



Makale

Uçucu Külün Karbon Fiber Takviyeli Hafif Betonun Seebeck Katsayısına Etkisi

Bahar DEMİREL, Salih YAZICIOĞLU

Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elazığ

ÖZET

Karbon fiber takviyeli beton, sahip olduğu Seebeck etkisinden dolayı, sıcaklığı sezebilen kompozit bir malzemedir. Kompozite bu yeteneği veren içerisindeki iletken karbon fiberlerdir. Karbon fiber takviyeli hafif betonun sıcaklığı sezebilme kabiliyeti ve mineral katkının Seebeck etkisi üzerindeki tesiri bu çalışmada incelenmiştir. Bu amaçla, uçucu kül, CEM I 42,5 portland çimento, pomza agregası ve karbon fiber kullanılarak hazırlanan toplam 4 tip serinin termoelektrik ölçümleri hazırlanan deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, karbon fiber takviyeli hafif betonun da karbon fiber takviyeli normal beton gibi Seebeck etkisine sahip olduğu fakat uçucu külün malzemenin Seebeck katsayısını düşürdüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Karbon Fiber, Hafif Beton, Seebeck Etkisi, Uçucu kül

1.GİRİŞ

Karbon fiber takviyeli beton, sahip olduğu Seebeck etkisinden dolayı, sıcaklığı da sezebilen kompozit bir malzemedir [1]. Seebeck etkisi; ısı çifti (termocouple) ve termoelektriksel enerji üretiminin temelini oluşturan bir termoelektrik etkidir. Bu etki, bir malzemede iki uç arasında bir sıcaklık farkı meydana getirmek suretiyle, yük taşıyıcılarının sıcak uçtan soğuk uca doğru hareketini içerirler. Bu durum iki nokta arasında potansiyel fark oluşturur. Oluşan bu potansiyel farkın meydana getirilen sıcaklık farkına oranı Seebeck katsayısını verir. Termoelektrik güç olarak da adlandırılan Seebeck katsayısı (S), (1) nolu formül ile tanımlanmaktadır [2].

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (1)$$

Formülde S, seebeck katsayısını, ΔV iki uç arasındaki potansiyel farkını, ΔT ise uçlar arasındaki sıcaklık farkını ifade etmektedir. Genelde katılarda termoelektrik güç ölçümü, onların elektrik iletim mekanizmaları hakkında bir fikir vermesi bakımından önemlidir. Eğer çoğunluk taşıyıcılar elektron ise termoelektrik güç negatiftir ve malzeme n tipi iletkenliğe sahiptir.

$$S = \frac{dV}{dT} \frac{dx}{dx} < 0 \quad (n \text{ tipi}) \quad (2)$$

Eğer çoğunluk taşıyıcılar boşluklar ise termoelektrik güç pozitifdir ve malzeme p tipi iletkenliğe sahiptir.

$$S = \frac{dV}{dT} \frac{dx}{dx} > 0 \quad (p \text{ tipi}) \quad (3)$$

Çimento, iletkenliği çok az olmakla birlikte, n tipi bir iletkenlik sergiler. Yani iletkenlik elektronların hareketi ile gerçekleşir [3]. Çimentoya etkili bir miktarda kısa karbon fiber ilavesiyle kompozit p tipi iletkenliğe sahip olur [4]. P tipi iletkenlikte iletim boşluk hareketi ile olur. Bunu sağlayan karbon fiberdir. Çünkü karbon fiberler, üretim sürecinde 600–1750 °C lik bir işleme tabi tutulurlar. Bu karbonizasyon süreci, valans bandında pozitif boşlukların artması ile son bulur [5]. Çimentoya kısa çelik fiber ilave edildiğinde ise kompozit daha kuvvetli bir n tipi iletkenlik sergiler. Çünkü ilave edilen çelik fiberlerde iletkenlik elektron hareketi ile gerçekleşir.

Karbon fiber takviyeli hafif beton da içerisindeki fiberlerden ötürü p tipi iletkenliğe sahip bir kompozittir. Çalışmada özellikle matrisi hafif beton olan bir kompozit seçilerek bunun termoelektrik özelliği incelenmesi, termal yükün önemli olduğu yapılarda bu tip betonların kullanılabilmesi için de ön bir araştırma görevi görmektedir.

