



Bozok Journal of Engineering and Architecture

e-ISSN: 3023-4298

Araştırma Makalesi/Research Article

Atık sigara izmaritinden elde edilen liflerin harçların mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisinin incelenmesi

Buse Cengiz¹, Yunus Gündüz^{2*}, Yuşa Şahin¹

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Yozgat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi
18.10.2024
Kabul tarihi
09.12.2024
Yayın tarihi
31.12.2024

Anahtar Kelimeler:

Sigara İzmariti
Çimentolu Harç
Lif
Mekanik Özellikler
Fiziksel Özellikler

ÖZET

Dünyada her yıl 6 trilyon sigara izmariti üretilmektedir. Sigara izmariti deniz, okyanus ve toprağa atık olarak atılıp, doğaya karışarak canlı yaşamı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Sigara izmariti geri dönüşümü olmayan ve yıllarca doğada kalıp orman yangınlarına sebep olan, menfezlere atılıp yağmur suyu ızgaralarını doldurarak kanalların tıkanmasına yol açan ve nehirlere, okyanuslara atılarak su kaynaklarımızın kirlenmesine yol açan bir atıktır. Bilinen en eski lif takviyesi kerpiç duvarların sıvasında kullanılan saman takviyeli kildir. 20. Yüzyılın son çeyreğinde lifli betonlar üzerinde birçok çalışma yapılmıştır ve bu konuda önemli mesafeler kaydedilmiştir. Çalışma kapsamında atık sigara izmaritlerinden elde edilen sigara izmariti liflerinin çimentolu harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Atık sigara izmaritlerinden elde edilen lifler ve kısa kesilmiş kancasız çelik lifler, harç karışımlarına hacimsel olarak %0,5, %1, %1,5, %2 ve %2,5 oranlarında katılmıştır. Üretilen harçlar üzerinde taze halde yayılma deneyi ve sertleşmiş halde birim ağırlık, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı tayini deneyleri uygulanmıştır. Referans numunenin yayılma değeri 20 cm, birim ağırlık değeri 1,85 g/cm³, eğilme dayanımı değeri 2,70 MPa ve basınç dayanımı değeri 18,85 MPa olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre, işlenebilirliği azaltmadan basınç dayanımında %5 ve eğilme dayanımında %10 artış hedeflerine hacimce %0,5 oranında atık sigara izmariti lifi içeren karışımda ulaşılmıştır.

Investigation of the effect of fibers obtained from waste cigarette butts on the mechanical and physical properties of mortars

ARTICLE INFO

Article history:

Received
18.10.2024
Accepted
09.12.2024
Published
31.12.2024

Keywords:

Cigarette Butt
Cement Mortar
Fiber
Mechanical Properties
Physical Characteristics

ABSTRACT

Six trillion cigarette butts are produced in the world every year. Cigarette butts are thrown into sea, ocean and soil as waste and mix with nature, posing a great threat to living things. Cigarette butts are waste that cannot be recycled and remain in nature for years, causing forest fires, being thrown into culverts and filling rainwater grids, causing clogging of channels, and being thrown into rivers and oceans, causing pollution of our water resources. The oldest known fiber reinforcement is straw-reinforced clay used in the plaster of adobe walls. Many studies have been carried out on fibrous concrete in the last quarter of 20th century and significant progress has been made in this regard. Within the scope of the study, the effect of cigarette butt fibers obtained from waste cigarette butts on the physical and mechanical properties of cementitious mortars was investigated. Fibers obtained from waste cigarette butts and short-cut hookless steel fibers were added to the mortar mixtures at the rates of 0.5%, 1%, 1.5%, 2% and 2.5% by volume. Spreading test in fresh and determination of unit weight, flexure strength and compressive strength in hardened were carried out on the produced mortars. It was determined that the reference sample had spreading value of 20 cm, unit weight value of 1.85 g/cm³, flexure strength value of 2.70 MPa and compressive strength value of 18.85 MPa. According to the results of the study, targets of 5% increase in compressive strength and 10% increase in bending strength without reducing workability were achieved in the mixture containing 0.5% waste cigarette butt fiber by volume.

ORCID ID: Buse Cengiz : 0009-0008-9409-0903; Yunus Gündüz : 0000-0001-9740-0980; Yuşa Şahin : 0000-0002-3586-412X

*Sorumlu yazar: Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Yozgat, Türkiye

E-mail: yunus.gunduz@bozok.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için: Cengiz, B., Gündüz, Y., Şahin, Y., "Atık sigara izmaritinden elde edilen liflerin harçların mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisinin incelenmesi", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 3, no. 2, pp. 136-148, 2024.

1. GİRİŞ

Beton; agrega, çimento, su ve gerektiğinde mineral ve kimyasal katkıları ilave edilerek elde edilen kompozit bir malzemedir. Betonun birçok avantajı olmasına karşın gevrek bir malzeme olması dolayısıyla düşük çekme dayanımına sahiptir. Betonun bu dezavantajını gidermek için literatürde kısa kesilmiş lif kullanımı çok önerilen bir yöntemdir [1, 2 ve 3]. Betonda özellikle çelik lifler kullanarak; çekme, eğilme, darbe dayanımı ve tokluk gibi özellikler büyük ölçüde iyileştirilmiştir [4-6 ve 7]. Çelik liflerin yanı sıra bazalt, polipropilen ve cam [8, 9 ve 10] lifler de çimento esaslı malzemelerde başta mekanik özellikler olmak üzere durabilite ve yangın dayanıklılığını artırmada kullanılmaktadır [11].

