

Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Çimento ile Yüksek Fırın Cürufunun Yüksek Oranlarda Yer Değiştirmesinin Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi

* Ayşe MOLLAİSMAİLOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Onur ÖZTÜRK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Adnan ÖNER
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Kocaeli / Türkiye
2019

Özet

Bu çalışmanın amacı çimento ile yüksek oranlarda yüksek fırın cürufunu (YFC) yer değiştirerek kendiliğinden yerleşen beton (KYB) elde etmek ve bu betonların mekanik özelliklerini incelemektir. Hazırladığımız karışımlarda çimento ile yüksek fırın cürufu %15, %30, %45, %60, %75 ve %90 oranlarında yer değiştirilmiştir. Bunlara ek cüruf kullanılmadan elde edilen referans numunesiyle birlikte 7 farklı karışım elde edilmiştir. KYB 'lerde hiper akışkanlaştırıcı katkı (HA), doğal kum, kırma kum ve kırma taş kullanılmıştır. Elde edilen betonda taze beton deneyi olarak yayılma deneyi (slump deneyi) yapılmıştır. Ardından silindir, prizma ve aşınma deneyi için küp kalıplara beton dökülerek numuneler elde edilmiştir. Numuneler üzerinde 7 ve 28 günlük basınç, yarmada çekme, eğilme ve 28 günlük aşınma deneyleri yapılmıştır. Kontrol numunesi referans alınarak çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre YFC ile çimento yer değiştirme oranının %45'e kadar olumlu sonuç verdiği, %45'ten fazla yer değiştirme yapıldığında ise taşıma değerleri düşerken aşınma direncinin yeterli sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden yerleşen beton, yüksek fırın cürufu, çimento

Abstract

The aim of this study is to replace the cement and high blast furnace slag (GGBS) to obtain self-compacting concrete (SCC) and to investigate the mechanical properties of these concretes. Cement and blast furnace slag were replaced by 15%, 30%, 45%, 60%, 75% and 90% in the mixtures we prepared. 7 different mixtures were obtained with the reference sample obtained without using additional slag. Hyper plasticizing additive (HP), natural sand, crushed sand and crushed stone were used in mixtures. In the obtained concrete, spreading test (slump test) was performed as fresh concrete test. Then, concrete was poured into cube molds for cylinder, prism and abrasion test and samples were obtained. Samples were subjected to 7 and 28 days of pressure, tensile, bending and 28 days of abrasion tests. The results were evaluated with reference to the control sample. According to the results, it is seen that the cement displacement rate with YFC is positive up to 45%, and when the displacement is more than 45%, abrasion resistance decreases while carrying values decrease.

Key Words: Self compacting concrete, blast furnace slag, cement

1.GİRİŞ

Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili alıŐmalar ilk olarak 1986 yılında Japonya’da Tokyo Őniversitesi’nde yapılmıştır. Su altı yapılarında beton dökümü üzerine yapılan çalıŐmalar sonucu bulunmuŐtur.[1-2]

KYB’ler hiçbir sıkıŐma iŐlemi gerekmeksizin kendi ađırlıđıyla kalıbı dolduran, en dar ve ulaŐılması gű yerlere bile vibratörsüz ulaŐabilen, ayrıŐmaya karŐı dirençli, geçirimsizliđi dűŐük ve yalıtım deđerleri diđer betonlara yűksek olan özel bir beton tűrűdűr[3].

KYB’ler bűtűn imalat alanlarında rahatlıkla kullanılabilir. AkıŐkanlıđının yanı sıra imalat sűresini kısaltma, iŐçilik maliyetini dűŐűrme, özellikle sık donatılı betonarme elemanlarda betonun kalıba boŐluksuz bir Őekilde yerleŐmesini sađlama ve vibrasyondan kaynaklanan ses kirliliđini azaltma gibi geleneksel betona gűre birçok űstűnlűđű bulunmaktadır[4]. Ayrıca KYB’ler betonarme yapıların onarım ve gűlendirilmesinde ve prefabrik yapıların űretiminde de űnemli rol almaktadır.

Ancak KYB’nin űretim maliyeti diđer betonlara gűre yűksektir. KYB űretiminde diđer betonlara gűre imento ve ince agrega kullanımı daha fazla iken iri agrega kullanımı daha azdır. Yani açıkçası KYB’yi diđerlerinden ayıran faktűr iyi bir agrega granűlometrisidir. KYB tasarımı etkileyen bir diđer faktűr ise akıŐkanlaŐtırıcı katkı kullanımındır.[5-7]

Öte yandan çevresel kirliliđin űnűne geçmek adına atık geri dűnűŐűm uygulamaları űlkemizde yaygın olarak devam etmektedir. Bu atıklardan biri olan, YFC demir űretimi esnasında açıđa çıkan bir yan űrűndűr. Demir-elik tesislerindeki fırınlarda sıcaklıklar 1600 oC ’a ulaŐmaktadır. Bu sıcaklıkta YFC hammaddenin űst kısmında toz Őeklinde ayrıŐır. Ve fırından ayrı ayrı tahliye edilirler[8]. Ardından kullanım alanına gűre YFC aniden sođutulularak granűle hale getirilir ve daha sonrasında űđűtűlűr. Őđűtűlen bu malzeme beton űretiminde kullanılabilir. YFC’nin taze ve sert betonun fiziksel ve mekanik űzelliklerine birçok olumlu etkisi bulunduđu bilinmektedir[9]. Bunlardan baŐlıcaları betonun priz sűresini uzatması, su ihtiyaını azaltması, hava boŐluđunu azaltması, termal çatlaklar, sűnme-rűtre ve korozyonu azaltması olarak sayılabilir.

