

## Polipropilen Lif Takviyeli Pomza Tozu İçeren Harçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Adile COŞKUN<sup>1</sup>, Ali SARIİŞİK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye  
(ORCID: [0000-0002-3607-0743](https://orcid.org/0000-0002-3607-0743)) (ORCID: [0000-0001-7698-6134](https://orcid.org/0000-0001-7698-6134))



**Anahtar kelimeler:**  
Polipropilen lif, Pomza tozu, Mekanik özellikler, Fiziksel özellikler, Harç.

**Öz**

Bu çalışmada çimento harçlarına pomza tozu ikamesinin ve polipropilen lif takviyesinin fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Harç örnekleri hazırlanırken CEM I 42.5 R tipi portland çimento ve standart kum kullanılmıştır. Su/bağlayıcı oranı ise 0.5 olarak sabit tutulmuştur. Karışımlara ilave edilen pomza tozu çimento yerine %10 oranında ikame edilmiştir. Polipropilen lif 6 mm uzunluğunda kullanılmıştır. Polipropilen, pomza ikameli harçlara hacimce %0.0, %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında ilave edilmiştir. Kontrol karışımına ise lif ve pomza tozu ilave edilmemiştir. Karışımlar 5×5×5 cm ve 4×4×16 cm'lik metal kalıplara yerleştirilmiş ve bir gün laboratuvar ortamında bekletildikten sonra ilgili örnekler kalıplardan alınarak 28 gün su kürü uygulanmıştır. Tüm örnek serileri üzerinde; yayılma tablası deneyi, su emme, ultrases, dinamik elastisite modülü, sertleşmiş birim ağırlık deneyi, eğilme dayanımı deneyi, eğilme deneyi sonrası basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak pomza tozunun basınç dayanımını, eğilme dayanımını, ultrases geçiş hızı değerini, dinamik elastisite modülünü kontrol karışımına göre bir miktar arttırdığı, su emme değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Lif ilavesiyle birlikte eğilme dayanımını optimum lif oranında arttırdığı ancak basınç dayanımını bir miktar azalttığı gözlemlenmiştir.

## Physical and Mechanical Properties of Mortars Containing Polypropylene Fiber Reinforced Pumice Powder

**Keywords:** Polypropylene fiber, Pumice powder, Mechanical properties, Physical properties, Mortar.

**Abstract**

In this study, the effects of pumice powder substitution and polypropylene fiber reinforcement on the physical and mechanical properties of cement mortars were investigated. While preparing the mortar samples, CEM I 42.5 R type portland cement and standard sand were used. The water/binder ratio was kept constant at 0.5. The pumice powder added to the mixtures was replaced by 10% instead of cement. Polypropylene fiber was used with a length of 6 mm. Polypropylene was added to the pumice mortars mixture at the rates of 0.0%, 0.2%, 0.4% and 0.8% by volume. Fiber was not or pumice powder was added to the control mixture. The mixtures were placed in metal molds of 5×5×5 cm and 4×4×16 cm and kept in the laboratory for one day, then the relevant samples were taken from the molds and water cured for 28 days. On all sample series; slump test, water absorption, ultrasound, dynamic modulus of elasticity, hardened unit weight test, flexural strength test, compressive strength test after bending test were applied. As a result, it was determined that pumice powder increased the compressive strength, flexural strength, ultrasound transmission rate value, dynamic elasticity modulus a little compared to the control mixture, and decreased the water absorption value. It has been observed that with the addition of fiber, it increases the flexural strength at the optimum fiber ratio, but decreases the compressive strength a little.

\*Sorumlu yazar: [sariisikali@gmail.com](mailto:sariisikali@gmail.com)

Geliş Tarihi: 31.10.2021, Kabul Tarihi: 15.12.2021

## 1. Giriş

Betonun ana malzemesi olan çimentonun üretiminde atmosfere yüksek oranlarda CO<sub>2</sub> salınmaktadır. Bunun sebebi çimento üretiminde çok fazla enerji gereksinimine ihtiyaç duyulmasıdır. Çevreye verilen bu zararın en aza indirgenmesi çimento kullanımının azaltılmasına bağlıdır. Uçucu kül ve benzeri puzolanik malzemelerin kullanılması çimento kullanımının azaltılabilmesi için bir alternatif olarak görülmektedir [1]. Puzolanik malzemelerin son yıllarda sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir. Bu atıklar, çimento üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonunu önemli derecede azaltmaktadır [2]. Ayrıca geleneksel Portland çimentolarına % 5 - % 30 oranlarında ikame edilen puzolanik malzemeler durabilite özelliklerinin gelişimine katkı sağladığı da bilinmektedir [3].

