



YER FISTIĞI KABUĞU KÜLÜNÜN SIFCON'UN BAZI MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Yusuf Tahir ALTUNCI¹, Cenk ÖCAL²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Çimento Bulamacı Emdirilmiş Lifli Beton, Yer Fıstığı Kabuğu Külü, Kalsinasyon, İkameli Çimento.</i>	Bu çalışmada SIFCON (Çimento bulamacı emdirilmiş lifli beton) üretiminde CEM I 42.5 R tipi çimento yerine yer fıstığı kabuğu külünün değişik oranlarda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla; her numune için hacimce %10 oranında TS EN 14889-1 standardına uygun 0.75 mm çaplı ve 40 mm uzunluğunda çelik lif kullanılmıştır. 600 °C' de kalsine edilen yer fıstığı kabuğu külü CEM I 42.5 R tipi çimento yerine %0, %2.5, %5, %7.5 ve %10 oranlarında ikame edilmiştir. Çimento bulamacı üretimlerinde; her numune için aynı oranda bağlayıcı (yer fıstığı kabuğu külü ikameli CEM I 42.5 R çimentosu), aynı oranda silis dumanı, aynı oranda kuvars kumu, aynı oranda su, aynı oranda kimyasal katkı kullanılmış ve aynı oranda hava hacmi hesaplanmıştır. Hazırlanan çimento bulamacıları, SIFCON üretim yöntemine göre kalıplara doldurularak üretimler yapılmıştır. Üretilen numunelerin; birim hacim ağırlıkları, 28 günlük eğilme ve basınç dayanımları, su emme oranları, porozite yüzdeleri ve kılcal su emme değerleri belirlenerek, yer fıstığı kabuğu külü ikamesinin SIFCON üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

THE EFFECT OF PEANUT SHELL ASH ON SOME ENGINEERING FEATURES OF SIFCON

Keywords	Abstract
<i>Sifcon, Peanut Shell Ash, Calcination, Substitute Cement.</i>	In this study, the use of peanut shell ash in different proportions instead of CEM I 42.5 R type cement in the production of SIFCON (fiber concrete impregnated with cement slurry) was investigated. For this purpose; For each sample, steel fiber with a diameter of 0.75 mm and a length of 40 mm in accordance with the TS EN 14889-1 standard was used at 10% by volume. The peanut shell ash calcined at 600 °C was replaced by 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10% instead of CEM I 42.5 R type cement. In cement slurry production; For each sample, the same amount of binder (peanut shell ash substituted CEM I 42.5 R cement), the same proportion of silica fume, the same proportion of quartz sand, the same proportion of water, the same amount of chemical additive was used and the same proportion of air volume was calculated. The prepared cement slurries were filled into molds according to the SIFCON production method, then production was made. The effect of peanut shell ash substitution on SIFCON was evaluated by determining unit volume weights, bending and compressive strengths for 28 days, water absorption rates, porosity percentages and capillary water absorption values of the samples produced.

Alıntı / Cite

Altuncu, Y.T., Ocal, C., (2022). Yer Fıstığı Kabuğu Külünün Sifcon'un Bazı Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(3), 869-877.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Y.T. ALTUNCI, 0000-0002-5418-7742
C. ÖCAL, 0000-0002-1407-7637

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	01.03.2021
Revizyon Tarihi / Revision Date	13.05.2022
Kabul Tarihi / Accepted Date	30.05.2022
Yayın Tarihi / Published Date	30.09.2022

* İlgili yazar / Corresponding author: yusufaltunci@isparta.edu.tr, +90 246 271 3036

1. Giriş (Introduction)

Küresel ısınmayla birlikte, gerek CO₂ salınımını azaltmak, gerekse de betonun performans özelliklerini iyileştirmek amacıyla, organik atıkların çimento esaslı kompozit malzemeler içerisinde kullanılmasına yönelik çalışmalar hızla devam etmektedir (Demir ve Elmalı, 2020). Yüksek performanslı beton sınıfına giren SIFCON'da (Çimento bulamacı emdirilmiş lifli beton) üzerine çalışılan bu kompozit malzemelerden bir tanesidir.

SIFCON'un hem üretim şekli hem de bazı performans özellikleri lifli ve yüksek dayanımlı betonlardan farklıdır. Lifli betonlarda lif, taze betonun içine ilave edilip daha sonra kalıba dökülürken, SIFCON uygulamasında lif önce kalıbın içerisine serilir, ardından çimento bulamacı ile kalıp doldurularak beton dökümü yapılır. Yüksek dayanımlı betonlarda ise dayanım özelliği arttıkça gevreklik artmaktadır. SIFCON' da ise diğer yüksek performanslı betonların aksine dayanım artışına paralel olarak gevreklik azalmakta dolayısıyla enerji yutma kapasitesi ve süneklilik de artmaktadır (Bulutlar, 2006). SIFCON bu özelliklerinden dolayı yangına ve patlamalara karşı yüksek performans göstermekte ve askeri yapılarda ve sığınak uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Aydın, 2019). Literatürde; çimento, kum, silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, bazalt, lif, elyaf, kayaç tozu, kırılmış atık lastikler vb. malzemelerden değişik oranlarda karışımlar hazırlanarak yapılmış SIFCON üretimleri mevcuttur (Bulutlar, 2006; Aydın, 2019; Canbay, 2014; Canbaz ve Çelikten, 2020; Canbaz ve Ünüvar, 2016; Doğan, 2017; Giridhar vd., 2015; Kılı, 2018; Mohan vd., 2020; Soylu ve Bingöl, 2019; Şengül, 2018; Yazıcı vd., 2010).