Son zamanlarda atık malzemelerin geri dönüştürülerek, çimentolu kompozitlerde lif takviyesi olarak kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Hamzaçebi çalışmasında [12], atık araç lastiklerinden elde ettiği çelik liflerin betonun mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Kullanılan atık çelik liflerin, lif içeriğinin ve narinlik oranının artmasıyla yarma dayanımını ve eğilme dayanımını önemli ölçüde artırdığı, işlenebilirliği ise azalttığı gözlenmiştir. Tulaian ve ark. yaptıkları çalışmada [13], atık plastik liflerden üretilen portland çimentolu harçların mekanik özellikleri üzerine araştırma yapmıştır. Çalışmada lif içeriği ve lif boyutu değişkenliğine göre harçların mekanik özelliklerinin değiştiği belirtilmiştir. Liflerin ilave edilmesiyle birlikte portland çimentolu harçların eğilme dayanımının referans numuneye kıyasla % 6 ile %84 oranında arttığı belirtilmiştir. Park ve Lee yaptıkları çalışmada [14], atık cam, çelik ve polipropilen lifler içeren çimentolu harçlar üzerinde alkali silika reaksiyonu deneyi yapmışlardır. Çalışmada atık cam, çelik ve polipropilen lif katılmasıyla beraber alkali silika reaksiyonunun %40'a kadar azaldığı belirtilmiştir. Aynı zamanda harçların eğilme dayanımının %110'a kadar artırdığı ifade edilmiştir. Spadea ve ark. yaptıkları çalışmada [15], geri dönüştürülmüş naylon liflerin çimentolu harçlara etkisini araştırmışlardır. Çalışmada atık balık ağlarından geri dönüştürülmüş naylon lifler 12,7 mm, 25,4 mm ve 38,2 mm olmak üzere 3 farklı boyutta çimentolu harçlara ilave edilmiştir. Çalışma sonucuna göre lif uzunluğu arttıkça harçların eğilme dayanımının önemli derecede arttığı (%35) belirtilmiştir. Aynı zamanda liflerin katılmasıyla beraber çimentolu harçların ilk çatlak oluşturma direncinin arttığı gözlenmiştir.

Atık sigara izmaritlerinin biyolojik olarak parçalanamayan çöp türü ve sokaklardan nehirlerle okyanuslardan plajlara kadar en çok toplanan atık malzeme olduğu belirtilmiştir [16]. Atık malzeme olarak sigara izmaritinin geri dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Atık sigara izmaritinin çimento esaslı karışımlarda kullanımına yönelik çalışmalara literatürde rastlanmıştır. Tao ve arkadaşları çalışmalarında [17], atık sigara izmaritini lif haline getirilmeden doğrudan beton karışımlarında kullanmışlardır. Atık sigara izmariti, temizlenip kurtulduktan sonra parafin mumuyla kapatılarak sertleştirilmiştir. Çalışma sonucunda karışımlarda sigara izmariti miktarının artmasıyla mukavemet değerlerinin azaldığı ve sünekliliğin arttığı gözlenmiştir. Rosete çalışmasında [18], Tao ve ark. [17] gibi atık sigara izmaritini lif haline getirilmeden doğrudan beton karışımlarında kullanmıştır. Numunelerde sigara izmariti miktarının artmasıyla beton renginin koyulaştığı ve koku oluştuğu gözlenmiştir. İlerleyen dönemlerde ise koku yok denecek kadar azalmıştır. Rahman ve arkadaşları çalışmalarında [19], diğer araştırmacıların kullandığı gibi atık sigara izmaritini bütün olarak bitümlerle karıştırarak, asfalt yapımında kullanmışlardır. Sızma testi, yumuşama noktası testi, viskozite testi ve bir bağlayıcı tahliye testi uygulamışlardır. Numunelerin yumuşama noktası değeri azalmış ve viskozite değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Mohajerani çalışmalarında [20], %1 oranında atık sigara izmariti kullanarak tuğla elde etmiştir. Atık sigara izmaritli tuğla, normal tuğlaya göre daha iyi dayanım göstermiştir. Ayrıca atık sigara izmaritli tuğla daha iyi yalıtım sağlamıştır ve daha hafif olarak elde edilmiştir. Khojasteh ve Ahmadi yaptıkları çalışmada [21], farklı oranlarda atık sigara izmarit lifi içeren betonlar üretmişlerdir. Çalışmada 10 farklı oranda atık sigara izmarit lifi kullanılmıştır. Çalışmada %0,2 orana kadar atık sigara izmarit lifi ilavesinin numunelerde basınç dayanımını artıracağı belirtilmiştir. Daha yüksek oranda atık sigara izmarit lifi içeren numunelerin ise basınç dayanımına olumsuz etki yaptığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde %0,2 oranında atık sigara izmarit lifi içeren numunelerin eğilme dayanımının arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak betonda hacimce %0,2 oranında atık sigara izmarit lifi kullanımının betonun mekanik özelliklerini iyileştireceği ifade edilmiştir. Bayati ve ark. yaptıkları çalışmada [22], beton içerisine %1 ile %5 arasında atık sigara izmarit lifi ilave ederek betonun fiziksel, elektriksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Beton içerisine ilave edilen atık sigara izmarit lifi arttıkça karışımların birim ağırlığının azaldığı belirtilmiştir. Aynı şekilde %5 atık sigara izmarit lifi içeren karışımların elektriksel dirençlerinin azaldığı ifade edilmiştir. Bu karışımların basınç dayanımı değerlerinin referans karışıma kıyasla %38 oranında azaldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak %1 ile %5 oranlarında atık sigara izmaritinin taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında kullanılabilmesi ifade edilmiştir. Literatür çalışmalarına göre; atık sigara izmariti ve atık sigara izmarit lifi olarak adlandırılan malzemelerin betonda belirli oranlarda kullanılabilmesi hatta taşıyıcı olmayan yapılarda yüksek oranlarda kullanılabilmesi belirtilmektedir.