Volkanik olaylar sonucunda boşluklu ve süngerimsi yapıdan oluşan pomza, fiziksel ve kimyasal etmenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı doğal bir kayadır. Dünyada pomza rezervlerinin büyük bir kısmı ülkemiz sınırları içerisinde bulunur. Genellikle pomza; inşaat, tekstil, tarım, kimya ve diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda tercih edilen bir malzemedir. En çok kullanılan alanı ise inşaat sektörü ve bims üretimidir. Doğadan elde edilen pomza nano boyutta öğütülerek diğer yapay ve doğal puzolanlar gibi beton üretiminde çimento yerine farklı oranlarda kullanılabilir.

Lifli beton uygulamalarının amacı genel itibarıyla betonda çatlakların yayılmasını ve ilerlemesini önlemek, tokluğu ve sünekliği artırmaktır. Lifli beton uygulamaları genel olarak enerji yutma kapasitesinin yüksek olması gereken ve çatlak ilerlemesinin istenmediği yerlerde kullanılır [4]. Liflerin beton içerisinde homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmaması lifli betonlarda olması gereken en önemli husustur. Betonun daha dayanıklı hale gelmesi için liflerin beton içerisinde uniform bir şekilde dağılması, çatlak oluşumunu önlediği gibi çatlak ilerlemesini de yavaşlatır. Bu sebepten dolayı lifli betonun özellikle eğilme ve çekme dayanımını arttırdığı bilinmektedir [5].

Araştırmacılar tarafından polipropilen lifli yarı hafif betonların üretilmesi ve basınç dayanımı [6], saha betonunda silis dumanı kullanımının beton özellikleri üzerine etkileri [7], lifli betonda SIFCON'nun mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi [8], polimer esaslı polipropilen lifin harç

özelliklerine etkisi [9], çelik, polipropilen ve hibrit liflerle güçlendirilmiş kendiliğinden yerleşen betonun mekanik özellikleri [10], polipropilen ve sisal liflerle güçlendirilmiş betonların mekanik davranışlarını karşılaştırması [11], bazalt lifi ve polipropilen lifi ile güçlendirilmiş yüksek performanslı betonun (HPC) mekanik özellikleri [12], ÖP katkısını çimento yerine kullanılması [13-15], çimento yerine öğütülmüş pomza ve uçucu külün kullanılması [16-17], pomzadan imal edilmiş çelik lif katkılı bimsblokların mekanik özelliklerinin araştırılması [18], çelik elyaf takviyeli betonun mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi [19], farklı beton tipleri ve elyaf oranı kullanılarak oluşturulan numune için dinamik ve statik elastik modülün karşılaştırılması [20], polipropilen elyafın farklı boyutlarda güçlendirilmiş çimentolu atık dolgu numunelerin mukavemet özelliklerine elyaf uzunluğunun etkisi [21], bims tozu kullanılarak üretilen reaktif toz betonların mekanik özellikleri [22], üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada polipropilen lif ve pomza tozu kullanılarak elde edilen harçların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda, %10 pomza tozu ikameli harç karışımlarına hacimce %0.0, %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif eklenerek 40 mm×40 mm×160 mm boyutlarında dikdörtgen prizma numuneler ve 50×50×50 mm boyutlarında küp numuneler üretilmiştir. Kontrol karışımı dahil olmak üzere toplam 5 harç karışımı hazırlanmıştır. Bu karışımlar üzerinde yayılma çapı, sertleşmiş birim ağırlık, su emme, ultrases, dinamik elastisite modülü, eğilme, eğilme sonrası basınç deneyi ve dinamik elastisite deneyi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Deneyisel çalışmada Çimko Çimento ve Beton A.Ş. fabrikasında üretilen CEM I 42.5 R Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri Çimko Çimento ve Beton A.Ş. fabrikasından alınmış olup Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Pomza tozu olarak Nevşehir yöresinden temin edilen asidik filler pomza agregasından geriye kalan toz malzeme çimento ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. Kullanılan pomza tozu çimento ile yer değiştirildiğinden malzeme boyutu

olarak 63 µm elekten elenerek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan pomza tozuna ait kimyasal özellikler firmadan alınmış olup Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri

Özgül kütle (g/cm <sup>3</sup> )	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	Priz başlangıcı (saat-dak)	Priz sonu (saat-dak)	Basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
3	3699	1 sa-50 dak	3 sa-00 dak	21.20 (2.Gün) 51.50(28. Gün)

Deneyel çalışma süresince içilebilir çeşme suyu kullanılmıştır. Deneylerde Atlas 1 Yapı Malzemeleri ve Tekstil San. Dış. Tic. Ltd. Şti. tarafından üretilen 6 mm'lik polipropilen lif kullanılmıştır. Kullanılan polipropilen life ait teknik özellikler firma kataloğundan alınmış olup Tablo 4'de sunulmuştur.

