

PROFİLLİT KATKILI LİFLİ HARÇLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Behcet DÜNDAR¹ Emriye ÇINAR² Harun ÖZKAYA³

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80000, Osmaniye, TÜRKİYE

² Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80000, Osmaniye, TÜRKİYE

³ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Programı, 80000, Osmaniye, TÜRKİYE
behcetdundar@osmaniye.edu.tr

Özet- Bu çalışmada, öğütülmüş profillit tozu ve polipropilen lifin harç numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. 0-4 mm tane büyüklüğüne sahip kırma kum agregası kullanılarak 40x40x160 mm boyutlarında harç numuneleri üretilmiştir. Harç karışımı hazırlanırken bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R Portland çimentosu kullanılmıştır. Harç numunelerinde su/bağlayıcı oranı 0.5 olarak sabit tutulmuştur. Mineral katkı olarak kullanılan öğütülmüş profillit tozu, çimento ile ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilmiştir. Üretilen harç numunelerinde kullanılan polipropilen lif ise hacimce %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında ilave edilerek kullanılmıştır. Taze haldeki harç numunelerinin yayılma değerleri belirlenerek kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıptan alınan numuneler 28 gün boyunca standart kür havuzunda küre tabi tutulmuştur. 7. günü dolduran harç numunelerinin eğilme ve basınç dayanımları alınmıştır. 28 günü dolduran numunelerin su emme yüzdesi, porozite ve birim hacim ağırlık gibi fiziksel özellikleri belirlenip, eğilme ve basınç dayanımları ölçülmüştür. Mineral katkı ve lif oranının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Profillit tozunun harçlarda mineral katkı olarak kullanılabilmesi ve harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine olumlu katkıda bulunduğu, lif ilavesiyle birlikte bu özelliklerin daha da olumlu etkilendiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Lifli Harç, Profillit, Polipropilen Lif

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PROFILLITE ADDED FIBER MORTARS

Abstract- In this study, the effect of ground pyrophyllite powder and polypropylene fiber on the physical and mechanical properties of mortar samples was investigated. Mortar samples with dimensions of 40x40x160 mm were produced by using crushed sand aggregate having a grain size of 0-4 mm. CEM I 42.5 R Portland cement was used as the binder in preparation of the mortar mixture. The water / binder ratio in the mortar samples was kept constant as 0.5. Milled pyrophyllite powder used as mineral admixture was substituted with 0%, 10%, 20% and 30% by weight of cement. The polypropylene fiber used in mortar samples was added by adding 0%, 0.1%, 0.3% and 0.5% by volume. Spread values of fresh mortar samples were determined and placed in molds. Samples

from the mold were cured in standard curing pool for 28 days. The flexural and compressive strengths of the mortar samples filled on the 7th day were taken. Physical properties such as water absorption, porosity and unit volume weight were determined and flexural and compressive strengths of the samples were completed after 28 days. The effects of mineral additive and fiber ratio on physical and mechanical properties were investigated. It has been determined that pyrophyllite powder can be used as a mineral additive in mortars and contributes positively to the physical and mechanical properties of the mortars and these properties are affected more positively with the addition of fiber.

Key Words- Fiber Reinforced Mortar, Pyrophyllite, Polypropylene Fiber.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada yapı malzemesi olarak kullanılmakta olan beton, her geçen gün kullanım alanları artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Çimento üretimi sırasında, CO₂ salınımı meydana gelmekte, 1 ton çimento üretilmesi sırasında yaklaşık olarak 1 ton CO₂'in atmosfere salınımına neden olmaktadır. Betonun çevreye olan zararının azaltılması, portland çimentosunun puzolanik malzemelerle yer değiştirilmesi sonucu çimento tüketiminin azaltılması ile sağlanabilir. Puzolanik malzemelerin kullanılması, uzun dönem durabilitesi iyi olan yüksek performanslı betonların elde edilmesinde etkili bir yöntemdir. Bu malzemeler, bir miktar çimentonun yerine kullanıldıkları için çimento tüketimini azaltmakta, aynı zamanda taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini iyileştirmektedir. Betonun kimyasal kompozisyonu, parçacık boyut dağılımı, inceliği ve puzolanik aktifliği betonun mekanik özelliklerini etkileyen önemli etkenlerdir [1]. Genel olarak kullanılan yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı gibi mineral katkılara ek olarak profillit cevheri de bulunmaktadır.

