

Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton Dayanımına Su/Ç Oranı ve Katkıların Etkisi

Osman ÜNAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta:unal@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:23.07.2013; Kabul Tarihi:25.10.2013

Özet

Anahtar kelimeler
“Kendiliğinden Yerleşen Beton”, “Yüksek Dayanımlı Beton”, “Silis Dumanı”, “Süper akışkanlaştırıcı”, “Kireç Taşı Tozu”.

Bu çalışmada yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonun basınç dayanımı üzerine su/çimento oranı, silis dumanı, kireç taşı tozu, katkı türü ve miktarının etkileri araştırılmıştır. Yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonların üretiminde maksimum agrega tane boyutu 16 mm olarak seçilmiş ve karışımlarda slump yayılması dikkate alınarak % 36.5 ve % 40 su/çimento oranları için Glenium C300 süperakışkanlaştırıcı miktarı % 1.37’den % 2.69’a kadar değiştirilmiştir. Ayrıca mineral katkı olarak silis dumanı ve kireç taşı tozu belirli oranlarda karışımlara ilave edilerek 12 seri karışım üretilmiştir. Üretilen beton karışımları üzerinde slump yayılması, V-hunisi akış zamanı (Tv),L-kutusu yüksekliği ve L20 cm ile L40 cm süreleri ve J-halkası deneyleri ile beton numuneleri üzerinde 14 ve 28 günlük basınç deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan kimyasal katkı ile birlikte silis dumanı kullanılan yüksek dayanımlı kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımı üzerine olumlu etkisinin olduğu görülmüştür.

The Effect Of Water / Cement Ratio And Type Of Admixtures On Strength Of The High Strength Self-Compacting Concrete

Key words
“Self-Compacting Concrete”, “High Strength Concrete”, “Silica Fume”, “Glenium C300, Superplasticiser”, “Limestone Powder”.

Abstract

In this study the High Strength, Self-Compacting Concrete w/c ratio, limestone powder, silica fume, the type of admixture and their effects are investigated. In the production of the High Strength, Self-Compacting Concrete the maximum aggregate size was selected as 16 mm also the mixtures that were used for the slump-flow testing were 40% and 36.5% w/c ratio respectively. For these mixtures the amount of Glenium C300 was changed from 1.37% to 2.67%. In addition, mineral admixtures of silica fume and limestone powder was added to the 12 mixture series that were produced. On the produced mixtures slump-flow, V-funnel flow time, L-box highness and L20 cm-L40 cm times, J-ring test method, and compressive strength tests at 14 and 28 days test methods were administered and completed. Of the mixtures that were achieved contained silica fume with admixture that produced a positive effect on the compressive properties of the high strength, self-compacting concrete.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Genel olarak betonlar dayanımlarına göre sınıflandırıldıklarında normal, yüksek dayanımlı ve ultra yüksek dayanımlı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Dayanımı C50/60 ve aşağısı normal dayanımlı, C50/60 üzeri yüksek dayanımlı ve 150 N/mm² ve yukarı olan ultra yüksek dayanımlı beton olarak tanımlanmaktadır. Yüksek Dayanımlı Beton (YDB) yüksek performanslı beton türüdür (TS EN 12390-3:2010). YPB türlerinden birisi ise Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB)’dur. KYB, yerleşme ve sıkıştırma işlemi için vibrasyona ihtiyaç

olmadan uygulanan beton olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca uygulama esnasında KYB’nin yüksek bir akıcılığa sahip olması için Yüksek akıcılık süper akışkanlaştırıcılar tercih edilmektedir. Ancak, yüksek akıcılık sağlanırken, ayrışma ve su kasma olayları görülmemelidir. Diğer taraftan betonun kararlılığının bozulmaması için ince malzeme miktarını arttırmak ve/veya viskozite arttırıcı maddelerin kullanılması da önerilmektedir. Bunun için ince madde olarak 0.125 mm’den daha küçük tane boyutuna sahip uçucu kül, taş unu (kireçtaşı tozu), cüruf (öğütölmüş), silis dumanı kullanılabilir(Felekoğlu 2003). KYB’ler düşük su/cimento oranında, yüksek dayanıma ve üstün

akıcılığa sahip betonlar olduğu için, yüksek dayanımlı beton sınıfına girerler (Bonavetti V., et al. 2003). Kendi ağırlığı altında akabilir, bulunduğu kalıbı tamamen doldurabilir ve hatta sıkı donatıların varlığında bile tam bir sıkışma sağlayabilir. Sertleşmiş beton yoğun, homojen ve geleneksel vibrasyonlu beton gibi aynı mühendislik özelliklerine ve durabiliteye sahiptir.

