

Polipropilen Lif Katkılı Kerpiç Tuğlaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Mehmet Berkgil¹, Yaşar AYZAZ^{1*}

¹İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümü

Geliş / Received: 09/12/2019, Kabul / Accepted: 03/03/2020

Öz

Bu çalışmada lif katkılı kerpiç tuğla üretimi gerçekleştirmek için kullanılan killi toprak ile boyları 6 mm, 12 mm ve 19 mm olan polipropilen lif kullanılmıştır. Killi toprağa ağırlıkça % 0 (katkısız), % 0,5, % 1 ve % 1,5 oranlarında polipropilen lif katılmıştır. Katkısız karışımdan 1, polipropilen katkılı karışımlardan 9 farklı karışım toplam 10 adet farklı karışım oluşturularak kerpiç tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Her bir karışım için 3 adet kerpiç tuğla numunesi üretilmiştir. Üretilen bu örneklerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda polipropilen lif katkılı numunelerin katkı oranı ve lif boyu arttıkça hacim kaybının katkısız numunelere göre %8,57 ile %37,25 aralığında azaldığı, birim hacim ağırlığının ise %1,54 ile %7,25 aralığında azaldığı görülmüştür. Basınç dayanımlarının katkısız numunelere göre lif oranı ve boyu arttıkça %11,67 ile %44,93 aralığında arttığı görülmüştür. Eğilme hasar yüklerinin ise katkısız numunelere göre %43,19 ile %250,05 aralığında arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kerpiç tuğla, polipropilen lif, basınç dayanım, eğilme dayanımı

Mechanical Properties of Polypropylene Fiber Added Mud Bricks

Abstract

In this study, mud bricks were produced by using polypropylene fiber with 6 mm, 12 mm and 19 mm length. Polypropylene fiber was added to the clay soil in proportion of 0% (without additives), 0.5%, 1% and 1.5% by weight. A total of 10 different mixtures, 1 mixture without additives and 9 different mixtures with polypropylene additives, were created and mudbrick bricks were produced. 3 mud brick samples were produced for each fiber length and for each mix proportion. The volume losses, unit volume weights, compressive strengths and bending damage loads of these samples were investigated. As a result of the study, it was observed that as the mix ratio of polypropylene fiber additive samples and fiber length increased, the volume loss decreased between 8.57% and 37.25%, and the unit volume weight decreased between 1.54% and 7.25%. Compressive strengths were found to increase between 11.67% and 44.93% as the fiber ratio and length increased compared to non-additive samples. It was observed that bending damage loads increased between 43.19% and 250.05% compared to samples without additives.

Keywords: Fiber, mud brick, polypropylene fiber

1.Giriş

Kerpiç, toprağın suyla yoğrulduktan sonra kalıplanıp güneşte kurutulması ile üretilen yapı malzemesidir. İmalatı sırasında toprağa bazı bağlayıcı maddeler karıştırılmasının, kerpicingin bazı mekanik özelliklerini iyileştirici etkide bulunduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur (Kıvrak, 2007). Kerpiç ve tuğla üretiminin ana hammaddesi killi topraktır. Killi toprak, yapısında fazla miktarda kil maddesi içermesinden dolayı bu adı almıştır. İçeriğinde fazla oranda kil bulunması, su ile temas ettiğinde neredeyse bir oyuncak hamuru kıvamını almasına neden olmaktadır. Bu nedenle bir toprak tipinin killi toprak olduğunu anlamının en basit yöntemlerinden birisi de herhangi bir sıvı ile etkileşime geçtiğinde aldığı kıvamı gözlemlemek ve yapısını incelemektir (Anonim, 2019a). Killer seramik, kâğıt, petrol endüstrisinde, inşaat işlerinde (kerpiç, tuğla, kiremit üretimi) ve ziraat işleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Dünyada, yıllar boyunca evler inşa etmek için topraktan üretilen kerpiç kullanılmıştır. Zaman içinde inşaat teknolojisindeki ilerlemelerle beraber bu eğilim değişmiştir. Fakat halen mevcut yapıların büyük bir kısmı toprak malzemeleri içermektedir (Binici vd., 2007). Kerpiçler üzerinde yapılan çalışmaların amaçlarından biri, ateşlenmiş tuğlalar kirlenici gazlar ürettiğinden dolayı, ateşlenmemiş çevre dostu tuğlalar üretmektir (Raut vd., 2011).