Harç karışımlarında sodyum naftalin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Harç karışımlarında Limak Çimento San. ve Tic. A.Ş. Trakya Çimento Fabrikasında üretilen CEN Standart kumu kullanılmıştır. CEN Standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı Tablo 5'te verilmiştir. Bu kumun özgül ağırlığı ise 2.563 kg/dm<sup>3</sup>tür.

**Tablo 2.** Çimentonun kimyasal özelliği

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO (%)	Kızdırma kaybı (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Çözünmeyen kalıntı (%)	Serbest CaO (%)	Toplam (%)
20.35	3.97	3.80	59.51	3.51	2.39	1.17	0.35	4.84	0.95	100

**Tablo 3.** Pomza tozunun kimyasal özellikleri

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	MnO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	L.O.I (%)
73.22	12.33	1.13	0.74	0.09	3.64	4.19	0.04	0.08	0.02	4.50

**Tablo 4.** Polipropilene ait teknik özellikler

Lif çeşidi	Lif boyu (m)	Lif çapı (µm)	Lif yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	Elastisite modülü (GPa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)
73.2	12.3	1.1	0.74	0.09	3.64
2	3	3			

**Tablo 5.** CEN standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı

Kare göz açıklığı (mm)	Kümülatif elekten kalan (%)
2.00	0
1.60	7±5
1.00	33±5
0.50	67±5
0.16	87±5
0.08	99±1

Harç karışımlarında sodyum naftalin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Harç karışımlarında Limak Çimento San. ve Tic. A.Ş. Trakya Çimento Fabrikasında üretilen CEN Standart kumu kullanılmıştır. CEN Standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı Tablo 5'te verilmiştir. Bu kumun özgül ağırlığı ise 2.563 kg/dm<sup>3</sup>tür.

## 2.2. Metot

Harçların üretiminde standart harç karışım miktarları referans alınmıştır. Literatüre bakıldığında yapılan çalışmalarda optimum pomza tozu oranının %10 olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle karışımlarda kontrol numunesi dışında tüm karışımlara çimento yerine %10 pomza tozu ikame edilmiştir.

Öncelikle standart bir karışım hazırlanmıştır. Daha sonra çimento ile ağırlıkça %10 yer değiştirmiş pomza tozu ilaveli harç karışımlarına polipropilen lif oranları hacimce %0, 0,2, 0,4 ve 0,8 olacak şekilde ilave edilerek toplamda 5 karışım üretilmiştir. Karışımlara işlenebilirliği sağlamak amacıyla toz miktarının %1'i oranında süperakışkanlaştırıcı katkı ilave edilmiştir.

Karışım hazırlanırken ilk önce çimento, pomza tozu ve agrega karıştırılmıştır. Ardından polipropilen lif eklenip tekrar karıştırma işlemi yapılarak liflerin karışım içerisinde homojen dağılımı sağlanmıştır. Daha sonrasında karışım suyu ve akışkanlaştırıcı katkı malzemesi eklenmiştir.

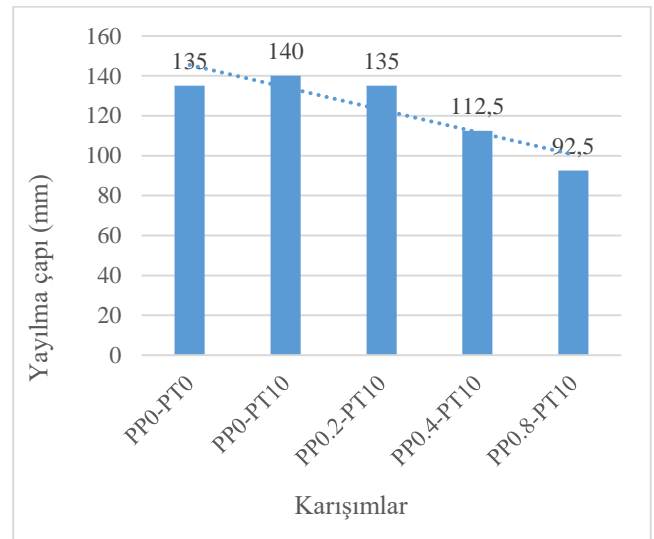


Şekil 1. 24 saat sonunda kalıptan alınan numuneler

Standart çimento kalıbı kullanılarak, her karışım boyutları 160 mm × 40 mm × 40 mm ve 50×50×50 mm olacak biçimde tasarlanmış kalıplara dökülmüştür. Hazırlanan harç karışımları bekletilmeden kalıplara doldurulup sıkıştırılmıştır. Üretilen numuneler, bir gün sonra kalıptan çıkarılmış (Şekil 1) ve 28 gün boyunca 20 ± 3 °C sıcaklıkta su içerisinde kür edilmiştir.

