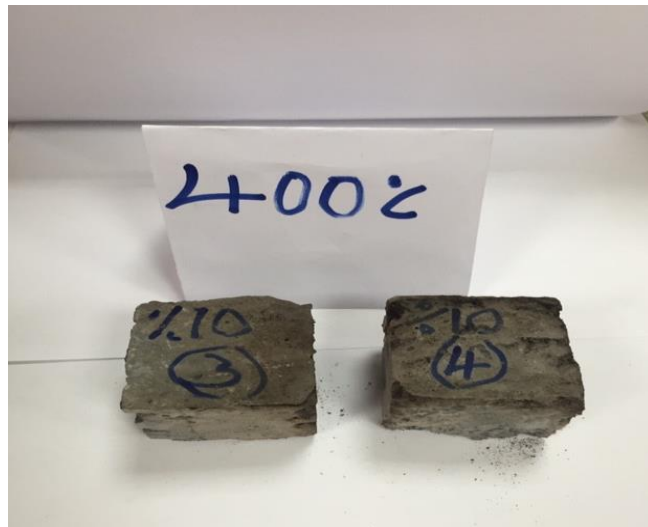
Şekilde 4.7'e göre 28 günlük eğilme dayanımlarında ise en yüksek dayanım değeri %10-ATL katkıli ATL-10 numunesinden elde edilmekte beraber (5.61 MPa), en düşük eğilme dayanımın değeri %2-ATL katkıli ATL-2 numunesinden elde edilmiştir(4.54 MPa). Buradaki standart karışıma göre en yüksek dayanım değerindeki azalış miktarı %55.93 olarak bulunmuştur. 28 günlük örnekler arasında en yüksek eğilme dayanım değerlerinin ATL oranının en yüksek olduğu ATL-10 ve ATL-12 elde edilmesinin nedeni; ATL' nin yapısından dolayı kompozit içerisindeki mikro çatlakların kararlı çatlak formuna dönülmesi sayesinde köprülenmesini sağlaması olabilir.

4.2. ATL içeren ECC'lerde Yüksek Sıcaklığın Basınç Dayanımlarına Etkisi

1200°C kapasiteli fırında yüksek sıcaklık etkisine bırakılan ATL içeren ECC ve referans M45 örneklerinin fırından çıkarıldıktan sonra görsel değerlendirilmesi yapılmış ve elde edilen fotoğraflar Şekil 4.8.a, b ve c'de görülmektedir.



a)



b)



c)

Şekil 4.8. Küp numunelerin fırında 200°C, 400°C ve 800°C etkisi ile görsel değişimi

Örneklerin görsel değerlendirmesi ile anlaşılacağı gibi en büyük hasar 800°C sıcaklığa maruz kalan örneklerde meydana gelmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu deneysel tez çalışmasında ATL kullanımı ile ECC'lerde işlenebilirliğin belirlenmesi amacı ile reolojik özellikler, eğilme özellikleri, basınç dayanımı, yüksek sıcaklığın basınç dayanımına etkisi, sertleşmiş betonun yoğunluğunun ve kılcal su emme (kapilarite) özelliklerinin ATL kullanımına bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Deneysel çalışmaları sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Standart ECC karışımı olan M45'e serisi ECC'lerde 28 günlük dayanımın 7 günlük dayanıma göre daha büyük artış gösterdiği, ATL içeren ECC örneklerin ise daha düşük dayanım artış hızına sahip olduğu belirlenmiştir.
2. ATL kullanım yüzdesinin artması ile 7 ve 28 günlük numunelerin eğilme dayanımı değerlerinin ATL-4ve ATL-5 serileri için artış eğilimi sergilerken, ATL-10 ve ATL-12 serisinde azalış eğilimine geçmiştir.
3. M45 kodlu referans ECC örnekleri sıcaklık etkisi ile en kararlı davranışı sergileyerek, dayanımını büyük oranda korumuştur. ATL içeren ECC'lerde ise 200°C sıcaklık etkisi ile en düşük dayanım değeri ATL-12 numunelerinde iken en yüksek değer ATL-2 numunesinde elde edilmiştir. 400°C sıcaklık etkisinde en yüksek dayanım değeri ATL-2 numunelerinde meydana gelirken, en düşük dayanım değeri ATL-12 numunelerinde görülmüştür. 400°C sıcaklıkta ATL-2 numuneleri bütün ECC serileri içinde en yüksek performansı sergilemiştir. 800°C'ye maruz bırakılan ECC örneklerin içerisinde diğer sıcaklıklarda olduğu gibi en yüksek değer ATL-2 numunesinde, en düşük değer ise ATL-12 numunesinde görülmüştür. Bu sonuç, ATL'nin özel olarak betona katılmak üzere üretilen polipropilen liflere benzer bir katkı sağlamasından dolayı ECC üretiminde kullanımı ile çevre koruma bakımından umut vadeden bir kazanım olmuştur.
4. M45 kodlu referans ECC'lerin diğer karışım bileşenleri sabit olmak üzere sadece yüksek maliyetli yapısal PVA lifleri yerine ATL kullanımı ile elde edilen ECC'lerde ATL kullanım oranı artarken sertleşmiş beton yoğunluklarının azaldığı tespit edilmiştir.