Profillit ismi 1829 yılında R. Harmen tarafından Yunanca kelimeler olan "pyro" ateş ve "phyllite" kaya veya taş anlamındaki kelimelerden türetilmiştir. Profillit $H_2Al_2(SiO_3)_4$ teorik formülünü sahip hidrate olmuş bir alüminyum silikattir. Birçok fiziksel özellikleri açısından incelendiğinde sert bir malzeme olup yüksek sıcaklıklarda akışkan bir durum almamaktadır. Bu nedenle daha önceki çalışmalarda, seramik karoların, bir fosfat bağlayıcı sistemi kullanan katmanlı bir alüminosilikat minerali olan profillitten yapılabileceği, 950 °C'lik sıcaklıkta sinterlenebileceği bulunmuştur. Profillit, iyi bir termal şok direnci ve darbe dayanımı göstermektedir [2-3]. Hammadde olarak profillit kullanan sanayilerin her biri, kendi üretim süreçlerine göre cevherin Al₂O₃, SiO₂, K₂O, TiO₂, Fe₂O₃ içerikleri ve tane boyu özelliklerine göre tüketim yapmaktadırlar. Birlikte bulunduğu mineraller de kullanım alanlarına göre etkin rol oynamaktadır. Profillitin saf olarak ana mineralojik bileşimi oluşturduğu ürünler dolgu, profillit+kuvars+disten'in ana mineralojik bileşimini oluşturduğu ürünler ortaya çıkmaktadır [4]. Türkiye'de 1970'li yılların başlarına ortaya çıkarılmasıyla beraber, o dönemlerde küçük miktarlarda "talk" olarak üretilen profillit 1976 yılında maden kanunu kapsamına alınmıştır. Ancak yılda 2-3 bin ton dolayında üretilerek seramik ve refrakter sanayiine satılan profillit, 1990'lı yıllardan itibaren önemli bir dönemeci aşmıştır. Yine bu yıllarda Mersin'de kurulu ÇİMSA Çimento Sanayi A.Ş. beyaz çimento üretiminde kaolen yerine profillit kullanmaya başlamıştır. Düşük demir ve krom içerikli Pütürge profillitinin kullanımı ile ÇİMSA'nın ürettiği çimentonun beyazlığı %90'a ulaşmış ve "superwhite" tanımı ile Avrupa'nın en kaliteli beyaz çimentoları arasında yer almıştır [5].

US Geological Survey verilerine göre birbirinden ayrılmayan talk ve profillit üretimi dünyada 2.2 milyon ton dolayındadır. Bu şekilde Türkiye, dünyada profillit üreten 10 ülkenin arasında Japonya, Güney Kore, Brezilya ve Hindistan'ın hemen ardında yer almaktadır. Uzakdoğu da profillit, serisit, kaolinit ve kuvars karışımli kayalar "roseki" adıyla anılırken, Brezilya'da

profillit, serisit, diasporit, dişten, kuvars karışımlarına "agalmatolit" adı verilmektedir. Güney Afrika'da da profillit, kloritoyid, rutil ve epidotlu karışımlar "wonderstone" olarak adlanmaktadır [6-7]. Kullanılan mineral katkılara ilave olarak Malatya Pütürge yöresine ait olan profillit kayacı 25-40 mikron boyutunda öğütülmüş toz şeklinde kullanılmıştır.

Betonun mekanik dayanımı yüksek, dayanıklı ve ekonomik olması için mineral katkıları sayesinde mümkündür. Ancak betonun en büyük dezavantajı çekme dayanımının ihmal edilebilecek kadar düşük olmasıdır. Bunun yanında kullanım alanı veya kullanılan yapıya göre betondan farklı performanslar beklenmektedir. Bu beklentiler ancak özel betonlarla karşılanabilmektedir. Bu özel beton türlerinden biri olan lifli beton ise beton ve çimento esaslı malzemelerde çeşitli özelliklerdeki liflerin kullanım esasına dayanmaktadır [8-9]. Lifler genellikle betonun çatlama ve ayrışmaya karşı direnç olarak kullanılır [10]. Çimento kompozitlerindeki çatlaklar kaçınılmaz olup, iki tür çatlak bulunmaktadır. Bunlardan biri, yük uygulandığında çimento kompozitlerinin taşıma kapasitesini aştığında oluşur. Diğerinde ise plastik aşamada olurken dış sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr nedeniyle oluşan nem kaybından kaynaklanır [11]. Çimento kompozitlerine polipropilen liflerin eklenmesi, çatlak oluşumunu önlemede etkili bir yöntemdir [12].

Bu çalışmada, mineral katkı olarak öğütülmüş profillit tozu, çimento ile ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında ikame yapılarak kullanılırken, polipropilen lif hacimce %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında ikame edilmiştir. Taze haldeki harçlara yayılma deneyi yapılarak işlenebilirlikleri karşılaştırılmıştır. 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde basınç ve üç noktalı eğilme deneyi yapılarak dayanımları belirlenmiştir. 28. günü dolduran numunelerin su emme yüzdeleri, porozite ve birim hacim ağırlık gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir.