Çalışma kapsamında, sigara izmaritleri atık kutularında toplanıp, atık sigara izmaritlerin kaplamaları soyularak lifli bölgeleri elde edilmiştir. Liflerin, Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) altında tane boyutları ve şekilleri incelenmiştir. Lif içermeyen standart harç karışımı ve atık sigara izmaritinden elde edilen lifleri içeren harç karışımları üretilmiştir. Atık sigara izmaritinden elde edilen lifler, harç karışımlarına hacimsel olarak %0,5, %1, %1,5, %2 ve %2,5 oranlarında katılmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla aynı oranlarda kısa kesilmiş kancasız uçlu ve 6 mm uzunluklu çelik lifler kullanılarak harçlara ilave edilmiş ve böylece çelik lif ile atık

sigara izmaritinden elde edilen liflerin harç özellikleri üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. Üretilen çimentolu harçlar üzerinde taze halde yayılma deneyi ve sertleşmiş halde birim ağırlık gibi fiziksel özellikleri ölçmeye yönelik deneyler uygulanmıştır. Çimentolu harçların mekanik özellikleri ise 28 günlük numuneler üzerinde yapılmış olan eğilme ve basınç deneyleri ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında atık sigara izmaritlerinden elde edilen liflerin harçlarda hangi oranlara kadar kullanılabilceği ortaya konmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Malzeme

2.1.1. Çimento

Karışımların hazırlanması için Yozgat Votorantim Çimento fabrikasından temin edilen CEM I 42.5R tipi çimento kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı ve özgül yüzey değerleri sırasıyla 3,1 ve 3500 cm²/g'dır.

2.1.2. Silis Kumu

Çalışma kapsamında silis kumu kullanılmıştır. Silis kumunun yoğunluğu ve su emme değerleri, TS EN 1097-6 [23] standardına göre sırasıyla 2,6 g/cm³ ve %1,85 olarak belirlenmiştir.

2.1.3. Su

Çalışma kapsamında üretilen harçlarda Yozgat ili şebeke suyu kullanılmıştır.

2.1.4. Çelik Lif

Çalışma kapsamında 6 mm uzunluğunda ve 0,13 mm çapında olan çelik lifler kullanılmıştır. Çelik lifin yoğunluğu 7,8 g/cm³ ve çekme dayanımı 2850 MPa değerindedir [24]. Karışımlarda kullanılan çelik lifler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çelik lif

2.1.5. Atık Sigara İzmarit Lifi

Atık sigara izmaritini toplamak için Yozgat Bozok Üniversitesi kampüs içerisinde çeşitli alanlara sigara izmariti toplama kutuları yerleştirilmiştir. Atık sigara izmaritleri toplama kutularından toplanarak Yozgat Bozok Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında çeşitli işlemlere alınmıştır. İlk olarak elek yardımıyla sigara külü ve diğer toz malzemelerin ayrımı yapılmıştır. Daha sonra sigara izmaritlerinin kaplamaları soyularak sigara izmaritleri bütün lifler halinde elde edilmiştir. Bütün lifli halde bulunan sigara izmarit lifleri elle ayrıştırılarak lifler tane tane olacak şekilde karışıma hazır hale getirilmiştir. Atık sigara izmarit liflerin hazırlanma aşamaları Şekil 2'de verilmiştir. Atık sigara izmarit lifinin yoğunluğu ve su emme değerlerini belirlemek için herhangi bir standart bulunmamaktadır. Ancak literatürde atık sigara izmaritlerin selüloz asetat liflerinden oluştuğu belirtilmiştir. Selüloz asetat liflerin toplam gözenekliliğinin %97, yoğunluğunun 0,65 ± g/cm³ ve su emme değerinin yaklaşık %850 değerinde olduğu belirtilmiştir [25].



a) Atık sigara izmaritinin toplanması



b) Atık sigara izmaritinin, sigaranın küllerinden ayrılması



c) Atık sigara izmaritlerinin kaplamalarının soyulması



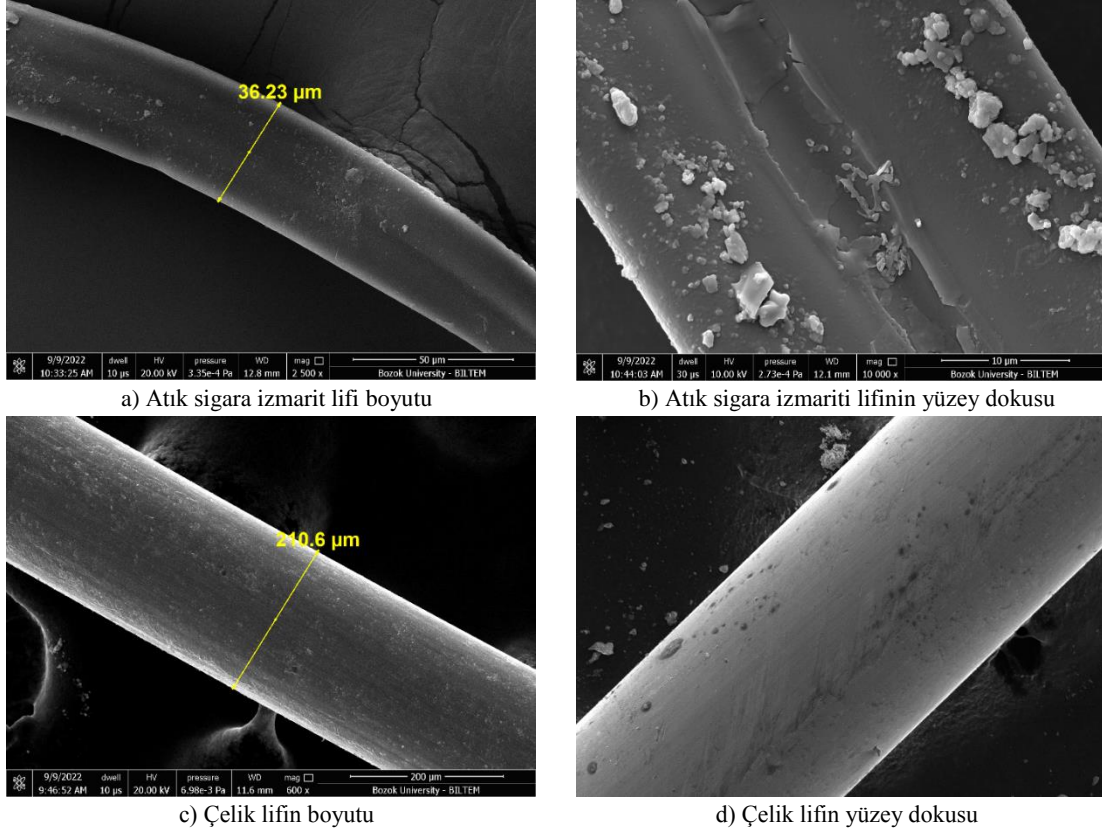
d) Atık sigara izmaritlerinin lif haline getirilmesi