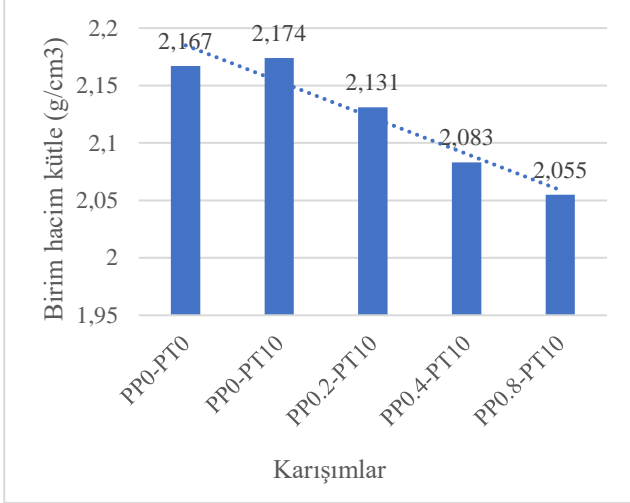
## 3. Bulgular ve Tartışma

Taze harç numuneleri üzerinde uygulanan yayılma çapı deneyi sonuçları Şekil 2'de görülmektedir. Beton veya harç içerisine eklenen polipropilen liflerin işlenebilirlik değerlerini azalttığı bilinmektedir [23]. Artan lif miktarıyla, topaklaşmanın meydana gelmesi bileşenlerin hareket etme özelliğini azaltmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi lif ilavesi arttıkça karışımların yayılma çapı azalmıştır. Pomza tozu içeren karışımın (PP0-PT10), yayılma çapı kontrol karışımına (PP0-PT0) göre daha fazladır. Pomza tozu işlenebilirliği kontrol numunesine göre arttırmıştır. Ancak lif ilavesi ile birlikte pomza tozu içeren karışımların işlenebilirliği lineer şekilde azalmıştır. [Zeyad vd., 2019], yapmış oldukları çalışmada volkanik pomza tozunun işlenebilirliği kontrol numunesine göre arttırdığını, lif ilavesiyle ise işlenebilirliğin azaldığını belirtmişlerdir.



Şekil 2. Yayılma tablası deneyi

Sertleşmiş harç numuneleri üzerinde uygulanan 28 günlük birim hacim kütle deneyi sonuçları Şekil 3'de gösterilmiştir. Harcın kalıba yerleştirilmesini etkileyen faktörler arasında işlenebilirlikteki azalma da bir faktör olmakla beraber kısmen de olsa kontrol (lifsiz) harca göre daha boşluklu kalmasına sebep olur. Harcın kalıba daha boşluklu yerleşmesine lif miktarının artması sebep olmakta ve harçların birim hacim kütle değerlerini de kontrol harcına göre düşürmektedir [9]. En düşük birim hacim kütle değerleri tüm lif oranları için en fazla lif içeriğindeki karışımdan elde edilmiştir (PP0.8-PT10). En yüksek birim hacim kütle değeri ise pomza tozu içeren karışımdan elde edilmiştir (PP0-PT10).

