

<b>İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi</b>
<b>Journal of Advanced Technology Sciences</b>
<b>ISSN:2147-3455</b>

## **YÜKSEK FIRIN CÜRUFU ve SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICININ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Nalan KALKAN<sup>1</sup>, H. Yılmaz ARUNTAŞ<sup>2</sup>, Engin DEMİR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Polatlı Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Programı

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

<sup>3</sup>Sigma Beton Lab. Hiz. ve Tic.Ltd.Şti, Ankara

### **Özet**

Bu çalışmada, yüksek fırın cürufu (YFC) ile üretilen kendiliğinden yerleşen betonların (KYB) özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, KYB karışımlarında; CEM I 42.5 R çimentosu, Ereğli YFC, hiperakışkanlaştırıcı (HA) katkı ve Kutludüğün kırmataş agregası kullanılmıştır. KYB'lerin karışım hesabı TS 802'ye göre yapılmıştır. KYB karışımında 500 kg çimento kullanılmıştır. Kontrol betonu (KB) hariç, KYB karışımlarında 50, 100, 150, 200 ve 250 kg miktarında YFC çimento ile ikame edilmiştir. Böylece kontrol betonu ve 5 YFC katkılı toplamda 6 farklı KYB numunesi üretilmiştir. KYB karışımlarında HA oranı ve bağlayıcı miktarı sabit tutulmuştur. HA katkısı, KYB karışımlarına çimento miktarının % 1.5 (ağırlıkça) oranında katılmıştır. Üretilen KYB ler üzerinde yayılma, V kutusu ve L kutusu taze beton deneyleri yapılmıştır. Taze beton deneylerinin ardından KYB'ler 150 mm boyutlu kalıplara dökülerek küp numuneler elde edilmiştir. Küp KYB numuneleri üzerinde 7 ve 28 gün yaşlarında basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. YFC katkılı KYB'ler fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından hem birbirleriyle hem de kontrol betonu ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek fırın cürufu, süper akışkanlaştırıcı, kendiliğinden yerleşen beton, fiziksel özellikler, mekanik özellikler

# **EFFECT OF BLAST FURNACE SLAG AND HYPER PLASTICIZER ON PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE**

## **Abstract**

In this study, properties of self compacting concrete (SCC) produced with granulated blast furnace slag (GBFS) were investigated. For this purpose, CEM I 42.5 cement, Ereğli GBFS, hyper-plasticizer (HP) additive and Kutludüğün crushed stone aggregate were used in the SCC mixtures. Mix design of the SCC was done according to TS 802. The binding material content was 500 kg/m<sup>3</sup> in the SCC mixtures. Except control concrete, 50, 100, 150, 200 and 250 kg/m<sup>3</sup> amounts of GBFS were partially replaced by the cement. Thus, control SCC (no GBFS) and five containing GBFS SCCs samples were manufactured. In the SCC mixtures, HP ratio and binding material content were kept constant. The ratio of HP additive was 1.5% (by weight of cement) in all SCC mixtures. Fresh concrete tests such as slump-flow, V-funnel, L-box were done on the produced SCCs. After fresh concrete tests, SCCs were casted into the molds of size 150x150x150 mm and cube samples were obtained. Compressive strength tests were carried out at 7 and 28 days on cube SCC samples. SCCs with GBFS were compared with each other and control concrete by means of physical and mechanical properties.

**KeyWords:** Granulated blast furnace slag, hyperplasticizer, self compacting concrete, physical and mechanical properties.

## **1. GİRİŞ (INTRODUCTION)**

Dünyada ve Türkiye’de hazır beton sektörünün gelişmesiyle birlikte, bu betonlarda kullanılan beton katkı maddelerinde de gelişmeler izlenmektedir. Betonun işlenebilirliğini artıran akışkanlaştırıcı veya süper akışkanlaştırıcı katkıları 1970’de kullanılmaya başlanmıştır[1–2]. Katkı maddesi konularak üretilen KYB uygulamaları ile ilgili ilk araştırmalar ise 1986 yılında Tokyo Üniversitesi’nde yapılmıştır. Bu tarihten günümüze değin bu alanda yapılan çalışmalar hızla devam etmektedir.