Yapılan bu çalışmalarda; Bulutlar (2006), çelik tel içeriğinin SIFCON'un mekanik davranışına olan etkisini araştırmıştır. En yüksek çekme dayanımı ve kırılma enerjisine sahip örneklerin %10 yüksek mukavemetli çelik lif içeren örnekler olduğunu belirlemiştir. Aydın (2019), farklı sıcaklıkların SIFCON'un mekanik özelliklerine etkisini araştırmıştır. Oda sıcaklığına göre -30 °C' deki eğilme dayanımının yaklaşık olarak % 30 oranında arttığını, +300 °C' de %32, +200 °C' de %37 ve +100 °C' de %7 oranında dayanım azalmasının olduğunu belirlemiştir. Ayrıca en yüksek basınç dayanımı sonucunu da oda sıcaklığında gözlemlemiştir. Canbay (2014), çelik ve polipropilen liflerin SIFCON'da kullanılmasını araştırmıştır. Mekanik performans açısından çelik liflerin, ekonomiklik yönünden dalgalı geometriye sahip çelik liflerin, korozyona karşı ise polipropilen liflerin kullanımının uygun olacağı sonucuna varmıştır. Canbaz ve Çelikten (2020), atık taşı lastiklerinin SIFCON üretiminde kullanılabilirliğini araştırmak üzere CEM I çimentosu ile kırılmış atık taşı lastiklerini lif olarak kullanmışlar ve 12 MPa eğilme dayanımına sahip SIFCON kompozitler üretmişlerdir. Canbaz ve Ünüvar (2016), lif ve çimento türünün SIFCON üzerine etkisini araştırmışlardır. Katkısız çimento ve çelik lif kullanımı ile su emme oranlarının azalacağını, uçucu kül gibi mineral katkı kullanımının mikro düzeydeki boşlukları doldurma adına önemli katkılar sağlayacağını belirtmişlerdir. Doğan (2017), kayaç türlerinin SIFCON bulamacında agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Basınç dayanımı açısından en uygun birim maliyeti, referans örneğin ardından bazalt agregalı örnekler üzerinde gözlemlemiş, ayrıca en iyi dayanımı ve en düşük birim maliyeti ise taş kumu agregalı örnekler üzerinde tespit etmiştir. Giridhar vd. (2015), SIFCON'un mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarının sonucunda, hacimce % 8 oranında lif kullanımının, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve yamada çekme dayanımı açısından olumlu sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. Kılı (2018), kür şartlarının SIFCON'un mekanik özelliklerine etkisini araştırmıştır. SIFCON bulamacı olarak hazırladığı karışımlarda, çimento yerine yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kullanımının %20 ikame oranında en iyi etkiyi gösterdiğini belirlemişlerdir. Soylu ve Bingöl (2019), çelik liflerin SIFCON'un eğilme ve basınç dayanımı üzerine etkisini araştırmışlardır. % 8 oranına kadar artan lif hacmi ile eğilme ve basınç dayanımlarında artış gözlemlemişlerdir. Yazıcı vd. (2010), SIFCON üretiminde Portland çimentosu yerine ağırlıkça %50 oranında C sınıfı uçucu kül ve öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu ikamesinin gözenekliliği azalttığı sonucuna varmışlardır.

Çalışmamızda ise, SIFCON üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan CEM I 42.5 R tipi çimentonun içerisine değişik oranlarda yer fıstığı kabuğu külü ikame edilerek ve diğer karışım oranları sabit tutularak, yer fıstığı kabuğu külünün SIFCON üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla; ilk olarak kalıp hacminin %10'u oranında çelik lif kalıplara yerleştirilmiştir. Daha sonra, 600 °C' de kalsine edildikten sonra 0.25 mm'lik elekten elenerek toz haline getirilen yer fıstığı kabuğu külü CEM I 42.5 R tipi çimento yerine %0, %2.5, %5, %7.5 ve %10 oranlarında ikame edilerek, her numune için aynı oranda bağlayıcı (yer fıstığı kabuğu külü ikameli CEM I 42.5 R çimentosu), aynı oranda silis dumanı, aynı oranda kuvars kumu, aynı oranda su, aynı oranda kimyasal katkı kullanarak çimento bulamacıları hazırlanmış ve kalıba yerleştirilen liflerin üzerine doldurulmuştur. Üretilen numunelerin; birim hacim ağırlıkları, 28 günlük eğilme ve basınç dayanımları, su emme oranları, poroziteleri ve kılcal su emme değerleri belirlenerek, yer fıstığı kabuğu külü ikamesinin SIFCON üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Materyal (Material)

