YAPI MEKANİĞİ SEMİNERİ-2007 2 Kasım 2007-Eskişehir
Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

ALKALİ AKTİVE EDİLMİŞ YÜKSEK FIRIN CÜRUFLU HARÇLARIN FİZİKSEL ÖZELİKLERİ

İlker Bekir Topçu, Mehmet Canbaz
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

ÖZET

Demir-çelik üretimi sırasında demir çelik fabrikalarının atığı olarak açığa çıkan yüksek fırın cürufu (YFC) diğer mineral katkılardan farklı olarak alkalilerle kuvvetli reaksiyonlar yapabilmektedir. Bu çalışmada YFC, çimento yerine % 0, % 25, % 50, % 75, % 100 oranlarında kullanılmıştır. YFC'yi aktive etmek için sodyum hidroksit, sodyum karbonat, cam suyu kullanılmıştır. Hazırlanan 7x7x7 cm harç numuneleri 56 gün kür edildikten sonra bu numuneler üzerinde aşınma ve su emme deneyleri yapılmıştır. Oluşan aşınma kayıpları, kılcal ve ağırlıkça-hacimce su emmeleri belirlenmiştir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların ağırlıkça aşınma kayıpları, ağırlıkça, hacimce su emme miktarları ve kılcal su emme katsayıları artmıştır.

Anahtar Kelimeler: YFC, Harç, Alkali aktivatör, Fiziksel özelikler

1. GİRİŞ

Dünya Demir Çelik Enstitüsünün yayımladığı rapora göre Türkiye 2006 yılı sonunda 23.3 milyon tonluk demir çelik üretimi ile dünya çelik üretiminde 11. sıradaki yerini korumuştur. 1244.2 milyon ton olarak hesaplanan dünya demir çelik üretiminin % 1.87'si Türkiye'de gerçekleşmektedir. Demir-çelik üretimi sırasında oldukça önemli miktarlarda YFC atığı oluşmaktadır. Amorf yapıya sahip olan YFC yüksek miktarlarda SiO2 ve Al2O3 içermesi nedeni ile puzolanik özelik göstermektedir. YFC demir üretimi sırasında açığa çıkmaktadır. Demir cevherleri, kalkertaşı ile birlikte kok kömürü kullanılarak yüksek fırınlarda 1400-1600 ^{0}C kadar ısıtılarak yabancı maddelerden arındırılır. Demirin yoğunluğu yüksek olduğu için diğer maddeler eriyik halindeki demirin üzerinde yüzmektedir. İki ayrı çıkıştan demir eriyi ve üzerindeki maddeler ayrılır. Bu yabancı maddeler YFC olarak adlandırılır. Oldukça yüksek sıcaklıkta olan YFC su içerisine dökülme veya basınçlı su püskürtüleme gibi çeşitli yöntemlerle çok hızlı soğutulursa amorf yapıda granüle halde ince bir malzeme haline gelmektedir. Bu hali ile betonda ince malzeme olarak kullanılabileceği gibi öğütülmesi durumunda çimento üretiminde ve beton katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir. YFC kullanımı betonun dayanıklılığını olumlu yönde etkilemektedir. Sülfata dayanıklılığı arttırmada YFC etkilidir. YFC katkılı çimentolarda C_3A miktarı az olduğu için sülfata dayanıklılığı oldukça fazladır. YFC miktarı çimentoda % 65 olduğunda,

sülfata dayanıklı çimento olarak kabul edilir [1]. YFC sodyum hidroksit (NaOH), sodyum karbonat (Na_2CO_3), cam suyu (Na_2SiO_3) gibi alkalilerle aktive edilebilmektedir [2]. Beton dayanımı ve işlenebilirliği kullanılan alkali kombinasyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir [3]. Alkalilerle aktive edilmiş YFC'li betonlarda sürekli olmayan mikro çatlaklar görülmekte ve bu çatlaklar geçirimlilikte etkili olmaktadır [4]. Yapılan çalışmalarda YFC'nin alkalilerle aktive edilmesi ile çimento yerine çok yüksek oranlarda kullanılabileceği görülmüştür. YFC kullanılması ile betonun kimyasal etkiler altındaki performansı ve işlenebilme artmakta, geçirimlilik azalmaktadır. YFC kullanırken betonda karbonatlaşmaya karşı önlem almalı, soğuk havalarda beton dökülmesi durumunda priz hızlandırıcı katılmalı, donma-çözülme etkisine karşı hava sürükleyici katkı miktarı arttırılmalıdır. Erken yaşlarda dayanım beklenen yerlerde YFC kullanılmamalı, kullanılması gerekiyorsa özel önlemler alınmalıdır. Türkiye'de YFC kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. YFC'nin çimento veya betonda katkı maddesi olarak kullanılmasına yönelik bir standarda gerek vardır. YFC kullanılması ile endüstriyel bir atık değerlendirildiği için hem Türkiye ekonomisine kazanç sağlanmış olacak hem de çevre kirliliği önlenmiş olacaktır [5-9].