Kendiliğinden yerleşen betonda inşaat süresi daha hızlıdır. Betonun donatılar arasında kolay akıcılığı sayesinde kalıba hızlı bir şekilde yerleştirilebilir. KYB'nin akıcılığı, yüksek homojenliği, en az beton boşluğu ve üniform beton dayanımını yapılaraya süper seviyede bitirme ve durabilite potansiyelini sağlamayı garanti eder. KYB erken dayanım, daha erken kalıp sökme ve yapı elemanlarını daha hızlı kullanım potansiyeli sağlayarak genellikle düşük s/ç oranı ile üretilebilir (Okamura and Ouchi 2004).

Yüksek dayanımlı beton terimi görecelidir. Beton pratikte normal dayanımlı olarak düşünülürken diğer uygulama alanlarında yüksek dayanımlı olarak düşünülebilir. Beton yapısal kullanımı için güçlendirilmek zorunda olduğu için, yüksek dayanımlı beton daha az düktilite sunmaya eğilimli olduğundan dolayı betonarmenin düktilitesi sınırlanan bir faktör haline gelir. Bununla birlikte, yapıların uzun vadeli performansı bütün ulusların ekonomisine hayati bir önem katmaktadır (Edward 1996).

Yüksek Dayanımlı ve/veya Kendiliğinden Yerleşen Beton kullanmanın ekonomik ve ergonomik avantajlarının belirlenmesi amacıyla son zamanlarda bir çok çalışma yürütülmektedir (Akçagözoglu, K. 2001). Ultra Yüksek Performanslı Kendiliğinden Yerleşen Beton (UYPKYB) üzerine yapılan deneysel bir çalışmada 20 °C'de 28 gün kür edilen betonun silindir basınç dayanımını 150 N/mm² olarak bulmuşlardır(Jianxin *et al.* 2003). Beton karışımlarına göre, geleneksel yüksek performanslı beton için basınç dayanımı ve elastisite modülü arasındaki ampirik ilişkiyi araştırmışlardır.

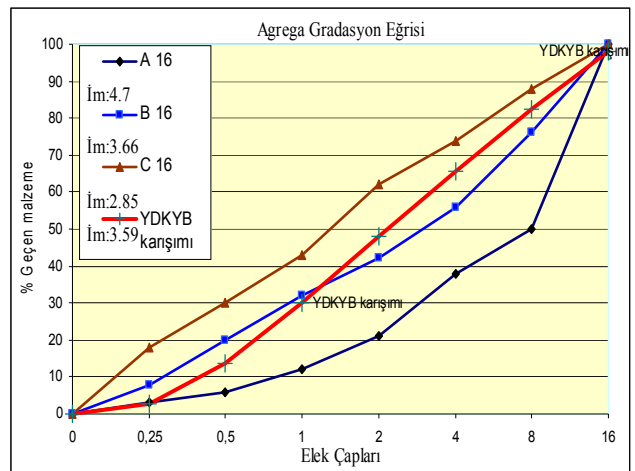
Bu çalışmada da, "Yüksek Dayanımlı Beton ve Kendiliğinden Yerleşen Beton"dan meydana gelen, iki tür Yüksek Performanslı Betonu kapsamı düşünülen "Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton"un (YDKYB) özelliklerine etki eden bazı parametrelerin araştırılması için deneysel bir çalışma planlanmıştır.