Yaprak ve diğer. yaptıkları çalıŐmada YFC ‘yi ağırlıkça % 0, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında imento ile ikame ettirmiŐ ve numuneler hazırlamıŐ, bu numuneler űzerinde çökme, basınç ve yarmada çekme deneyleri uygulamıŐlardır. Bu alıŐma sonucunda YFC miktarı arttığıa beton karıŐımlarının iŐlenebilirliđinin azaldığını ve betonda YFC ikame oranı yűkseldike bűtűn yaŐlarda basınç dayanımlarının % 20’ye kadar arttığını % 30 ikame oranında azaldığını belirtmiŐlerdir[10].

Kalkan ve diđer. KYB karıŐımlarında 50, 100, 150, 200 ve 250 kg miktarında YFC ile imento ikame ettirmiŐlerdir. Kontrol betonuyla birlikte 6 ayrı karıŐım elde etmiŐlerdir. HA ve s/b oranını sabit tuttıkları numunelerde yayılma, basınç ve yarmada çekme deneyleri uygulamıŐlardır. YFC ikameli betonların çökme-yayılma deđerlerinin kontrol betonuna gűre daha fazla olduđu gűrűlműŐtűr. 7 gűnlűk basınç dayanım deđerlerinin YFC ikame miktarı arttıđıa azaldıđı ve en yűksek basınç deđerinin en az YFC ikamesine sahip olan numunenin olduđu belirlenmiŐtir. 28 gűnlűk sonuçlarda ise KYB içerisine konulan YFC’nin basınç dayanımını arttırdıđı gűzlemlenmiŐlerdir.[11]

2.AMAÇ

Bu alışmada YFC 'nin KYB ¼zerindeki fiziksel, mekanik ve aşınma etkileri araştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçları g¼z ¼n¼nde bulundurularak YFC içeren betonların basınç, eğilme ve yarma dayanımları ile aşınmaya karşı g¼sterdikleri direnç yorumlanmıştır. YFC 'nin dayanım değerleri ¼zerindeki etkileri kontrol betonuyla karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler yardımıyla, kullanılabilir maksimum YFC y¼zdesinin belirlenmesi ve uygun kullanım alanlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL

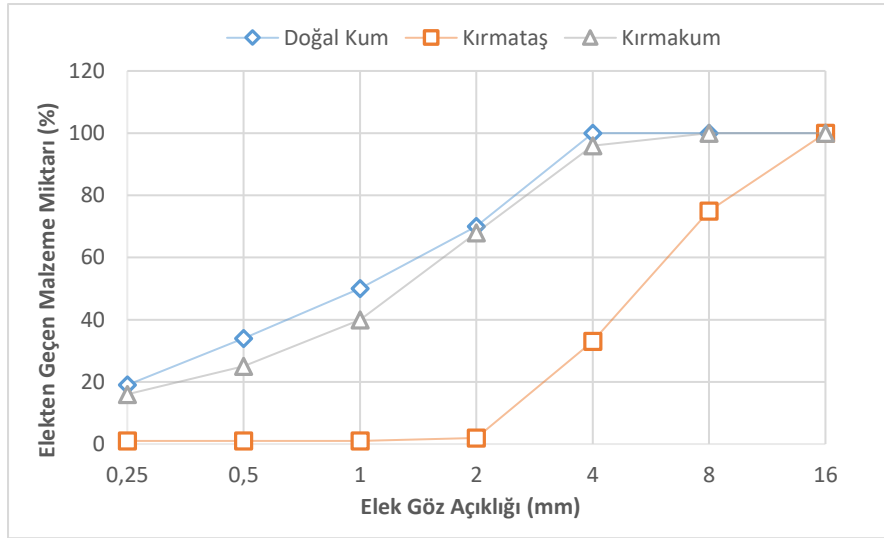
3.1 Agrega

Bu çalışmada; ince agrega olarak doğal kum ve kırma kum, iri agrega olarak ise kırma taş kullanılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan agregaların gran¼loметриk bileşimleri

Elek Analizi Sonuçları			
Elek Boyutu (mm)	Elek Altına Geçen Malzeme (%)		
	Doğal Kum	Kırmetaş	Kırnakum
16	100	100	100
8	100	75	100
4	100	33	96
2	70	2	68
1	50	1	40
0,5	34	1	25
0,25	19	1	16
İncelik Mod¼l¼	2,28	4,88	2,55

TS EN 932-1 standardı esas alınarak hazırlanan doğal kum, kırma kum ve kırma taş bileşiminin gran¼loметриk dağılımını bulabilmek için numuneler ¼zerinde 2,25 – 16 mm elek takımı kullanılmıştır[13]. Elek analizi TS EN 933-1 standardına uygun olarak yapılmıştır[14].



Şekil 1. KYB üretiminde kullanılan agregaların granülometrik dağılımı

3.2 Çimento

Beton numunelerin üretiminde kullandığımız çimento CEM 1 42,5 R (PÇ 42,5) çimentosu olup, Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan çimentonun mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	
Basınç Dayanımları (MPa)	(40x40x160mm küp numuneler için)
2 Günlük	38,6
7 Günlük	47,0
28 Günlük	57,4

Tablo 3. Kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi

Kimyasal Özellikler	
İncelenen Maddeler	Elde Edilen Değerler (%)
SiO ₂	19,41
Al ₂ O ₃	4,50
Fe ₂ O ₃	3,49
CaO	63,09
MgO	2,51
SO ₃	3,05
Çözünmeyen Kalıntı	0,30
Kızdırma Kaybı	2,39
Serbest Kireç	1,42

Tablo 4. Kullanılan imentonun fiziksel zellikleri

Fiziksel zellikler	
İncelenen zellikler	Elde Edilen Değerler
Priz Başlangıcı (dakika)	150
Priz Sonu (dakika)	205
Hacim Sabitliği (mm)	1,00
Özgűl Yűzey (cm ² / gr)	3814
Özgűl Ađırlık (gr/cm ³)	3,12

3.3 Yűksek Fırın Cűrufu

Bu çalışmada kullanılan YFC, TS EN 15167-1 standardına uygun olarak, Nuh imento Sanayi ve Ticaret A.Ő. den temin edilmiştir[15]. Kimyasal ve fiziksel analizleri Tablo 3 ve Tablo 4 te verilmiştir.