Çalışmada bağlayıcı malzeme olarak; 3.12 g/cm³ özgül ağırlığındaki CEM I 42.5 R tipi çimento, 2.32 g/cm³ özgül

ağırlığındaki silis dumanı ve 0.25 mm'lik elekten elenerek toz haline getirilen 2.10 g/cm^3 özgül ağırlığındaki yer fıstığı kabuğu külü kullanılmıştır. Yer fıstığı kabuğu külünün elde edilmiş görseli Şekil 1'de, kullanılan bağlayıcı malzemelerin kimyasal özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.



a) Yer fıstığı kabuğunun kalsine edilmesi



b) Yer fıstığı kabuğu külünün elenmesi

Şekil 1. Yer fıstığı kabuğu külü (Groundnut shell ash)

Tablo 1. Bağlayıcı malzemelerin kimyasal özellikleri (The properties of the chemical analyses of the binding material)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Kız. Kay.
CEM I 42.5 R	20.31	4.54	3.47	63.55	1.51	2.75	0.80	0.87	-	2.80
Silis Dumanı	84.76	1.06	0.81	0.68	5.01	0.97	-	-	-	3.16
Yer Fıstığı Kabuğu Külü	30.89	8.15	7.6	10.26	6.82	6.16	18.4	2.6	3.13	5.01

Çalışmada kum olarak; 100–300 µm elek aralığında ve 2.67 g/cm^3 özgül ağırlığındaki kuvars kumu, lif olarak; TS EN 14889-1 standardına uygun 0.75 mm çaplı ve 40 mm uzunluğundaki çelik lifler, kimyasal katkı maddesi olarak; 1.07 g/cm^3 özgül ağırlığındaki süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi ve karışım suyu olarak da, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Batı Kampüsündeki şebeke suyu kullanılmıştır.

2.2. Yöntem (Method)

SIFCON üretimi iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada tüm numunelerde aynı olacak şekilde kalıp hacminin %10'u oranında çelik lifler kalıba rasgele yerleştirilmiştir. İkinci aşamada ise, 600 °C'de kalsine edilerek elde edilen yer fıstığı kabuğu külü CEM I 42.5 R tipi çimento yerine %0, %2.5, %5, %7.5 ve %10 oranlarında ikame edilerek ve silis dumanı, kuvars kumu, süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı ve su kullanılarak hazırlanan çimento bulamacı kalıba dökülerek SIFCON üretimleri yapılmıştır. SIFCON üretim aşaması görseli Şekil 2'de, karışıma giren malzemelerin ortalama hacimsel oranları ise Tablo 2'de verilmiştir.



a) Çelik liflerin kalıba yerleştirilmesi



b) Çimento bulamacının kalıba yerleştirilmesi

Şekil 2. SIFCON üretimi (SIFCON-made)

Döküm işlemi tamamlanan numuneler daha sonra vibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Numunelere ait notasyon ve 1 m^3 çimento bulamacının bileşenleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Notasyon ve çimento bulamacı bileşenleri (Notation and cement slurry components)

MALZEME / NOTASYON	YFKK0	YFKK2.5	YFKK5	YFKK7.5	YFKK10
Çimento (kg)	1000	975	950	925	900
Yer fıstığı kabuğu külü (kg)	-	16.99	33.98	50.97	67.96
Silis dumanı (kg)	74.36	74.36	74.36	74.36	74.36
Kuvars kumu (kg)	774	774	774	774	774
Su (kg)	330	330	330	330	330
Akışkanlaştırıcı (kg)	27	27	27	27	27

Numunelerin, 28 günlük standart kür sonrası ağırlıkları (M) ölçülmüş ve hacimlerine (V) bölünmek suretiyle (Eşitlik 1) birim hacim ağırlıkları (BHA) hesaplanmıştır. Daha sonra numunelerin etüv kurusu ağırlıkları (Md), suya doymuş ağırlıkları (Ms) ve su içerisindeki ağırlıkları (Mw) ölçülmüş ve TS 699 (2009) standardında belirtilen Eşitlik 2, Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 yardımıyla; su emme oranları (S), kompasite (K) ve porozite (P) değerleri belirlenmiştir. Numunelerin ağırlıklarının ölçülmesi görseli Şekil 3'de verilmiştir.