Kerpiçlerin özelliklerinin geliştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Gül (2011), cam elyaf ve hava sürükleyici katkının kerpicingin basınç ve suya dayanıklılık özelliklerine etkisini araştırmıştır. Kıvrak (2007) yaptığı çalışmada silis dumanı katkıli kerpiçlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Binici vd. (2009) çalışmalarında fiber takviyeli kerpiç duvarların ses yalıtımını

incelemişlerdir. Gürfidan (2006) yaptığı çalışmada Safranbolu evlerinde kullanılan kerpiç malzemenin yüksek fırın cürufu ile iyileştirilmesini araştırmıştır. Toprağa %10-20-30-50 oranlarında ağırlıkça yüksek fırın cürufu katılmıştır.

Düşük basınç ve eğilme dayanımları kerpicingin dezavantajlarıdır. Yapılan çalışmada polipropilen lif katkısı kullanılarak kerpicingin fiziksel özelliklerinin, basınç ve eğilme dayanımlarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

2.Materyal ve Metot

2.1.Materyal

2.1.1.Killi toprak

Çalışmada kullanılan killi toprak, Elazığ yöresinde tuğla üretiminde kullanılan killi topraktır.

2.1.2.Polipropilen lif

Yapılan çalışmada 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarına sahip 3 tip polipropilen (PP) lif kullanılmıştır. Kullanılan PP'nin yoğunluğu $0,91 \text{ g/cm}^3$, çekme mukavemeti $450-700 \text{ N/mm}^2$, erime noktası 162°C , yanma noktası 593°C ' dir (Anonim, 2019b).

2.2.Yöntem

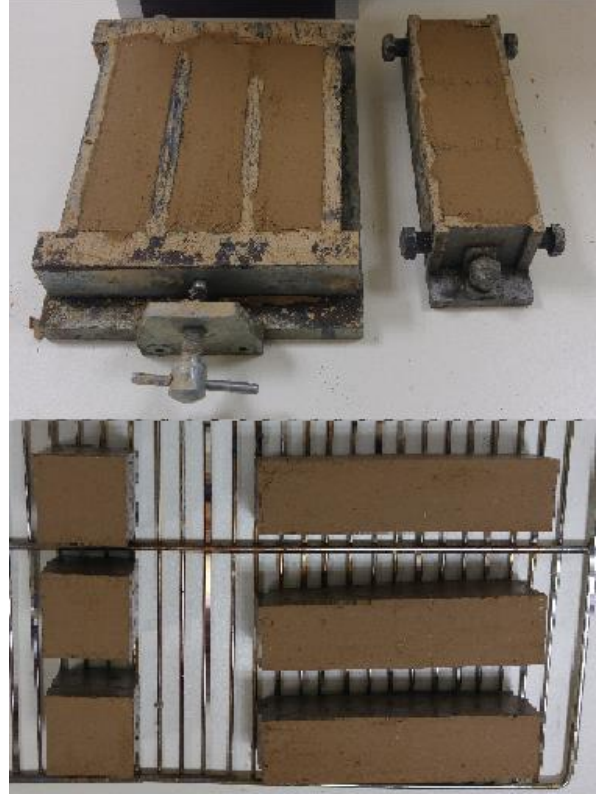
Yapılan çalışmada killi toprak ile PP lif kullanılmıştır. Kerpiç üretiminde killi toprak su alırken şişmekte, su kaybederken büzülmeindedir. Üretilen kerpiç numunelerinde katkı maddesi olarak kullanılan malzemenin bu şişme ve büzülme esnasında, gevrek yapıda olması çatlamalara sebep olabileceği, sünek yapıda olması ise killi toprak ile hareket edeceğinden dolayı çatlak oluşumuna sebep olmayacağı ve dayanımı arttıracığı düşünülmektedir. Bundan dolayı esnek bir yapıya sahip olan PP lif tercih edilmiştir.