2. MALZEMELER VE NUMUNELER

Takviye malzemesi olarak, teknik özellikleri Tablo-1’de verilen, 5 mm boyunda ve çimento ağırlığının % 0,5’i oranında karbon fiber kullanılmıştır.

Tablo 1. Karbon Fiberin Özellikleri

Filament Çapı	Elastisite Modülü	Elektrik Direnci	Yoğunluk	Seebeck Katsayısı
15±3 µm	230GPa	1,6x10 ⁻⁵ Ωm	1,82 gr/cm ³	+7,256 µV/°C

Kompozit içerisindeki fiberin çökmesi ne kadar iyi olursa, ana matrisin homojenliği de o nispette iyi olmaktadır[6]. Bundan dolayı, maliyet açısından uygunluğu göz önünde bulundurularak [7], fiberin harc içerisinde homojen dağılmasını ve çökmesini temin etmek için çimento ağırlığının %0,4’ü kadar Culminal 9115 modifiye metilselüloz (Hercules,Inc,USA), metilselüloz kullanıldığında meydana gelecek köpüklenmeyi önlemek için ise hacimce %0,13 oranında Rhoximat DF 770 DD (Rhodia,Inc,USA) köpük önleyici kullanılmıştır.

Karbon fiber ilave edilen numunelerde daha fazla su ihtiyacı ortaya çıkmakta, başka bir deyişle, için fiberli serilere YKS firmasından temin edilen YKS MR 25 (Lingin Sülfonat esaslı) akışkanlaştırıcı ilave edildi.

Numunelerin ana matrisi; su, çimento ve hafif agregadan oluşmaktadır. Karışım suyu olarak Elazığ şehir şebeke suyu ve ana bağlayıcı olarak da Elazığ Altınova Çimento San. ve Tic. A.Ş.’den temin edilen ve TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 N Portland çimento kullanılmıştır [8]. Hafif agregası Elazığ Meryem Dağı civarından temin edilen bazik karakterli pomza agregasıdır.

Çalışmada, fibersiz normal hafif beton(N), fiberli normal hafif beton (N-CF), fibersiz uçucu küllü hafif beton (UK), fiberli uçucu küllü hafif beton (UK-CF) olmak üzere toplam 4 tip karışım hazırlanmıştır. Uçucu küllü serilerde, Soma Termik Santrali uçucu külü çimento ile %15 oranında yer değiştirerek kullanılmıştır. Yapılan dememe karışımları sonunda, serilerinin çimento dozajı 450 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Karışımlar hazırlanırken, sabit slump değerinde çalışılmış çökme sınıfı S3 olarak alınmıştır [9]. Kullanılan çimento ve uçucu küle ait teknik özellikler Tablo-2’de verilmektedir.

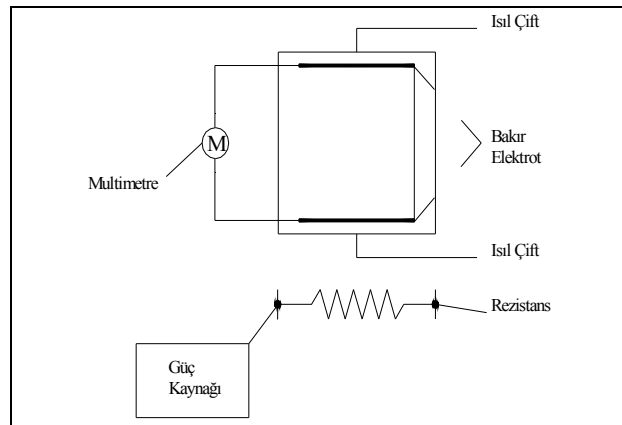
Hazırlanan karışımlar, 100×100×100 mm boyutunda yağlanmış küp numunelere döküldü ve Seebeck katsayısının belirlenmesinde gerekli olan potansiyel farkı ölçebilmek için numune içerisine iki adet bakır elektrot karşılıklı olarak gömüldü. 1 gün sonra kalıptan çıkarılan numuneler, 28 günü tamamlamaları için kirece doymuş su ile dolu kür tankına bırakıldı.