Tablo 5. Yűksek fırın cűrufu kimyasal bileřimi

Kimyasal Analiz Sonuçları	%	Standart
SiO ₂	37,29	
Al ₂ O ₃	11,76	
Fe ₂ O ₃	1,77	
CaO	33,09	
MgO	7,12	maks. 18
SO ₃	1,51	maks.2,5
K ₂ O	1	
Na ₂ O	0,15	
Toplam Alkali Na ₂ O+0,658 K ₂ O	0,81	
Kızdırma Kaybı	0,25	maks.3
Klorűr	0,0075	maks.0,1
Sűlfűr (S-2)	0,1	maks.2,5

Tablo 6. Yűksek fırın cűrufu fiziksel zellikleri

Fiziksel Analiz Sonuçları		
Nem Muhtevası (%)	0,38	maks.1
Özgűl Ađırlık (g/cm ³)	2,92	
Özgűl Yűzey (Blaine, cm ² /g)	4537	min.2750
32 mm elek bakiye (%)	2,1	
45 mm elek bakiye (%)	0,1	
90 mm elek bakiye (%)	0	

3.4 Hiper Akışkanlaştırıcı Katkı

Hazırladığımız beton numunelerinin karıŐımında KYB 6zelliğini kazanması i7in hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Chryso Yapı Kimyasalları'nın ¼r¼n¼ olan Chryso Delta 489 W katkısı temin edilmiştir. 6zellikleri Tablo 5 te verilmiştir.

Tablo 7. Kullanılan hiper akışkanlaştırıcı katkı 6zellikleri

Katkı Adı	G6r¼n¼m	Renk	Yoğunluk(gr/cm3)	pH	Klor¼r İ7eriği
CHRYSO@Delta 489W	Sıvı	Kahverengi	1,07±0,02	8,0±1	<%0,1

4. METOT

Beton ¼retiminde TS 802 de yer alan karışım hesapları esas alınmıŐtır[16]. C45 beton sınıfına sahip olarak hazırladığımız karışımlarda doğal kum, kırma kum, kırma taş olmak ¼zere 3 farklı sınıfta agrega kullanılmıştır. Karışımlarda s/b oranı ve HA oranı sabit tutulmuŐtur. HA, karıŐıma su ile 76zelti oluŐturduktan sonra dahil edilmiştir. YFC, 7imento ile ağırlık7a %15, %30, %45, %60, %75, %90 gibi y¼ksek oranlarda ikame edilerek, kontrol betonu ile birlikte 7 ayrı karışım elde edilmiştir. ¼retilen beton karıŐımlarının 1 m³ i7in kullanılan miktarları aŐađıda tabloda belirtilmiŐtir.

Tablo 8. Y¼ksek Oranda YFC ile ¼retilen KYB karıŐımının 1 m³ i7in malzeme miktarları

	6zg¼l Ağırlık (g/cm ³)	KYB00	KYB15	KYB30	KYB45	KYB60	KYB75	KYB90
7imento (kg/m ³)	3,16	450	382,5	315	247,5	180	112,5	45
YFC (%)		0	15	30	45	60	75	90
YFC (kg/m ³)	2,75	0	67,5	135	202,5	270	337,5	405
Su (kg/m ³)	1,00	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5
Su/7imento		0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
İnce Agrega 1 - Kırma kum (kg/m ³)	2,66	650	650	650	650	650	650	650
İnce Agrega 2 - Doğal Kum (kg/m ³)	2,66	450	450	450	450	450	450	450
İri Agrega (kg/m ³)	2,69	580	580	580	580	580	580	580
Hiper Akışkanlaştırıcı (%)		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Hiper Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)	1,23	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
Hava (%)		1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80

Beton yukarıdan karıŐtırma 6zelliği olan, 65dm³ kapasiteli mikserde, sabit s¼reler ile karıŐtırılmıŐtır. ¼retilen betonlar 100mmx400mm'lik prizma, 100mmx200mm'lik silindir, 71mmx71mm'lik k¼p kalıplara d6k¼lm¼Őt¼r. Ardından numuneler 20±2 6C ve %40-60 bağıl neme sahip olan laboratuvar koŐullarında, nemli bezle k¼r edilerek 3 g¼n boyunca bekletilmiŐ, daha sonra kalıplardan 7ıkarılmıŐtır. Kalıplardan 7ıkarılan numuneler k¼r havuzlarında bekletilmiŐtir. Numuneler ¼zerinde 7 ve 28 g¼nl¼k basın7, yarmada 7ekme, eğilme ve 28 g¼nl¼k