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Malzemeler

Agrega: Set Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Trakya Çimento Fabrikası tarafından hazırlanan TSE EN 196-1'e uygun olan Rilem Cembureau Standart kumu kullanılmıştır.

Çimento: ÇİMSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın üretimi olan CEM I 42.5 R çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentoya ait özelikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan çimento ve YFC'nin kimyasal ve fiziksel özelikleri

	YFC	**CEM I**
SiO_2	34.09	19.23
Al_2O_3	12.19	5.44
Fe_2O_3	0.61	3.48
CaO	30.82	63.62
MGO	6.14	0.88
P_2O_5	0.03	0.09
K_2O	0.45	0.55
Na_2O	0.56	0.68
SO_3	1.57	2.17
Cl	0.001	0.011
Kızdırma Kaybı	0.10	3.20
İncelik cm^2/g	2230	2860
Özgül Ağırlık	2.84	3.11

YFC: Erdemir demir-çelik fabrikasından sağlanmıştır. YFC inceliği 60 μ küçük kalacak şekilde öğütülmüştür. Öğütme sırasında % 2 oranında alçı taşı katılmıştır. Bu YFC'ye ait özelikler Tablo 1'de verilmiştir.

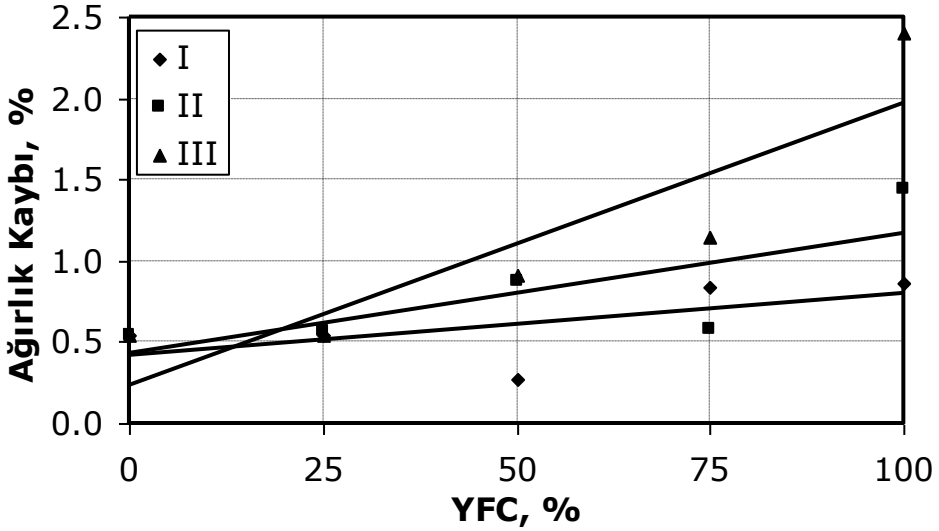
Alkaliler: YFC'yi aktive etmek için sodyum hidroksit (NaOH), sodyum karbonat (Na_2CO_3), cam suyu (Na_2SO_3) kullanılmıştır.

Su: Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun sülfat içeriği 45 mg/lt, kalsiyum içeriği 57 mg/lt, magnezyum içeriği 83 mg/lt, klorür içeriği 49 mg/lt, buharlaşma bakiyesi 438 mg/lt ve pH 6.75'tir.