Yeni nesil süperakışkanlaştırıcılar kullanılarak işlenebilirliğini kaybetmeden kolay bir şekilde yerleştirilebilen betonlar olarak tanımlanan KYB’ler homojen, aderans özelliği yüksek ve boşluksuz beton üretimi gibi avantajlara da sahiptir. KYB, kendi ağırlığı altında akabilmesi ve kalıba kolayca yerleşebilme özelliği nedeniyle yüksek performanslı beton olarak da tanımlanabilmektedir. KYB’nin kendiliğinden yerleşebilme özelliğinin yanında; imalat süresini kısaltma, işçilik maliyetini düşürme, özellikle yoğun donatılı betonarme elemanlarda betonun kalıba boşluksuz bir şekilde yerleşmesini sağlama ve vibrasyon kaynaklı ses kirliliğini azaltma gibi konvansiyonel betona göre birçok üstünlüğü vardır [3]. KYB lar bunlara ek olarak, betonarme yapıların onarım ve güçlendirme işleri ile prefabrik elemanların üretiminde kullanılmaktadır.

KYB üretiminde kullanılan HA sayesinde betonun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık gibi özelliklerinin iyileştirilmesi yanı sıra çimento tasarrufu sağlanmaktadır.

Öte yandan, inşaat sektöründeki uygulamalarda endüstriyel atıkların kullanılması çalışmaları her geçen gün hız kazanmaktadır. Bu atıklar, çimento üretiminin yanında beton üretiminde katkı malzemesi ve ikame malzemesi olarak kullanılmaktadır. YFC da endüstriyel atıkların değerlendirilmesi amacı ile kullanılan atık katkı maddeleri grubunda değerlendirilebilir. YFC; ham demir üretiminde atık malzeme olarak elde edilen yüksek fırınlarda, daha hafif olmasından dolayı, ham demirin üstünde yer alır. Demir filiz gangi, kok ve kireç taşının yanma sonrası atıkları yüksek fırın cürufunu meydana getirirler [4].

KYB'lerin özellikleri [5], karışımında kullanılan katkı maddelerinin KYB özelliklerine etkisi [6-7-8] ile ilgili yapılan çalıştırmaların sayısı artmaktadır.

Bu çalışmada, yüksek fırın cürufu (YFC) ile üretilen kendiliğinden yerleşen betonların (KYB) fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek, hem birbirleriyle hem de kontrol betonu ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

## 2. YÖNTEM (METHOD)

### 2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada; Kutludüğün yöresine ait kalker esaslı kırmataş iri agregası ve aynı yörenin kırma kum ince agregası kullanılmıştır. Beton karışımlarında, TS EN 1097-6'ya [9] göre kullanılan iri ve ince agregaların yoğunluk ve su emme değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneide kullanılan kırmataş agregaların fiziksel özellikleri (The physical properties of crushed stone aggregates used in tests)

Agrega grubu	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Su emme(%)
0-4	2.65	1.24
4-11.2	2.70	0.22

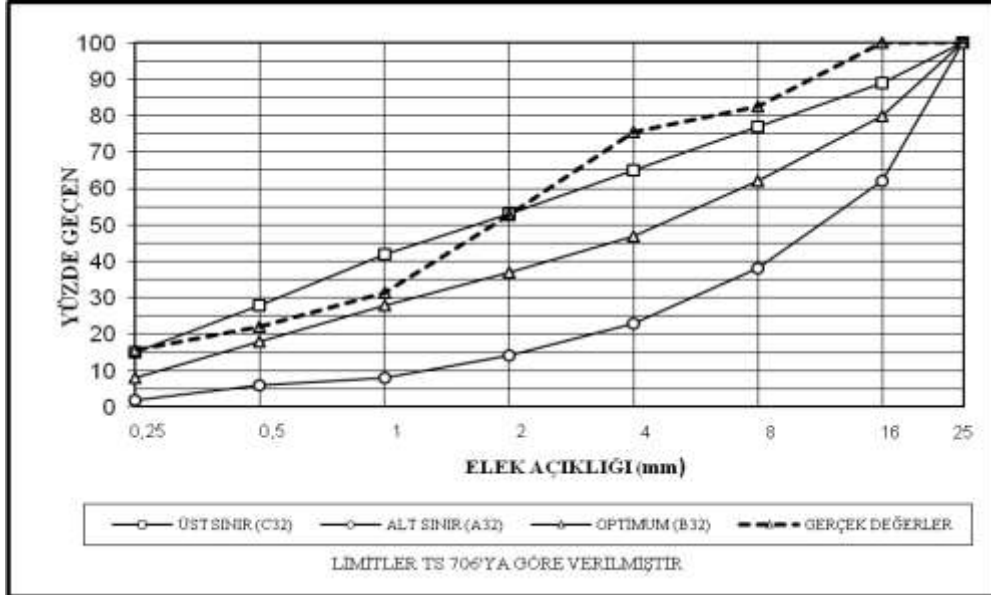
Beton üretiminde bağlayıcı olarak, Baştaş Çimento fabrikasında üretilen CEM I 42,5 R (PÇ 42,5) çimentosu kullanılmıştır. KYB üretiminde çimento yerine bağlayıcı malzeme olarak Ereğli YFC kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan çimento ve YFC'nin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Taze beton üretiminde karma suyu olarak Ankara şehir içme suyu kullanılmıştır.