aşınma deneyleri yapılmıştır. Basınç, yarmada çekme ve eğilme deneyleri Baz Makina Marka 3000 kN kapasiteli deney aleti ile yapılmıştır. AŞınma (Böhme) deneyi ise 30 (± 1) devir/dk hızla dönen 750 mm çaplı yatay aŐındırma diski, kaldıraç kolu, numune yükleme ağırlığı, karŐı ağırlık ve numune tutucu aparatın oluŐan cihazda yapılmıştır. TS2824 e göre hazırladığımız kenar uzunlukları 71mm $\pm 1,5$ mm olan numunelerin birbirini takip eden 4 yüzeyi aŐınmaya tabi bırakılmıŐtır[17]. Deney için 20 $\pm 0,5$ gr aŐındırma tozu (alŐminyum oksit) cihazın aŐındırma yüzeyine serpilir ve numunenin Őst yüzeyi numune tutucu aparatın yan yüzeyine gelecek Şekilde yerleŐtirilir. Birbirini takip eden 4 yüzey aŐınmaya tabi tutulur. Bu 4 yüzeyin her biri için otomatik sayaçlı olan cihaz 22 devir yapar. Bu 4 tur sonunda aŐındırma tozu makine yüzeyinden temizlenir ve yeni aŐındırma tozu serpilir. Numune tartılır, aynı iŐlem 4 defa tekrarlanır. Toplam 16 defa numuneye aŐındırma iŐlemi uygulanır. Numunelerin yüzeylerinde meydana gelen kısıalma ve ağırlıkça azalma ölçŐlŐr ve hacim hesabı yapılır. Numunenin tabanı 50 cm² (71mmx71mm) olduğundan tŐm değerlendirmeler bu taban alanı esas alınarak yapılmıştır. AŞınma deneyi TS 699 standardına göre yapılmıştır[18].

5.DENEY SONUÇLARI

5.1 Taze Beton Değerleri

Bir betonun KYB olarak değerlendirilmesi için Abrams Konisinde deney yapılarak elde edilen yayılmasının 550 ile 850 mm arasında olması gerektiği bilinmektedir[1]. EFNARC'a (European Federation of National Trade Associations) göre bu yayılma değerleri 3 ayrı sınıfta deđerlendirilmiŐtır. 1.sınıf (SF1) 550 ile 650mm, 2. Sınıf (SF2) 660 ile 750mm, 3. Sınıf (SF3) 760 ile 850mm arasında olmalıdır. Yayılma çapının 50 cm geniŐliđe eriŐme süresi (T50) ve huniden çıkıŐ süresi ise 2 ayrı sınıfta deđerlendirilmiŐtır. 1.sınıf (VS1) in T50 süresi 2 s'den az, huniden çıkıŐı 8 s den az ve 2.sınıf (VS2) için T50 süresi 2s den fazla, huniden çıkıŐ süresi 9-25s arasında olmalıdır[12].

Tablo 9. EFNARC'a göre yayılma değerleri

Sınıf	Slump Değerleri(mm)
SF1	550-650
SF2	660-750
SF3	760-850



Şekil 2. Yayılma Deneyi Numunesi

Yayılma deney sonucunu tayin etmek için yayılan beton 3 ayrı noktadan ölçŐlŐp ortalaması alınmıŐtır. Hesaplanan yayılma çapları, birim ağırlık değerleri ve hava oranları Tablo 10 'da verilmiştir.

Tablo 10. YFC ile Őretilen KYB'lerin taze beton deney sonuçları

Beton Kodu	Çimento (kg)	YFC (kg)	Çökme-Yayılma (mm) T50s	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Hava %
KYB00	450	0	Y=686 t=5	2,403	4,8
KYB15	382,5	67,50	Y=704 t=6	2,390	3,2
KYB30	315	135	Y=712 t=7	2,375	2,1
KYB45	247,5	202,5	Y=734 t=9	2,356	2,3
KYB60	180	270	Y=693 t=10	2,337	2,2
KYB75	112,5	337,5	Y=727 t=11	2,319	1,2
KYB90	45	405	Y=746 t=12	2,298	1,0

Yayılma değerlerinin EFNARC'a (European Federation of National Trade Associations) göre SF2 sınıfını sağladığı Tablo 10 'da görülmektedir. En fazla yayılma değeri KYB90 numunesinde, en düşük yayılma değeri ise kontrol betonunda elde edilmiştir. T50 sürelerinin YFC ikamesi arttıkça uzadığı görülmektedir.

Yapılan hesaplara göre numunelerin YFC ikamesi arttıkça birim ağırlıklarının azaldığı görülmüştür. Tablo 10' a göre YFC ikamesi olmayan kontrol betonu ise en yüksek hava yüzdesine sahiptir.

5.2 SERT BETON DENEYLERİ

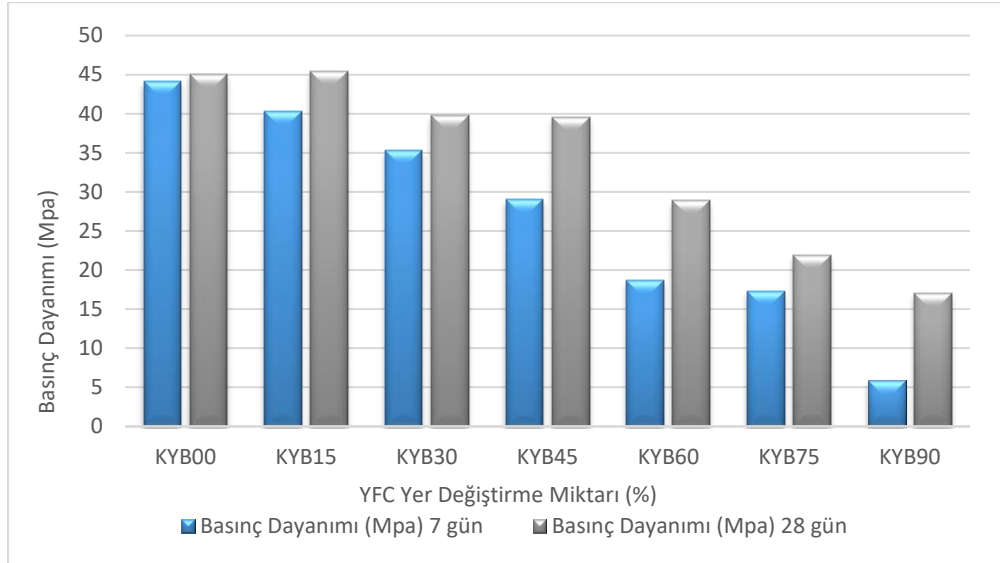
5.2.1 Basınç Dayanımı

C45 olarak tasarımı yapılan beton numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. YFC ile üretilen sertleşmiş betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri

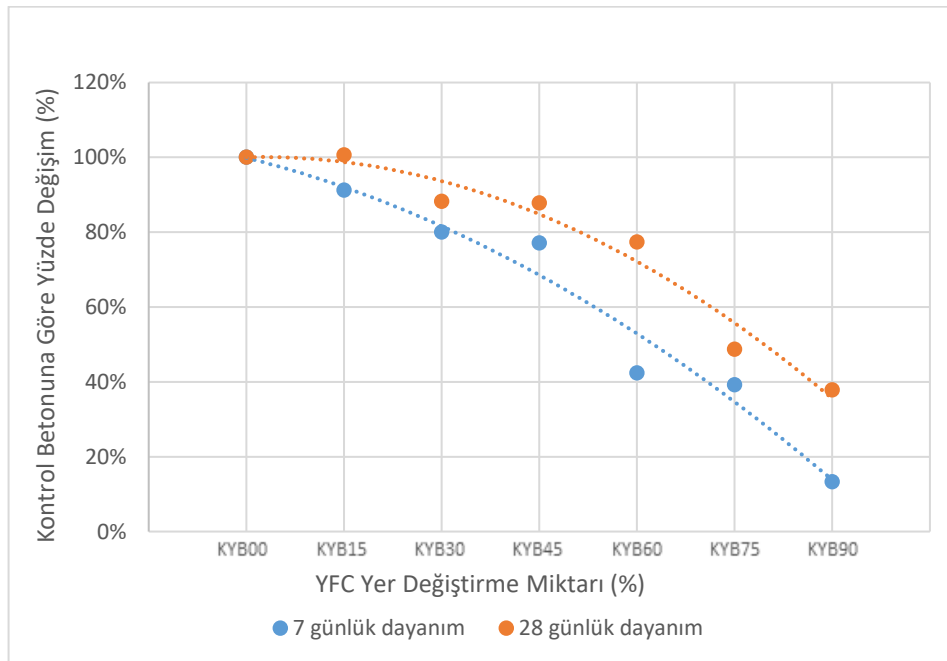
Beton Kodu	Basınç Dayanımı (Mpa)	
	7 gün	28 gün
KYB00	44,15	45,08
KYB15	40,27	45,36
KYB30	35,34	39,78
KYB45	29,06	39,58
KYB60	18,72	28,89
KYB75	17,31	21,95
KYB90	5,87	17,06

Tablo 11' de g¼r¼ld¼đ¼ gibi 7 g¼nl¼k en y¼ksek basınç dayanımına sahip olan değer, 44,15 Mpa ile kontrol numunesine aittir. 28 g¼nl¼k numunelerde ise en y¼ksek basınç dayanımı en az YFC ikamesine sahip olan KYB15 numunesindedir. YFC ikamesi en fazla olan KYB90 numunesi ise 7 ve 28 g¼nl¼k için en d¼Ő¼k dayanıma sahiptir.



Şekil 3. YFC ile ¼retilen sertleşmiş betonların 7 ve 28 g¼nl¼k basınç dayanımlarının iliŐkisi

Şekil 3 'teki grafikte 7 ve 28 g¼nl¼k basınç dayanımlarının arasındaki ilişki verilmiştir. YFC ikamesi olmayan KYB00 numunesinde 28 g¼nl¼k basınç değerini az miktarda artarken YFC ikamesi olan numunelerde basınç dayanım değerlerinin daha fazla arttığı g¼r¼lmektedir.



Şekil 4. YFC ile ¼retilen betonların 7 ve 28 g¼nl¼k basınç dayanımlarının % deđiŐim iliŐkisi

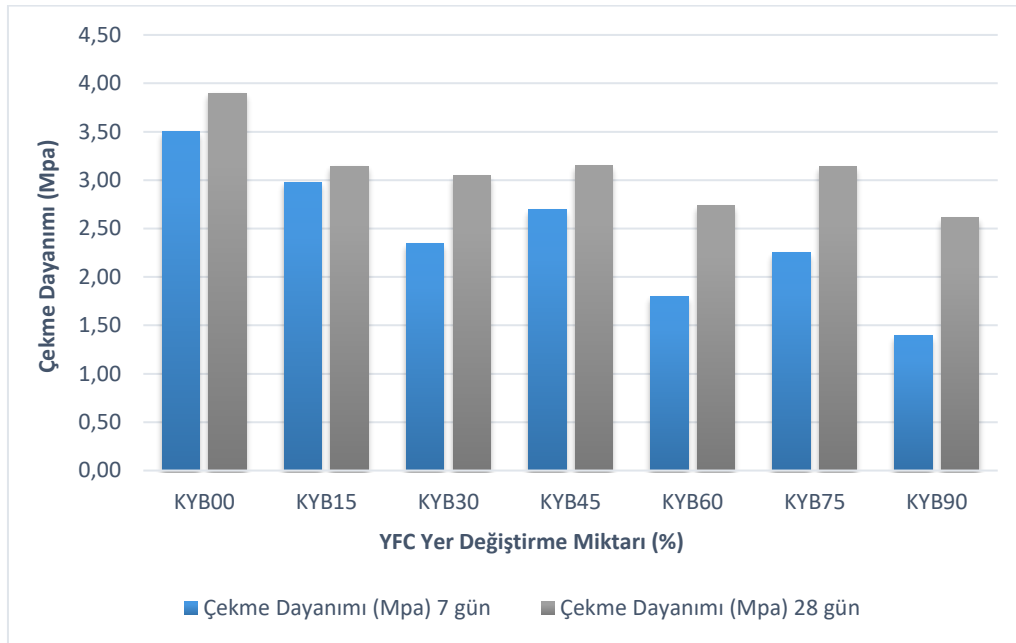
5.2.2 Yarmada ekme Dayanımı

100mmx200mm'lik silindir kalıplara konularak kũr edilen numunelerin 7 ve 28 gũnlũk yarmada çekme dayanım değerleri Tablo 12 'de verilmiştir.