Bu konunun araştırılmasındaki avantajlardan birisi ise, modern şehirleşmenin ve toplu konutların önem kazanmasıyla daha güvenli, dayanımı ve dayanıklılığı daha yüksek, potansiyel montaj ve işçilik hatalarını önemsenmeyecek kadar aza indirecek teknolojik ve ekonomik malzemelerin üretilmesi ve kullanılmasına katkı sağlamaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Çalışmada su/ç oranı % 36,5 ve % 40 olarak kabul edilen YDKYB karışımlarında TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 N Portland çimentosu 410 ve 450 kg/m³ iki farklı dozajda kullanılmıştır. KYB özelliği olarak işlenebilmeyi sağlayabilmek amacıyla standartta belirtilen maksimum agrega boyutu 16 mm-20 mm sınırları dikkate alınarak maksimum agrega boyutu 16 mm olarak seçilmiştir. Kullanılan agregaların karışım gradasyonu şekil 1'de, su emme oranı ve özgül ağırlığı değeri çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan agrega gradasyon eğrisi olan YDKYB ve A16, B16 ve C16 standart eğrileri

Çizelge 1. Agrega su emme oranı ve özgül ağırlığı

Su emme oranı		% 1,13
Su emme	Kum	% 0-%2
	Çakıl	% 0,5-%2
Özgül ağırlığı	2,64	

İşlenebilmeyi sağlamak amacıyla Glenium C300 yeni nesil süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Bu ürün ilk olarak beton karışım santralleri için süreç yeteneğini koruyan (normal bağlanma), yüksek nihayi dayanım ve durabilite bakımından hazır beton karışımı için geliştirilmiştir. GLENİUM C300 klorür içermez ve CEM standartlarına uyan bütün çimento türleri ile uyumlu olarak çalışabilmektedir (Yüce, O 2011). Karışımlarda özellikleri çizelge 2’de verilen ve çimento ağırlığının % 0, %5, %10 oranlarında SİKA firmasından temin edilen silis dumanı kullanılmıştır

Çizelge 2. Silis dumanının özellikleri

Aktif madde	Amorf silisyum dioksit
Yoğunluk (hacim)	0,20 kg/dm ³
Yoğunluk (paketlenmiş)	0,33 – 0,36 kg/dm ³
Yüzey alanı	18 - 22 m ² /gram
SiO ₂ içeriği	% 96,0 ± 1,5

Hazırlanan 12 farklı içerikli beton karışım reçetesi karşılaştırmalı olarak su/ç oranı ve içerdiği kireç taşı tozuna göre 4 seri olarak sınıflandırılmıştır. Karışımlarda kireç taşı tozu YDKYB-1 ve 2’de karışımın ince malzeme miktarı 600 kg/m³’e YDKYB-3 ve 4’de ise 650 kg/m³’e tamamlayarak kullanılmıştır (Çizelge 3).

Karışım malzemeleri laboratuvarında beton karıştırıcısı ile karıştırıldı, Glenium C300 süperakışkanlaştırıcı, çözünabilirliği yükseltmek için kısmen karışım suyu içerisine eklenmiştir. Üretilen karışımlar üzerinde önce (Efnarce 2005)’de belirtilen doldurma kabiliyeti (akıcılık), geçiş kabiliyeti (tıkanmama) ve segregasyon direnci (sürdürülebilirlik) gibi özelliklerin belirlenmesi amacıyla V-hunisi akış süresi (Tv), S-yayılmayı, J-halkası, L-kutusu deneyi, L-kutusu L-20cm ve L-40cm süreleri ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır (Resim1).

Çizelge 3. Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton Karışım Reçetesi

Karışım sınıflandırması	S/Ç oranı	Kimyasal katkı		İnce malzeme içeriği		
		Glenium C300 oranı (% çimento)	Çimento Kg/m ³	Silis dumanı (Kg/m ³)	Kireç taşı tozu kg/m ³	
YDKYB-1	1	40	2.0/(1.57)*	410	0	190
	2	40	2.0/(1.83)*	410	20	170
	3	40	2.0/(2.45)*	410	41	149
YDKYB-2	4	36.5	2.0/(1.37)*	450	0	150
	5	36.5	2.0/(1.83)*	450	22	128
	6	36.5	2.00/(2.16)*	450	45	105
YDKYB-3	7	40	2.5	410	0	240
	8	40	2.5	410	20	220
	9	40	2.5	410	41	199
YDKYB-4	10	36.5	2.5	450	0	200
	11	36.5	2.5/(2.6)*	450	22	178
	12	36.5	2.5/(2.69)*	450	45	155

Glenium C300: Planlanan/() *Kullanılan miktar



Resim 1. YDKYB için taze beton deneyleri

Küp numuneler herhangi bir sıkıştırma olmadan ve vibrasyonsuz bir tabaka halinde yerleştirilerek 24 saat kalıp içerisinde bekletildikten sonra 14 ve 28 günlük deney süresine kadar kirece doymun su içerisinde laboratuvar sıcaklığında kür edilmiştir (Resim 2).