5. Su emme oranı değerleri M45 referans serisinde %7.63 iken, ATL lif kullanılan ECC'lerde ATL kullanım oranına bağlı olarak ATL-2, ATL-4, ATL-5 ve ATL-10 serilerinde belirgin bir değişiklik sergilememiştir. ATL-12 serisi ise en düşük yoğunluk, en yüksek su emme oranı ve görünen porozite değerlerine sahiptir. Bu durum durabilite açısından problem oluşturabilir.
6. 7. ve 28. günlük sehım değerleri bakımından en yüksek sehım kapasitesi referans beklenildiği M45 serisinde sırası ile 12.59 mm ve 15.85 mm iken, ATL içeren örnekler arasında en iyi performans oldukça yeterli 7.ve 28. günde sırası ile 10.38 mm ve 9.27 mm olarak belirlenmiştir. Standart M45 kodlu ECC örnekleri 6.94 MPa ve 12.73 MPa olan 7 ve 28 günlük eğilme dayanımı değerleri ölçülürken, eğilme kapasitesi bakımından ATL-12 serisinin M45 serisinin yarısı civarında kaldığı görülmüştür.
7. Kılcal su emme (kapilarite) kapasitesi bakımından en iyi davranış ECC M45 serisinde elde edilirken lif kullanım oranına bağlı olarak bu değerlerin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.
8. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ATL'nin ECC'lerin yüksek sıcaklık etkisi altındaki basınç dayanımını korumada olumlu etkisi olduğu söylenebilir. Ayrıca eğilme yükleri etkisi altında standart ECC serisine yaklaşan sehım değerleri de ECC'lerde ATL kullanımının olumlu etkilerinden biri olmuştur. Yapılacak daha detaylı çalışmalarda, daha yüksek kapasiteli karıştırıcılar yardımı ile elde edilecek daha homojen ATL içeren ECC'lerden gerek daha düşük kapiler su emme katsayısı gerekse porozite değerleri elde edilebilecektir. Bu sayede elde edilecek yüksek eğilme dayanımı ve sehım kapasiteleri, bununla birlikte yüksek sıcaklığa dayanıklı, yeterli durabilite özelliklerine sahip ECC'ler, atık bir madde olan ATL ile üretilmiş olacağından, bir atık bertaraf probleminin dolayısı ile bir çevre sorununun çözümü sağlanmış olacaktır.

TEZ KAYNAKLAR

- Adir, K., 2013. Deprem sırasında oluşan geoteknik hasarların atık-lastik kum karışımları kullanılarak azaltılması, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 175 s, İstanbul.
- Beycioğlu, A., Başyigit, C., Subaşı, S., 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı ile Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması. Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs, Kocaeli, 1387-1394
- Belferrag, A., Kriker, A., Khenfer, M. E., 2013. Improvement of the compressive strength of mortar in the arid climates by valorization of dune sand and pneumatic waste metal fibers, *Construction and Building Materials* 40, 847-853
- Celik, O. N., “The Fatigue Behaviour of Asphaltic Concrete Made With Waste Shredded Tire Rubber Modified Bitumen”, *Turk. J. Engin. Environ. Sci.*, 2001, 25, 487-495 (in Turkish).
- Caggiano, A., Xargay, H., Folino, P., Martinelli, E., 2015. Experimental and numerical Characterization of the bond behavior of steel fibers recovered from waste tires embedded in cementitious matrices, *Cement & Concrete Composites* 62 146-155
- Dore, G., Konrad, J.M., Roy, M. and Rioux, N., 1995. “The Use of Alternative Materials in Pavement Frost Protection: Material Characteristics and Performance Modeling,” *Transportation Research Record No. 1481*, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp. 63-74,.
- Dumlu, A., 2013. Cam lifli ve atık lastik katkıli alçı kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 115 s, Samsun.
- Eiras, J. N., Segovia, F., Borrachero, M.V., Monzó, J., Bonilla, M., Payá, J., Physical and mechanical properties of foamed Portland cement composite containing crumb rubber from worn tires, *Materials and Design* 59 (2014) 550–557
- Emiroğlu M., Yıldız, S., Keleştemur, M. H., “An Investigation on ITZ Microstructure of the Concrete Containing Waste Vehicle Tire”, *Computers and Concrete*, Vol. 5, No. 5, 503- 508, 2008.
- Emiroğlu, M., 2006. Atık Lastiğin Beton İçerisinde Kullanımı ve Betonun Karakteristiklerine etkisi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Elazığ.