Tablo 2. PÇ 42,5 ve YFC'nin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri (Chemical composition and physical properties of CEM I and GBFS)

Kimyasal bileşim (%)	PÇ 42,5	YFC
SiO <sub>2</sub>	20.30	39.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.98	14.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.06	1.16
CaO	63.30	38.27
MgO	1.89	2.74
Na <sub>2</sub> O	0.43	0.52
K <sub>2</sub> O	0.95	0.82
SO <sub>3</sub>	3.50	0.08
Kızdırma kaybı	2.25	-
Çözünmeyen kalıntı	0.52	-
<b>Fiziksel Özellikler</b>		
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	3.14	2.93
İncelik (Blaine) (cm <sup>2</sup> /g)	3684	5332

## 2.2. Metot (Method)

Beton karışımları 0-4 ve 4-11,2 olmak üzere iki agrega grubu kullanılarak hazırlanmıştır. Her iki agrega grubu kontrol betonu ve YFC katkılı KYB'lerde sırasıyla yaklaşık % 76 ve % 24 oranlarında kullanılmıştır. Agregaların elek analizi TS EN 933-1 "Tane Büyüklüğü Dağılımı Deneyi" standardına göre yapılmıştır [10]. KYB üretiminde kullanılan agreganın granülometrik dağılımı ise Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. KYB üretiminde kullanılan agreganın granülometrik dağılımı (Granulometric distribution of used aggregate in SCC production)

KYB karışımlarında HA sabit tutulmuş ve çimento miktarının % 1.5 (ağırlıkça) oranında karışıma katılmıştır. HA olarak polikarboksilik eter esaslı beton katkı maddesi kullanılmıştır.

Kontrol betonu ve beş grup YFC kullanılarak çimento ile 50, 100, 150, 200 ve 250 kg/m<sup>3</sup> miktarında ikame edilmiş ve toplam altı seri KYB betonu üretilmiştir. 1 m<sup>3</sup> beton karışımına giren malzeme miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. YFC ile üretilen 1 m<sup>3</sup> KYB karışımındaki malzeme miktarı (1 m<sup>3</sup> of SCC mix material produced with GBFS)

Beton Kodu	PÇ 42,5 (kg)	YFC (kg)	Su (kg)	Kırma Kum (kg)	Kırmataş (kg)	HA (%)
KYB	500	-	187.40	1265	410	1.50
KYB50	450	50	179.40	1266	410	1.50
KYB100	400	100	172.80	1263	410	1.50
KYB150	350	150	171.20	1258	410	1.50
KYB200	300	200	170.50	1256	410	1.50
KYB250	250	250	168.90	1254	410	1.50

Beton karışım hesabı. TS 802 Beton karışımı hesap esasları standardına göre yapılmıştır [11]. Hazırlanan bütün KYB karışımlarında su/bağlayıcı (s/b) oranı 0.60 ve HA oranı % 1.5 olarak sabit tutulmuştur.

Taze ve sertleşmiş beton deneyleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 40–60 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Taze KYB karışımları  $65 \text{ dm}^3$  kapasiteli mono şaftlı laboratuvar tipi betoniyerde karıştırılarak hazırlanmıştır. KYB'lerin karıştırma süresi 3 dakika sabit tutulmuştur.

Taze betondan numune alma işlemi TS EN 12350-1'e [12] slump (çökme-yayıma) deneyi TS EN 12350-2'ye [13] ve birim ağırlık-yoğunluk deneyi TS EN 12350-6'ya [14] ve hava muhtevasının tayini TS EN 12350-7'ye [15] göre yapılmıştır.