Tablo 2. Çimento ile Uçucu Külün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Kimyasal Bileşim (%)	CEM I 42,5 N	Uçucu Kül
S(SiO ₂)	21.12	42,82
A(Al ₂ O ₃)	5.62	20,82
F(Fe ₂ O ₃)	3.24	4,57
CaO	62.94	23,45
MgO	2.73	1,74
SO ₃	2.30	1,47
Na ₂ O	-	0,32
K ₂ O	-	1,31
C	-	-
S+A+F	29,98	68,21
Fiziksel Özellikler		
Kızdırma Kaybı	1.78	2,75
Yoğunluk, (gr/cm ³)	3.10	2,50

3. DENEY YÖNTEMİ

Termoelektrik ölçümler için Şekil-1’de verilen deney düzeneği hazırlanmıştır. Numuneler, güç kaynağına bağlı olan rezistans ile bir yüzünden ısıtıldı. Sıcak ve soğuk yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı (ΔT)’yi belirleyebilmek için her iki yüzeye ısı çift yerleştirildi. Seebeck etkisinin bir sonucu olan ve yüzeyler arasındaki (ΔT) sıcaklık farkının oluşturduğu (ΔV) potansiyel farkını ölçmek üzere Fluke 45 Dual Display multimetre kullanıldı. Ortam sıcaklığı 25 °C olarak alınmıştır

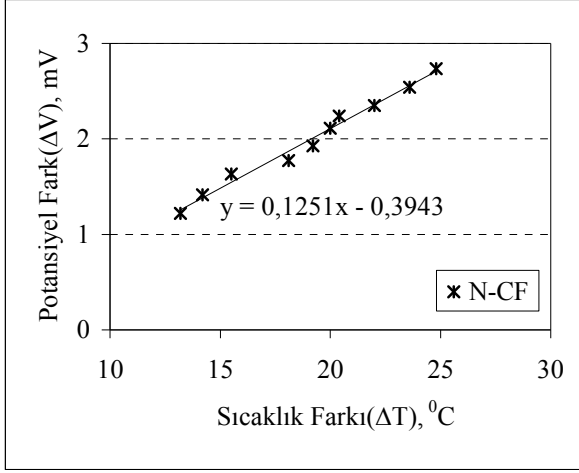
**Şekil 1.** Termoelektrik Ölçüm Deney Düzeneği

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

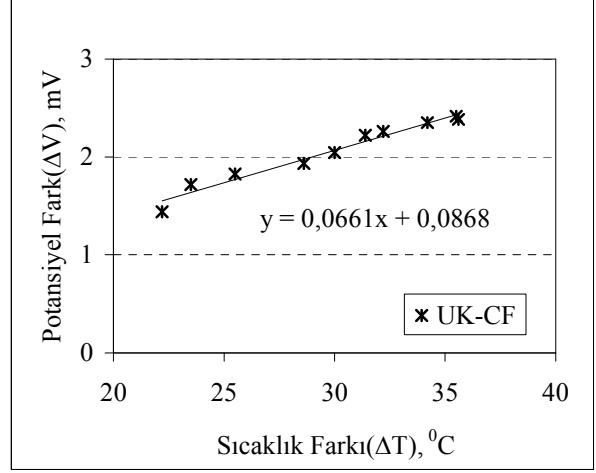
Fiberli 4 serinin termoelektrik özelliğini belirlemek üzere ölçümler yapılmıştır. Fibersiz numuneler için de ölçüm yapılmaya çalışılmış fakat ölçüm aletlerinden tutarlı sonuçlar elde edilememiştir. Bu konu üzerinde daha önceden yapılan bazı çalışmalarda katkı olmadan, sadece su ve çimentodan meydana getirilen çimento hamuru için Seebeck katsayısı $-2 \mu V / ^\circ C$ olarak belirtilirken [10], bir başka çalışmada ise fibersiz çimentoda Seebeck etkisinin bulunmadığı belirtilmektedir [3].

N-CF ve UK-CF serilerine ait ΔV - ΔT grafikleri sırasıyla Şekil-2 ve Şekil-3’te verilmektedir. Şekiller incelendiğinde, seebeck voltajının sıcaklık ile doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Bu durum karbon

fiber içeren numunelerin termoelektrik özelliğe sahip olduğunun bir göstergesidir [11]. Bu konuda yapılmış bir çalışmada, bu artışın fibersiz numunelerde doğrusal olmadığı, buna karşın fiberli numunelerde doğrusal olduğu belirtilmektedir [3].