$$BHA = M / V \quad (1)$$

$$S = (Ms - Md) / Md \quad (2)$$

$$P = ((Ms - Md) / (Ms - Mw)) \times 100 \quad (3)$$

$$K = 100 - P \quad (4)$$



a) Numunelerin su içerisindeki ağırlıklarının ölçülmesi



b) Numunelerin havadaki ağırlıklarının ölçülmesi

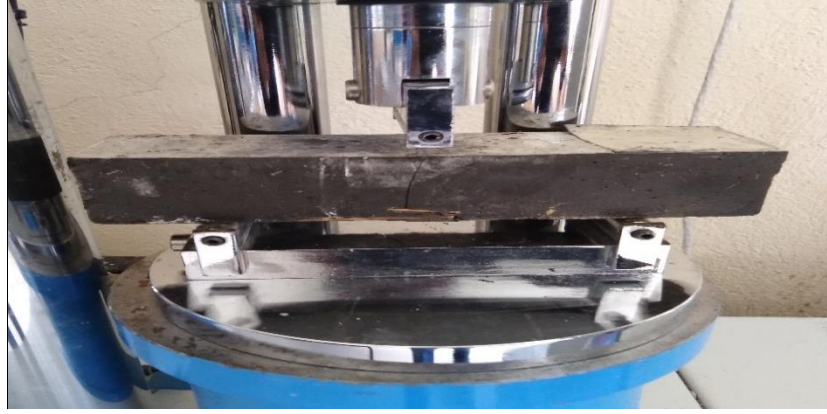
Şekil 3. Numunelerin ağırlıklarının ölçülmesi (Measuring the weight of the samples)

Kılcal su emme katsayısı değerlerini belirlemek için etüv kurusu durumda olan numunelerin suya temas edecek taban yüzeyi hariç diğer yan yüzeyleri parafinle geçirimsiz hale getirilmiş ve su içine bırakılan numunelerin 10. dakikada (m_1) ve 90. dakikadaki (m_2) ağırlıkları ölçülerek TS EN 1015-18 (2004) standardında belirtilen Eşitlik 5'e göre kılcal su emme değerleri belirlenmiştir. Kılcal su emme katsayısı deneyi görseli Şekil 4'de verilmiştir.

$$Wc = 0.1 \times (m_2 - m_1) \quad (5)$$

**Şekil 4.** Kılcal su emme katsayısı deneyi (Capillary absorption coefficient test)

Numunelerin 28 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri ise TS EN 196-1 (2016) standardında belirtilen şekilde belirlenmiştir. Eğilme dayanımı deneyine ait görsel Şekil 5'de verilmiştir.

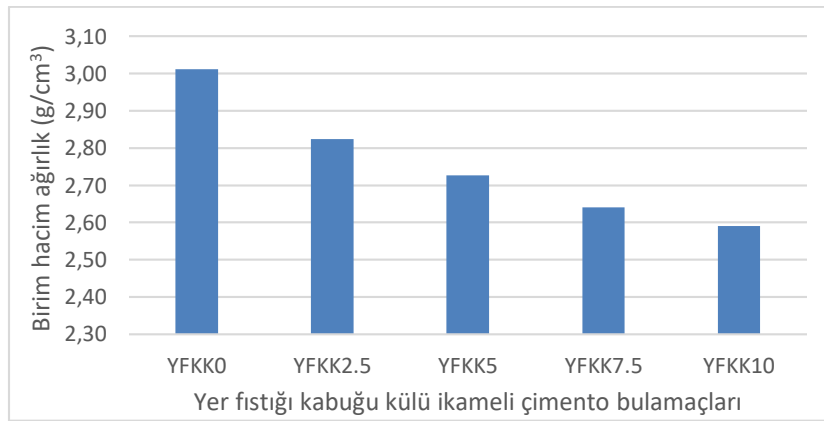


Şekil 5. Eğilme dayanımı deneyi (Flexural strength test)

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

3.1. Birim Hacim Ağırlık (Weight per Unit of Volume)

Yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON numunelerinin 28 günlük kür işleminden sonra birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Birim hacim ağırlık deney sonuçları Şekil 6'da verilmiştir.

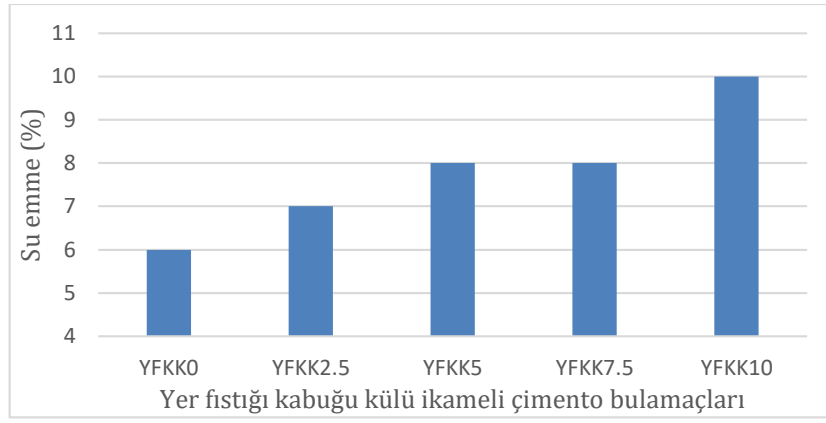


Şekil 6. Birim hacim ağırlık deney sonuçları (Weight per unit of volume test results)