15x15x15 cm³ ebatlarında üretilen küp numuneler üzerinde birim hacim ağırlıklar belirlendikten sonra TS EN 12390-3:2010'a uygun olarak 0,5±0,05 (N/mm².s) yükleme hızında tek eksenli basınç deneyi yapılarak dayanımlar hesaplanmıştır. Deneylerde ELE şirketi tarafından üretilen ADR-Auto 2000 basınç deney cihazı kullanılmıştır (Resim3).



Resim 2. YDKYB'lerin karıştırılması yerleştirilmesi ve kür edilmesi



Resim 3. Basınç Deney cihazı ve kırılan numune

3. Bulgular

YDKYB yoğun, homojen ve aynı mühendislik özelliklerine ve normal beton ile aynı dayanıklılığa sahiptir. Çalışmada elde edilen YDKYB'nin taze beton özellikleri çizelge 4'te, beton basınç dayanımları ve beton sınıfları çizelge 5'da verilmiştir.

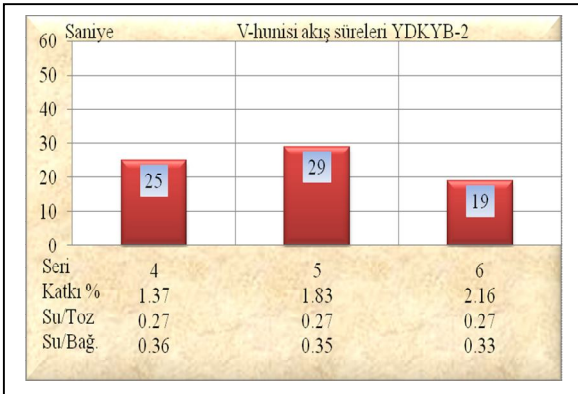
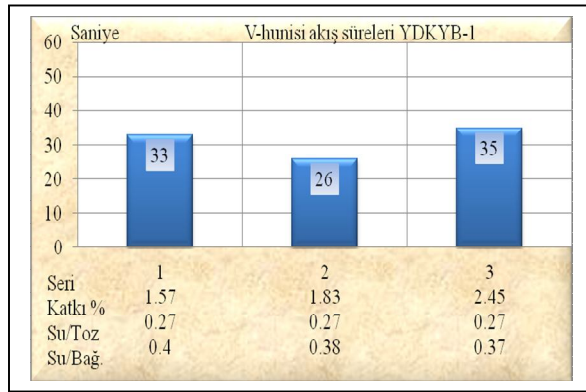
Çizelge 4. Taze Beton Deney Sonuçları

Deney	Birim	YDKYB-1			YDKYB-2			YDKYB-3			YDKYB-4			Sınır Değerler	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Alt	Üst
S. Yayılması	mm	775	795	750	740	750	679	735	730	710	765	740	720	500	850
V-Hunisi	sn	33	26	35	25	29	19	28	28	45	39	55	29	≤8	>9-25
L-Kutusu		0,7	0,79	0,89	0,88	0,89	0,83	0,94	0,88	0,84	0,88	0,88	0,84	0,8	1,0
L20 cm	sn	4	4	2,5	3	4	5	5	6	7	5	3,5	4,0	-	-
L40 cm	sn	9	8,5	5	6,5	9	10	12	12	16	10	7	8	-	-
J-halkası	mm	780	785	720	710	750	677	685	710	682	735	650	730		
BHA. (Kg/m ³)		2407	2401	2417	2405	2378	2370	2384	2384	2365	2392	2383	2374	-	-
Su/bağlayıcı		0,4	0,38	0,37	0,36	0,35	0,33	0,4	0,38	0,37	0,36	0,35	0,33	-	-
Su/ince malzeme		0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-
Glenium C300 %		1,57	1,83	2,45	1,37	1,83	2,16	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,69	-	2