Şekil 2 N-CF Serisine Ait ΔV-ΔT Grafiği



Şekil 3 UK-CF Serisine Ait ΔV-ΔT Grafiği

Bakır elektrot kullanıldığından dolayı, grafiklerin eğimlerinden elde edilen seebeck katsayıları, bakır referans olarak bulunan değerdir. Bulunan bu seebeck katsayıları, bakırın mutlak termoelektrik gücü olan (+2,34 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$) değeri ile toplanarak numunelere ait mutlak termoelektrik güç belirlenmiştir. Tüm bu değerler Tablo-3'te toplu olarak verilmektedir. Çok büyük farklar olmamakla birlikte, mineral katkının seebeck katsayısını dolayısıyla malzemenin mutlak termoelektrik gücünü düşürdüğü görülmektedir.

Tablo 3. Karbon Fiberli Serilerin Seebeck Katsayıları ve Mutlak Termoelektrik Güçleri

Seriler	Seebeck Katsayısı* (mV / °C)	Mutlak Termoelektrik Güç (mV / °C)
N-CF	+ 0,1251	+ 0,12744
UK-CF	+ 0,0661	+ 0,0684

* Bakır Referans Olarak

5.SONUÇ

Yapılan termoelektrik ölçümler, karbon fiber ilavesi ile kompozitte p tipi bir iletim olduğunu göstermiştir. Çünkü mutlak termoelektrik gücün başka bir deyişle Seebeck katsayısının (-) işaretli olması, iletimin elektron hareketi ile gerçekleştiğini yani kompozitin n tipi bir yarı iletken olduğunu gösterirken; bu katsayının (+) işaretli olması ise iletimin boşluk hareketi gerçekleştiğini yani kompozitin p tipi bir yarı iletken olduğunu göstermektedir [2,10].

Bu çalışma, karbon fiber takviyeli hafif betonun da karbon fiber takviyeli normal beton gibi sıcaklığı sezebilen bir kompozit olduğunu fakat mineral katkının bu sezginin gücünü azalttığını göstermiştir. Sonuçta, termoelektrik açıdan irdelendiğinde; karbon fiber takviyeli betonda, matristeki agrega türü ne olursa olsun fiberin asıl işlevi, Seebeck voltajının lineerliğini temin etmek olduğu açıkça görülmektedir. Yine Seebeck etkisinin varlığı, yangın gibi termal zorlanmaların büyük tahribatlar vermemesi için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde, karbon fiber takviyeli hafif betonların termal sensör olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Mingqing, S., Zhuoqiu, L., Qizhao, M., Darong, S., (1999), A study on Thermal Self-Monitoring of Carbon Fiber Reinforced Concrete, *Cem.Concr.Res.*,29,769-771.
2. Kao, K.C., Hwang, G.W., (1981), *Electrical Transport in Solids with Particular Reference to Organic Semi Conductors*, Pergamon Press, England, 660p.
3. Wen, S. and Chung, D.D.L., (1999), Seebeck Effect in Carbon Fiber-Reinforced Cement, *Cem.Concr.Res.*, 29, 1989-1993.
4. Mingqing, S., Zhuoqiu, L., Qizhao, M., Darong, S., (1998), Thermoelectric Percolation Phenomena in Carbon Fiber Reinforced Concrete, *Cem.Concr.Res.*, 28, 12. 1707-1712.
5. Mingqing, S., Zhuoqiu, L., Qizhao, M., Darong, S., (1998), Study On the Hole Conduction Phenomenon in Carbon Fiber-Reinforced Concrete, *Cem.Concr.Res.*, 28(4), 549-554.
6. Chung, D.D.L., (2005), Dispersion of Short Fibers in Cement, *Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE July/August 2005*, 379-383.
7. Yang, X. and Chung, D.D.L., (1992), Latex-Modified Cement Mortar Reinforced by Short Carbon Fibres, *Composites*, 23(6), 453-460.
8. TS EN 197-1, (2002), imento- Blm 1: Genel imentolar- Bileşim, zellikler ve Uygunluk Kriterleri, Trk Standartları Enstits, Ankara, 25s.
9. TS EN 206-1, (2002), Beton- Blm 1: zellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Trk Standartları Enstits, Ankara, 68s.
10. Chung, D.D.L., (2002), Composites Get Smart, *Materials Today*, Jan 2002, 30-35.
11. Wen, S. and Chung, D.D.L., (2002), Thermoelectric behavior of Carbon-Cement Composites, *Carbon*, 40, 2495-2505.