



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 1A0006

ENGINEERING SCIENCES

Received: February 2008
Accepted: January 2009
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2009 www.newwsa.com

Gökhan Durmuş
Cemal Yılmaz
University of Gazi
gdurmus@gazi.edu.tr
Ankara-Turkiye

**FARKLI ORANLARDAKİ YAPAY PUZOLAN KATKILI BETONLARIN SU İŞLEME
DERİNLİĞİNİN ULTRASES GEÇİŞ HIZI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZET

Bu çalışmada, yapay puzolan katkıları iki farklı sınıf (C20 ve C30) betonun su işleme derinliği, ultrases geçiş hızı değerlendirilmiştir. Puzolan katkı olarak silis dumanı ve uçucu kül seçilmiştir. Karışımda, çimento ağırlığının %10'u ile ikame yapılarak 150*150*150 mm ebatlarında 36 adet küp hazırlanmıştır. Yapay puzolanın etkilerini görebilmek için 28. ve 90. günlerde su işleme derinliği ve ultrases deneyleri gerçekleştirilerek referans örneklerle karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçta, C20 ve C30 sınıflarında, ultrases geçiş hızı ve su işleme derinliği bakımından en iyi sonucun silis dumanı katkıları örneklerde olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uçucu Kül, Silis Dumanı, Su İşleme Derinliği, Ultrases Geçiş Hızı, Beton

**THE INVESTIGATION OF DEPTH OF PENETRATION OF WATER IN CONCRETES HAVING
DIFFERENT PUZZOLAN ADDITIVES WITH ULTRASONIC TEST**

ABSTRACT

In this study, depth of penetration of water of two types of concrete (C20 ve C30) mixed with puzolan was evaluated by ultrasonic test. Silica fume and fly ash were selected as puzolan additives. 36 cubes having 150x150x150 mm dimension were prepared by replacing 10% of cement weight in the mixture. Depth of penetration of water and ultrasonic tests were performed at 28th and 90th days respectively in order to see the effects of puzolan, and these results were compared with reference samples. As a result, sample of silica fume additive showed best performance for both C20 and C30 classes in terms of depth of penetration of water and ultrasonic tests.

Keywords: Fly Ash, Silica Fume, Depth of Penetration of Water, Ultrasonic test, Concrete



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapı üretiminde öz kaynaklarımıza dayalı malzemenin kullanım oranlarının arttırılması, eldeki kaynakların rasyonel kullanımı, nispeten düşük maliyetli ve nitelikli malzeme üretimine gidilmesini gerektirmektedir [1 ve 2], Bunun için mevcut öz kaynakların kullanılması önem taşımaktadır. Araştırmada bu durum göz önünde tutularak yapay puzolanlardan Uçucu kül (UK) ve silis dumanı (SD) kullanımını tercih edilmiştir.

UK'ler pulverize kömür ile çalışan tesislerinin toz tutma ünitelerinden temin edilmektedir. Küresel biçimde olup, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içermektedirler. Diğer puzolonik maddeler gibi, $Ca(OH)_2$ ile tepkimelerinde hidrolik bağlayıcı özellikleri bulunmaktadır [3]. Bacalarda tutulan UK'lerin önemli çevre problemlerinden biri olan hava kirliliği de kısmen önlenmiş olacaktır. Ancak bu sorunların çözümlenmesi, UK'lerin çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması ile mümkün olmaktadır. UK'lerin değerlendirildiği sektörlerin başında ağırlıklı olarak inşaat sektörü gelmektedir [4].

UK puzolanik özelliği olan ve betonun birçok özelliğini olumlu etkileyen mineral beton katkısıdır [5]. UK taneleri genellikle küresel şekilli katı parçacıklardır [6]. Küresel yapısı nedeni ile betonun işlenebilme özelliğini iyileştirmekte, taze betonda su kusmayı (terleme) azaltmakta, betonun hidrasyon ısısını azaltarak sıcak havalarda kütle beton dökümüne olanak tanımaktadır. Puzolanik özelliği sayesinde uzun dönemde betonun mukavemetine katkıda bulunmakta, betonun su işleme derinliği azaltmakta, betonun iç ve dış kaynaklı yıpratıcı etkilere dayanıklılığını arttırmaktadır [5].