Çizelge 5.YDKYB Basınç Dayanım Sonuçları

Sınıf	Seri	14 günlük dayanımları	28 günlük basınç dayanımları fcm, fck		Beton Sınıfı
		fcm (N/mm ²) Basınç dayanımı	fcm (N/mm ²) Basınç dayanımı	Fck* küp (N/mm ²)	
YDKYB-1	1	59,5	65,2	61,2	C50/60
	2	58,1	69,2	64,7	C50/60
	3	60,6	76,3	72,0	C55/67
YDKYB-2	4	58,6	68,6	63,9	C50/60
	5	69,17	71,5	68,1	C55/67
	6	67,3	67,8	62,1	C50/60
YDKYB-3	7	54,6	60,7	56,1	C45/55
	8	68,71	69,7	65,1	C50/60
	9	59,1	63,5	58,1	C45/55
YDKYB-4	10	64,5	67,5	61,6	C50/60
	11	63,8	65,4	49,1	C40/50
	12	65,5	66,2	50,5	C40/50

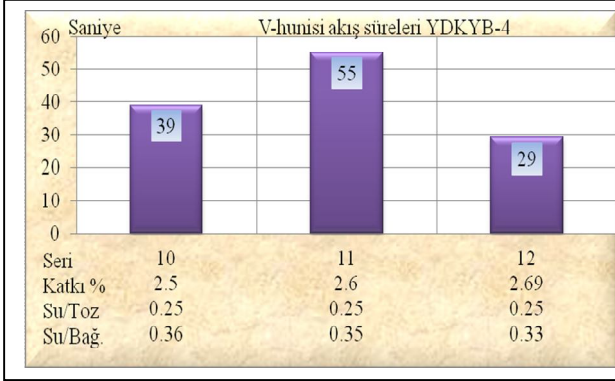
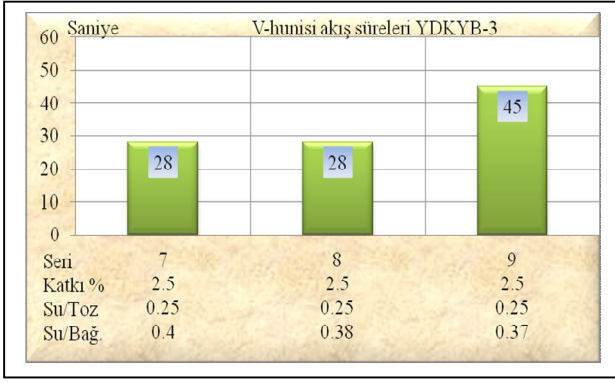
*(Fck: Karakteristik basınç dayanımı)



Şekil 2. YDKYB 1-3 için V-hunisi sonuçları

Su/toz malzeme oranı 0,27 olan beton serilerinde (şekil 2) su/bağlayıcı oranı düşmesine rağmen istenen akıcılığa ulaşılmıştır. YDKYB-1 ve 3'te 20 kg/m³ silis dumanı kullanımı taze beton V-hunisi akış sürelerine katkı sağlamıştır. Ancak aynı sınıf betonlarda 41 kg/m³ silis dumanı kullanımı akış sürelerini artırarak V-hunisi akış zamanına olumsuz etkilemiştir.

YDKYB-2 ve 4'te 22 kg/m³ silis dumanı kullanımı taze beton V-hunisi akış sürelerine katkı sağlamamıştır. Ancak aynı sınıf betonlarda 45 kg/m³ silis dumanı kullanımı akış sürelerini azaltarak V-hunisi akış zamanına olumlu etkilemiştir. Su/toz malzeme oranı 0,25 olan beton serilerinde (şekil 3) s/b oranı düşerken Glenium oranı artırılmasına rağmen V-hunisi sonuçları daha yüksek çıkmıştır. Su/toz oranı 0,27'den 0,25'e düşürülen serilerde s/b oranından daha fazla katkıya ihtiyaç olmuştur. Bu sonuca bağlı olarak beton akıcılığında su, toz malzemelerin miktarları değil, oranın daha önemli olduğu söylenebilir.