- Emiroğlu, M., Yıldız, S., Özgan, E., 2009. Lastik Agregalı Betonlarda Elastisite Modülünün deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 24(3), 469-476.
- Emiroğlu, M., Yıldız, S., Keleştemur, M. H., 2008. An Investigation on ITZ Microstructure of the Concrete Containing Waste Vehicle Tire. Computers and Concrete, 5 (5), 503-508.
- Emiroğlu, M., Yıldız, S., Keleştemur, M. H., 2009. Katı Atıklarla Elde Edilmiş Betonlarda dayanım Azalma Faktörünün Belirlenmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- Gönüllü, M.T.2004. Atık Lastiklerin Yönetimi, Katı Atık Geri Dönüşüm Teknolojileri Semineri, 9 Haziran, İSO, İstanbul.
- GTradial, 2015. Erişim Tarihi: 02.11.2015. <http://gtradial-tr.com/lastik.asp>.
- Güneyisi, E., Gesođlu, M. and Özturan, T., "Properties of Rubberized Concretes Containing Silica Fume", Cement and Concrete Research,34, 2309-2317, 2004.
- Hammer, C., Gray, T.A., 2004. Designing Building Products Made with Recycled Tires. Contractor's Report to the Board, California Integrated Waste management Board (CIWMB).
- Huang, X., Ranade, R., Ni, W., Li, V. C., 2013. Development of green engineered cementitious composites using iron ore tailings as aggregates, Construction and Building Materials, 44 (2013) 757-764.
- Inaguma H., Seki M., Suka K., Rokugo K. "Experimental study on crack-bridging ability of ECC for repair under train loading." Proc. of Int'l Workshop on HRF RCC in Structural Applications, Honolulu, Hawaii, USA. pp. 499-508,2005
- Khatib, Z.K., Bayomy, F.M., 1999 Rubberized Portland cement concrete, Journal of Materials Civil Engineering, 11 (3), 206–213.
- Khoshnaw, G., 2014. Atık lastik içerikli geçirimli betonların özelliklerinin deneysel Olarak incelenmesi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 146 s, Gaziantep.
- Kimyasal Sanayii Özel İhtisas Komisyonu (KSOİK), 2006. Araç Lastiği Çalışma Grubu Raporu, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Ankara
- Li V.C., "ECC – tailored composites through micromechanical modeling." Fiber reinforced Concrete: Present and the Future edited by Banthia et al, CSCE, Montreal, pp. 64-97, 1998.
- Li V.C., Wang S., Wu C., "Tensile strain-hardening behavior of PVA-ECC." ACI Materials Journal, Vol. 98, No. 6, pp. 483-492, 2001.
- Li, V. C. "Advances in ECC Research. Concrete: Materials Science to Application."