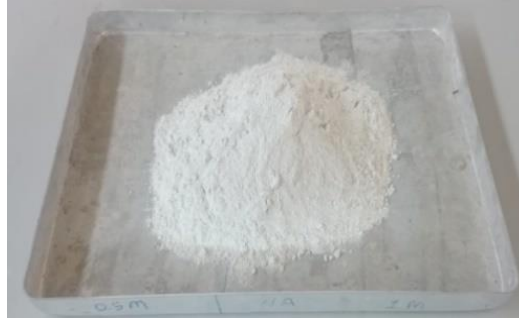
2. YÖNTEM (METHOD)

Deney numunelerinin üretilmesinde kullanılan harcın bileşenleri arasında yer alan çimento TS EN 197-1'e uygun olarak üretilen CEM I 42.5 R tipi çimentodur [13]. Kullanılan çimentonun kimyasal analizi, üretici çimento fabrikasından alınmış olup, fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. CEM I 42.5 R Portland çimentosunun kimyasal ve fiziksel analizi (CEM I 42.5 R Chemical and physical analysis of Portland cement)

Kimyasal Analiz	CEM I 42.5 (%)
CaO	62.72
SiO ₂	20.00
Al ₂ O ₃	4.92
Fe ₂ O ₃	3.76
MgO	1.84
SO ₃	2.65
K ₂ O	0.73
Na ₂ O	0.26
Kızdırma Kaydı	2.54
Çözünmeyen Kalıntı	-
Fiziksel Özellikler	
Özgül Yüzey (Blaine) (cm ² /g)	3250
Priz Başlangıcını (saat:dk.)	2:25
Priz Sonu (saat:dk.)	3:40
Hacim Genleşmesi (mm)	1
Basınç Dayanımı (MPa) 28 gün	49.5

Deneysel çalışmada, TS EN 1008'e uygun olan Osmaniye ili, şehir şebeke suyu kullanılmıştır [14]. Çalışma kapsamında üretilen harç numunelerinde 0-4 mm tane büyüklüğüne sahip özgül ağırlığı 2.67 gr/cm³ olan kırma kum kullanılmıştır. Puzolanik malzeme olarak kullanılan Şekil 1'deki öğütülmüş profillit tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir [15].



Şekil 1. Öğütülmüş profillit tozu

Tablo 2. Profillitin kimyasal ve fiziksel analizi (Milled Profilled Powder)

Kimyasal Analiz	Profillit (%)
CaO	0.08
SiO ₂	75-30
Al ₂ O ₃	20-74
Fe ₂ O ₃	0.08
SO ₃	0.08
K ₂ O	0.21
Kızdırma Kaydı	21
Fiziksel Özellikler	
Özgül Kütle	2.8-2.9
Erime sıcaklığı	1700 °C
Sertlik	1-2 Mohs

Deneysel çalışmada lifli harç üretimi için kullanılan polipropilen lifin teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir [16].

Tablo 3. Polipropilen lifin teknik özellikleri (Technical properties of polypropylene fiber)

Teknik Özellikler	Açıklama
Kimyasal Yapı	% 100 polipropilen
Yoğunluk	0.91 g/cm ³
Lif Uzunluğu	12 mm
Lif Çapı	18 mikron-nominal
Su Emme	Eser miktarda
Ergime Noktası	160 °C
Tutuşma Sıcaklığı	365 °C
Isı İletkenliği	Düşük
Liflerin Özgül Yüzey Alanı	250 m ² /kg
Asit Direnci	% 100
Çekme Dayanımı	300-400 MPa
Elastisite Modülü	~4000 MPa

Deneysel çalışmada kullanılmak üzere üretilen numunelerde kullanılan malzeme miktarları Tablo 4'te verilmiştir. Kullanılan harcın ağırlıkça karışım oranları, kum:çimento:su=3:2:1 şeklindedir.

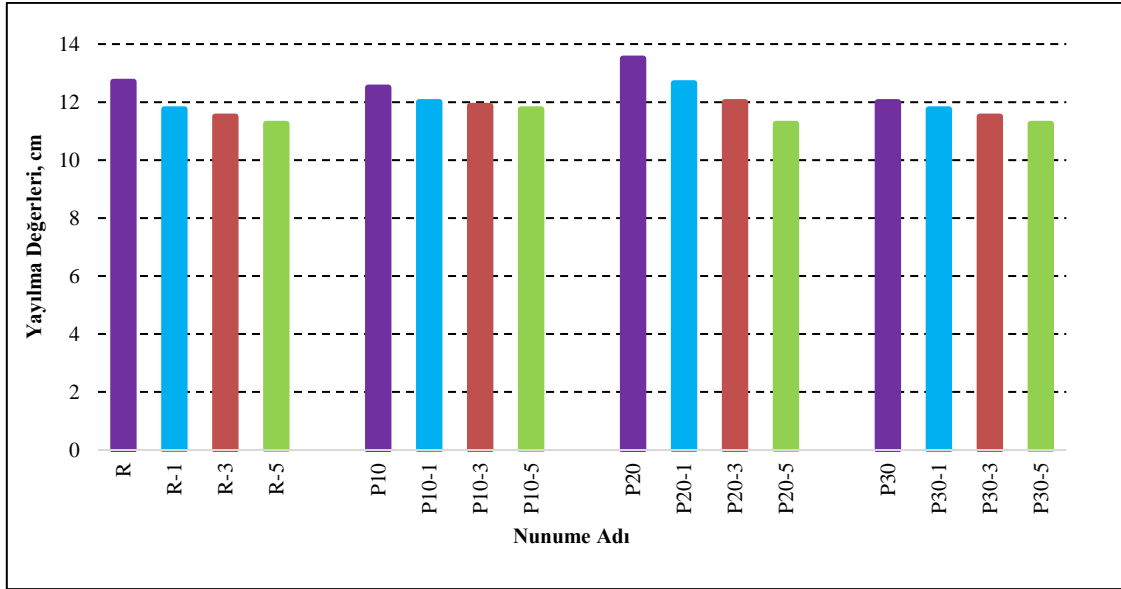
Tablo 4. Denejde kullanılan malzeme miktarları (Quantities of materials used in the experiment)