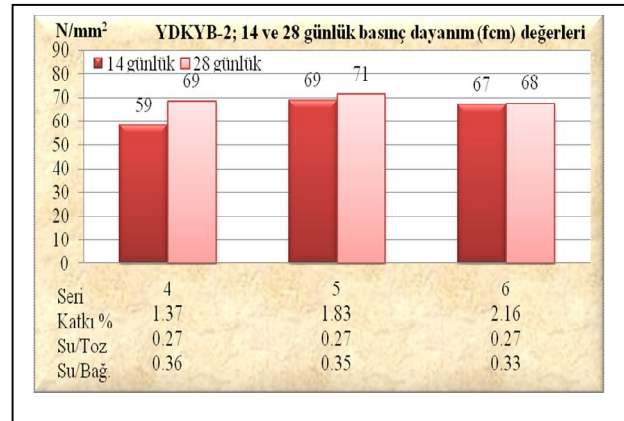
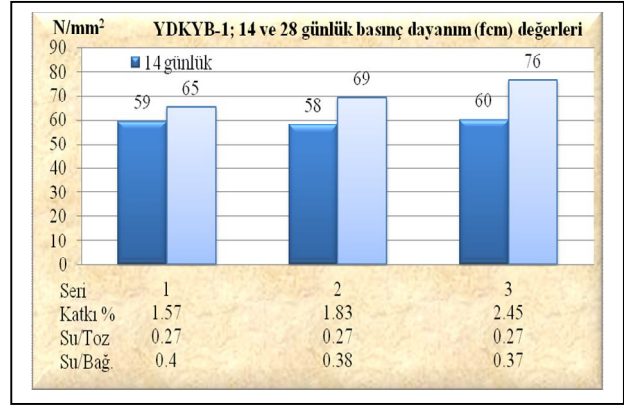


Şekil 3. YDKYB 2-4 için V-hunisi sonuçları

J-halkası deney sonuçları betonun segregasyon direncini tanımladığı literatürden (EFNARCE, 2005) bilindiğine göre, çalışmada J-halkası deneyine tabi tutulan hiçbir beton numunesinde tıkanma ve/veya segregasyon gözlenmemiştir. Ancak toz malzeme oranı azaltılan YDKYB-3 ve 4'de beton numunelerinde yayılma hızlarında da azalmalar gözlemlenmiştir.

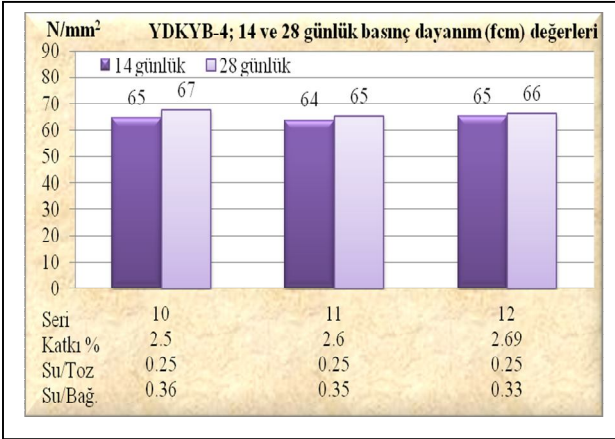
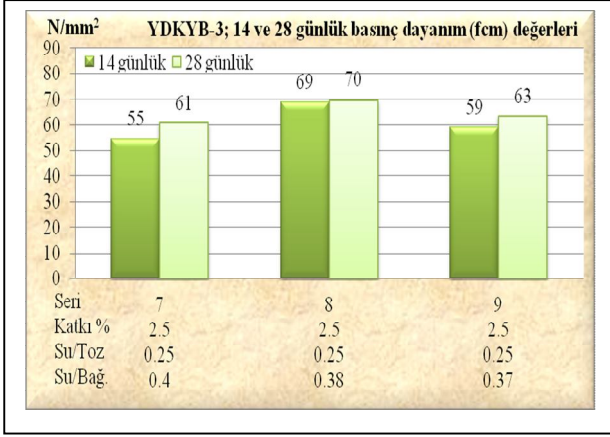
Slamp yayılması kendiliğinden yerleşebilme özelliklerinin değerlendirilmesi için tek başına yeterli olmadığı halde alternatif olarak görülmektedir. Bununla birlikte, V-hunisi akış süresi segregasyon direncini de gösteren deneyi sağlaması için 26 saniyenin altında olması istenmektedir (TS EN 12350-5, 2010). Bu durum karışım oranlarının doğru bir şekilde seçilmesine bağlıdır. L-kutusu deney sonuçları YDKYB'nin su/bağlayıcı oranına duyarlı olduğunu da göstermektedir. Bu durum, açık olarak 7, 8 ve 9 nolu serilerde gözlemlenmektedir. Bu serilerde kullanılan tek farklı parametre s/b'dir. Bu oran 0,4'ten 0,37'ye düşerken H2/H1 oranı 0,94'ten 0,84'e düşdüğü görülmüştür.