- ACI Special Publication, SP 206-23, 2002, pp.373-400.
- Li, V. C. “Durable Overlay Systems with Engineered Cementitious Composites (EC C)”. *Int. J. for Restoration of Buildings and Monuments*, 9 (2), 2003, pp.120.
- Li, Z., Li, F., Li, J. S. L., 1998. Properties of concrete incorporating rubber tyre particles, *Magazine of Concrete Research*, 50, 297-304.
- Nehdi, M. and Khan, A., “Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications”, *Cement and Concrete Aggregates, CCAGDP*, 2001, Vol. 23, No. 1, June pp. 3–10.
- Neville, A.M. 2011. *Properties of concrete*. Fifth, ed., Pitman Publishing, London.
- Olivares G. Barluenga, M. Bollati Witoszek B. 2002. Static and dynamic behavior of recycled tyre rubber filled concrete, *Cement and Concrete Research*, 32 (10), 1587–1596.
- Oliveres, F. H., Barluenga, G., Bollati, M., Witoszek, B., 2002. Static and Dynamic Behavior of Recycled Tyre Rubber-Filled Concrete, *Cement and Concrete Research*, 32 (10), 1587–1596.
- Öner, B., 2013. *Lif Takviyeli Çimento Esaslı Kompozit Üretiminde Polimer Atıkların Değerlendirilmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 228 s, Samsun.
- Özden, B., Türer, A., 2005. Ucuz Taşıt Lastiği Yastığı (ALY) Kullanarak Sismik İzolasyon. *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı*, Ankara, 1-8.
- Pammakina, 2015. http://www.pammakina.com.tr/lastik_parcalama.html [Erişim Tarihi: 02.11.2015].
- Reschner, K., 2007. *Scrap Tire Recycling: A Summary of Prevalent Disposal and Recycling Methods*. Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2007. http://www.entireengineering.de/str/Scrap_Tire_Recycling.pdf.
- Segre N., Joekes I., “Use of tire rubber particles as addition to cement paste”, *Cem. C oncr.Res.*, 30 (9) 1421–1425, 2000.
- Siddique, R. and Naik, T. R., 2004, “Properties of Concrete Containing Scrap-Tire Rubber- An Overview”, *Waste Management*, 24, 563-569.
- Suthiwarapirak P., Matsumoto T., Kanda T. “Flexural fatigue failure characteristics of an Engineered Cementitious Composite and Polymer Cement Mortars.” *Materials, Conc. Struc. Pavements, JSCE No. 718/V-57*, pp. 121- 134, 2002.

- Sancak, E., Sari, Y. D., and Simsek, O. 2008. Effects of elevated temperature on compressive strength and weight loss of the light-weight concrete with silica fume and superplasticizer. *Cement and Concrete Composites*, 30(8), 715-721.
- Şahmaran, M. Özbay E., Yücel H. E., Lachemi M. and Li V. C. 2011. Effect of fly ash and PVA fiber on microstructural damage and residual properties of engineered cementitious composites exposed to high temperatures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23, 12, 1735–1745..
- Şahin, M., 2011. Mikronize Malzeme Tane Boyutunun Çimento Esaslı Kompozit Yapıya Etkisinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 122 s, Isparta.
- Tantala, M. W., Lepore, J. A., and Zandi, I., “Quasi-Elastic Behavior of Rubber Included Concrete”, “12th International Conference on Solid Waste Technology and Management” 1996.
- Taşdemir, C., Taşdemir, M.A., Mills, N., Barr, B.I.G. ve Lydon, F.D. (1999). Combined effects of silica fume, aggregate type, and size on post peak response of concrete in bending, *ACI Materials Journal*, 96, 74-83.
- Topçu, İ. B., Avcular, N., 1997. Collosion Behaviours of Rubberized Concretes. *Cement And Concrete Research*, 27, 1893-1898
- Türker, P. Erdoğan, B. vd.,(2003) Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özelliklen, TÇMB, Ankara.
- Ünlü, H., 2006. Otomotiv Endüstrisinde Oluşan Tehlikeli Atıkların Geri Kazanım. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 144s, Bursa.
- Yeşilata, B., Bulut, H., Turgut, P., Demir, F., 2007, Atık taşıt lastiklerinin geri kazanımı ve Alıtım amaçlı kullanımı, *MMO tesisat mühendisliği dergisi*, 102, 64-72,
- Yeşilata, B., Turgut, P., Demir, F., 2008. Atık Taşıt Lastikleri ile Potansiyel Uygulamalar ve Beton İçerisinde Kullanımı, *Çimento ve Beton Dünyası*, 71, 65-74.
- Zhang J., Li V.C. “Monotonic and fatigue performance in bending of fiber reinforced Engineered Cementitious Composite in overlay system.” *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, No. 3, pp. 415-423, 2002

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Saidu Umar ZUBAIRU

Doğum Yeri ve Yılı : Yobe State Damagum, 1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : Saeedu001@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : GSTCD, 2008

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Öğretmenliği

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)