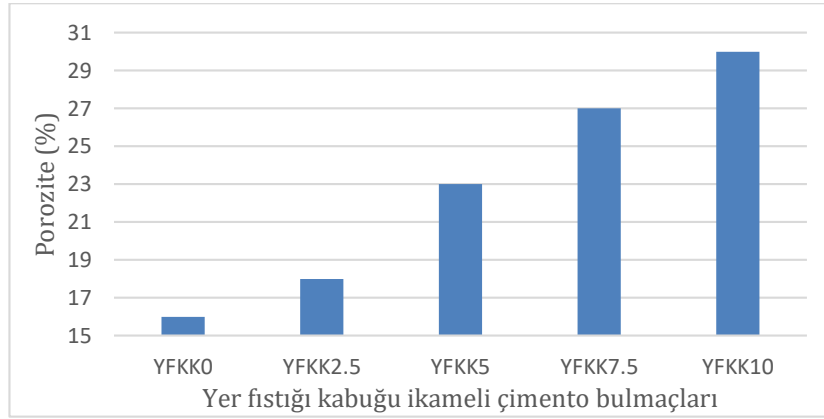
En hafif birim hacim ağırlığa sahip numune 2.59 g/cm^3 değeri ile YFKK10 numunesi iken en yüksek birim hacim ağırlığa sahip numune ise 3.01 g/cm^3 değeri ile YFKKO şahit numunesidir. YFKKO şahit numunesine göre; YFKK2.5 numunesinin birim hacim ağırlığı %6.23, YFKK5 numunesinin birim hacim ağırlığı %9.47, YFKK7.5 numunesinin birim hacim ağırlığı %12.32 ve YFKK10 numunesinin birim hacim ağırlığı ise %14.01 oranında azalmıştır. Tüm numunelerin, yer fıstığı kabuğu külü ikamesi ile birim hacim ağırlıklarının azaldığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum tek değişken olan yer fıstığı kabuğu külünün yoğunluğunun (2.10 g/cm^3) çimentonun yoğunluğundan (3.12 g/cm^3) az olması ile açıklanabilir.

3.2. Su Emme ve Porozite (Water Absorption and Porosity)

28 günlük kür süresini tamamlayan yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON numunelerinin TS 699 (2009) standardına göre su emme ve porozite yüzdeleri hesaplanmıştır. Su emme deney sonuçları Şekil 7'de, porozite deney sonuçları ise Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Su emme deney sonuçları (Water absorption test results)

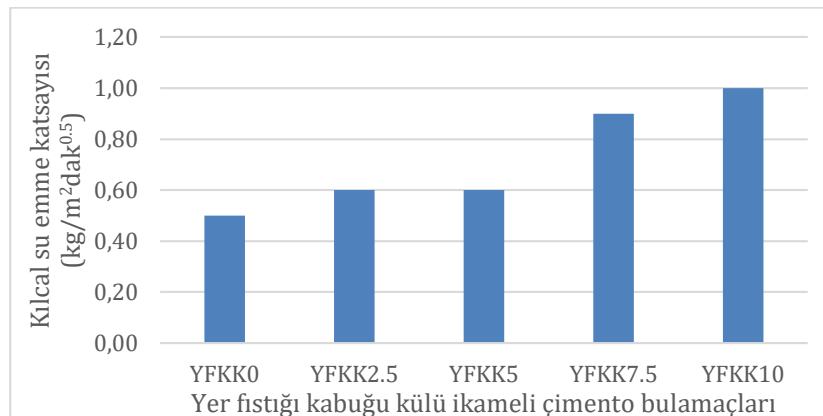


Şekil 8. Porozite deney sonuçları (Porosity test results)

Yer fıstığı kabuğu külü ikamesi ile su emmenin ve porozitenin arttığı, kompasitenin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Buna göre en yüksek su emme oranına sahip numune %10 ile YFKK10 numunesi iken en düşük su emme oranına sahip numune %6 ile YFKK0 şahit numunesidir. Porozite değerlerine bakıldığı zaman ise, su emmenin en yüksek olduğu numunede (YFKK10) bu değer %30 iken, en düşük su emme oranına sahip şahit numunede (YFKK0) ise bu oran %16'dır. YFKK0 şahit numunesinin su emme oranı; YFKK2.5 numunesine göre %14.29, YFKK5 numunesine göre %25, YFKK7.5 numunesine göre %25 ve YFKK10 numunesine göre %40 daha azdır. Yine YFKK0 şahit numunesinin porozite değeri, su emme oranına benzer şekilde; YFKK2.5 numunesine göre %11.11, YFKK5 numunesine göre %30.43, YFKK7.5 numunesine göre %40.74 ve YFKK10 numunesine göre %46.67 daha azdır. Bu durum su emme oranı ile porozite arasındaki doğru orantıdan kaynaklanmaktadır. Deney sonuçlarına göre yer fıstığı kabuğu külünün SIFCON içerisinde boşluklu yapıya sebep olduğu söylenebilir.