Agregaları engeller boyunca taşıyacak olan enerji çimento hamuru içerisinde oluşmakta ve bu enerjinin artırılması betonun segregasyon direncini artırmaktadır. Artan segregasyon direnci betona geçiş kabiliyeti kazandıracaktır. Bu durum geçiş kabiliyetini sağlayan içsel enerjinin çimento harcı içerisinde tıkanmaya meğilli olan agregalara aktarılmasına yardımcı olmasıdır. Eğer sadece agrega miktarı artırılsa agregalara destek görevi ve doldurma kabiliyetini sağlayan içsel kuvvetlerin varlığını yok edilebilir. Sonuç olarak, toz malzeme işlenebilmeyi etkilemekle birlikte doldurma yeteneği ve segregasyon direncini desteklemektedir. Su/toz oranı 0.27 olan ilk altı seri beton karışımında Glenium C300 süperakışkanlaştırıcı miktarları yaklaşık olarak % 1,5 ila % 2 değerleri arasında kullanılmıştır (Şekil 4). Ortalama değeri ise 1,86'dır. Beton karışım değerleri aynı tutulmasına rağmen su/toz oranı 0,25'e düşürüldüğünde (Şekil 5) Glenium C300 süperakışkanlaştırıcı miktarları yaklaşık % 2,5 değerlerinde ve ortalama olarak % 2,54'tür.



Şekil 4. YDKYB1-2 seriler için basınç dayanımı sonuçları

Bunun sebebi KYB'lerin en hassas olduğu değerlerin su/toz malzeme olmasıdır. Okamura ve diğer birçok araştırmacıların bulunduğu ortak kanı KYB betonlarının su/toz malzeme oranınının 0,27'de tutulmasıdır.



Şekil 5. YDKYB 3-4 serileri için basınç dayanımı sonuçları

Silis dumanı YDKYB içerisinde basınç dayanımlarına ve işlenebilirliğe olumlu katkıları olduğu görülmesine karşın daha fazla dayanım sağlanacağı düşünülerek silis dumanı miktarını artırmak, YDKYB hiçbir vibrasyon uygulanmadan yerleştirilmesi beklendiği için kalıplara yerleştirmede daha fazla zorluğa neden olabilir. Bu yüzden silis dumanı kullanımında çimento miktarı baz alınması istenen sonuçlara kolay ulaşılmasını sağlayabilir.

Silis dumanı eklenmesi kohezyonu, viskoziteyi ve diğer taraftan da betonun su ihtiyacını artırmaktadır. Bu yüzden durum YDKYB için çimentoya oranla kullanılmalıdır. Aksi takdirde yerleşme (sıkışma) sorunları ile sonuçlanabilir. Belli bir miktar kullanılan silis dumanının beton akıcılığında olumlu katkısı görülmüştür. Üretilen

serilerde 6 ve 12 nolu seri 45 kg/m³ silis dumanı içermektedir. Ve aynı karışım oranlarının silis dumanı içermeyen 4 ve 10 nolu serilere göre sırasıyla % 8,3 ve % 5,9 daha az slump yayılması ile sonuçlanmıştır.

Kireç taşı tozunun 105-190 kg/m³ aralığında kullanıldığı ilk altı seriden ikinci altı seriden ikinci altı seride 650 kg/m³ e çıkartılması slump yayılma değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Kireç taşı tozunun artırılması beton serilerinde aynı yayılma (işlenebilirlik) yakalanmaya çalışıldığı için süperakışkanlaştırıcı katkı miktarlarında önemli derecede artmaya sebep olmuştur. Kimyasal katkının oranı artırılmasına rağmen kireç taşı tozu 50 kg/m³ artırılan eşserilerin çoğunda azalmalar meydana gelmiştir. YDKYB-1 ve 2 serilerinin aynı s/ç oranında ve çimento miktarında YDKYB-3 ve 4 serilerinden daha fazla basınç dayanımına sahip olmasının açıklaması her karışım için yaklaşık olarak 50 kg/m³ daha az kireç taşı tozu kullanılmasına bağlanabilir.