Yapılan Deneyler

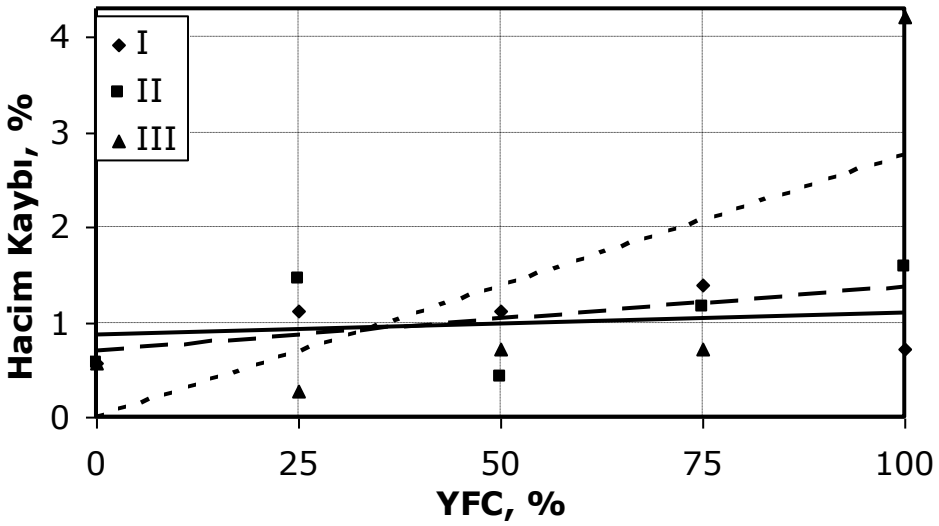
Aşınma etkisini belirlemek için TS 699'dan, su emme miktarlarını belirlemek için TS 3624 ve TS EN 772-11'den faydalanılmıştır. YFC, çimento yerine % 0, % 25, % 50, % 75, % 100 oranlarında kullanılmıştır. YFC'yi aktive etmek için NaOH, $NaCO_3$, Na_2SiO_3 kullanılmıştır. Ayrıca YFC'nin % 1 oranında kireç katılmıştır. Karışım oranı bağlayıcı:su:kum sırası ile 1:0.5:3 olarak alınarak karışımlar hazırlanmış, 7x7x7 cm boyutlarında kalıplara dökülmüştür. Numuneler 1 gün sonunda kalıptan çıkarılarak 56 gün standart kür koşullarında bekletilmiştir. 7x7x7 cm boyutlarında harç numuneler 56 gün sonra bir yüzeyleri yüzey aşındırma cihazı ile aşınmaya uğratılmış ve oluşan aşınma kayıpları ağırlık, hacim cinsinden belirlenmiştir. Ayrıca 56 günlük harç numunelerin 24 saatlik kılcal su emmesi ve ağırlıkça-hacimce su emmeleri belirlenmiştir. Kodlamalar I, $NaOH+Na_2CO_3$; II, $NaOH+Na_2SO_3$; III, Na_2SO_3 aktivasyon için kullanılan alkali türlerini belirtmiştir.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ



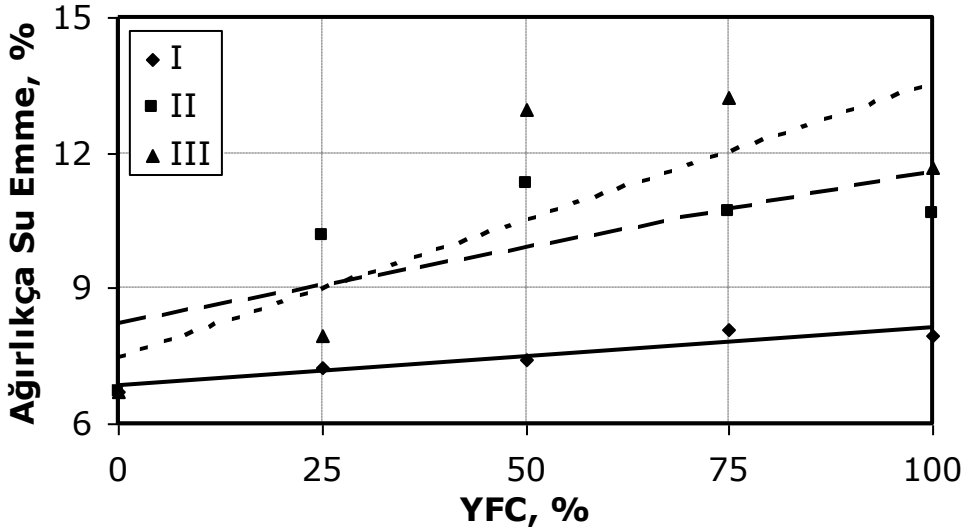
Şekil 1. Ağırlıkça aşınma kayıpları.

Üretilen 7x7x7 cm boyutlarında harç numuneler 56 gün sonra bir yüzeyleri yüzey aşındırma cihazı ile aşınmaya uğratılmıştır. Oluşan aşınma kayıpları ağırlık, hacim olarak belirlenmiş ve kullanılan YFC miktarları dikkate alınarak grafik şeklinde gösterilmiştir. Üretilen harçların ağırlıkça aşınma kayıpları Şekil 1'de gösterilmiştir. Ağırlıkça aşınma kayıpları % 2.5-0 arasında değişmektedir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların ağırlıkça aşınma kayıpları artmıştır. En büyük artma oranı % 17.4 ile aktivatör olarak Na_2SiO_3 alkali kombinasyonu kullanılan harçlarda görülmüştür.