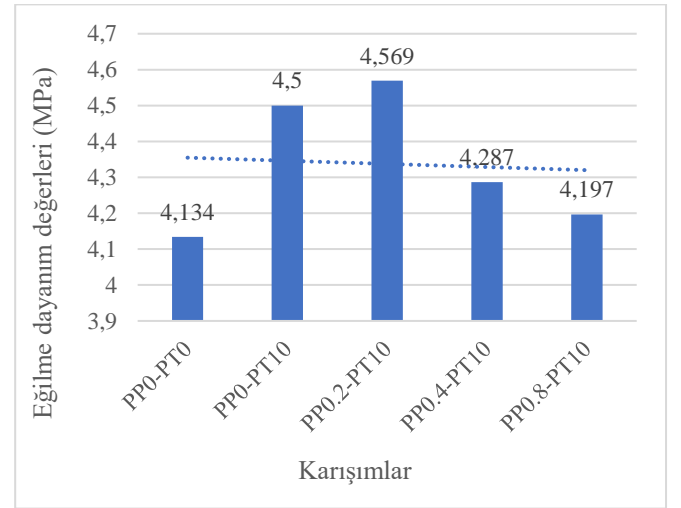


Şekil 3. 28 günlük birim hacim kütle değerleri

Sertleşmiş harç numunelerine uygulanan 28 günlük eğilme dayanım deneyi sonuçları Şekil 4’de gösterilmiştir. 28 günlük eğilme dayanım değerleri 4.134-4.569 MPa arasındadır. Şekil 4 incelendiğinde en düşük değer pomza tozu ve lif içermeyen karışımdan (PP0-PT0), en yüksek değer ise %10 pomza tozu ve %0.2 oranında lif içeren (PP0.2-PT10) karışımdan elde edilmiştir. [Karataş vd., 2017], pomza tozu içeren kendiliğinden yerleşen harçların eğilme dayanımını incelemiştir. Sonuç olarak pomza tozu içermeyen kontrol grubunun pomza tozu içeren numunelere göre eğilme dayanımında azalma olduğunu belirtmişlerdir. %15’e kadar ikame edilen pomza tozunun eğilme dayanımını kontrol numunesine göre arttırdığını ancak %15’den fazla ikame edilen pomza tozunun eğilme dayanımını kontrol numunesine göre düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Şekil 4’e bakıldığında pomza tozu içermeyen numunenin %10 pomza tozu içeren numuneye göre eğilme dayanımında azalma gözlemlenmiştir. Lif ilavesiyle birlikte en yüksek eğilme dayanımı %10 pomza tozu+%0.2 lif içeren karışımdan elde edilmiştir. Lif oranı ile eğilme dayanımı arasında değişken bir ilişki bulunmaktadır. Bir optimum değere kadar lif oranı arttıkça eğilme dayanımı artar. Ancak optimum değerden sonra lif oranı arttıkça eğilme dayanımı azalır.

Sertleşmiş harç numuneleri üzerinde uygulanan 28 günlük eğilme sonrası basınç dayanım deneyi sonuçları Şekil 5’te gösterilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde, pomza tozu içermeyen karışımın (PP0-PT0) pomza tozu içeren karışıma (PP0-PT10) göre basınç dayanımının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ancak pomza tozu içeren

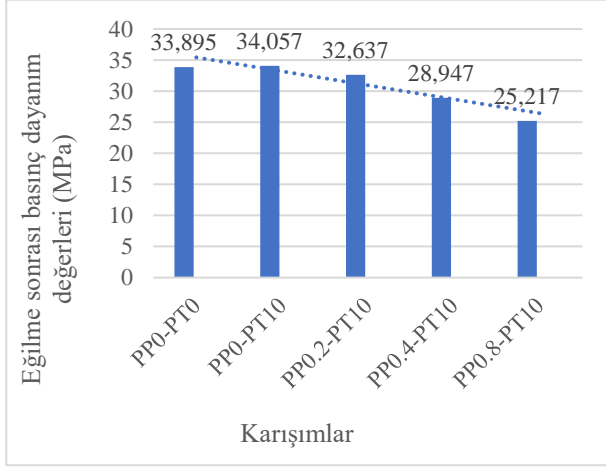
karışımlara sırasıyla %0.2, %0.4 ve %0.8 oranında lif ilavesi karışımların dayanımını kontrol karışımının dayanımına kıyasla azaltmıştır. Lif ilavesinin artmasıyla işlenebilirlikte azalma görülürken basınç dayanımında da azalma gözlenmesi yapılan çalışmalardan bilinmektedir. [Topçu vd., 2017], yapmış oldukları çalışmada polipropilen liflerin yönelim ve dağılımından dolayı basınç dayanımının %3-17 oranında azaldığını belirtmişlerdir. [Zeyad vd., 2020], volkanik pomza tozunu farklı oranlarda (%0,%10,%20,%30) çimento ile ikame ederek dayanım ve dayanıklılığı araştırmışlardır. Sonuç olarak %10’dan daha fazla pomza tozunun dayanımı düşürdüğünü ve en iyi basınç dayanımının %10 pomza tozu ikamesiyle elde edildiğini vurgulamışlardır.



Şekil 4. 28 günlük eğilme dayanım değerleri

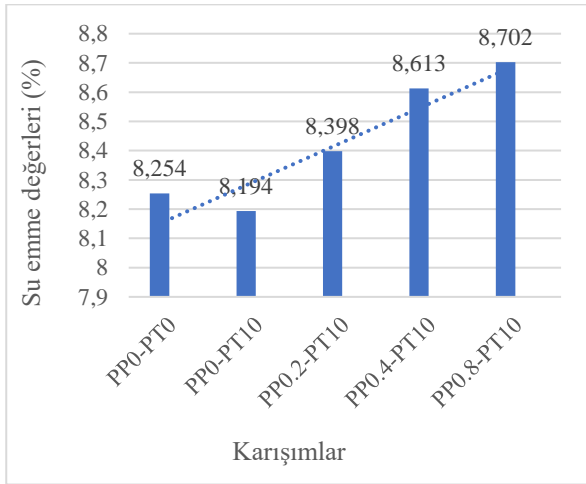
Sertleşmiş harç numuneleri üzerinde uygulanan 28 günlük su emme deneyi sonuçları Şekil 6’da gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde kontrol karışımının (PP0-PT0) su emme değeri, pomza tozu ilaveli karışıma (PP0-PT10) göre daha fazladır. Lif ilavesiyle su emme değerlerinde lineer bir artış gözlemlenmiştir. Lif ilavesinin topaklaşma yaparak harçta boşluk oluşturduğu literatürde bilinmektedir. Bu boşluklar aynı zamanda basınç dayanımını da azaltmaktadır [9]. Şekil 6’da bu artışın literatürü desteklediği görülmektedir. [Zeyad vd., 2019], %10 pomza tozu ikamesinin %20,30,40 pomza tozu ikamesine göre su emme ve basınç dayanımı değerini iyileştirdiğini %10 pomza tozu ikamesinin optimum değer olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında yapmış oldukları SEM görüntüleri neticesinde; kontrol ve %10 pomza tozu içeren numunelerin iç yapısının daha dolu ve daha yoğun olduğunu bildirmişlerdir.