Silis dumanı (SD) ise, silisyum metalinin veya ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında kullanılan elektrik ark fırınlarında, yüksek saflıktaki kuvarsitin indirgenmesi sonucu elde edilmektedir. Silis dumanı da UK gibi puzolanik bir malzemedir [7]. SD, çimentodan daha ince bir malzeme olması nedeniyle agrega-hamur ara yüzey bölgesini sıkılayıp kuvvetlendirerek boşluğu en aza indirmektedir [8-11]. Böyle üretilen betonlar yüksek dayanım ve dayanıklılık isteyen yerlerde kullanılmaktadır [12]. SD genellikle camsı, düzgün yüzeyli, çok ince daneli ve hafiftir [13]. Çimentooya %5 gibi çok az miktarda katılan SD betonun işlenebilirliğini fazla etkilememektedir. Ancak daha yüksek katkı oranlarında belirli bir işlenebilme düzeyi için gerekli su miktarı, SD miktarı ile birlikte artmalıdır [14]. SD katkılı betonların daha yavaş su emdiği bildirilmektedir [15].

Çimento yerine %20 oranına kadar katılan SD betonun çelikle olan aderansını arttırmaktadır [16]. Ayrıca SD, çimento hamurundaki gözeneklerin azalmasını sağlamakta, yapışma özelliğini arttırmakta ve daha geçirimsiz olmaktadır. SD, betonun kuruma hızını ve difüzyon katsayısını da azaltmaktadır [9].

SD-UK-çimento üçlü sisteminde ise, beton basınç dayanımının gelişimi üzerindeki etki mekanizmaları araştırılmıştır. Çalışmada mineral katkı maddelerinin birbiri üzerindeki negatif eksikliklerini giderecekleri düşünülerek birlikte beton üretimi yapılmıştır. Üretilen örneklerin 28 gün ve sonrası günlerdeki dayanımların daha yüksek olabileceği tespit edilmiştir [8].

Betonun yapıdaki dayanımını (fiziksel ve mekanik vb.) belirlemek için geliştirilen tahribatlı test yöntemleri maliyetli ve zaman alıcıdır. Tahribatlı yöntemlere alternatif olarak geliştirilen tahribatsız test yöntemleri ise daha hızlı ve ekonomiktir [17].

Tahribatlı test yöntemleri kullanıldığı malzemeyi deforme ederek hurda olmasına neden olmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak tahribatsız test yöntemleri numune üzerinden değil gerçek parça üzerinden yapıldığından test süresi de uzamaktadır. Ayrıca bu

yöntemler uygun koşullarda yapıldığı takdirde kesin sonuçlara ulaşılabilir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, özellikle betonarme istinat duvarların hizmet süresi boyunca karşılaşılabileceği kimyasal ve fiziksel olaylara dayanıklılığını artırmak için yapay puzolanlardan UK ve SD tercih edilerek tahribatsız test yöntemlerinden ultrases geçiş hızı ile su işleme derinliği arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

3.1. Malzemeler (Materials)

Beton karışımlarında, kalker esaslı kırma agrega ve 0-4, 4-16 mm tane sınıflarına ayrılmıştır. Bu agregaların yoğunlukları, sırasıyla; 2.60 ve 2.63 g/cm³'tür. Karışımda, PÇ 42,5 CEM I çimentosu, mineral katkı olarak da UK ve SD, karışım suyu olarak da musluk suyu kullanılmıştır. UK, Soma-Tunçbilek termik santralinden, SD ise Antalya Etibank Elektrometalurji tesisinden alınmıştır. Sertleşmiş beton örnekleri 150*150*150 mm ebatlarında toplam 36 adet örnek hazırlanmıştır.