e) Atık sigara izmarit lifi

Şekil 2. Atık sigara izmaritlerin toplanması ve karışıma hazır hale getirilmesi

Elde edilen lifler ve çelik lifler üzerinde SEM görüntüleri alınarak tane boyutları ve şekilleri incelenmiştir. SEM görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Atık sigara izmarit lifinin ve çelik lifin SEM görüntüleri

Atık sigara izmariti liflerinin çapları ortalama 36 µm olarak ölçülmüştür. Çelik liflerin çapı ise yaklaşık 210 µm olarak ölçülmüştür. Atık sigara izmarit lifleri içyapısının boşluklu olduğu gözlemlenmiştir. Bundan dolayı su emme kapasitesi değerinin yüksek olacağı söylenebilir. Çelik lifin ise boşluksuz olduğu ve su emme kapasitesinin düşük olacağı söylenebilir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Harç Karışımı

Karışımlarda lifler hacimce %0,5, %1, %1,5, %2 ve %2,5 olacak şekilde hesaplanmıştır. Karışımlarda kimyasal katkı kullanılmaması amacıyla harçların su/çimento (S/Ç) oranı 0,6 olacak şekilde belirlenmiştir. Harç karışım miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Harç karışım oranları, gr

Karışım	Çimento	Su	Silis kumu	Sigara izmarit lifi	Çelik lif
Referans				-	
İZ0,5				4,7	
İZ1				9,3	
İZ1,5				14,0	
İZ2				18,6	
İZ2,5	450	270	1350	23,3	
Ç0,5					33,3
Ç1					66,6
Ç1,5					99,8
Ç2					133,1
Ç2,5					166,4

Harç karışımları TS 1015-2 [26] standardında yer alan üretim işlemine uygun olarak hazırlanmıştır. Karışım kabına su konulduktan sonra mikser düşük hızda çalışırken 15 saniye içerisinde harç karışım katı kısmı ilave edilmiştir. Karıştırıcı 75 saniye çalıştırdıktan sonra karıştırma kabı tabanı ve kenarı kaşık yardımıyla sıyırılıp mikser 30 saniye yüksek hızda tekrar karıştırılmıştır. Taze haldeki harç karışımlar üzerinde TS 1015-3 [27] standardına uygun yayılma deneyi yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yayılma deneyi düzeneği

Hazırlanan harç karışımı iki tabaka halinde kesik koni içerisine yerleştirildikten sonra harç yüzeyi düzenlenmiştir. Ardından kesik koni yukarıya doğru çekilerek alınmıştır. Dairesel levha üzerinde kalan harç kütlesi, yayılma tablası sabit sıklıkta 15 defa düşülerek levhaya yayılmıştır. Yayılan harç kütlesinin çapı ölçülerek karışımların yayılma değerleri not edilmiştir.

Hazırlanan harç karışımı 40*40*160 mm boyutlarında daha önceden yağlanmış kalıplara yarısı dolacak şekilde doldurulmuş ve sarsma tablasında sıkıştırma yapılmıştır. Sonra diğer yarısı doldurulup, aynı şekilde sarsma tablasında yerleştirme yapılmıştır. Sonrasında harç kalıpların üstü mala ile düzlenmiş ve numuneler 24 saat laboratuvar ortamında kalıpta beklemeye bırakılmıştır. Bir gün sonra kalıplar sökülerek numuneler 28 gün kür işlemine maruz kalacak şekilde 20±2°C sıcaklığa sahip kür havuzuna bırakılmıştır. Kür sonunda harç numuneleri üzerinde fiziksel özellikleri belirlemek için birim ağırlık, mekanik özellikleri belirlemek amacıyla eğilme dayanımı ve basınç dayanımı tayini testleri uygulanmıştır.

2.2.2. Birim Ağırlık

Sertleşmiş harç numuneler üzerinde TS EN 1015-10 [28] standardına uygun birim ağırlık deneyi yapılmıştır. Numunelerin hacimleri havada ve suda tartılarak belirlenmiştir. Ardından numuneler sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Sertleşmiş harç numunelerin birim ağırlığı; kuru ağırlığın, numunenin hacmine bölünmesiyle belirlenmiştir.