Numune Adı	Kırma Kum (gr)	Çimento (gr)	Profillit (gr)	Lif Oranı (%)	Lif (gr)
R	1350	450	0	0	0
R-1	1350	450	0	0.1	0.4
R-3	1350	450	0	0.3	1.2
R-5	1350	450	0	0.5	2.0
P10	1350	405	45	0	0
P10-1	1350	405	45	0.1	0.4
P10-3	1350	405	45	0.3	1.2
P10-5	1350	405	45	0.5	2.0
P20	1350	360	90	0	0
P20-1	1350	360	90	0.1	0.4
P20-3	1350	360	90	0.3	1.2
P20-5	1350	360	90	0.5	2.0
P30	1350	315	135	0	0
P30-1	1350	315	135	0.1	0.4
P30-3	1350	315	135	0.3	1.2
P30-5	1350	315	135	0.5	2.0

Karışım hazırlandıktan sonra taze haldeki tüm harç numunelerin her biri yayılma tablası üzerinde 15 vuruş yapılarak TS EN 1015-3, (2000) standardına uygun olarak yayılma değerleri ölçülmüştür [17]. Yayılma değerleri de alındıktan sonra yağlanan kalıplar, çimento sarsma tablasına yerleştirilerek iki aşamada harç numuneleri ile doldurulmuştur. 24 saat kalıpta prizini tamamlayan harç numunelerini kalıplardan çıkartılarak 7 ve 28 gün süre ile standart kür havuzlarında kür edilmiştir. 7. günü dolduran harç numunelerine TS EN 196-1 (2016) standardına uygun eğilme dayanımı tayini ve TS EN 12390-4 (2002) standardına uygun basınç dayanımı tayin edilmiştir. [18-19]. 28. günü dolduran harç numunelerinin su emme ve porozite gibi fiziksel özelliklerinin belirlemek için arşimet prensibi ile çalışan tartı yardımı ile TS EN 1170-6 (1999) standardına uygun hesaplanmıştır [20].

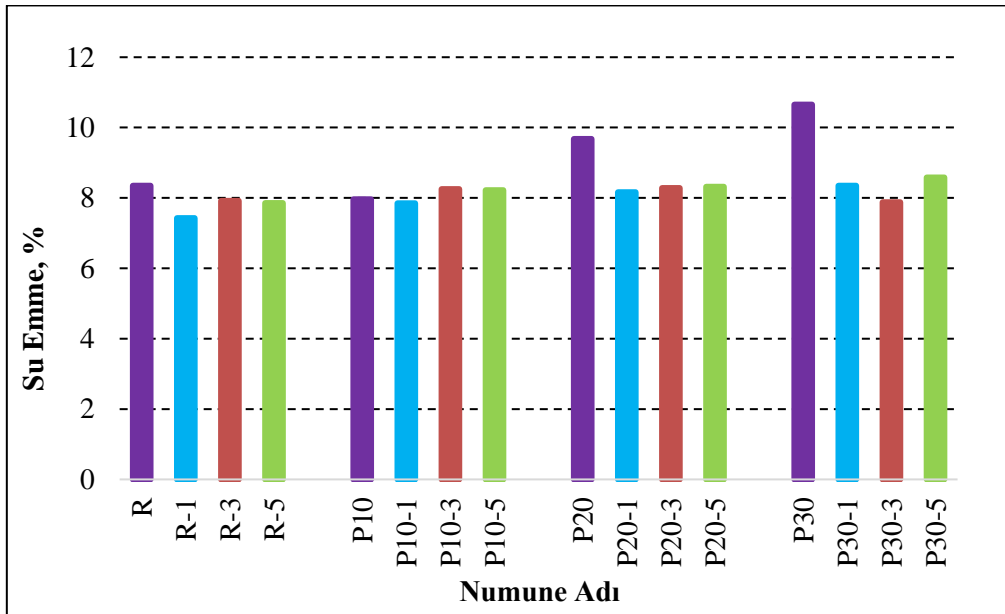
2. BULGULAR (FINDINGS)