Deneyde kullanılan kilin içerisindeki su muhtevasının ortadan kaldırılması için etüvde $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat kurutulmuştur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Etüvde kurutulmuş killi toprak

Her bir karışım için etüvde kurutulmuş killi toprak ile PP lifler karışım miktarları kadar tartılarak karışım yapmak için hazır hale getirilmiştir. Karışım suyu içerisine katılan PP lifler özel başlıklı matkap ile içerisine killi toprak katılarak karıştırılmıştır. Matkapla hazırlanan karışımları homojen bir hale getirmek için elle yoğrulmuştur. Yoğrulmuş karışımlar içerisinde hava kabarcıkları kalmaması için her bir karışım hava almayacak şekilde torbalara konularak 24 saat mayalanmaya bırakılmıştır. Numuneler $50*50*50$ mm ve $40*40*160$ mm boylarında olan yağlanmış kalıplara yerleştirilip el ile sıkıştırılmıştır (Şekil 2.2).

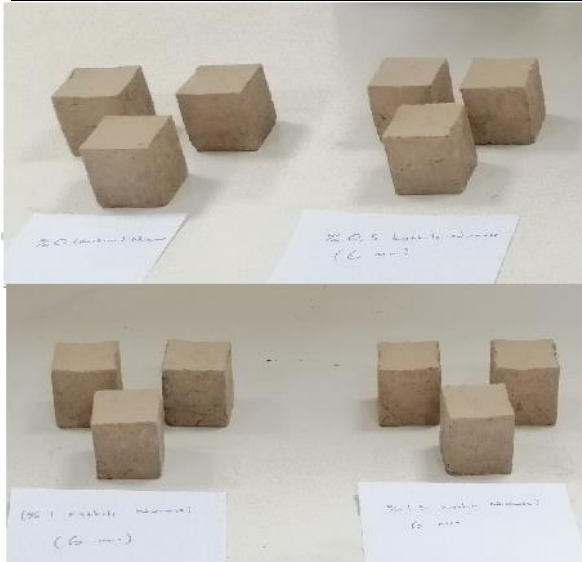


Şekil 2.2 Kalıplara yerleştirilmiş ve kalıptan çıkarılmış numuneler

Kalıplara yerleştirilen numunelerin üst yüzeyleri spatula ile düzeltilerek, ön kurutma olarak, 24 saat laboratuarda bekletilmiştir. Böylece üretilen numunelerde etüvdeki kurutma işlemi sırasında, ani su kaybından dolayı, oluşabilecek çatlakları engellemek amaçlanmıştır. 24 saat boyunca kalıpta bekleyen numuneler kalıplardan çıkarılarak $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Çalışma esnasında üretilen numunelere verilen kısaltmalar ve bu kısaltmaların açıklamaları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Deney örneklerinin açıklaması

Kısaltma	Örneklerin Açıklaması
Kontrol	Katkısız olarak üretilen kerpiçler
PP6-0,5	6 mm boyunda % 0,5 PP katkılı kerpiçler
PP6-1	6 mm boyunda % 1 PP katkılı kerpiçler
PP6-1,5	6 mm boyunda % 1,5 PP katkılı kerpiçler
PP12-0,5	12 mm boyunda % 0,5 PP katkılı kerpiçler
PP12-1	12 mm boyunda % 1 PP katkılı kerpiçler
PP12-1,5	12 mm boyunda % 1,5 PP katkılı kerpiçler
PP19-0,5	19 mm boyunda % 0,5 PP katkılı kerpiçler
PP19-1	19 mm boyunda % 1 PP katkılı kerpiçler
PP19-1,5	19 mm boyunda % 1,5 PP katkılı kerpiçler

**Şekil 2.3** Etüvde kurutulmuş kerpiç numuneler

Yapılan her deney için 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarındaki PP %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında ayrı ayrı katkı kullanılarak, her birinden 3'er adet, 3 adet de katkısız olmak

üzere toplam 30 adet kerpiç numune üretilmiştir.

3.Bulgular

Kerpiç PP lif katkılı numunelerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri belirlenmiştir.