KYB'lerin basınç deneyi numunelerinin hazırlanması ve kür işlemi TS EN 12390-2'ye [16] göre yapılmıştır. Taze betonlar 150 mm boyutlu küp kalıplara iki tabaka halinde doldurulmuştur. Küp numuneler, 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 95 bağıl neme sahip kür odasındaki su havuzunda 7 ve 28 gün süreyle bekletilmiştir.

Üretilen KYB'ler üzerinde çökme-yayıma, V-kutusu ve L-kutusu taze beton deneyleri yapılmıştır. Çökme-yayıma deneyi TS EN 12350 – 8'e [17]. V-kutusu deneyi TS EN 12350-9'a [18] ve L-kutusu deneyi TS EN 12350-10'göre [19] gerçekleştirilmiştir.

Küp KYB numuneleri üzerinde basınç dayanımı deneyleri TS EN 12390-3'e [20] göre 3000 kN yük kapasiteli tam otomatik deney cihazında yapılmıştır. Deney sonuçları, üç numunenin aritmetik ortalaması olarak alınmıştır.

Sertleşmiş KYB numuneleri üzerinde yarmada çekme dayanımı deneyi ise TS EN 12390-6'e göre yapılmıştır [21]. Deney sonuçları belirlenirken, üç numunenin aritmetik ortalaması olarak alınmıştır.

### 3. BULGULAR (FINDINGS)

#### 3.1. Taze beton deney sonuçları (Test results of fresh concrete)

Ereğli YFC ile üretilen KYB'lere ait çökme-yayıma, V-kutusu ve L-kutusu deney sonuçları Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4'teki değerler incelendiğinde taze betonlardaki sabit s/b oranı ile KYB karışımına giren YFC miktarı arttıkça çökme-yayıma değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak T50 süresi göz önüne alındığında durum değişmektedir. Karışıma giren YFC miktarı arttıkça T50 süresi de artış göstermektedir. Bu KYB'lerde akışkanlığın yani işlenebilmenin azaldığının bir göstergesi olarak açıklanabilir. Bu durum Tablo 2'den görüldüğü gibi YFC'nin incelik (Blaine) değerinin ( $5332 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) PÇ 42.5 çimentosuna göre ( $3684 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) oldukça yüksek olması ile açıklanabilir. Öte yandan EFNARC 2005'te [22] 2. ve 3.sınıf KYB'lerin T50 süresi 3.51–6.00 s olarak sınırlandırılmıştır. Buna göre KYB'lerde elde edilen T50 sürelerinin sınır değerlere uygun olduğu söylenebilir. Yayıma çapı değerleri açısından KYB'ler değerlendirildiğinde EFNARC 2005'te [22] 3.sınıf KYB'lerin sınır değerleri 760–850 mm olarak verilmiştir. Deneysel çalışmada üretilen KYB'lerin tamamı bu grup içine girmektedir.

KYB lerin V-kutusu deney sonuçları incelendiğinde, karışımına giren YFC miktarı arttıkça V-kutusu değerleri yükselmektedir. Başka bir deyişle KYB lerin V-kutusu değerlerinin artması işlenebilmenin azalması anlamına gelmektedir. Elde edilen bu sonuçlar çökme-yayıma deney sonuçları ile de uyumluluk göstermektedir. Diğer taraftan EFNARC 2005'te [22] 2. ve 3.sınıf KYB'lerin V-hunisi sınır değerleri 9–25 s olarak verilmiştir. Bu durumda en çok YFC kullanılan KYB250 dahil olmak üzere üretilen tüm KYB'lerin EFNARC 2005'te istenen değerleri sağladığı görülmüştür.

Tablo 4'te verilen KYB lerin L-kutusu deney sonuçları incelendiğinde, ölçülen H1 değerlerinin KYB karışımındaki YFC miktarı arttıkça azaldığı, H2 değerlerinin ise hemen hemen değişmediği görülmektedir. EFNARC 2005'e [22] H2/H1 değerinin 0.8–1.0 sınır değerleri arasında olmasını önermektedir. Üretilen KYB'ler için H2/H1 değeri hesaplandığında bu değer; KYB. KYB50. KYB100. KYB150. KYB200 ve KYB250 için sırasıyla yaklaşık %83, %84, %87, %86, %89 ve %88 olarak hesaplanmıştır. Buna göre kontrol KYB dahil olmak üzere üretilen tüm KYB'lerde EFNARC 2005'e uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4. YFC ile üretilen KYB'lerin taze beton deney sonuçları (The fresh concrete test results of produced SCCs with GBFS)