Oluşturulan taze haldeki harç numunelerinin yayılma değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Taze halde belirlenen yayılma değerlerinin ortalama 11.95 cm olduğu görülmektedir. En fazla P20 numunesi 13.50 cm yayılma değerine ulaşarak elde ettiği tespit edilmiştir. Tüm serilerde lif katkı oranı arttığında yayılma değerlerinin düştüğü ve işlenebilirliğin azaldığı görülmektedir. Ancak polipropilen lif ve profillit tozunun birlikte kullanıldığı numunelerde, profillit tozu miktarı %20 oranına kadar yayılma değerlerini arttırdığı, %20 oranının üzerine çıkmasıyla birlikte yayılma değerlerinde azalma meydana getirmiştir. Polipropilen lif ise, tüm serilerde lif oranının artmasıyla birlikte belirgin bir şekilde yayılma değerlerinde azalma olmuştur. Bu nedenle kalıba yerleştirme işleminde de güçlük yaşanmıştır.



Şekil 2. Harç numunelerinin yayılma değerleri (Spread values of mortar samples)

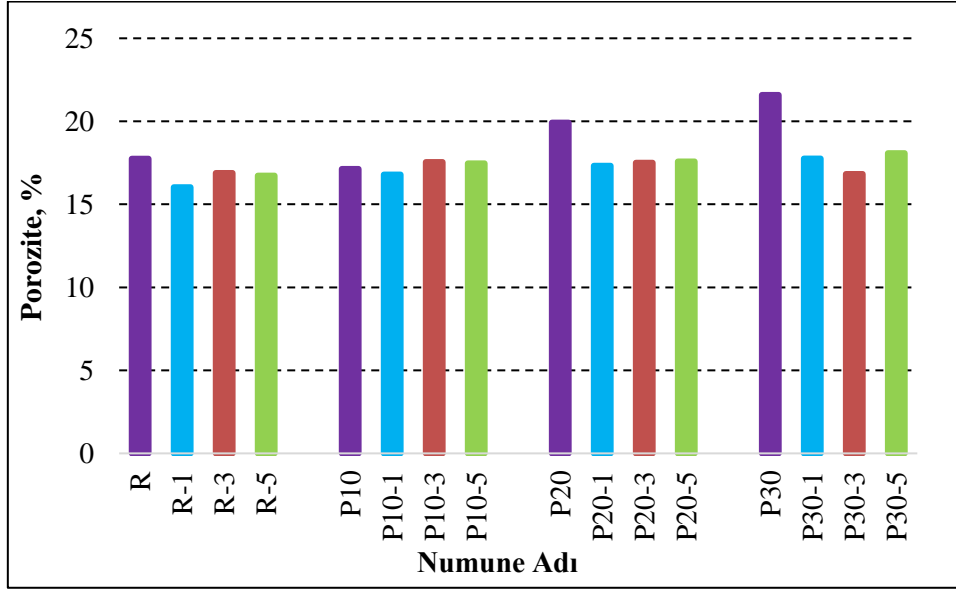
Harç numunelerinin Şekil 3'te verilen su emme yüzdeleri incelendiğinde genel olarak profillit tozu miktarının artmasıyla su emme miktarında da artış olduğu gözlenmiştir. P10 numunesinin R numunesine göre su emme yüzdesinde %0.04 azalma, P20 ve P30 numunelerinde ise sırasıyla %16 ve %27 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Harç içerisinde mineral katkı oranının artmasıyla birlikte ince madde miktarı da artmakta bunun sonucunda yüzey alanı arttığından su ihtiyacı artmaktadır. Su ihtiyacından kaynaklı yerleşme güçlükleri ortaya çıktığından daha gözenekli veya boşluklu bir yapıya sahip olmaktadır. Bu durum ise numunelerde su emme yüzdelerinin artmasına sebep olmaktadır.



Şekil 3. Su emme (%) değerleri (Water absorption (%) values)