2.2.3. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı TS EN 1015-11 [29] standardına uygun yapılmıştır. Eğilme dayanımından sonra ikiye ayrılan her bir numune üzerine 2.4 kN/s hızında basınç deneyi yapılmıştır. Toplam altı adet numune üzerinde basınç deneyi yapılmıştır. Basınç dayanımının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (2)$$

Burada;

f_c = Basınç dayanımı, MPa(N/mm²)

F = Kırılma anında oluşan en yüksek tepe yükü, N

A_c = Numunenin, üzerine basınç uygulandığı en kesit alanı, mm²

Basınç dayanımı düzeneği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Basınç dayanımı düzeneği

2.2.4. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı TS EN 1015-11 [29] standardına uygun yapılmıştır. Yükleme hızı 0.05 kN/s uygulanmıştır. Üç adet numune üzerinde eğilme dayanımı deneyi yapılmıştır. Eğilme dayanımının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$f_{cf} = \frac{3 \times F \times L}{2 \times B \times D^2} \quad (1)$$

Burada;

f_{cf} = Eğilme dayanımı, MPa(N/mm²)

F = En yüksek tepe yükü, N

L = Mesnet açıklığı, mm

B = Numune genişliği, mm

D = Numune yüksekliği, mm

Eğilme dayanımı düzeneği Şekil 6'da verilmiştir.



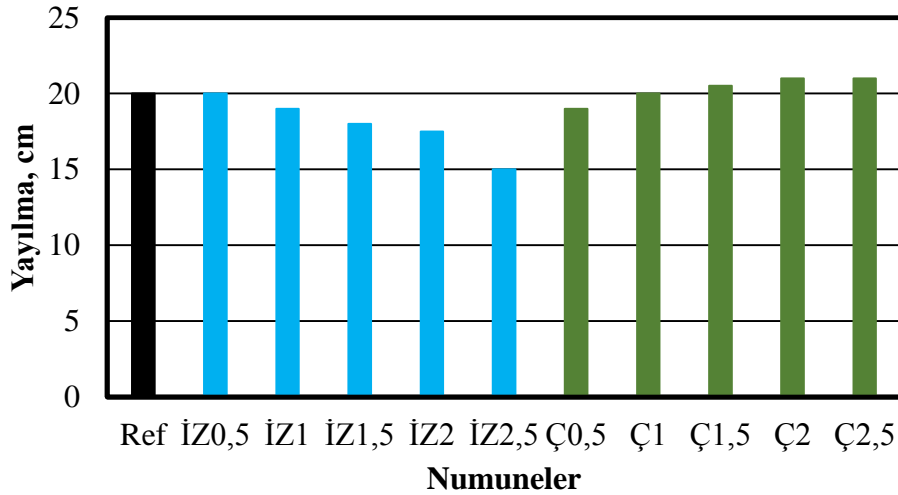
Şekil 6. Eğilme dayanımı düzeneği

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında taze harçlar üzerinde yayılma deneyi ve sertleşmiş harçlar üzerinde ise birim ağırlık, basınç ve eğilme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır.

3.1. Yayılma

Karışımlara ait yayılma değerleri Şekil 7’de verilmektedir.



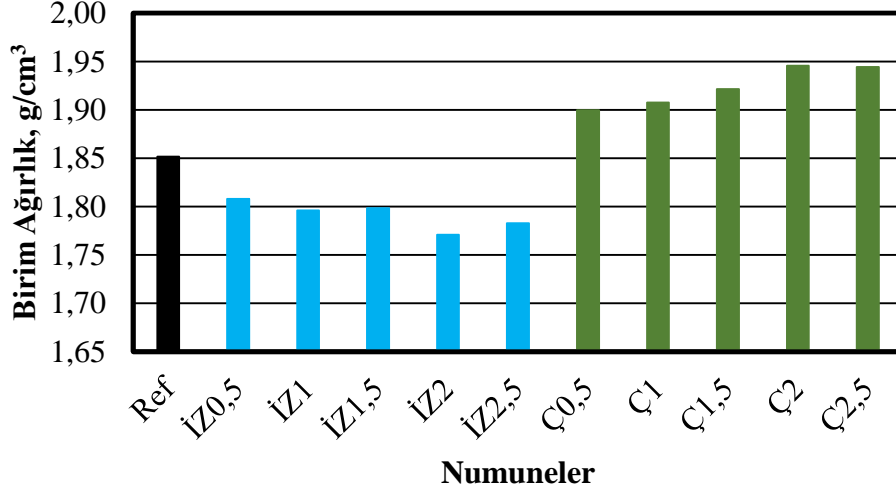
Şekil 7. Karışımların yayılma sonuçları

Referans karışımın yayılma değeri 20 cm olarak belirlenmiştir. Karışımlarda sigara izmariti lifi oranı arttıkça karışımların yayılma değerinin düştüğü görülmüştür. %2,5 oranında atık sigara izmarit lifi içeren karışımın yayılma değeri referans karışıma göre %25 oranında azalarak 15 cm değerinde bulunmuştur. Karışımlarda çelik lif oranı arttıkça karışımların yayılma değerinin arttığı görülmüştür. %2,5 oranında çelik lif içeren karışımın yayılma değeri referans karışıma göre %5 oranında artarak 21 cm değerinde

elde edilmiştir. Sigara izmariti lifinin yüksek su emme kapasitesine sahip olduğundan dolayı sigara izmariti lifi içeren karışımların yayılma değerinin düşük çıktığı düşünülmektedir.

3.2. Birim Ağırlık

Atık sigara izmarit lifinin birim ağırlığı düşük olduğundan atık sigara izmarit lifi içeren karışımların birim ağırlığı beklenildiği gibi referans karışıma kıyasla daha düşük olurken, çelik lif içeren karışımlarda ise referans karışıma kıyasla daha yüksek olmuştur. Karışımlara ait birim ağırlık değerleri Şekil 8’de verilmektedir.