4. Sonuçlar

Beton teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak gelişen modern şehirleşmenin ihtiyaçları artmaktadır. Bu amaçla beton teknolojisinde KYB'nin yerine YDKYB'lerin tercih edilmesi önem kazanmaktadır. Bu çalışmada YDKYB'lerde silis dumanı, kireç taşı tozu ve kimyasal katkıların kullanılması beton özelliklerine etkileri araştırılarak elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Bu çalışmada kullanılan Glenium C300 yeni nesil bir akışkanlaştırıcı olup yüzde 40'lara kadar su azaltma özelliğine sahiptir. Çalışmada % 2 çimento değerinin üzerinde kullanılan Glenium C300'ün betonun işlenebilmesine olumlu katkı sağladığı görülmüştür.
- Gelecek çalışmalar için kireç taşı tozunun; betonun viskozite ile işlenebilmesine katkı sağlaması açısından kullanılabilirliği uygun görülmüştür.
- Silis dumanı içermeyen karışımların en yüksek basınç dayanımı 4 ve 10 nolu serilerde, buna

ek olarak, kireç taşı tozu karışım 1 ile 7 ve 4 ile 10 arasında yaklaşık 50 kg/m^3 (hacimsel % 2) artırıldığında, basınç dayanımı kaybı görülmüştür.

- YDKYB silis dumanı üzerine deney sonuçları aynı karışım serileri içerisinde aynı akıcılığı elde etmek için silis dumanının daha fazla süperakışkanlaştırıcı katkı gereksinimini gösterdi. 600 kg/m^3 üzerinde kullanılan toz malzeme basınç dayanımı fcm-değerinde olumsuz etki yapmıştır. Çimento içeriği artırılmasına rağmen betonda daha yüksek basınç dayanımı elde edilememiştir. Buna ek olarak, süperakışkanlaştırıcı miktarı yükseltmek zorunda kalındı.
- YDKYB taze beton özellikleri üzerinde 410 kg/m^3 dozajda % 5 silis kullanımı taze beton özelliklerine ve sertleşmiş beton özellikleri katkıları sağlamıştır. Bu katkı 410 kg/m^3 dozajda % 10 silis kullanımında sadece belirli taze beton özelliklerine katkı sağlamasıyla meydana gelmiştir.
- YDKYB'lerde dozaj ve/veya bağlayıcı miktarı daha yüksek olduğu düşünüldüğünde KYB özelliklerinde önemli etkisi olan su/toz malzeme parametresi 0.275, 0.280 ve yukarı değerlerinde taze beton ve sertleşmiş beton özelliklerine olumlu katkı sağlaması beklenebilir.

5.Kaynaklar

- Akçagözoglu, K. 2001. Yüksek Dayanımlı Beton Karışım Dizayını, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YI tezi, Adana.
- Bonavetti V., Donza H., Meneñdez G., Cabrera O., Irassar E.F., 2003. Limestone filler cement in low w/c concrete: A rational use of energy, Cement and Concrete Research 33, 865-871.
- Edward, N.G. (1996). Fundamentals of High Strength High Performance Concrete. Longman Department of Civil Engineering, Rutgers University, the State University of New Jersey.
- EFNARCE, May 2005. The European Guidelines for Self Compacting Concrete Specification, Production, and Use, www.Efnarce.org. EFNARCE Association, UK.
- Felekoğlu, B., 2003. Kendiliğinden yerleşen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İnşaat Müh. A.B.D., YL Tezi.

Jianxin M. Jort D. and Frank D., 2003. Ultra High Performance Self Compacting Concrete. Institute of Structural Concrete and Building Materials, University of Leipzig, Germany.

Okamura, H. & Ouchi, M., 2004. Self-Compacting Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology Vol:1, No:1, 5. Japan.

TS EN 12390-3, 2010. Sertleşmiş Beton Deneylemleri, Türk Standartları Enstitüsü.

TS EN 12350-5, 2010. Taze Beton Deneylemleri Yayılma Tablasi Deneylemleri, Türk Standartları Enstitüsü.

Yüce, O.,2011. Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Betonlar, AKU. FBE .Yüksek Lisans Tezi,