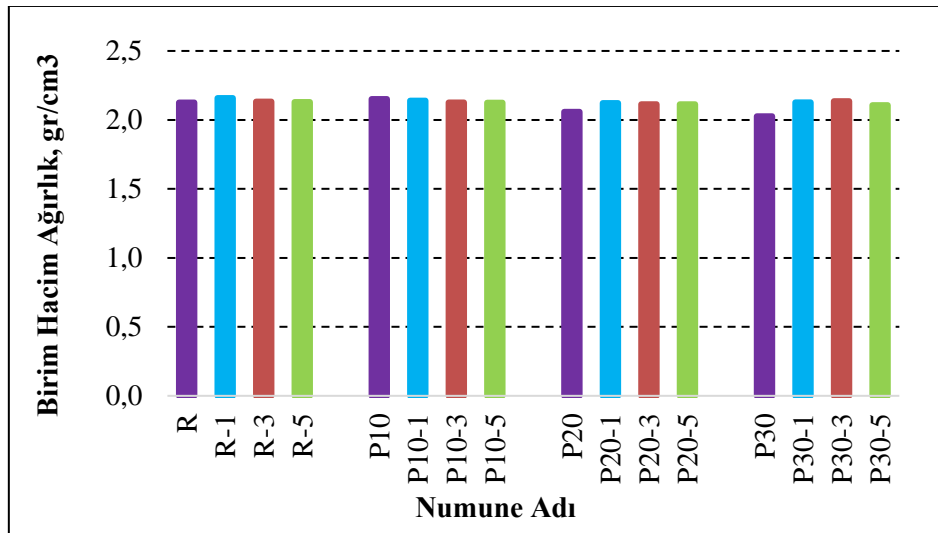
Harç numunelerinin Şekil 4'te verilen porozite yüzdeleri incelendiğinde genel olarak profillit tozu miktarının artmasıyla porozite yüzdelerinde artış olduğu gözlenmiştir. İnce madde miktarı arttığından dolayı yerleşme güçlükleri meydana geldiği bu nedenle ise porozite oranlarında artış

olduğu görülmektedir. P10 numunesi R numunesine göre porozite yüzdesinde %0.03 azalma meydana geldiği, P20 ve P30 numunelerinde ise sırasıyla %12 ve %22 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Harç numunelerinde lif kullanılmasıyla birlikte porozite değerlerinde azalma meydana gelmiştir. En az porozite değeri R-1 numunesinde %16.03 değerinde görülmüştür. Ancak kullanılan lif miktarının artmasıyla birlikte porozite değerlerinde artış olmuştur.



Şekil 4. Porozite (%) değerleri (Porosity (%) values)

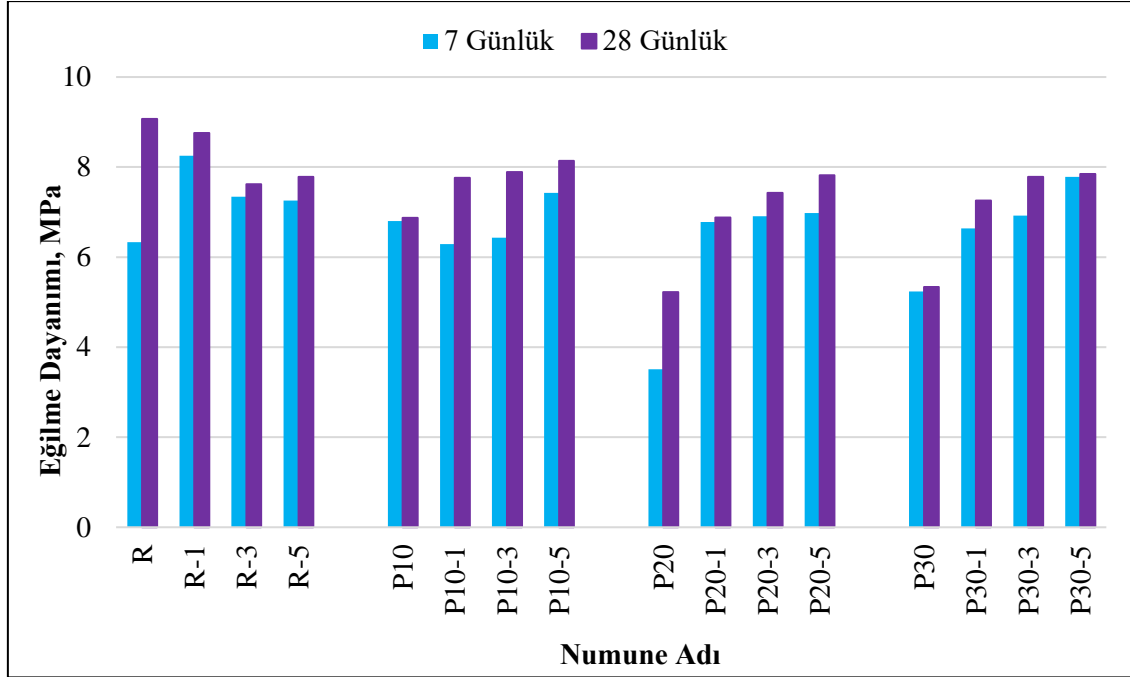
Şekil 5'te verilen birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde, profillit tozu ilavesiyle birim hacim ağırlık değerinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Ortalama birim hacim ağırlık değeri 2.12 olarak belirlenmiştir. Profillit ile birlikte polipropilen lif kullanılması durumunda birim hacim ağırlık değerlerinde az miktarda da olsa artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 5. Birim hacim ağırlık değerleri (Unit volume weight values)