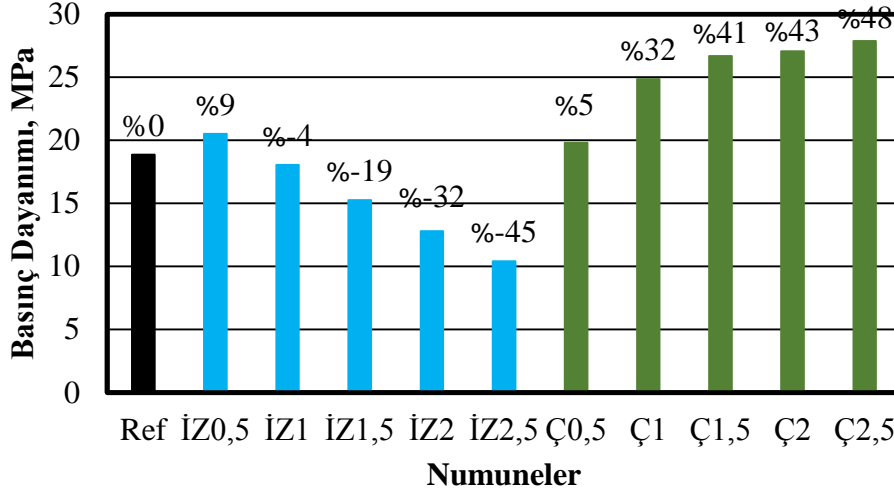
Şekil 8. Karışımların birim ağırlık sonuçları

Referans karışımın birim ağırlık değeri $1,85 \text{ g/cm}^3$ 'dir. Sigara izmariti lifi içeren karışımların birim ağırlık değeri referans karışıma göre daha düşük elde edilmiştir. En düşük birim ağırlık değeri, %2 sigara izmariti lifi içeren karışımda görülmüş ve referans karışımın birim ağırlığına kıyasla %4 düşük olarak $1,77 \text{ g/cm}^3$ değerinde elde edilmiştir. Çelik lif içeren karışımların birim ağırlık değerinin referans karışıma göre beklenildiği üzere daha yüksek elde edilmiştir. En yüksek birim ağırlık değeri, %2 çelik lif içeren karışımda görülmüş ve referans karışımın birim ağırlığına kıyasla %5 daha yüksek olarak $1,95 \text{ g/cm}^3$ değerinde elde edilmiştir. Karışımların birim ağırlık değerleri genel olarak, sigara izmarit lifi kullanım oranı arttıkça azalmış buna karşın çelik lif kullanım oranı arttıkça artmıştır. Bununla birlikte, İZ1,5 ve İZ2,5 numunelerin birim ağırlığı değerleri bir önceki numuneye kıyasla sırasıyla %0,12 ve %0,69 derecelerinde kısıtlı sayılabilecek artış göstermiştir.

Atık sigara izmarit lifinin yüksek su emme kapasitesine sahip olmasından dolayı liflerin karışım esnasında su absorbe edeceğinden karışım esnasında ve/veya karışım sonrasında liflerin absorbe ettiği suyun buharlaşarak uzaklaşması sonucu harçların birim ağırlık değerinin azalacağı düşünülmektedir. Çelik lif içeren karışımlarda ise, çelik lifin su emme kapasitesinin çok az ve/veya yok olması sebebiyle karışım esnasında ve/veya karışım sonrasında suyun buharlaşarak uzaklaşması olmayacaktır. Bu, çelik lifli harçların birim ağırlığının referans karışıma kıyasla yüksek çıkmasının başka bir nedeni de olabilir.

3.3. Basınç Dayanımı

Karışımlar üzerinde madde 2.2.2’de açıklanan yöntem uygun olarak basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları 6 numune ortalaması olarak Şekil 9’da verilmektedir.

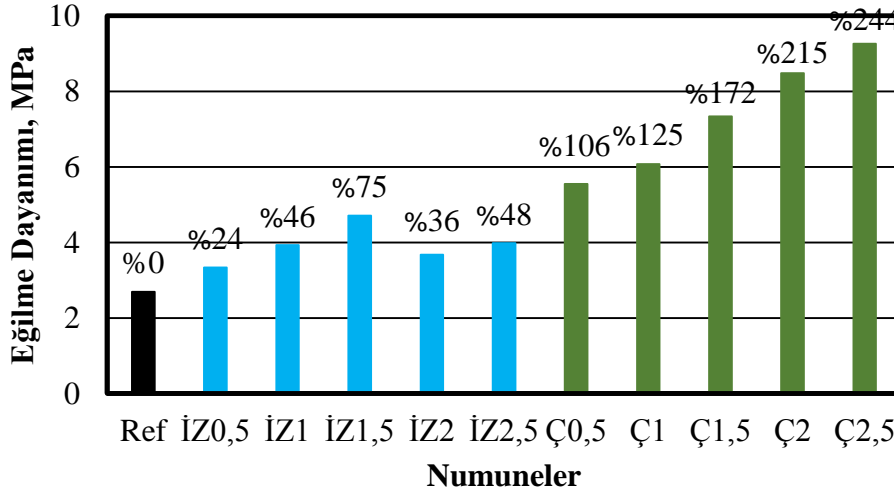


Şekil 9. Karışımların basınç dayanımı sonuçları

Referans karışımın basınç dayanımı değeri 18,85 MPa olarak elde edilmiştir. Karışımlara %0,5 oranında sigara izmariti lifinin katıldığı İZ05 kodlu karışımın basınç dayanımı değeri referans karışıma kıyasla %9 oranında daha yüksek olarak 20,50 MPa elde edilmiştir. Liflerin kısıtlı katıldığı %0,5 oranı hariç diğer oranlarda sigara izmariti lifi katılmasıyla beraber karışımların basınç dayanımları referans karışımın basınç dayanımına göre düşüş göstermiştir. Karışımlara çelik lif katılması ile birlikte karışımların basınç dayanımları artmıştır ancak belirgin bir doğrusal artıştan bahsedilememektedir. En yüksek basınç dayanımı %2,5 oranında çelik lif içeren karışıma ait olup, referans karışımın basınç dayanımına göre yaklaşık %48 oranında artış göstererek 27,86 MPa değerinde elde edilmiştir.