Beton kodu	Çimento (kg)	YFC (kg)	L-kutusu (mm)	Çökme-yayılma (mm) T 50 (s)	V-kutusu (s)	Birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Hava (%)
KYB	500	0	H1= 86 H2= 71	Y = 760 t =4.21	16.40	2396	1.30
KYB50	450	50	H1= 83 H2= 70	Y = 770 t =4.81	17.90	2401	1.20
KYB100	400	100	H1= 82 H2= 71	Y = 790 t =5.00	18.40	2406	1.20
KYB150	350	150	H1= 81 H2= 70	Y = 785 t =5.30	20.30	2416	1.10
KYB200	300	200	H1= 80 H2= 71	Y = 790 t =6.20	22.80	2425	1.10
KYB250	250	250	H1= 80 H2= 70	Y = 800 t =6.10	24.10	2429	1.00

Tablo 4'ten KYB'lerin birim ağırlık değerleri incelendiğinde, karışıma giren YFC miktarı arttıkça birim ağırlık değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir.

KYB'lerdeki hava değerleri incelendiğinde, kontrol betonuna göre karışıma giren YFC miktarı arttıkça hava değerleri azalmaktadır. Kontrol betonuna göre bu azalma KYB50, KYB100, KYB150, KYB200 ve KYB250 için sırasıyla yaklaşık % 8, % 8, % 15, % 15 ve % 23 olarak gerçekleşmiştir. Bu azalmanın nedeni KYB'ye katılan YFC'nin daha ince olması dolayısıyla boşlukları doldurması olarak açıklanabilir.

### 3.2. Basınç dayanımı (Compressive strength)

Üretilen betonların basınç dayanımları Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. YFC ile üretilen sertleşmiş betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları (7 and 28 days compressive strength of hardened concretes produced with GBFS)

Beton Kodu	Basınç Dayanımı (Mpa)	
	7 Gün	28 Gün
KYB	58.10	62.80
KYB50	61.20	65.10
KYB100	59.70	66.90
KYB150	52.80	69.00
KYB200	52.00	67.50
KYB250	46.50	65.80

7 günlük dayanımlar karşılaştırıldığında; kontrol betonunun basınç dayanımının (58.10 MPa), KYB50 (61.20 MPa) ve KYB100 (59.70 MPa) betonlarına çok yakın olduğu, karışımdaki YFC ikame oranı arttıkça diğer KYB'lerin dayanımlarının azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni, karışımdaki YFC miktarının artmasına rağmen karma suyu ve HA miktarının sabit tutulması olarak yorumlanabilir. En yüksek dayanım, YFC oranı en düşük olan KYB50 betonunda (61.20 MPa), en düşük dayanım ise KYB250 betonunda (46.50 MPa) elde edildiği belirlenmiştir.

28 günlük dayanımlarda kontrol betonunun basınç dayanımı (62.80 MPa). YFC ikameli betonlardan daha düşük ölçülmüştür. Bu yaşta ikame oranı arttıkça betonların dayanımları KYB150 (69.00 MPa) betonuna kadar artmakta, KYB200 (67.50 MPa) ve KYB250 (65.80 MPa) betonlarında ise ikame oranı arttıkça dayanımda azalma gözlenmekle birlikte, bu dayanım değerleri bile kontrol betonunun dayanım değerlerinden daha yüksektir. Bu durumda; KYB içeriğine konulan YFC'nun basınç dayanımını artırdığı, bunun da KYB üretimi için olumlu bir gelişme olduğu söylenebilir. YFC ikameli betonlarda en yüksek basınç dayanımı KYB150'de (69.00 MPa), en düşük dayanım ise KYB50 betonunda (65.10 MPa) elde edilmiştir.