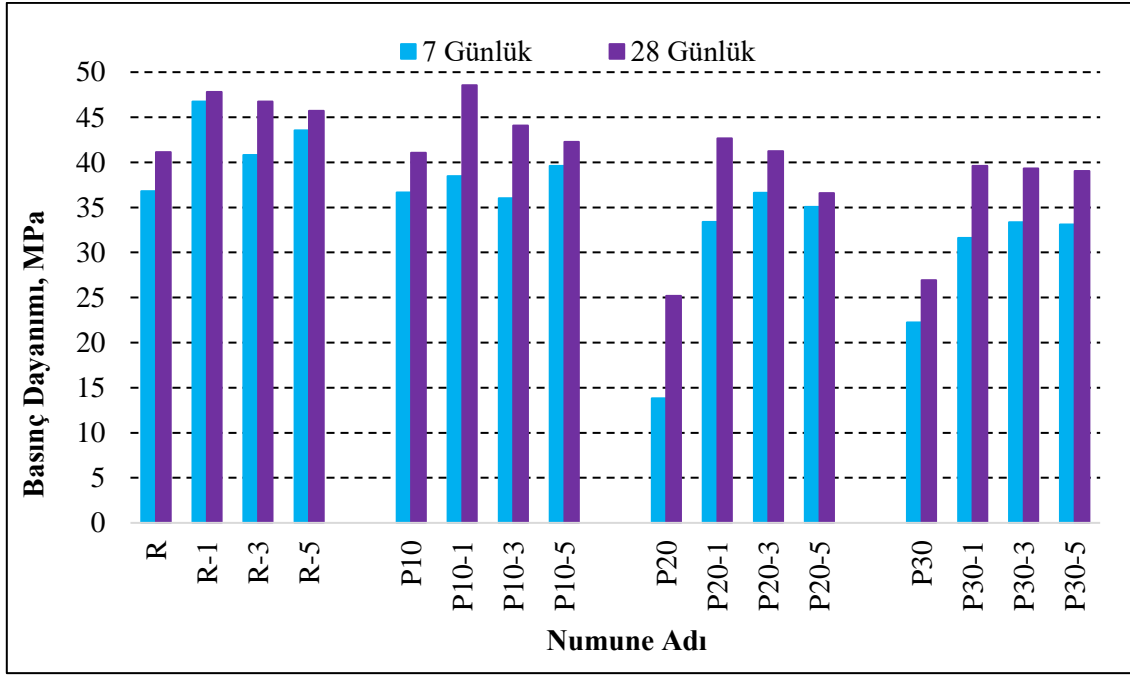
Harç numunelerinin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları Şekil 6'da verilmiştir. P10 numunesinin 7 günlük eğilme dayanımı R numunesine göre bir artış gösterdiği, P20 ve P30 numunelerinde ise azalma olduğu tespit edilmiştir. 28 günlük eğilme dayanımının ise, mineral katkı kullanımı

sonucunda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Lif katkısının tüm numunelerde genel olarak eğilme dayanımında artış sağladığı gözlenmiştir.



Şekil 6. Harç numunelerinin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları (Flexural strength of mortar samples 7 and 28 days)

Harç numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 7’de verilmiştir. Profillit miktarının %10 kullanılması durumunda basınç dayanımlarında artış gözlemlenirken, %20 ve %30 oranlarında düşüş görülmüştür. 28 günlük basınç dayanımları lif ilavesi ile profillitli ve profillitsiz tüm serilerde basınç dayanımı arttırdığı, ancak lif miktarının artmasıyla birlikte bu artışın azaldığı görülmektedir. En fazla basınç dayanımı değerine 48,54 MPa olarak P10-1 numunesi ulaşmıştır. En düşük basınç dayanımı değeri ise P20 numunesinde 22,20 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7. Harç numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları (7 and 28 days compressive strength of mortar samples)

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Taze halde belirlenen yayılma değerlerinin ortalama 11.95 cm olduğu görülmektedir. En fazla P20 numunesi 13.50 cm yayılma değerine ulaşarak elde ettiği tespit edilmiştir. Tüm serilerde lif katkı oranı arttığında yayılma değerlerinin düştüğü ve işlenebilirliğin azaldığı görülmektedir.

Su emme yüzdeleri incelendiğinde profillit tozu miktarının artmasıyla su emme miktarında da artış olduğu gözlenmiştir. Su emme yüzdesi en fazla P30 numunesinde %10.65 olarak belirlenmiştir.

Porozite yüzdeleri incelendiğinde profillit tozu miktarının artmasıyla porozite miktarında da artış olduğu gözlenmiştir. Porozite yüzdesi en fazla P30 numunesinde %21.59 olarak belirlenmiştir.

Harç içerisinde mineral katkı oranının artmasıyla birlikte ince madde miktarı da artmakta bunun sonucunda yüzey alanı arttığından su ihtiyacı artmaktadır. Su ihtiyacından kaynaklı yerleşme güçlükleri ortaya çıktığından daha gözenekli veya boşluklu bir yapıya sahip olmaktadır. Bu durum ise numunelerde su emme ve porozite yüzdelerinin artmasına sebep olmaktadır.