Çalışmalarda kullanılan UK, SD ve portland çimentosunun kimyasal analizi Tablo 1'de, karışımda kullanılan malzemelerin karışım oranları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. UK, SD ve Portland çimentosunun kimyasal özellikleri
(Table 1. The Chemical Properties of fly ash, silica fume and Ordinary Portland cements)

Kimyasal Analiz (%)	Uçucu Kül (%)	Silis Dumanı (%)	PÇ 42.5
SiO ₂	36,56	79,77	20,20
Fe ₂ O ₃	4,2	1,43	3,67
Al ₂ O ₃	21,08	1,25	6,55
CaO	25,72	2,06	65,23
MgO	1,22	3,7	1,1
Na ₂ O	0,4	1,22	0,18
K ₂ O	1,22	1,20	0,21
SO ₃	3,53	1,54	2,33
Çözünmeyen Kalıntı	25,57	33,74	1,44
Kızdırma Kaybı	0,40	5,45	1,30
Fiziksel Özellikler			
Özgül yüzey (cm ² /g)	2850	14400	4370
Yoğunluk (g/cm ³)	-	-	2,94

Tablo 2. UK, SD ve referans betonu numunelerinin karışım oranları
(Table 2. The mix proportion of fly ash, silica fume and control concrete samples)

Malzemeler	Uçucu kül (gr)	Silis Dumanı (gr)	PÇ 42.5
Çimento	360	360	400
Kum	828	828	828
Çakıl	1025	1025	1025
Su	208	216	216
Silis Dumanı	-	40	-
Uçucu kül	40	-	-

3.2. Metot (Methods)

Karışımların hazırlanmasında C20 ve C30 beton sınıfları esas alınmış ve karışımda su/çimento oranı 0.50 olarak belirlenmiştir. Çimento ile ağırlıkça %10 oranlarında SD, UK ve kimyasal katkı ile

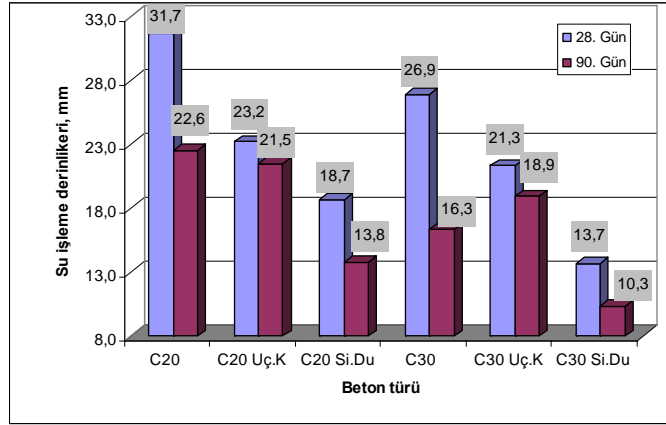
ikame yapılarak beton örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklere 28. ve 90. güne kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de küre tabi tutulmuştur [18].

Su işleme derinliği deneyi, TS EN 12390-8 "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 8: Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır [19]. Örneklerin içerisine geçen su yüksekliğini tespit edebilmek için ikiye ayrılmıştır. Ayrılmış örnekler üzerinden dijital kumpas yardımıyla altı ölçüm yapılmış ve aritmetik ortalaması değerlendirmeye alınmıştır.

Ultrases geçiş hızı ölçümü beton örneklerinin 150 mm boyutuna paralel olarak yapılmıştır. Ölçüm ASTM C597-83 "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [20].

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Puzolanik katkılardan, SD çok ince taneli olmasından dolayı gözenek yapısını daha geçirimsiz hale getirdiği düşünülmektedir. Ayrıca diğer katkı malzemesi UK'un küresel formda olması ve yer yer kümeleşmelerin oluşması UK içeren beton numunenin silis dumanına göre daha az geçirgen olduğunu göstermektedir.