3.1. PP katkılı kerpiçlerin hacim kayıpları

Kerpiç numunelerin hacim değişimlerini belirlemek için; numunelerin etüvdeki son kurutma işleminden sonra, her bir kenarı (L_1 , L_2 , L_3) kumpas ile ölçülerek boyutları belirlenmiştir. Kumpas ile kenar boyları (L_1 , L_2 , L_3) belirlenen numunelerin hacimleri Denklem (3.1)'de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$V=L_1 \times L_2 \times L_3 \quad (3.1)$$

L_1 , L_2 , L_3 =Kenar boyutları (mm)

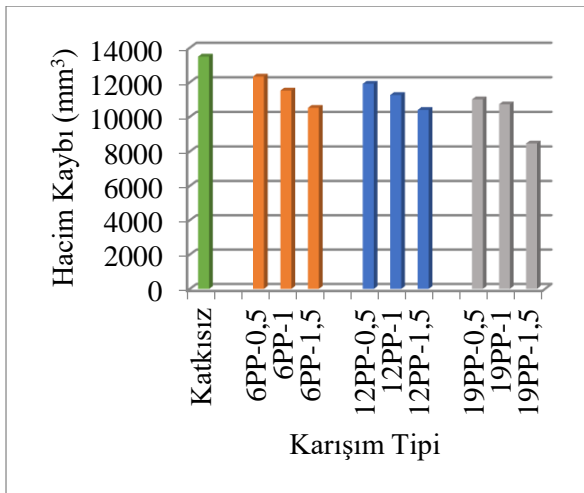
İlk boyutları 50 mm*50 mm* 50 mm olan numunelerin hacminden Eşitlik (3.1)' den elde edilen değerler çıkarılarak hacim kayıpları belirlenmiştir.

PP katkılı kerpiçlerin üretiminde kerpiçlerin hacim kayıpları, katkısız kerpiçlerin hacim kayıplarına göre daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. 6 mm boyundaki PP katkılı numunelerde katkısız numunelere göre sırasıyla %8.57, %14.58 ve %21.97 oranlarında daha düşük hacim kayıpları görülmüştür. 12 mm boyundaki PP katkılı numunelerde katkısız numunelere göre sırasıyla %11.65, %16.46 ve %22.86 oranlarında daha düşük hacim kayıpları elde edilmiştir. 19 mm boyundaki PP katkılı numunelerde ise katkısız numunelere göre sırasıyla %18.34, %20.48 ve %37.25 oranlarında daha düşük hacim kayıpları elde edilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 PP katkılı kerpiçlerin hacim kayıpları

Karışım Tipi	Ortalama Hacim Kaybı Miktarları (mm ³)
Katkısız	13484.508
6PP-0,5	12328.862
6PP-1	11518.893
6PP-1,5	10521.305
12PP-0,5	11913.523
12PP-1	11265.196
12PP-1,5	10401.902
19PP-0,5	11011.215
19PP-1	10723.112
19PP-1,5	8461.791

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen kerpiçlerin hacim kayıplarının katkısız olarak üretilen numunelerden daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 3.1). Ayrıca 6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen kerpiçlerde PP katkı oranının ve boyunun artması ile hacim kaybının azaldığı görülmüştür.



Şekil 3.1 PP katkılı kerpiçlerin hacim kayıpları

Gürdal ve Acun (2004) tarafından mineral esaslı sıvalarda PP lif katkısında lif boyu

uzadıkça büzülme (hacim kaybı) etkisinin azaldığı görülmüştür. Lifsiz sıva örneklerine kıyasla büzülme (hacim kaybı) değerlerinde; 3 mm uzunluktaki polipropilen lif katkılı sıva örneklerinde % 10, 6 mm uzunluktaki polipropilen lif katkılı sıva örneklerinde ise yaklaşık % 26 oranında azalma görülmüştür.

PP liflerin betonda kullanılması da çalışmamızın sonuçlarına benzer sonuçlar vermektedir. Afroughsabet vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, betona katılan PP lifinin betonun kurutma büzülmesinde %11 ila %18 arasında azalma oluşturduğu gözlenmiştir.

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde farklı katkıların kullanılmasının pişmiş tuğlalarda da hacim kaybını azalttığı görülmektedir. Dengiz (2009) çalışmasında Değirmisaz kömür üstü atıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Hacim kaybı, katkısız numunelere göre katkı oranı arttıkça azalmış ve %25 katkılı numunelerde %42,37 daha az hacim kaybı görülmüştür.