Lif miktarının artmasıyla birlikte porozite ve su emme oranlarının tüm seriler için arttığı gözlemlenmiştir.

Birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde profillit tozu ilave edildiğinde birim hacim ağırlık değerinin değişmediği görülmüştür. Profillit ile birlikte polipropilen lif kullanılması durumunda birim hacim ağırlık değerinin de az da olsa artışlar meydana gelmiştir.

Harç numunelerinde 7 günlük eğilme dayanımları, %10 profillit ilavesiyle referans numunenin eğilme dayanımı 6.33 MPa değerinden 6.80 MPa'a yükseldiği, %20 ve %30 olduğunda ise bu değer sırasıyla 3.51 MPa ile 5.34 MPa değerine düştüğü görülmüştür. 28 günlük eğilme

dayanımları ise, referans numuneye göre profillit katkısının eğilme dayanımında düşüş olduğu, bu değer lif ilavesiyle artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Harç numunelerinde 28 günlük basınç dayanımları, profillit katkısının bu değeri düşürdüğü görülmektedir. Ancak lif katkısı sayesinde referans numuneye göre basınç dayanımında artışlar olmuştur. En fazla basınç dayanımı ise P10-1 numunesi 48.54 MPa değerine ulaşarak elde etmiştir. En düşük basınç dayanımı değeri ise P20 numunesinde 22,20 MPa olarak tespit edilmiştir.

Profillit tozunun harçlarda mineral katkı olarak kullanılabilmesi ve harçların fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirdiği, lif ilavesiyle birlikte bu özelliklerin daha da arttığı tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Hamalı, Y., (2007) Metakaolin ve Silis Dumanı İçeren Harç ve Betonların Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [2]. Erdem, A., Karaoğlu, B., Malatya-Pütürge Profillitlerinin Değerlendirilmesi, MTA Genel Müdürlüğü, MAT Daire Başkanlığı, 06520, Ankara.
- [3]. S. Bhasin, S. S. Amritphale & N. Chandra, (2013). Effect of pyrophyllite additions on sintering characteristics of fly ash based ceramic wall tiles, British Ceramic Transactions, 102:2, 83-86,
- [4]. Erdemoğlu, M., Sankaya, M., (1999). Malatya-Pütürge Profillit Cevherinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim İzmir, s. 124-131.
- [5]. Uygun, A., Solakoğlu, E. (2002). Pütürge (Malatya) Masifindeki Profillit Yataklarının Jeolojisi ve Kökeni, MTA Dergisi 123-124.
- [6]. Harben, P.W., (1999). The Industrial Minerals Handy Book, 3. Edit. 296 s, Londra.
- [7]. Cornish. B.E., (1983). Pyrophyllite in Industrial Minerals and Rocks. Volume 2, AIME, New York.
- [8]. Açıkgenç, M., Arazsu, U., Alyamaç, K.E., (2012). Farklı Karışım Oranlarına Sahip Polipropilen Lifli Betonların Dayanım ve Durabilite Özellikleri. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 4 (3), 41-54.
- [9]. Asad Zia, Majid Ali (2017). Behavior of fiber reinforced concrete for controlling the rate of cracking in canal-lining, Constr. Build. Mater. 155 726–739.
- [10]. Alsadey, S., (2016) Effect of Polypropylene Fiber Reinforced on Properties of Concrete. Journal of Advance Research in Mechanical and Civil Engineering.
- [11]. Alsadey, S., (2016) Effect of polypropylene Fiber on Properties of Mortar, International Journal of Energy Science and Engineering., Vol. 2, No. 2, pp. 8-12
- [12]. Khaliq, W., and Kodur, V. (2011). Thermal and Mechanical Properties of Fiber Reinforced High Performance Selfconsolidating Concrete at Elevated Temperatures, Cem. Concr. Res., Vol. 41, No. 11, pp. 1112-1122.
- [13]. TS EN 197-1, (2012). Cement- Stage 1: General cements – component, TSE, Ankara Turkey.
- [14]. TS EN 1008, (2003). Beton-Karma suyu-Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları TSE, Ankara Turkey.
- [15]. Özkaya, H.,(2011). Malatya Pütürge Yöresinde Çıkarılan Pirofillit Malzemesinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [16]. Akkaş, A., Alpaslan, L., Arabacı, S , Başyigit, C . (2010). Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2 (1), 9-14.

- [17]. TS EN 1015-3 (2000). Kagir harcı-Deney metotları- Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini TSE, Ankara Turkey,
- [18]. TS EN 196-1, (2016). Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini TSE, Ankara Turkey.
- [19]. TS EN 12390-4, (2002). Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 4: Basınç dayanım Deney makinelerinin özellikleri TSE, Ankara Turkey.
- [20]. TS EN 1170-6, (1999). Ön yapımlı beton mamuller-Cam elyaf takviyeli çimento (ctc) deney metodu-Bölüm 6: Suya daldırma yoluyla su emme ve kuru yoğunluk tayini TSE, Ankara Turkey.