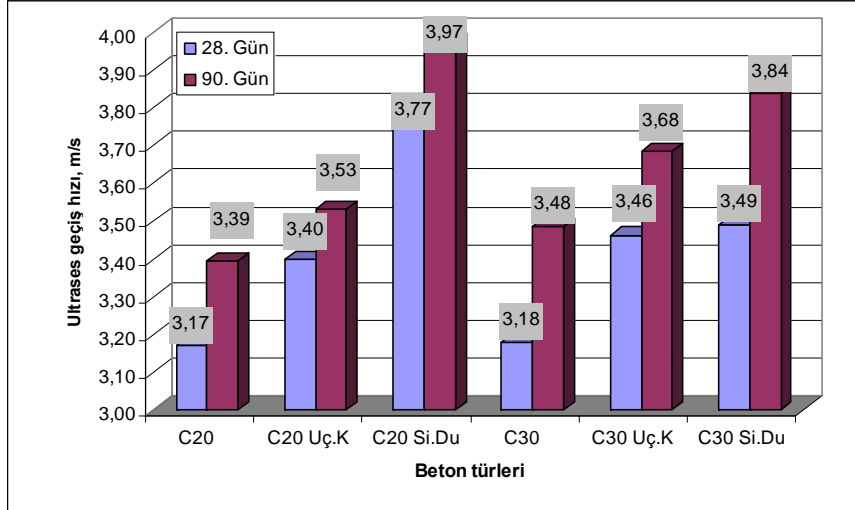
Şekil 1. UK, SD ve Referans betonunun su işleme derinliği
(Figure 1. Water of penetration depth of concrete adding reference, Fly ash and Silica fume)

Su işleme değerlerine ait açıklayıcı istatistikî bilgiler Tablo 3'de verilmiştir. Analize tabi tutulan verilerin dağılımını gösteren kutu grafik Şekil 1'de görülmektedir.

Tablo 3. Su işleme derinliği verilerine ait açıklatıcı istatistikler
(Table 3. Statistical properties of water penetration depth of values)

Beton Türü	N	28. Gün		90. Gün	
		Ort.	Std. Hata	Ort.	Std. Hata
C20	6	31.720	3.209	22.570	0.441
C20 U.K.	6	23.210	2.575	21.490	0.520
C20 S.D.	6	18.690	3.831	13.817	0.905
C30	6	26.880	1.673	16.333	0.882
C30 U.K.	6	21.333	1.856	18.930	1.181
C30 S.D.	6	13.667	2.186	10.333	0.882
Toplam	36	22.329	1.357	17.745	0.851

Şekil 2'de UK, SD ve kontrol beton numunelerine ait ultra ses geçiş hızları verilmiştir. Her iki beton sınıfında da SD içeren beton numunesinin ultrases geçiş hızı diğer katkıli beton numunelerine göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise SD ince taneli olmasından dolayı beton içindeki boşluklarının daha az olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 2. UK, SD ve Referans betonunun ultra ses geçiş hızları
(Figure 2. Ultrasonic test of concrete adding referance, Fly ash and Silica fume)

Zaman faktörünün iki seviyesi (28. ve 90. gün), Beton sınıfı faktörünün ise iki seviyede (C20 ve C30) gerçekleştirilen tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, Beton sınıfı*Katkı türü interaksiyonu istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur ($\alpha < 0.05$) (Tablo 4). Ayrıca, katkı türünün kendi aralarında birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Su işleme derinliği ait varyans çözümleme değerleri
(Table 4. Variance analysis concerning permeability values)

Varyans Kaynağı	Serb est. Der.	28. Gün				90. Gün			
		Kare. Top.	Kare. Ort.	F	Anlam. düzeyi (p)	Kare. Top.	Kare. Ort.	F	Anlam. düzeyi (p)
Beton Sınıfı	1	0,02	0,02	3,0	0,108	0,01	0,01	1,4	0,254
Katkı	2	0,62	0,31	41,7	0,000	0,62	0,31	44,2	0,000
Beton Sın. Katkı	2	0,10	0,05	6,9	0,010	0,05	0,03	3,7	0,055
Hata	12	0,09	0,01			0,08	0,01		
Toplam	17	0,84				0,77			

Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır (Tablo 5).