3.2. PP katkılı kerpiçlerin birim hacim ağırlıkları

Numunelerin hacimleri kumpas ile ölçülerek, ağırlıklar ise tartılarak belirlenmiştir. Ağırlıkları ve hacimleri belli olan numunelerin birim hacim ağırlıkları TS 705'e göre Denklem (3.2)' de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$d_h = \frac{M_k}{V_h} \quad (3.2)$$

d_h =Birim hacim ağırlık (g/cm³)

M_k =Kuru ağırlık (g)

V_h =Kuru hacim (cm³)

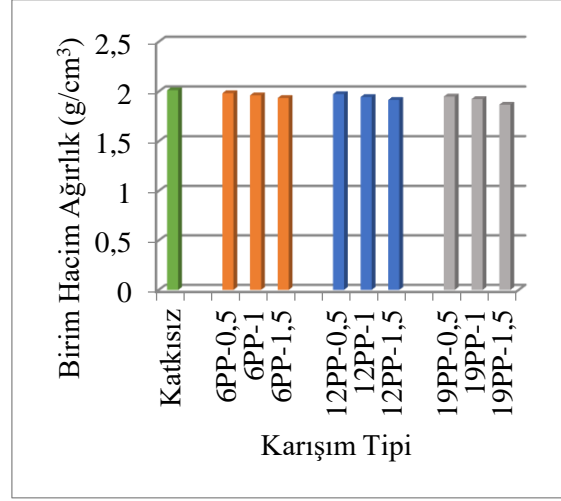
6 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıkları katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %1.54, %2.58 ve %3.92 oranlarında daha az olduğu tespit edilmiştir. 12 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıkları, katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %1.99, %3.43 ve %4.87 oranlarında daha düşük değerler elde edilmiştir. 19 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarının ise, katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %3.18, %4.47 ve %7.25 oranlarında düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür (Tablo 3.2).

Tablo3.2 PP katkıli kerpiçlerin birim hacim ağırlıkları

Karışım Tipi	Ortalama Birim Hacim Ağırlıkları (g/cm ³)
Katkısız	2.013
6PP-0,5	1.982
6PP-1	1.961
6PP-1,5	1.934
12PP-0,5	1.973
12PP-1	1.944
12PP-1,5	1.915
19PP-0,5	1.949
19PP-1	1.923
19PP-1,5	1.867

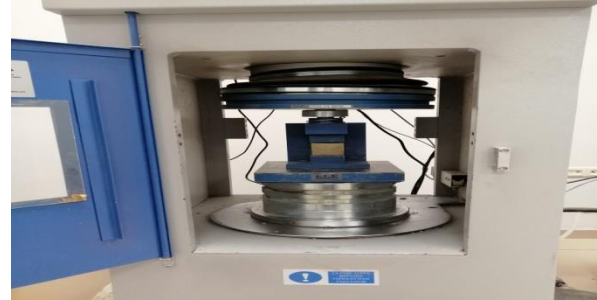
6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarının katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin birim hacim ağırlıklarından daha az olduğu Şekil 3.2' de görülmektedir. Ayrıca 6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen kerpiçlerin PP katkı oranının ve

boyunun artması ile birim hacim ağırlığın azaldığı görülmüştür.



Şekil 3.2 PP katkıli kerpiçlerin birim hacim ağırlıkları

3.3. PP katkıli kerpiçlerin basınç dayanımları



Şekil 3.3 Numunelerin basınç testi

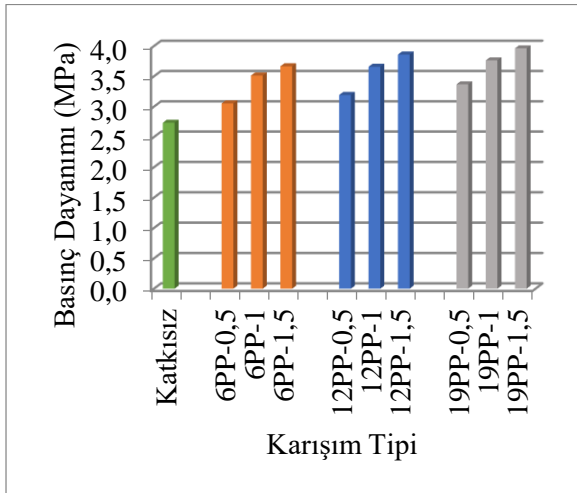
6 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin basınç dayanımları, katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin basınç dayanımlarından sırasıyla %11.67, %28.54 ve %34.10 oranlarında daha yüksek elde edilmiştir. 12 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin basınç dayanımları katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin basınç dayanımlarından sırasıyla %16.79, %33.81, %41.20 oranlarında daha yüksek elde edilmiştir. 19 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin basınç dayanımları ise katkısiz olarak üretilen kerpiçlerin basınç

dayanımlarından sırasıyla %23,20, %37,68, %44,93 oranlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo3.3 PP katkıli kerpiçlerin basınç dayanımları