3.4. Eğilme Dayanımı

Karışımlar üzerinde madde 2.2.3'de açıklanan yöntem uygun olarak eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları 3 numune ortalaması olarak Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Karışımların eğilme dayanımı sonuçları

Referans karışımın eğilme dayanımı değeri 2,70 MPa olarak elde edilmiştir. Karışımlara %0,5, %1 ve %1,5 oranında sigara izmariti lifinin katılması ile birlikte karışımların eğilme dayanımında doğrusala yakın bir artış olduğu söylenebilir. %1,5 oranında sigara izmariti lifi içeren harç karışımının eğilme dayanımı değeri 4,71 MPa olarak referans karışıma kıyasla yaklaşık %75 oranında artış göstermiştir. %2 ve %2,5 oranlarında sigara izmariti lifi içeren harç karışımların eğilme dayanımları, referans karışımın eğilme dayanımına kıyasla artış göstermesine rağmen %1,5 oranında sigara izmariti lifi içeren karışımın eğilme dayanımına kıyasla düşüş göstermiştir. Eğilme dayanımı değerleri %1,5 lif katılımında en yüksek değere ulaştıktan sonra yaklaşık yarı yarıya denebilecek düzeyde azalmıştır. İzmarit liflerinin %2,5 oranında katıldığı karışımda eğilme dayanımı değeri %2 oranında sigara izmarit lifi

içeren harç karışımına kıyasla %8 oranında artış gösterse de bu karışım Şekil 6'dan da görüleceği üzere çok düşük yayılma değerine sahiptir. Bundan dolayı, bu orandan daha fazla lif içerecek numunelerin, liflerin homojen olarak dağıldığı bir karışım elde edilebilmesi bakımından, üretilebilirliği düşük olacaktır. Harç karışımlara sigara izmariti lifinin katılmasıyla beraber en yüksek eğilme dayanımı değerinin yaklaşık %1,5 oranında elde edilebileceği söylenebilir. Karışımlara çelik lif katılması ile birlikte karışımların eğilme dayanımları beklenildiği üzere artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı %2,5 oranında çelik lif içeren karışıma ait olup, referans karışımın eğilme dayanımına göre yaklaşık %244 oranında artış göstererek 9,25 MPa değerinde elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Çimentolu harçlarda atık sigara izmarit lifi içeriği arttıkça işlenebilirliğin azaldığı, buna karşın çelik lif içeriği arttıkça harçların yayılma değerinin arttığı görülmüştür. Ancak, çelik lifli miktarının yayılma değeri üzerinde daha kısıtlı bir değişikliğe neden olduğu (%5), atık sigara izmarit lifi miktarının ise daha belirgin (%25) değişikliğe neden olduğu saptanmıştır.
- Atık sigara izmarit lifi kullanımı ile beraber çimentolu harçların birim ağırlık değerinin %5 oranına kadar düşebileceği, çelik lif kullanımı durumunda ise çimentolu harçların birim ağırlık değerinin %5 oranına kadar artabileceği belirlenmiştir. Bu sonuç üzerinde, liflerin birim ağırlığının etkisi yüksektir, ancak liflerin su emme kapasitelerinin de etkisinin olabileceği düşünülmektedir.
- Atık sigara izmarit lifi kullanımının çimentolu harçların basınç dayanımını genel olarak olumsuz etkilediği görülmüştür. Ancak, atık sigara izmarit lifinin çimentolu harçlarda %0,5 oranında kullanımında basınç dayanımında %9 artış ve %1 kullanımında ise %4 gibi kısıtlı olarak değerlendirilebilecek bir azalma görülmüştür. Çelik liflerin kullanımı çimentolu harçların basınç dayanımını yükselttiği görülmüştür. Bununla beraber, çelik lifin %1,5, %2 ve %2,5 oranlarında kullanıldığı çimentolu harçlarda basınç dayanımı değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- Beklenildiği üzere çelik lif içeren harçların eğilme dayanımı değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Ancak, çimentolu harçlarda atık sigara izmarit lifi kullanımı ile birlikte tüm karışımların eğilme dayanımı değerlerinin referans karışıma kıyasla arttığı görülmüştür. Atık sigara izmariti liflerinin %1 ve %1,5 oranlarında kullanıldığı karışımlarda eğilme dayanımlarında sırasıyla %46 ve %75 gibi belirgin artışlar görülmüştür.

Sonuç olarak çimentolu harçlarda atık sigara izmaritinden elde edilmiş liflerin işlenebilirliğe olan olumsuz etkisi nedeniyle yüksek oranlarda kullanılmaması önerilse de, bu liflerin %1 - %1,5 gibi oranlarda çimentolu kompozitlerde kullanımlarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Çelik liflerin ve atık sigara izmariti liflerinin beraber kullanımı için ilerleyen dönem çalışmalarında farklı oranların kullanımı ile mekanik özelliklerin detaylı olarak araştırılması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/A – Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı tarafından desteklenmiştir.