Tablo 5. 28. ve 90. gün verilerine ait Duncan testi sonuçları
(Table 5. Duncan test results concerning 28 th and 90th days)

Zaman Faktörü	Beton Sınıfı	Katkı Türü	Farklı olan gruplar		
			1	2	3
28.Gün	C20	Ref.	3,17		
28.Gün	C20	U.K.		3,40	
28.Gün	C20	S.D.			3,77
28.Gün	C30	Ref.		3,18	
28.Gün	C30	U.K.	3,46		
28.Gün	C30	S.D.	3,49		
90.Gün	C20	Ref.	3,39		
90.Gün	C20	U.K.	3,53		
90.Gün	C20	S.D.		3,94	
90.Gün	C30	Ref.	3,48		
90.Gün	C30	U.K.		3,68	
90.Gün	C30	S.D.			3,84

Gerçekleştirilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre geçirimsizlik değerleri zaman faktörü bakımından;

- 28 günlük C20 sınıfındaki SD, UK ve Referans katkılı betonların $\alpha < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak farklı olduğu,
- 28 günde C30 sınıfındaki UK ve SD katkılı betonların $P < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak fark olmadığı, Ancak Referans örneklerin bunlardan farklı olduğu,
- 90 gündeki C20 sınıfındaki Referans ve UK katkılı betonların $\alpha < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak fark olmadığı, ancak SD katkılı betonların bunlardan farklı olduğu,
- 90 günlük C30 sınıfındaki SD, UK ve Referans katkılı betonların $P < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak farklı olduğu, görülmektedir.

Su işleme derinliğinin zamana bağlı olarak değişimini belirlemek amacıyla geçirimsizlik ve ultrases değerleri ile arasında regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda su işleme derinliği-basınç değerleri arasındaki ilişki ikinci dereceden $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$ model denklemi ile açıklanabilmektedir. Zaman değişimine göre oluşturulan regresyon modeline ilişkin istatistikler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Zaman ve beton türlerine göre su işleme derinliği-ultrases değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modelleri
(Table 6. Regression models relations between the penetration according to time and concrete types and ultrasonic)

Beton sınıfı	Zaman Fak.	Regresyon Katsayısı	Regresyon Denklemi	Anlam. Düzey
C20	28.	1,00	$y = -84,646x^2 + 566,64x - 912,66$	0,01
	90.	1,00	$y = 132,21x^2 - 898,96x + 1550$	0,01
C20 Uç.K	28.	1,00	$y = 1408,5x^2 - 9658,2x + 16571$	0,01
	90.	1,00	$y = 142,46x^2 - 1012,9x + 1821,2$	0,01
C20 Si.Du	28.	0,99	$y = -8703,3x^2 + 65454x - 123023$	0,01
	90.	1,00	$y = 81,858x^2 - 626,84x + 1212,4$	0,01
C30	28.	1,00	$y = -1132,6x^2 + 7188,4x - 11376$	0,01
	90.	0,99	$y = -502,8x^2 + 3499,4x - 6070,7$	0,01
C30 Uç.K	28.	1,00	$y = -21259x^2 + 146976x - 254006$	0,01
	90.	1,00	$y = -6538,4x^2 + 48348x - 89341$	0,01
C30 Si.Du	28.	1,00	$y = -2151,5x^2 + 15073x - 26382$	0,01
	90.	1,00	$y = 200,96x^2 - 1553,6x + 3011,3$	0,01

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada, çimento yerine karışıma %10 oranında SD ve UK ikame edilerek yapılan deney sonuçlarına göre;

Su işleme derinliği değerlerine göre UK ve SD betonların daha az geçirgen olduğu ve zaman faktörüne göre daha da azaldığı görülmüştür.

- C20 beton sınıfındaki betonların 28. günde; UK ve SD katkılı betonlarda sırasıyla ortalama %10, %15.9, 90. günde ise %1.5, %12.1, su işleme derinliği bakımından daha düşük sonuç verdiği bulunmuştur.
- C30 beton sınıfındaki betonların 28. günde; UK ve SD katkılı betonlarda sırasıyla ortalama %7.2 ve %17.2, 90. günde ise %10.3 ve %21.5 su işleme derinliği bakımından daha düşük sonuç verdiği bulunmuştur.

Ultrases geçiş hızı değerleri göre katkı türüne göre değiştiği zaman faktörüne göre azaldığı görülmüştür.