### 3.3. Yarmada çekme dayanımı (Split tensile strength)

Deneysel çalışmaya ait 28 günlük yarmada çekme dayanım değerleri Tablo 6'dan incelenebilir. Kontrol betonunun yarmada çekme dayanımı (6.10 MPa). KYB50 (5.90 MPa) ve KYB250 (6.20 MPa) betonlarına çok yakın olarak ölçülmüştür. YFC ikameli KYB. KYB100 (4.80 MPa) ve KYB150 (5.20 MPa) dışında yarmada çekme dayanım değerleri birbirine yakın olmakla birlikte, en düşük yarmada çekme dayanım değeri KYB 100 (4.80 MPa) ve KYB150 (5.20 MPa) olarak ölçülmüştür. En yüksek yarmada çekme dayanım değeri KYB200 (6.4 MPa) betonunda, en düşük yarmada çekme dayanım değeri ise KYB100 betonunda (4.80 MPa) ölçülmekle birlikte, tüm YFC ikameli KYB karşılaştırıldığında, kontrol betonundan anlamlı farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Tablo 6. YFC ile üretilen sertleşmiş betonların 28 günlük yarmada çekme dayanımları ( 28 days tensile strength of hardened concretes produced with GBFS)

Beton Kodu	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
KYB	6.10
KYB50	5.90
KYB100	4.80
KYB150	5.20
KYB200	6.40
KYB250	6.20

## 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu deneysel çalışmada kontrol betonu ve YFC ile üretilen KYB karşılaştırıldıklarında;

- Sabit s/b oranı ile YFC ikameli üretilen betonların çökme-yayılma değerlerinin kontrol betonu ile üretilen betondan daha fazla olduğu. T50 süresi göz önüne alındığında ise, karışıma giren YFC miktarı arttıkça T50 süresi arttı. bunun sonucunda işlenebilmenin azaldığı.
- KYB'lerde elde edilen T50 sürelerinin, EFNARC 2005'te 2. ve 3.sınıf KYB'lerin T50 için önerilen (3.51–6.00 s) değerleri ile uyumlu olduğu,
- Yayılma çapı değerleri açısından KYB'ler değerlendirildiğinde EFNARC 2005'te 3.sınıf KYB'ler için ön görülen sınır değerler ile (760–850 mm) örtüştüğü,

- KYB lerin V-kutusu deney sonuçları incelendiğinde, karışımına giren YFC miktarı arttıkça V-kutusu değerlerinin yükseldiği, dolayısı ile akışkanlığın yani işlenebilmenin azalttığı, bu sonuçların çökme-yayıma deney sonuçları ile de uyumlu olduğu,
- KYB'lerin V-hunisi sınır değerlerinin EFNARC 2005'te 2. ve 3.sınıf istenen değerler ile (9–25 s) uyumlu olduğu,
- KYB lerin L-kutusu deney sonuçlarına göre, ölçülen H1 değerlerinin KYB karışımındaki YFC miktarı arttıkça azaldığı, H2 değerlerinde ise anlamlı bir değişimin oluşmadığı, H2/H1 değerlerinin EFNARC 2005'e göre önerilen (0.8–1.0) sınır değerler arasında ölçüldüğü,
- KYB'lerin karışımında kullanılan YFC miktarı arttıkça birim ağırlık değerlerinde önemli bir artış gözlenmediği,
- YFC miktarı arttıkça hava değerlerinin azaldığı,
- Taze beton ve sertleşmiş beton sonuçlarının birbirinden çok farklı olmadığı,
- Üretilen betonların 7 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında; kontrol betonunun basınç dayanımının (58.10 MPa), YFC ikameli betonlardan farklı olmadığı. ikame oranı arttıkça YFC betonların dayanımlarının azaldığı, en yüksek basınç dayanımının, YFC oranı en düşük YFC'ye sahip KYB50 betonunda (61.20 MPa), en düşük dayanım ise KYB250 betonunda (46.50 MPa) elde edildiği,
- 28 günlük dayanımlarda kontrol betonunun basınç dayanımının (62.80 MPa), YFC ikameli betonlardan daha düşük olduğu, bu yaşta ikame oranı arttıkça betonların dayanımları KYB150 (69.00 MPa) betonuna kadar arttığı, KYB200 (67.50 MPa)ve KYB (65.80 MPa) 250 betonlarında ise ikame oranı arttıkça dayanımda azalma olduğu, YFC ikameli betonlarda en yüksek basınç dayanımı KYB150'de (69.00 MPa), en düşük dayanım ise KYB50 betonunda (65.10 MPa) elde edildiği,
- 28 günlük dayanımlarda KYB içeriğine konulan YFC'nun basınç dayanımını artırdığı, bunun da KYB üretimi için olumlu bir gelişme olduğu,
- Kontrol betonunun 28 günlük yarmada çekme dayanımının (6.1 MPa). YFC ikameli KYB100 (4.8 MPa) ve KYB150 (5.2 MPa) dışında birbirine yakın olduğu. yarmada çekme dayanım değeri en yüksek değere KYB200 (6.4 MPa) betonunda ulaşıldığı, en düşük yarmada çekme dayanım değeri ise KYB100 betonunda (4.80 MPa) ölçülmekle birlikte, tüm YFC ikameli KYB karşılaştırıldığında, kontrol betonundan anlamlı farklılık oluşturmadığı,
- YFC ile üretilen betonların ilk sıcaklık değerinin YFC kullanımı ile azaldığı. bunun da hidratasyonun olumsuz etkisini azaltarak dayanım hızının yavaşlamasına neden olduğu, dolayısı ile bu özelliğin özellikle kitle betonlarda sıcaklık farklılıklarından oluşan termal çatlakların önlenmesine katkıda bulunduğu,
- YFC ile ikame edilen betonların kontrol betona göre daha ekonomik olduğu sonuçları çıkarılabilir.

## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Ç. Özyıldırım and D.S. Lane. (2003), "Investigation of Self Compacting Concrete", Transportation Research Board. Washington. USA.
- [2]. H. Okamura. M. Ouchi, (1990), "Self Compacting Concrete: Development. Present Use and Future". In Self Compacting Concrete: Proceedings of the First International RILEM Symposium. A. Skarendahl. O. Petersson. Editors. RILEM Publications. Cachan Cedex. France.
- [3]. Tokyay. M., Erdoğan. K., Şahmaran. M., Yaman. Ö., (2007), 'Karışım Parametrelerinin Kendiliğinden Yerleşen Betonun Taze Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi' 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 250, Ankara.
- [4]. Tokyay. M., Erdoğan. K., (2003), "Cürufklar ve Cürufllu Çimentolar", TÇMB/AR-GE. 975-8136-03-08, Ankara.



- [5]. M. Gesođlu, E., Güneyisi. E. Özbay, (2007), “Mineral Katkılar Kullanılarak Elde Edilen Kendiliğinden Yerleşen Betonların Özellikleri”, 7. Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 87–98, İstanbul.
- [6]. A.R. Sağlam, N.Parlak, M.H. Özkul, “Polikarboksilat Esaslı Kimyasal Katkıların Beton Üretiminde Kullanımı”, 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 108-120, Ankara
- [7]. H.Y. Aruntaş, M. Dayı, İ. Tekin, R. Birgül, O. Şimşek, (2007), “Kendiliğinden Yerleşen Beton Özelliklerine Atık Mermer Etkisi”, 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 174-180, Ankara.
- [8]. Şahmaran, M., Yaman. İ., Ö., Tokyay. M., (2004), “Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton”, Beton 2004 Kongresi, 225- 233, İstanbul.
- [9]. TS EN 1097-6, Agregalarda Tane Yođunluđu ve Su Emme Oranının Tayini, TSE, Ankara, (2013).
- [10].TS EN 933-1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler, Tane Büyüklüđu Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi, TSE, Ankara, (2012).
- [11].TS 802, Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, TSE, Ankara, (2009).
- [12]. TS EN 12350-1, Taze Beton Deneyleri, Numune Alma, TSE, Ankara, (2010).
- [13]. TS EN 12350-2, Taze Beton Deneyleri, Çökme (slump) deneyi, TSE, Ankara, (2010).
- [14]. TS EN 12350-6, Taze Beton Deneyleri, Yoğunluk, TSE, Ankara, (2010).
- [15]. TS EN 12350-7, Taze Beton Deneyleri, Hava Muhtevasının Tayini, Basınç Yöntemleri, TSE, Ankara, (2010).
- [16].TS EN 12390-2, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Küre Tabi Tutulması, TSE, Ankara, (2010).
- [17].TS EN 12350-8, Taze Beton Deneyleri, Kendiliğinden Yerleşen Beton, Çökme Yayılma Deneyi, TSE, Ankara, (2011).
- [18].TS EN 12350-9, Taze Beton Deneyleri, Kendiliğinden Yerleşen Beton, V hunisi deneyi, TSE, Ankara, (2011).
- [19].TS EN 12350-10, Taze Beton Deneyleri, Kendiliğinden Yerleşen Beton, L Kutusu Deneyi, TSE, Ankara, (2011).
- [20]. TS EN 12390-3, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, (2010).
- [21].TS EN 12390-6, Sertleşmiş beton deneyleri, Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, (2010).
- [22].The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use, (2005).