%30 ve %40 pomza tozu içeren numuneler de ise reaksiyona girmemiş örnekler ve ara yüz çatlakları ile eksik hidrasyon süreci ve mikroyapısal kırılma tespit etmişlerdir.



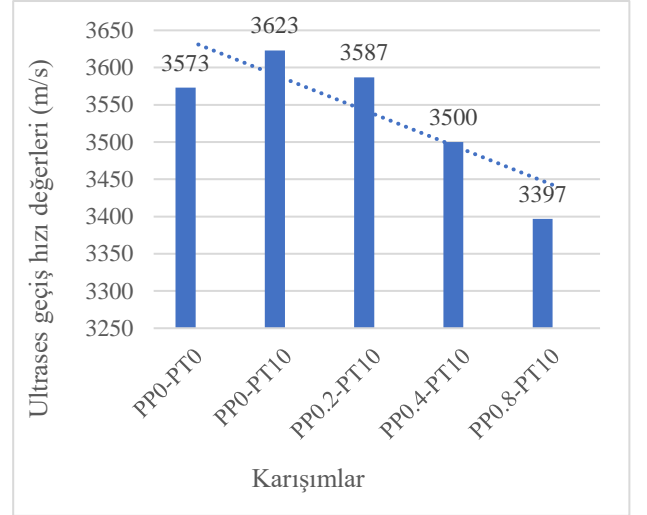
Şekil 5. 28 günlük eğilme sonrası basınç dayanım değerleri

Şekil 5 ve Şekil 6 bu literatürü desteklemektedir. %10 Nevşehir yöresi asidik pomza ikamesi kontrol numunesine göre basınç dayanımını arttırırken su emme değerini azaltmıştır.



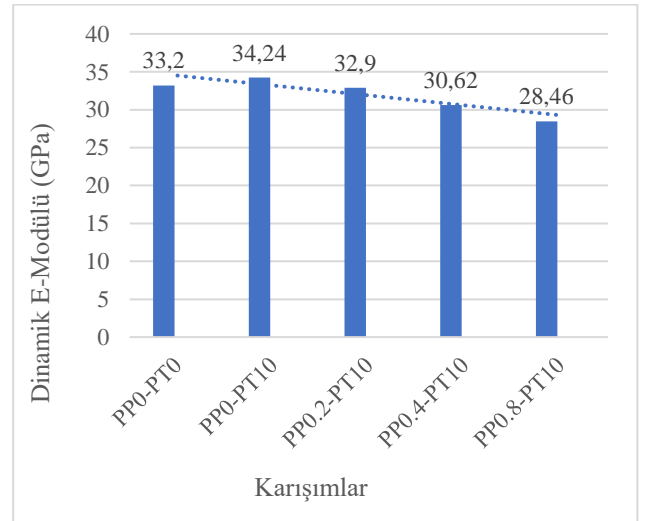
Şekil 6. 28 günlük su emme deneyi değerleri

Sertleşmiş harç numuneleri üzerinde uygulanan 28 günlük ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde %10 pomza tozu içeren %0 ve %0.2 lif ilaveli karışımların (PP0-PT10 ve PP0.2-PT10) ultrases geçiş hızı değeri, kontrol numunesine göre (PP0-PT0) daha yüksektir. Ancak lif oranı arttıkça ultrases geçiş hızı değerleri düşmüştür. Bu durum lif miktarı arttıkça topaklaşma oluşmasından ve boşluklu yapı oluşturmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 7. Ultrases geçiş hızı deneyi değerleri

Numunelerin birim kütle ve ultrases geçiş hızına bağlı olarak hesaplanan dinamik elastisite (E) modülü sonuçları Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde, %10 pomza tozu içeren lifsiz karışım en yüksek E-modülüne sahiptir. Lif ilavesiyle birlikte karışımların E-modülleri azalmıştır. Pomza tozu ve lif içermeyen karışımın (kontrol) E-modülü, pomza tozu içeren lifsiz karışıma göre daha düşük değerdedir. Bu durum basınç dayanımı değerleriyle benzerlik göstermektedir.