Karışım Tipi	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
Katkısız	2.733
6PP-0,5	3.052
6PP-1	3.513
6PP-1,5	3.665
12PP-0,5	3.192
12PP-1	3.657
12PP-1,5	3.859
19PP-0,5	3.367
19PP-1	3.763
19PP-1,5	3.961

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen kerpiçlerin ortalama basınç dayanımlarının katkısız olarak üretilen numunelerin ortalama basınç dayanımlarından yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 3.4). Ayrıca PP katkısı ile üretilen gerçekleştirilen kerpiçlerde lif katkı oranının ve boyunun artması ile basınç dayanımının arttığı görülmüştür.



Şekil 3.4 PP katkıli kerpiçlerin basınç dayanımları

Literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda, kerpiçlerde kullanılan katkıların basınç dayanımını arttırdığı görülmektedir. Gürfidan (2006) yaptığı çalışmada, %10 ile %50 oranlarında kullanılan yüksek fırın cürufunun numunelerde referans numunesine göre %15,4 ila %100,42 aralığında artış sağladığını belirtmiştir. Binici vd. (2009) çalışmalarında çeşitli katkıları kullanarak kerpiç tuğlalarda 4.4 MPa basınç dayanımı elde etmiştir. Kıvrak (2007) tarafından yapılan çalışmada, kerpice silis dumanı katılarak basınç mukavemetinde %7.85 artış sağlandığı belirtilmiştir.

Beton numunelerde yapılan literatür çalışmalarında PP lif katkısının basınç dayanımını arttırdığı görülmektedir. Betona %0-0.15-0.30-0.45 oranlarında katılan liflerin betonun mukavemetinde %8 ila %17 artış sağladığı bilinmektedir (Afroughsabet vd., 2018).

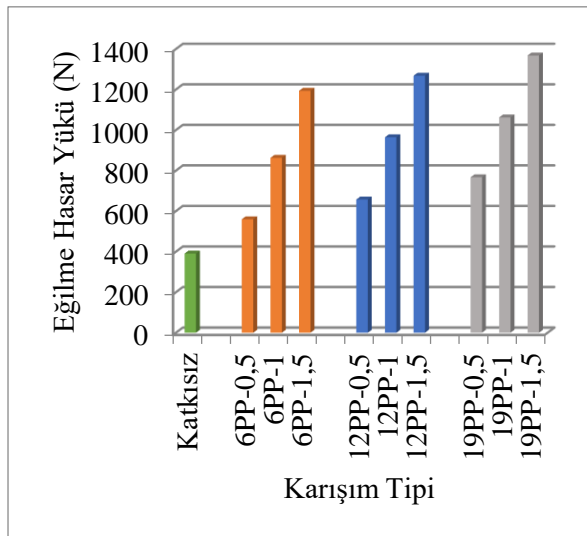
3.4. PP katkıli kerpiçlerin eğilme hasar yükleri

6 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinin, katkısız olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %43.19, %120.78 ve %205.47 oranlarında daha yüksek olduğu görülmektedir. 12 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinin, katkısız olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %68,20, %146,79 ve %224,47 oranlarında daha yüksek olduğu görülmektedir. 19 mm boyundaki PP katkıli olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinin ise, katkısız olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %96,30, %171,83 ve %250,05 oranlarında daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 PP katkılı kerpiçlerin eğilme hasar yükleri

Karışım Tipi	Ortalama Eğilme Hasar Yükü (N)
Katkısız	390.66
6PP-0,5	559.38
6PP-1	862.49
6PP-1,5	1193.34
12PP-0,5	657.08
12PP-1	964.11
12PP-1,5	1267.56
19PP-0,5	766.87
19PP-1	1061.93
19PP-1,5	1367.50

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısıyla üretimi gerçekleştirilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerinin katkısız olarak üretilen kerpiçlerin eğilme hasar yüklerine göre yüksek olduğu Şekil 3.5’de görülmektedir. Ayrıca PP katkısı ile üretimi gerçekleştirilen kerpiçlerde PP katkı oranının ve boyunun artması ile eğilme hasar yüklerinin arttığı da Şekil 3.5’de görülmektedir.