3.3. Kılcal Su Emme Katsayısı (Capillary Absorption Coefficient)

Yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON numunelerinin kılcal su emme katsayısı değerleri TS EN 1015-18 (2004) standardına göre belirlenmiştir. Kılcal su emme katsayısı deney sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.

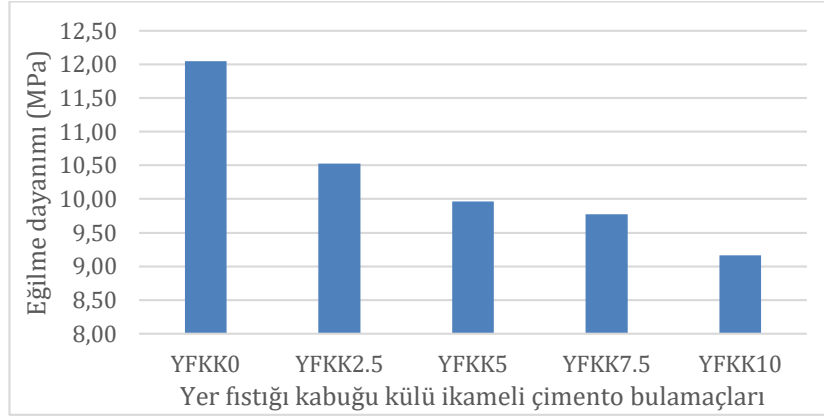


Şekil 9. Kılcal su emme katsayısı deney sonuçları (Capillary absorption coefficient test results)

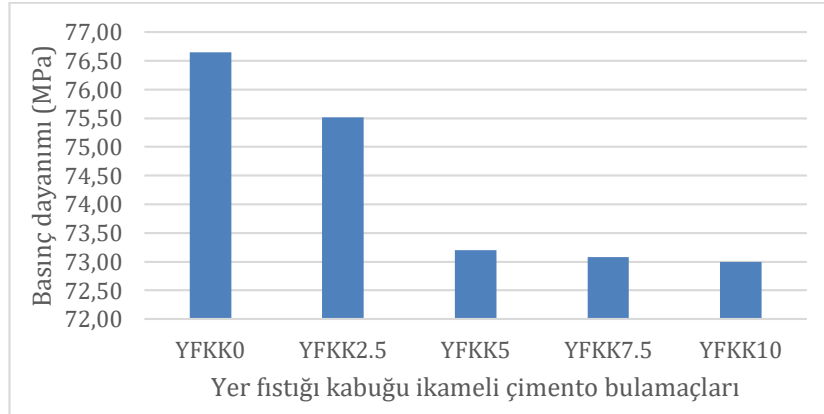
Kılcal su emme katsayısı en yüksek olan numune $1 \text{ kg/m}^2\text{dak}^{0.5}$ değeri ile YFKK10 iken en düşük kılcal su emme katsayısı değerine sahip numune ise $0.5 \text{ kg/m}^2\text{dak}^{0.5}$ değeri ile YFKK0 şahit numunesidir. Şahit numunenin (YFKK0) kılcal su emme katsayısı; YFKK2.5 numunesine göre %16.67, YFKK5 numunesine göre %16.67, YFKK7.5 numunesine göre %44.4 ve YFKK10 numunesine göre %50 daha azdır. Değerlerden görüleceği üzere, yer fıstığı kabuğu külü ikame oranı arttıkça kılcal su emme katsayısı değerleri artmıştır. Bu durum yer fıstığı kabuğu külünün yüzeyel yapısından dolayı boşlukları dolduramamasından kaynaklanmaktadır.

3.4. Eğilme ve Basınç Dayanımı (Flexural and Compressive Strength)

28 günlük kür süresini tamamlayan yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON numunelerinin eğilme ve basınç dayanımı değerleri TS EN 196-1 (2016) standardına göre belirlenmiştir. Eğilme dayanımı deney sonuçları Şekil 10'da, basınç dayanımı deney sonuçları ise Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Eğilme dayanımı deney sonuçları (Flexural strength test results)



Şekil 11. Basınç dayanımı deney sonuçları (Compressive strength test results)

Eğilme dayanımı deney sonuçlarına göre en yüksek eğilme dayanımı değerine sahip numune 12.05 MPa değeri ile YFKK0 şahit numunesi iken en düşük eğilme dayanımı değerine sahip numune ise 9.16 MPa değeri ile YFKK10 numunesidir. YFKK0 şahit numunesine göre; YFKK2.5 numunesinin eğilme dayanımı %12.62, YFKK5 numunesinin eğilme dayanımı %17.31, YFKK7.5 numunesinin eğilme dayanımı %18.86 ve YFKK10 numunesinin eğilme dayanımı ise %23.95 oranında azalmıştır. Eğilme dayanımlarındaki bu azalışa rağmen numunelerin içerisine rastgele yerleştirilen çelik lifler tüm numunelerin deney sonucunda ortadan ikiye ayrılmasını engellemiştir. Ayrıca, çelik lifler kalıp yüksekliğine göre homojen yerleştirilemediği için eğilme dayanımları arasında oransal olmayan farklılıklar oluşmuştur.