Şekil 8. Dinamik elastisite modülü

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Çimento esaslı harç örneklerine ikame edilen pomza tozunun ve değişik oranlarda karışıma eklenen polipropilen lifin 28 günlük örnekler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1.%10 pomza tozu katkılı betonların yayılma değerlerine etkisi şahit beton ile kıyaslandığında yaklaşık olarak %4 oranında artış görülmüştür. %10 pomza tozu katkılı betona polipropilen lif %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında ilave edildiğinde, yayılma değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %4, %20 ve %34 oranlarında azalmıştır. Şahit beton ile kıyaslandığında ise sırasıyla yaklaşık olarak %0, %17 ve %32 oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir.

2. %10 pomza tozu katkılı betonların sertleşmiş birim hacim kütle değerlerine etkisi şahit beton ile kıyaslandığında yaklaşık %0.32 oranında artış tespit edilmiştir. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edildiğinde, sertleşmiş birim hacim kütle değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %2, %4 ve %6 oranlarında azalmıştır. Şahit beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %2, %4 ve %5 oranlarında azalma olduğu görülmüştür.

3. %10 pomza tozu katkılı betonların eğilme dayanımı değerlerine etkisi şahit beton ile kıyaslandığında yaklaşık %9 oranında artış olduğu gözlemlenmiştir. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edildiğinde, eğilme dayanımı değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %2 artış, %5 ve %7 oranlarında azalmıştır. Şahit beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %11, %4 ve %2 oranlarında artış tespit edilmiştir.

4. %10 pomza tozu katkılı betonların basınç dayanımı değerlerine etkisi şahit betona kıyasla yaklaşık %1 oranında artmıştır. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edildiğinde basınç dayanımı değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %4 %15 ve %26 oranlarında azalmakta ve şahit beton ile kıyaslandığında ise sırasıyla yaklaşık olarak %4, %14 ve %26 oranlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

## Kaynaklar

- [1] S. Pangdaeng, T. Phoo-Ngernkham, V. Sata, and P. Chindaprasirt, "Influence of Curing Conditions on Properties of High Calcium Fly Ash Geopolymer Containing Portland Cement as Additive", *Materials & Design*, vol. 53, pp. 269–274, 2014.
- [2] T. Kallel, A. Kallel, and B. Samet, "Durability of Mortars Made with Sand Washing Waste", *Construction and Building Materials*, vol. 122, pp. 728–735, 2016.

5. %10 pomza tozu katkılı betonların su emme değerlerine etkisi şahit beton ile kıyaslandığında yaklaşık olarak %1 oranında azalmıştır. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edilmiş ve su emme değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %3 %5 ve %6 oranlarında artmıştır. Şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %2, %4 ve %5 oranlarında artış görülmüştür.

6. %10 pomza tozu katkılı betonların ultrases hız değerlerine etkisi şahit beton ile kıyaslandığında yaklaşık olarak %1 oranında artmıştır. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edildiğinde ultrases hız değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %1 %3 ve %6 oranlarında azalmıştır. Şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %0.4 artış, %2 ve %5 oranlarında azalma görülmüştür.

7. %10 pomza tozu katkılı betonların dinamik elastisite modülü değerlerine etkisi şahit betona kıyasla yaklaşık %3 oranında artmıştır. %10 pomza tozu katkılı betona %0.2, %0.4 ve %0.8 oranlarında polipropilen lif ilave edilmiş ve dinamik elastisite modülü değerlerine etkileri %10 pomza tozu katkılı betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %4 %11 ve %17 oranlarında azalmıştır. Şahit beton ile kıyaslandığında sırasıyla yaklaşık olarak %1 artış, %8 ve %14 oranlarında azalma tespit edilmiştir.

## Yazarların Katkısı

Bu çalışmada bütün katkı yazarlara aittir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yürütülen çalışmada yayın ve araştırma etiğine uyulmuştur.