**Şekil 3.5.** PP katkılı kerpiçlerin eğilme hasar yükleri

4. Sonuçlar

Farklı boy ve oranlarda polipropilen lif katkılı karışımlardan kerpiç üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen numunelerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri tespit edilmiştir. Bulunan sonuçlara göre;

1. Polipropilen lif katkılı kerpiç üretiminde katkı oranının ve boyunun artması ile hacim kaybının azaldığı görülmüştür. Bu azalmanın sebebinin kerpiç üretiminde PP katkısının kerpiç içerisindeki kılcal boşlukları doldurarak kerpiçlerin büzülmelerini azaltması olduğu düşünülmektedir. PP miktarı arttıkça hacim kayıplarının azalmasının sebebiyse, kerpiç içerisinde PP katkısının daha fazla bölgeye yayılması olduğu düşünülmektedir. Kerpiç üretimi aşamasında hacim kaybının azalması istenilen boyutlarda kerpiç üretimini kolaylaştırmaktadır.
2. Polipropilen lif katkı oranının ve boyunun artması ile birim hacim ağırlığının azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi; PP liflerin katkı oranının ve boyunun artması ile kerpiçlerin hacim kaybının azalmasının toplam hacmi artırmasıdır.
3. Kerpiçlerde lif katkı oranının ve boyunun artması ile basınç dayanımının arttığı görülmüştür. Bunun sebebi, PP liflerinin yanal deformasyonu azaltması ile tahribatı geciktirmesidir.

4. Lif katkı oranı ve boyunun artması ile eğilme hasar yüklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışı PP ve killi toprağın birbirine kenetlenmesinin sağladığı düşünülmektedir. Lif boyunun artması ile kenetlenme boyu artmaktadır. Bundan dolayı PP' nin boyunun artması ile eğilme hasar yükünün arttığı görülmüştür.

Aynı karışım oranları ve lif boylarında hazırlanmış olan tuğlaların pişirilmesi ile elde edilecek pişmiş tuğlaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması önerilmektedir.

5. Kaynaklar

Afrouhsabet, V., Ozbakkaloglu, T. 2015. “Mechanical and durability properties of high-strength concrete containing steel and polypropylene fibers”, *Construction and building materials*, 94, 73-82.

Afrouhsabet, V., Biolzi, L., Monteiro, P. J. 2018. “The effect of steel and polypropylene fibers on the chloride diffusivity and drying shrinkage of high-strength concrete”, *Composites Part B: Engineering*, 139, 84-96.

Anonim 2019a.
<http://tuzyapgeridonusum.com/killi-toprak-nedir.html>

Anonim 2019b.
<http://atlas1.com.tr/DataSheet/Betonfiber-BF-06.pdf>

Binici, H., Aksogan, O., Bakbak, D., Kaplan, H., & Isik, B. 2009. “Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls”, *Construction and Building Materials*, 23(2), 1035-1041.

Binici, H., Aksogan, O., Bodur, M. N., Akca, E., Kapur, S. 2007. “Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials”, *Construction and Building Materials*, 21(4), 901-906.

Dengiz E (2009). Değirmisaz Kömür Üstü Atıklarının Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya

Gencel, O., Sütçü, M., Erdoğan, E., Koç, V., Çay, V. V., Gök, M. S. 2013. “Properties of brick with waste ferro chromium slag and zeolite”, *Journal of cleaner production*, 59, 111-119.

Gül, T. (2011) Cam Elyaf Ve Hava Sürükleyici Katkı Kullanılarak Geliştirilmiş Kerpiç. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Gürdal, E., Acun, S. 2004. “Mineral Esaslı Sıvalarda Polipropilen Lif Katkısının Fiziksel Ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi”, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Ve Sergisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, October 6-8, İstanbul

Gürfidan, A. (2006), “Safranbolu Evlerinde Kullanılan Kerpiç Malzemenin Yüksek Fırın Cürufu İle İyileştirilmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

Kıvrak, J. (2007), “Silis Dumanı Katkılı Kerpiçlerin Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması”. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Raut, S. P., Ralegaonkar, R. V., Mandavgane, S. A. 2011. “Development of sustainable

construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks”, *Construction and building materials*, 25(10), 4037-4042.