Basınç dayanımı deney sonuçlarına göre en yüksek basınç mukavemetine sahip numune 76.64 MPa ile YFKK0 şahit numunesi iken en düşük basınç dayanımına sahip numune 73.00 MPa değeri ile YFKK10 numunesidir. YFKK0 şahit numunesine göre; YFKK2.5 numunesinin basınç dayanımı %1.47, YFKK5 numunesinin basınç dayanımı %4.49, YFKK7.5 numunesinin basınç dayanımı %4.64 ve YFKK10 numunesinin basınç dayanımı ise %4.75 oranında azalmıştır. Basınç dayanımlarındaki bu küçük azalışlara rağmen yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON' un içerisine rastgele yerleştirilen çelik lifler numunelerin elasto-plastik davranış göstermesini sağlamaktadır.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Yer fıstığı kabuğu külünün SIFCON' un bazı mühendislik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- %10 oranında yapılan yer fıstığı kabuğu külü ikamesi SIFCON' un birim hacim ağırlığını %14.01 oranında azaltmaktadır. Çimento yerine daha düşük yoğunluğa sahip olan kolemanit ikamesi ile yapılmış benzer bir çalışmada, kolemanit ikamesi malzemenin birim hacim ağırlığını azaltmıştır (Sallı Bideci ve Bideci, 2018). Bu durum sonuçlarımızı desteklemektedir. Dolayısıyla yer fıstığı kabuğu külünün yoğunluğu CEM I 42,5 R çimentosunun yoğunluğundan daha düşük olduğu için birim hacim ağırlıktaki bu azalma beklenen bir durumdur (Alabadan vd., 2006). Bu yüzden SIFCON üretimlerinde sabit yüklerin % 14 civarında azaltılması istenilen yerlerde CEM I 42,5 R tipi çimentoya %10 civarında yer fıstığı kabuğu külünün ikamesi önerilir.
- Doğal puzolanların çimento yerine ikame edilmesi sonucunda çimentonun toplam özgül yüzey alanı artmakta ve bu durum su ihtiyacını arttırmaktadır (Vu vd., 2001). Bu yüzden, yüzeysel alanı daha fazla olan yer fıstığı kabuğu külünün (Buari vd., 2019) CEM I 42.5 R çimentosu yerine %10 oranında ikame edilmesi, su emme oranını %66.67, poroziteyi %87.5 ve kılcal su emme katsayısını da %100 oranında arttırmıştır. Ancak su emme, porozite ve kılcal su emme katsayısı değerlerinin küçük oranlarda kalması ve üretimde çelik liflerin kullanılması bu durumdan kaynaklanan performans olumsuzlarını büyük oranda azaltmıştır.
- Çalışmada kullanılan yer fıstığı kabuğu külünün kimyasal içeriğinde SiO₂ ve Al₂O₃'ün yüksek oranda bulunduğu gözlenmiştir. Bu bileşenlerin çimentonun hidratasyonu sonucu oluşan C-S-H ve C-A-H jellerinin basınç dayanımını ve dolaylı yoldan eğilme dayanımını da arttırması beklenmektedir. Ancak %10 oranında yapılan yer fıstığı kabuğu külü ikamesi SIFCON'un eğilme dayanımını %23.95 oranında, basınç dayanımını ise %4.75 oranında azaltmıştır. Yer fıstığı kabuğu külünün beton içerisinde kullanımına yönelik Mahmoud vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada elde edilen veriler sonuçlarımızı desteklemektedir. Ayrıca çalışmamızdaki bu durumun SIFCON üretimlerinde kullanılan yer fıstığı kabuğu külünün 0.25 mm'lik elekten elenmesine rağmen, boyut olarak mikron düzeyinde kullanılamamasından ve bu yüzden puzolanik özelliğini tam olarak kazanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte; eğilme dayanımı deney sonuçlarının, basınç dayanımı deney sonuçlarına göre büyük oransal farklılıklar göstermesi, SIFCON üretim yöntemine göre rastgele yerleştirilen çelik liflerin kalıp yüksekliğince homojen olarak yerleştirilmemesinden ve oluşan mikro boşlukların eğilme dayanımı performansını daha fazla etkilemesinden kaynaklanmaktadır.
- Eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri sonucunda, şahit numunede (YFKK0) meydana gelen elasto-plastik davranış tüm yer fıstığı kabuğu külü ikameli SIFCON numunelerinde de (YFKK2.5, YFKK5, YFKK7.5 ve YFKK10) meydana gelmiştir. Dolayısıyla yer fıstığı kabuğu ikamesi elasto-plastik davranışı olumsuz etkilememiştir. Zaten SIFCON'u yüksek dayanımlı betonlardan ayıran en önemli fark kırılma sırasında sünek davranış göstermesidir (Bayrak vd., 2019).