Tablo 12. YFC ile ũretilen sertleşmiş betonların 28 gũnlũk yarmada çekme dayanım değerleri

Beton Kodu	ekme Dayanımı (Mpa)	
	7 gũn	28 gũn
KYB00	3,51	3,90
KYB15	2,98	3,14
KYB30	2,35	3,05
KYB45	2,70	3,15
KYB60	1,80	2,73
KYB75	2,25	3,14
KYB90	1,40	2,61

Tablo 12 'de gũrũldũđũ gibi 7 gũnlũk ve 28 gũnlũk en yũksek yarmada çekme dayanımına sahip olan numune YFC ikamesi bulunmayan KYB00 numunesidir.



Şekil 5. YFC ile ũretilen sertleşmiş betonların 7 ve 28 gũnlũk yarmada çekme dayanımlarının iliŐkisi

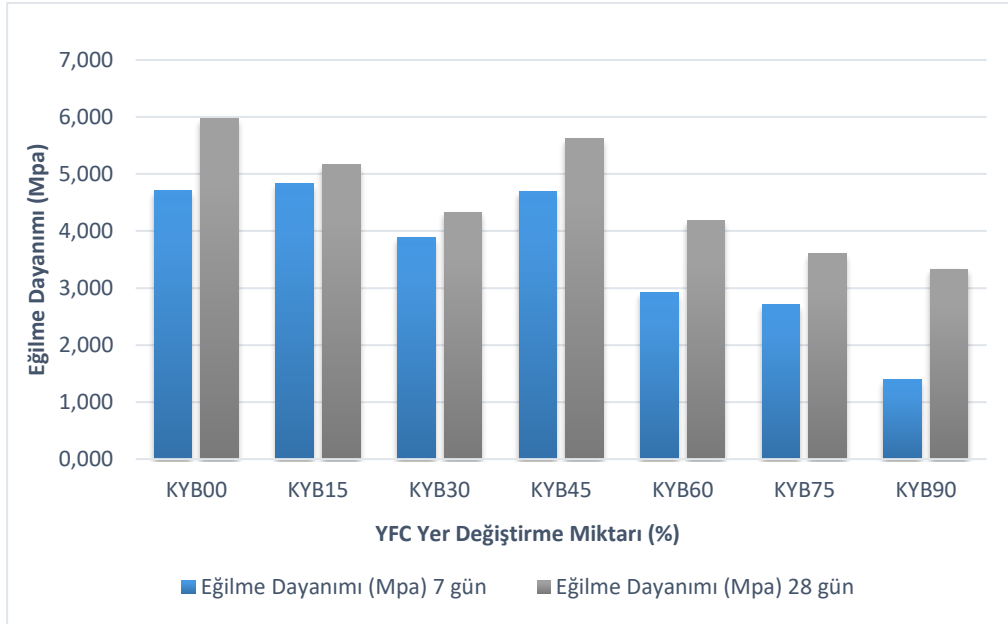
5.2.3 Eğilme Deneyi

100mmx400mm'lik prizma kalıplara dŕkũlerek yaŐımı alana kadar kũr edilen numunelerin eğilme dayanım değerleri Tablo 13 'te verilmiştir.

Tablo 13. YFC ile ¼retilen sertleşmiş betonların 28 g¼nl¼k yarmada ¼ekme dayanım değerleri

Beton Kodu	Eğilme Dayanımı (Mpa)	
	7 g¼n	28 g¼n
KYB00	4,709	5,967
KYB15	4,827	5,165
KYB30	3,892	4,334
KYB45	4,694	5,628
KYB60	2,921	4,179
KYB75	2,708	3,613
KYB90	1,398	3,333

Tablo 13 'te g¼r¼ld¼đ¼ gibi 7 g¼nl¼k en y¼ksek dayanım en d¼Ő¼k YFC miktarına sahip olan KYB15 numunesindedir. 28 g¼nl¼k en y¼ksek dayanım ise YFC ikamesi bulunmayan kontrol numunesindedir.

**Şekil 6.** YFC ile ¼retilen sertleşmiş betonların 7 ve 28 g¼nl¼k eğilme dayanımlarının iliŐkisi

5.2.4 AŞınma Deneyi

710mmx710mmx710mm'lik k¼p kalıplara d¼k¼len ve gerekli k¼r koŐullarında 28 g¼n bekletilen numunelere uygulanan aşınma (b¼hme) deney sonu¼ları aŐađıdaki form¼lle hesaplanmıŐtır.