- C20 beton sınıfındaki betonların 28. günde; UK ve SD katkılı betonlarda sırasıyla ortalama %7.2 ve %18.9,90. günde ise %4.1 ve %17.1 ultrases geçiş hızı değeri bakımından arttığı bulunmuştur.
- C30 beton sınıfındaki betonların 28. günde; UK ve SD katkılı betonlarda sırasıyla ortalama %8.9 ve %9.7, 90 günde ise %10.3 ve %21.5, ultrases geçiş hızı değeri bakımından arttığı bulunmuştur

Tahribatsız test yöntemlerinden ultrasonik test yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmada su işleme derinliğinin bu yöntemle belirlenebileceği istatistik olarak görülmüştür. Ayrıca mineral katkılarda silis dumanı ve uçucu külün, su işleme derinliğini azalttığı yapılan incelemeden ve literatür bilgileriyle uyumlu sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Çalışma sonrasında ikame yüzdelik değerini değiştirmek suretiyle veya ikili(%5+%10 vb. gibi)oranlarda betona ikame edilmesiyle su işleme derinliği incelenebilir. Bu sonuçlar özellikler suyla temas yüzeylerde betonun içerisine işlenecek su miktarını azaltarak betonda meydana gelebilecek kusurları en aza indirmek mümkün olacaktır.



KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ersoy, H.Y., (1985). Alçı, Sünger Taşı ve Cam Lifi Kompoziti, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi, İstanbul
2. Yıldız, S., Yalınbaş, M. ve Keleştemur, O., (2005). Silis dumanı katkılı yapı alçılarında eğilmede çekme dayanımının araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 20, No 3, Vol.:20, No:3, ss:395-399,
3. Devlet Planlama Teşkilatı, (2001), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri, "Çimento Hammaddeleri" Çalışma Grubu Raporu Ankara
4. Aruntaş, H.Y., (2006). Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol.:21, No:1, pp:193-203,
5. Malhotra, V.M. and Mehta, P.K., (2002). Supplementary Cementing Materials For Sustainable Development Inc., High Performance, High Volume Fly Ash Concrete pp:101, Ottawa
6. Erdoğan, Y.T., (2003). Beton, Ankara. ss:183.
7. Malhotra, V.M., (1986). Superplasticized Fly Ash Concrete For Structural Concrete Application Concr Int, Volume:8, Number:28, pp:28-31.
8. Yeğinoballı, A., (2003). Silis Dumanı ve Çimento ile Betonda Katkı Maddesi Olarak kullanılması, TÇMB/AR-GE/ Y01.01 3.Baskı, Ankara,
9. Khayat, K.H. and Aitcin P.C., (1992). Silica Fume in Concrete: an Overview, ACI SP-132, 835-865, ACI, Detroit
10. Şimşek, O., (2004), Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Basım ve Dağıtım, Ankara.
11. Şimşek O., Erdal M. ve Sancak E., (2005). Silis Dumanının Çelik Lifli Betonun Eğilme Dayanımına Etkisi, Gazi Üniv. Müh.Mim.Fak. Der. Cilt:20, No:2, ss:211-215.
12. Bentur, A. Goldman A. and Chen, M.D., (1988). The contributions of the transtion zone to the strength of high quality silica fume concretes, Pittsburgh.
13. ACI Committee 234, (2000). Guide for the use of silica fume in concrete". American Concrete Institute, Farmington Hills.
14. Sellevod, E.J., (1984). Review: Microsilica in Concrete, Project Report No: 08037-EJSTJJ, Norwegian Building Resarch Institute, Oslo.
15. Sellevold, E.J. and Nilsen, T., (1987). Condenset silica fume in concrete: a world review", Supplementary Cementing Materials for Concrete, 165-243, CANMET, Ottawa.
16. Ezeldin, A. and Balaguru, P., (1989)"Bond Behavior of Normal and High-Strength Fiber Reinforced Concrete" ACI Materials Journal, Volume:86, No:5, pp:515-524.
17. Aydın, F. ve Sarıbıyık, M., (2007). Beton Kalitesinin Tahribatsız Yöntemlerle Yerinde Belirlenmesi ve Deprem Hasarları Üzerindeki Etkisi, Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta-Antalya
18. TS EN 934-2, (2002). Kimyasal Katkılar-Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
19. TS EN 12390-8, (2002). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 8: Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
20. ASTM C597-97, (1997). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, American Society for testing and materials, USA.