YAZAR KATKILARI

1. Yazar: Çalışma fikri, deneysel çalışmalar ve sonuçların analizi
2. Yazar: Deneysel çalışmalar, sonuçların analizi, makale yazılması ve düzenlemesi
3. Yazar: Yuşa Şahin: Sonuçların analizi, makale yazılması ve düzenlemesi

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmada herhangi bir kurum, kuruluş, kişiler ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK

Bu makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] N. Banthia ve J.F. Trottier, "Concrete reinforced with deformed steel fibers, part I: bond-slip mechanisms" *Materials Journal*, vol. 91, no. 5, pp. 435-446, 1994.
- [2] F. Köksal, "Çelik Tel Donatılı Betonların Mekanik Davranışı ve Optimum Tasarımı" Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2004.
- [3] Y. Gündüz, "Çelik Tel Donatılı Betonlarda Kırılma Parametrelerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye, 2016.
- [4] D. Zhong ve K. Wu, "Fracture Properties of High-Strength Concrete" *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 86 – 88, 2001.
- [5] F. Köksal ve ark. "Effect of Steel Fiber Tensile Strength on Mechanical Properties of Steel Fiber Reinforced Concretes" *Special Publication*, vol. 289, pp. 1-15, 2012.
- [6] D.Y. Yoo ve ark. "Material and Bond Properties of Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete with Micro Steel Fibers" *Composites: Part B* 58, pp. 122-133, 2014.
- [7] P. Zhang ve ark. "A Review on Fracture Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete" *Journal of Building Engineering*, vol. 67, pp. 1-23, 2023.
- [8] E. Rousan ve ark. "Fresh, Mechanical, and Durability Properties of Basalt Fiber-Reinforced Concrete (BFRC): A Review" *Developments in the Built Environment*, vol. 14, pp. 1-17, 2023.
- [9] S. Yan ve ark. "An Experimental and Numerical Study on The Hybrid Effect of Basalt Fiber and Polypropylene Fiber on The Impact Toughness of Fiber Reinforced Concrete" *Construction and Building Materials*, vol. 411, pp. 1-10, 2024.
- [10] S.P.M. Perez ve ark. "Glass Fiber Reinforced Concrete: Overview of Mechanical and Microstructural Analysis" *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 9, no. 116, pp. 1-14, 2024.
- [11] C. Zhao ve ark. "Research on Different Types of Fiber Reinforced Concrete in Recent Years: An Overview" *Construction and Building Materials*, vol. 365, pp. 1-27, 2023.
- [12] D. Hamzaçebi, "Atık Çelik Liflerin Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2015.
- [13] B.S. Tulaian, ve ark., "Recycled Plastic Waste Fibers For Reinforcing Portland Cement Mortar" *Construction and Building Materials*, vol. 127, pp. 102-110. 2016.
- [14] S.B. Park ve B.C. Lee, "Studies on Expansion Properties in Mortar Containing Waste Glass and Fibers" *Cement and Concrete Research*, vol. 34, 1145-1152, 2004.
- [15] S. Spadea ve ark., "Recycled Nylon Fibers as Cement Mortar Reinforcement" *Construction and Building Materials*, vol. 80, pp. 200-209, 2015.
- [16] T.E. Novotny ve ark., "Cigarettes Butts and the Case for an Environmental Policy on Hazardous Cigarette Waste" *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 6, 1691-1705, 2009.
- [17] L. Tao, ve ark., "Experimental Study on Uniaxial Compressive Strength of Concrete Incorporated with Cigarette Butts", Xijing University, Xi'an, China, 2018.
- [18] J. Rosete, "Recycling Cigarettes in Concrete", Master Thesis, California Polytechnic State University, USA, 2020.
- [19] M. Rahman, ve ark. "Possible Recycling of Cigarette Butts as Fiber Modifier in Bitumen for Asphalt Concrete", Master Thesis, School of Engineering, RMIT University, Melbourne, Australia, 2020.
- [20] A. Mohajerani ve ark. "Recycling of Cigarette Butts in Fired Clay Bricks: A New Laboratory Investigation", *Materials*, vol. 13, no. 3, pp. 790, 2020.
- [21] T. Khojasteh ve H. R. Ahmadi, "Production of Green Fibred Concrete; a New Solution to Reduce Environmental Pollution Caused by Cigarette Butts", *Research Square*, vol. 1, pp. 1-18, 2024.
- [22] O. A. Z. Al-Bayati ve ark. "Reducing Energy Consumption By Using Cigarette Butts As Waste Material In Concrete Building Materials", *U.P.B. Sci. Bull.*, vol. 83, no. 4, pp. 277-290, 2021.
- [23] TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini, 2022.
- [24] Topçu, İ. B., 2006, "Beton Teknolojisi", Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir.
- [25] J. Tannous ve ark. "Study of The Effects of Incorporating Depolluted Cellulose Acetate in Mortars, With and Without Superplasticizer, in View of Recycling Cigarette Butt Waste", *Construction and Building Materials*, vol. 346, 2022.
- [26] TS 1015-2, Kâgir harcı - Deney metotları - Bölüm 2: İmalatta kullanılan harç yığınlarından numune alma ve deney için hazırlama, 2000.
- [27] TS EN 1015-3, Kâgir harcı- Deney metotları- Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile), 2000.

- [28] TS EN 1015-10, Kâgir harcı-Deney metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş harcın boşluklu kuru birim hacim kütlelerinin tayini, 2001.
- [29] TS EN 1015-11, Kâgir harcı - Deney yöntemleri - Bölüm 11: Sertleşmiş harcın eğilmede çekme ve basınç dayanımının tayini, 2020.