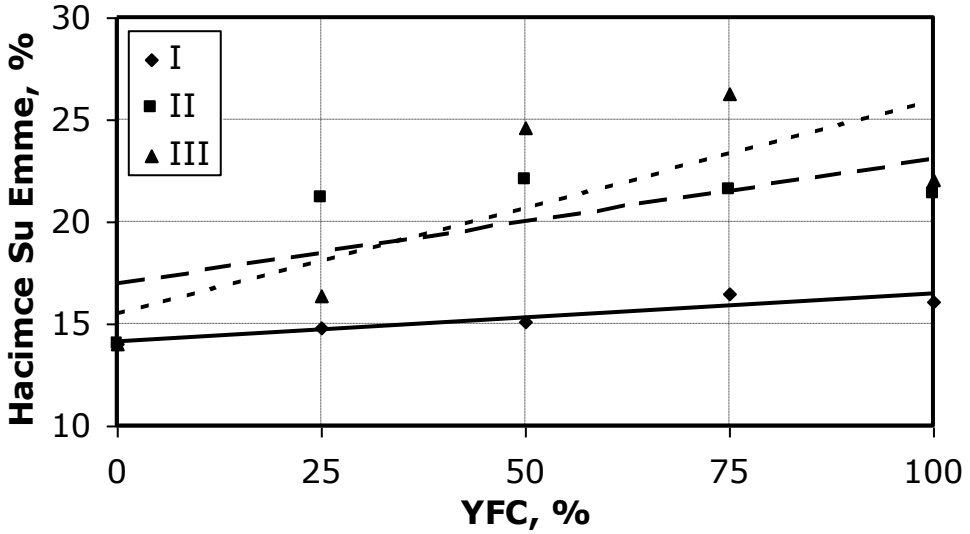
Şekil 2. Hacimce aşınma kayıpları.

Üretilen harçların hacimce aşınma kayıpları Şekil 2'de gösterilmiştir. Hacimce aşınma kayıpları % 4.2-0 arasında değişmektedir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların hacimce aşınma kayıpları artmıştır. En büyük artma oranı % 100 oranında YFC ve aktivatör olarak Na_2SiO_3 alkali kombinasyonu kullanılan harçlarda görülmüştür.



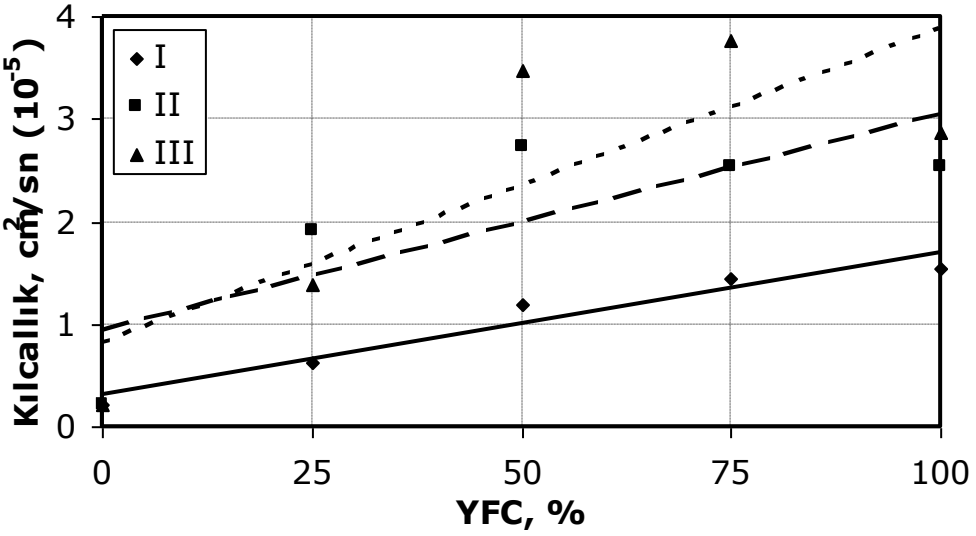
Şekil 3. Ağırlıkça su emme miktarları.