- [3] S. Donatello, A. Palomo, and A. Fernández-Jiménez, “Durability of very high volume fly ash cement pastes and mortars in aggressive solutions”, *Cem. Concr. Compos.*, vol. 38, pp. 12–20, 2013.
- [4] [Online]. Available: <http://www.thbb.org>. [Accessed: 16-Mar-2022].
- [5] M. Kozak, “Çelik Lifli Betonlar ve Kullanım Alanlarının Araştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, pp. 5–8, 2003.
- [6] A. Akkaş, L. Alpaslan, S. Arabacı, and C. Başıyigit, “Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri”, *SDU International Technologic Science*, vol. 2, pp. 9–14, 2010.
- [7] B. Sümer and M. Sarıbyık, “Betonda Silis Dumanı ve Polipropilen Lif Kullanımının Beton Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”, *SAÜ. Fen Bil. Der.*, vol. 2, pp. 217–224, 2013.
- [8] M. İpek, M. Canbay, and K. Yılmaz, “Çelik ve Polipropilen Liflerin Kalın ve Kombinasyonlu Olarak Kullanılmasının SIFCON’un Mekanik ve Fiziksel Özelliklere Etkisi”, *SAÜ Fen Bil. Der.*, vol. 1, pp. 41–52, 2013.
- [9] İ. B. Topçu, O. E. Demirel, and T. Uygunoğlu, “Polipropilen Lif Katkılı Harçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, *Politeknik Dergisi*, vol. 20, no. 1, pp. 91–96, 2017.
- [10] V. M. De Alencar Monteiro, L. R. Lima, F. A. De, and F. Silva, “On The Mechanical Behavior of Polypropylene, Steel and Hybrid Fiber Reinforced Self-Consolidating Concrete”, *Construction and Building Materials*, vol. 188, pp. 280–291, 2018.
- [11] C. R. De, L. M. S. Souza, and F. De Andrade, “Comparative Study on the Mechanical Behavior and Durability of Polypropylene and Sisal Fiber Reinforced Concretes”, *Construction and Building Materials*, vol. 211, pp. 617–628, 2019.
- [12] D. Wang, Y. Ju, H. Shen, and L. Xu, “Mechanical properties of high performance concrete reinforced with basalt fiber and polypropylene fiber”, *Constr. Build. Mater.*, vol. 197, pp. 464–473, 2019.
- [13] S. Yazıcıoğlu and B. Demirel, “Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Elazığ Yöresi Pomzasının İlerleyen Kür Yaşlarında Betonun Basınç Dayanımına Etkisi”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 18, no. 3, pp. 367–374, 2006.
- [14] B. B. Ekici and B. Demirel, “Öğütülmüş Pomzanın Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Yapay Sınır Ağı ile Belirlenmesi”, *E Journal of New World Sciences Academy*, pp. 9–11, 2007.
- [15] S. Çelikten, Çelik Fiber İçeren Yüksek Dayanımlı Beton Özellikleri Üzerine Metakaolin ve Öğütülmüş Pomzanın Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi. Niğde*, 2014.
- [16] K. M. A. Hossain, “Properties of Volcanic Pumice Based Cement and Lightweight Concrete”, *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 2, pp. 283–291, 2004.
- [17] N. Kabay, M. M. Tufekci, A. B. Kizilkanat, and D. Oktay, “Properties of concrete with pumice powder and fly ash as cement replacement materials,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 85, pp. 1–8, 2015.
- [18] Y. Kayan, A. Karaşin, and E. Işık, “Pomzadan İmal Edilmiş Çelik Lif Katkılı Bimsblokların Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, vol. 11, no. 2, pp. 723–730, 2019.
- [19] W. Abbass, M. I. Khan, and S. Mourad, “Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 168, pp. 556–569, 2018.
- [20] R. K. Pekgökgöz, R. Şaman, Z. Babayev, F. Avcil, and M. Gürel, Farklı Beton Türü ve Lif Oranları Kullanılarak Oluşturulmuş Numuneler İçin Dinamik ve Statik Elastisite Modülünün Karşılaştırılması” *6 th International GAP Engineering Conference*, 8-10 Kasım. Şanlıurfa, 2018.
- [21] G. Xue, E. Yılmaz, W. Song, and S. Cao, “Fiber length effect on strength properties of polypropylene fiber reinforced cemented tailings backfill specimens with different sizes”, *Constr. Build. Mater.*, vol. 241, no. 118113, p. 118113, 2020.
- [22] A. Bakis, E. Işık, A. El, and M. Ülker, “Mechanical Properties of Reactive Powder Concretes Produced Using Pumice Powder”, *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed*, vol. 34, pp. 353–360, 2019.
- [23] M. Açıkgeç, U. Arazsu, and K. E. Alyamaç, “Farklı Karışım Oranlarına Sahip Polipropilen Lifli Betonların Dayanım ve Durabilite Özellikleri”, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 3, pp. 41–54, 2012.
- [24] A. M. Zeyad, B. A. Tayeh, and M. O. Yusuf, “Strength and transport characteristics of volcanic pumice powder based high strength concrete”, *Constr. Build. Mater.*, vol. 216, pp. 314–324, 2019.
- [25] M. Karataş, A. Benli, and A. Ergin, “Influence of ground pumice powder on the mechanical properties and durability of self-compacting mortars”, *Constr. Build. Mater.*, vol. 150, pp. 467–479, 2017.



- [26] A. M. Zeyad, A. H. Khan, and B. A. Tayeh, “Durability and Strength Characteristics of High-Strength Concrete Incorporated with Volcanic Pumice Powder and Polypropylene Fibers”, *Construction and Building Materials Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, pp. 806–818, 2020.