ΔV : 16 ¼evrimden sonra hacim kaybı, cm³

Δm : 16 ¼evrimden sonra k¼tle kaybı, g

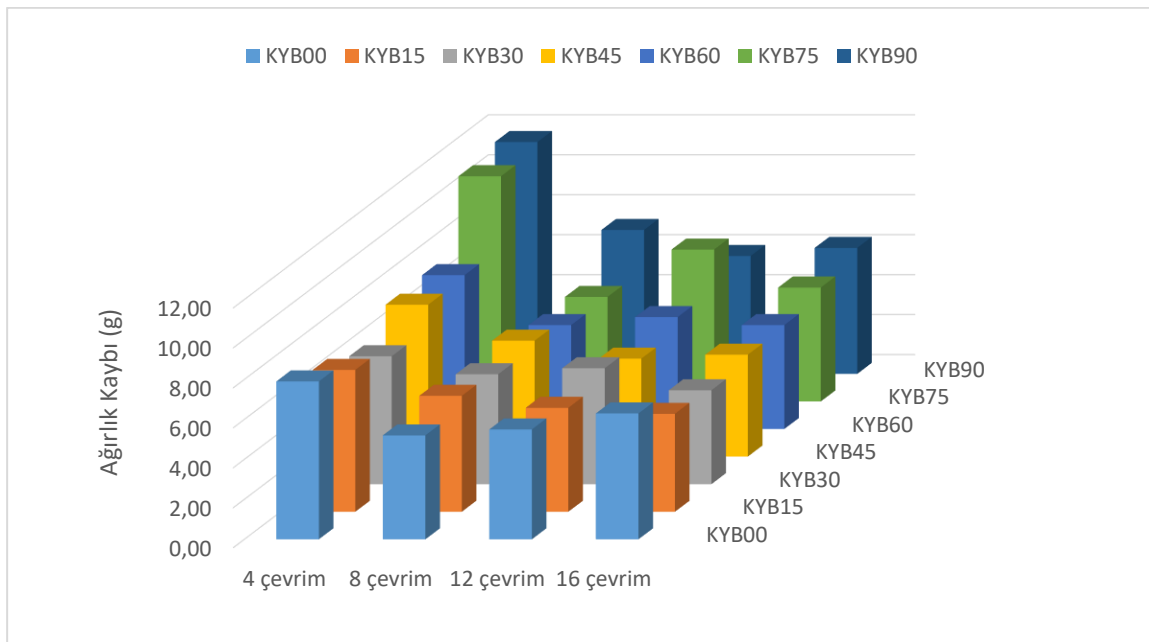
ρR : Numunenin yoğunluğu, gr/cm³ 'dir [17].

Hesaplanan değerler Tablo 14 te verilmiştir.

Tablo 14. Üretilen betonların 28 günlük aşınma değeri

Beton Kodu	KYB00	KYB15	KYB30	KYB45	KYB60	KYB75	KYB90
Aşınma Değerleri	10,83	10,11	9,75	10,4	10,18	12,88	13,21
Max. Aşınma Değeri	18 cm ³ / 50cm ²						

Tablo 14 'te gör¼ld¼đ¼ gibi en az aşınma miktarı KYB30 numunesindedir. KYB30 numunesi dıŐındaki numunelerde YFC ikamesi arttıkça aşınma miktarlarının da arttığ¼ gör¼lm¼Őt¼r. B¼t¼n aşınma değeri TS2824 EN 1338'de öngör¼len değeri altında kaldığ¼ gör¼lm¼Őt¼r[17].

**Şekil 7.** Aşınma (böhme) deneyi sonucu ağırlık kaybı (g)

Şekil 7 'de de açık şekilde ifade edildiği gibi en fazla aşınma miktarına sahip numune KYB90 numunesidir. Ancak KYB15, KYB30, KYB45 ve KYB60 numunelerinin başlangıca göre aşınma kayıpları kontrol numunesi ile yakındır.

6.SONUÇLAR

- HA ve s/b oranı sabit tutularak elde edilen numunelerde yapılan yayılma deney sonuçlarına göre YFC içeren betonların yayılma değeri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gör¼lm¼Őt¼r. Ancak b¼t¼n sonuçlar EFNARC 'ta (2005) istenilen değeri sağlamaktadır[12]. En fazla yayılma YFC miktarı en fazla olandadır. Yayılma çaplarının değişkenlik göstermesine rağmen T50 sürelerinde YFC miktarına bağlı olarak artış gözlenmiştir. Sonuç olarak YFC miktarının yayılma süresini uzattığ¼ gör¼lm¼Őt¼r.

-YFC miktarı arttıķa betonların birim ağırlıkları ve iēerdikleri hava miktarları azalmıŐtır. YFC miktarının betonun boŐluk oranını olumlu etkilediği gŖrŭlmŭŐtũr.

-Elde edilen basınē dayanım değerlerine gŖre 7 gŭnlŭk en yŭksek dayanım '44,15 Mpa' ile kontrol betonuna aittir. YFC miktarı arttıķa 7 gŭnlŭk basınē dayanımı dŭŐmŭŐtũr. 28 gŭnlŭk basınē dayanım sonuēlarında ise YFC miktarı en az olan YFC15 betonunun basınē dayanımı '45,36 Mpa' ile en yŭksek olduğu gŖrŭlmŭŐtũr. Ancak ileri dayanım kazanmalarının kontrol betonuna gŖre fazla olduğu da Tablo 11'de gŖsterilmiŐtir.

-7 ve 28 gŭnlŭk en yŭksek yarmada ēekme dayanımları kontrol betonunda gŖzlenmiŐtir. YFC miktarı arttıķa ēekme dayanımlarının da ileri dayanım kazanmaları artmıŐtır.

-Eğilme dayanımları iēin YFC iēeren betonlar arasında en yŭksek dayanım KYB45 betonundadır. KYB45 betonundan sonra YFC miktarı arttıķa dayanım azalmıŐtır.

-16 ēevrim sonrasında hesapladığımız aşınma deney sonuēları TS2824 EN 1338'de ŖngŖrŭlen değerine gŖre uygundur[17]. KYB15, KYB30, KYB45 ve KYB60 numunelerinin aşınma miktarlarının kontrol betonunun aşınma miktarına yakın olduğu gŖrŭlmŭŐtũr.