Üretilen 7x7x7 cm boyutlarında harç numuneler 56 gün sonra 24 saat su emdirilmiş, ağırlıkça ve hacimce su emme miktarları belirlenmiştir. Ayrıca kılcal yolla da su emdirilerek kılcal su emme katsayıları bulunmuştur. Ağırlıkça, hacimce su emme miktarları, kılcal su emme katsayıları, kullanılan YFC miktarları dikkate alınarak grafik şeklinde gösterilmiştir. Üretilen harçların ağırlıkça su emme miktarları Şekil 3'de gösterilmiştir. Ağırlıkça su emme miktarları % 15-6 arasında değişmektedir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların ağırlıkça su emme miktarları artmıştır. En büyük artma oranı % 6.1 ile aktivatör olarak Na_2SiO_3 alkali kombinasyonu kullanılan harçlarda görülmüştür.



Şekil 4. Hacimce su emme miktarları.

Üretilen harçların hacimce su emme miktarları ise Şekil 4'te gösterilmiştir. Hacimce su emme miktarları % 30-10 arasında değişmektedir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların hacimce su emme miktarları artmıştır. En büyük artma oranı % 10.3 ile Na_2SiO_3 kullanılan harçlarda görülmüştür.



Şekil 5. Kılcal su emme katsayıları.

Üretilen harçların kılcal su emme katsayıları Şekil 5'de gösterilmiştir. Kılcal su emme katsayıları 4-0.2 10^{-5} cm^2/sn arasında değişmektedir. Alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların kılcal su emme katsayıları artmıştır. En büyük artma oranı % 3.1 ile aktivatör olarak Na_2SiO_3 alkali kombinasyonu kullanılan harçlarda görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aşınma deney sonuçları incelendiğinde alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların ağırlıkça aşınma kayıpları artmıştır. Su emme deney sonuçları incelendiğinde, alkali aktive edilmiş YFC oranı arttıkça harçların ağırlıkça, hacimce su emme miktarları ve kılcal su emme katsayıları artmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda sodyum hidroksit-sodyum karbonatın YFC'yi cam suyuna göre daha iyi aktive ettiği görülmüştür. Aktivatör olarak cam suyu yerine sodyum hidroksit-sodyum karbonat kullanılması durumunda YFC'li harçların aşınma kayıpları, su emme miktarları azalmıştır. Bu sonuçlara göre aktivatör olarak kullanılan alkali türünün deney sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. YFC'nin aktive edilmesinde sodyum hidroksit-sodyum karbonat kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Tokyay M., Erdoğdu K., Cüruflar ve Cüruflu Çimentolar, Araştırmaların Gözden Geçirilmesi Raporu, TÇMB Yayını, 48 s., Ankara, Ekim 2003.

2. Peter M.G., Jack E.G., Freeze-Thaw Durability of Activated Blast Furnace Slag Cement Concrete, ACI Mat. Journal, pp. 242-245, May-June 1996.

3. Wang S.D., Scrivener K.L., Pratt P.L., "Factors Affecting the Strength of Alkali-Activated Slag", Cem. Conc. Res., Vol. 24, pp. 1033-1043, 1994.

4. Hakkinen T., The Influence of slag content on the Microstructure, Permability and Mechanical Properites of Concrete, Cem. and Conc. Res., Vol. 23, pp. 407-421, 1993.

5. Topçu İ.B., Canbaz M., "Yüksek Fırın Cürufunun Beton Üretiminde Değerlendirilmesi", Akdeniz İnşaat Haber, Sayı 3, ss. 38-41, 2005.

6. Topçu, İ.B., Canbaz, M., "Aktive Edilmiş Yüksek Fırın Cüruflu Harçlara Alkali Türünün Etkisi", Yapı Mekaniği Semineri 2006, ODTÜ-ESOGÜ-ETB, Eskişehir, ss. 120-128, Haziran 2006.

7. Topçu, İ.B., Canbaz, M., "Effect of Chemical Composition on Alkali Activated Slag Mortars", TÇMB, 3rd Inter. Symposium Sustainability in Cement and Concrete, İstanbul, pp. 223-232, May 2007.

8. Topçu, İ.B., Canbaz, M., "Sülfat etkisinde kalmış alkalilerle aktive edilmiş yüksek fırın cüruflu harçların mikroyapısı", 18. Ulusal Elektron Mikroskopi Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Ağustos 2007.

9. Topçu, İ.B., Canbaz, M., "Yüksek sıcaklık etkisinde kalmış alkalilerle aktive edilmiş yüksek fırın cüruflu harçların mikroyapısı", 18. Ulusal Elektron Mikroskopi Kong., Anadolu Üniv., Eskişehir, Ağustos 2007.