Sonuç olarak yer fıstığı kabuğu külü, SIFCON'un boşluk oranını arttırmış, bu durum hem mekanik hem de fiziksel özellikleri olumsuz etkilemiştir. Yer fıstığı kabuğu külü üretimindeki kalsinasyon sıcaklığının 600 °C üzerine çıkılmış olunmaması ve elde edilen külün mikron düzeyinde elenmemesinin bu olumsuzluklara katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Bundan sonraki yapılacak benzer çalışmalarda, kalsinasyon sıcaklığına, kalsinasyon süresine ve malzeme inceliğine dikkat edilmesi önerilir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Alabadan, B. A., Njoku, C. F., and Yusuf, M. O. (2006). The Potentials of Groundnut Shell Ash as Concrete Admixture. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, Manuscript BC 05 012, Vol. VIII, 1-8.
- Aydın, F., 2019. "Farklı Sıcaklıkların SIFCON Betonunun Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi". 7th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 22-24 Kasım, Şanlıurfa 2019.
- Bayrak, O. Ü., Bingöl, M. Z., ve Bayata, H. F. (2019). SIFCON ile Üretilen Beton Yolların Bazı Mekanik Özelliklerinin Optimizasyonu. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 411-424.

- Buari, T. A., Ayininuola, G. M., Agbede, O. A., and Esan, M. T. (2019). Effects of varying Recycled Glass and Groundnut Shell Ash on Strength and durability Properties of Self Consolidating High Performance Concretes (SCHPC). *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(3), 33-43.
- Bulutlar, Y.A., 2006. Çelik Tel İçeriğinin ve Dayanımının SIFCON'un Mekanik Davranışına Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65s.
- Canbay, M., 2014. Çelik ve Polipropilen Liflerin Yalın ve Konbinasyonlu Olarak SIFCON'da Kullanılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 78s.
- Canbaz, M., Çelikten, S., 2020. Kırılmış Atık Taşı Lastiklerinin SIFCON Üretiminde Farklı Bağlayıcılarla Değerlendirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 9-15.
- Canbaz, M. ve Ünüvar, C. (2016). Lif ve Çimento Türünün SIFCON Özelliklerine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (6), 400-404.
- Demir, İ. ve Elmali, M. (2020). Organik Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8 (4) , 1303-1311.
- Doğan, R., 2017. Farklı Kayaç Türlerinin SIFCON Bulamacında Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 96s.
- Giridhar, R., Rama, P., Rao, M., 2015. Determination of Mechanical Properties of Slurry Infiltrated Concrete (SIFCON). *International Journal for Technological Research in Engineering*, 2 (7), 1366-1368.
- Kılı, A., 2018. Kür Şartlarının SIFCON'un Mekanik Özelliklerine Etkisi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 79s
- Mahmoud, H., Bebel, Z.A., Nwakaire, C., 2012. Groundnut Shell Ash as a Partial Replacement of Cement in Sandcrete Blocks Production, *International Journal of Development and Sustainability*, 1 (3), 1026-1032.
- Mohan, A., Karthika, S., Ajith, J., Dhal, L., Tholkapiyan, M., 2020. Investigation On Ultra High Strength Slurry Infiltrated Multiscale Fibre Reinforced Concrete. *Materials Today: Proceedings*, 22 (3), 904-911.
- Bideci, Ö. S., & Bideci, A. (2018). Öğütülmüş Kolemanit Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 133-138.
- Soylu, N., Bingöl, A.F., 2019. Research on Effect of The Quantity and Aspect Ratio of Steel Fibers on Compressive and Flexural Strength of SIFCON. *Challenge Journal of Structural Mechanics*, 5 (1), 29-34.
- Şengül, Ö., 2018. Mechanical Properties of Slurry İnfiltrated Fiber Concrete Produced with Waste Steel Fiber. *Construction and Building Materials* 186, 1082-1091.
- TS EN 196-1. (2016). Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 1015-18, (2004). Kâğır harcı - Deney yöntemleri - Bölüm 18: Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiden Kaynaklanan Su Emme Katsayısının Tayini. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 14889-1, (2006). Lifler - Betonda Kullanım İçin - Bölüm 1: Çelik Lifler - Tarifler, Özellikler ve Uygunluk. Türk Standartları, Ankara.
- TS 699, (2009). Doğal Yapı Taşları - İnceleme ve Laboratuar Deney Yöntemleri. Türk Standartları, Ankara.
- Vu, D. D., Stroeven, P., & Bui, V. B. (2001). Strength and Durability Aspects of Calcined Kaolin-Blended Portland Cement Mortar and Concrete. *Cement and Concrete Composites*, 23(6), 471-478.
- Yazıcı, H., Aydın, S., Yiğiter, H., Yardımcı, M. Y., Alptuna, G., 2010. Improvement on SIFCON Performance by Fiber Orientation & High-Volume Mineral Admixture. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22 (11), 1093-1101.