-Bu durumda basınē, yarmada ēekme ve eğilme dayanımlarını birlikte değerlendirirsek YFC ile ēimentonun %60'a kadar yer deđiŐtirmesinde istenilen değerlere yakın sonuēlar verdiği, %60 yer deđiŐtirmede ise uzun sŭreli dayanım değerlerinin olumlu sonuēlar verdiği fakat YFC %60'tan fazla ikame edildiğinde ise istenilen sonuēlara ulaŐılamadıđı gŖrŭlmŭŐtũr. Ancak aşınma değerlerinden ēıkardıđımız sonuēlara gŖre taşıma kapasitesi dŭŐŭk olarak tasarlanan yol betonlarında, yŭzey kaplama betonlarında ve bazı zemin betonlarında yŭksek oranlarda YFC kullanımı Ŗnerilebilir.

-BŖylece yŭksek oranda YFC'nin ēimento yerine kullanılmasıyla hem maliyet dŭŐŭrŭlmŭŐ olur hem de sŭrdŭrŭlebilir ēevreye katkı sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

[1]. İlker Bekir Topēu, Turhan Bilir, Hasan Baylavlı 'Kendiliğinden Yerleşen Betonun Ŗzellikleri' EskiŐehir Osmangazi Ŗniversitesi Mŭh. Mim. Fak. Dergisi C.XXI, S.1, 2008

[2] www.insapedia.com/kendiliginden-yerlesen-beton-nedir-kyb-nerelerde-kullanilir/

[3] Hakan Gŭrdal Akēansa ēimento San. Ve Tic. A.Ő. İstanbul Ziya Yŭceer Akēansa ēimento San. Ve Tic. A. Ő. 'Tũrkiye ve Dŭnyada Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları' İstanbul

[4] Brouwers, H.J.H., Radix, H.J., 'Self-Compacting Concrete: Theoretical and experimental study', Cement and Concrete Research, 35, 2,2116-2136, 2005.

[5] Levent Eroğlu, Mustafa Őahmaran, İ. Ŗzgŭr Yaman, Mustafa Tokyay 'Karışım Parametrelerini Kendiliğinden Yerleşen Betonun Taze Ŗzellikleri Ŗzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi' Orta Doğu Teknik Ŗniversitesi, İnŐaat Mŭhendisliđi BŖlŭmŭ Ankara, Tũrkiye

- [6]. Bouzoubaa, N., Lacleme, M. ‘Self-Compacting Concrete Incorporating High Volumes of Class F Fly Ash Preliminary Results, Cement Concrete Research ’ Vol. 31 No. 3, 413-420, 2001.
- [7] Őahmaran, Yaman İ. Ö., Tokyay M., ‘Development of High Volume LowLime and High-Lime Fly Ash Self Consolidating Concrete’, Magazine of Concrete Research,
- [8] Yasin Engin ‘‘Y¼ksek Fırın C¼rufu ve Y¼ksek Fırın C¼rflu Çimento’’
www.betonvecimento.com, 2015
- [9] M.Emiroğlu, Y. Koçak ‘‘Y¼ksek Fırın C¼rufunun Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi’’ D¼zce niversitesi, 2011
- [10] Hasbi Yaprak¹, Osman ŐimŐek², H. Yılmaz AruntaŐ³ B¼l¼m¼ ‘Uçucu K¼l ve Y¼ksek Fırın C¼rufunun S¼per Akışkanlaştırıcı Katkılı Beton Özelliklerine Etkisi’ Ankara . Kastamonu Meslek Y¼ksek Okulu, Kastamonu¹, Gazi . Teknik Eğitim Fak¼ltesi Yapı Eđitimi²⁻³, Ankara
- [11] Nalan Kalkan¹, H. Yılmaz AruntaŐ², Engin Demir³ ‘Y¼ksek Fırın C¼rufu ve S¼per AkıŐkanlaŐtırıcının Kendiliğinden Yerleşen Beton Özelliklerine Etkisi’ Hacettepe Üniversitesi, Polatlı Teknik Bilimler Meslek Y¼ksekokulu İnŐaat Teknolojisi Programı¹, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fak¼ltesi İnŐaat M¼hendisliđi B¼l¼m¼², Sigma Beton Lab. Hiz. ve Tic.Ltd.Őti³, Ankara
- [12] EFNARC (European Federation of National Trade Associations), Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, 2005.
- [13] TS EN 932-1, (1997) ‘Agregaların genel özellikleri i¼in deneyler-Kısım 1 numune alma metotları’, T¼rk Standartları Enstit¼s¼
- [14] TS EN 933-1, (2015) ‘Agregaların Geometrik Özellikleri İ¼in Deneyler B¼l¼m 1: Tane B¼y¼kl¼đ¼ Dağılımı Tayini - Eleme Metodu’, T¼rk Standartları Enstit¼s¼
- [15] TS EN 15167-1, (2006) Öđ¼t¼lm¼Ő y¼ksek fırın c¼rufu - Beton, harç ve Őerbette kullanım i¼in - B¼l¼m 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri, T¼rk Standartları Enstit¼s¼
- [16] TS 802, (2009) ‘Beton karışım tasarımı hesap esasları’, T¼rk Standartları Enstit¼s¼
- [17] TS2824 EN 1338, (2005)‘Zemin d¼Őemesi i¼in beton kaplama blokları - Gerekli Őartlar ve deney metotları’, T¼rk Standartları Enstit¼s¼
- [18] TS 699, (2009)‘Tabii yapı taŐları-Muayene ve deney metotları’, T¼rk Standartları Enstit¼s¼