



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0258

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Erdoğan Arıcı**  
**Alper Tunga Özgüler**  
Firat University  
earicil@firat.edu.tr  
atozguler@gmail.com  
Elazığ-Turkey

**KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AGREGA TİPİ VE FERROKROM CÜRUFUNUN ETKİSİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada; kendiliğinden yerleşen betonların mekanik özelliklerine agrega tipinin etkisi incelenmiştir. Bunun için taze ve sertleşmiş betonun özellikleri deneyler yapılarak sonuçta gidilmiştir. Deneylerde; CEM I 42,5 R tipi çimento, kırma taş ve Elazığ Palu yöresinden temin edilen doğal agrega kullanılmıştır. İnce madde olarak bölgede rahatlıkla temin edilebilecek olan ve atık durumdaki bir madde olan Elazığ Eti Krom A.Ş.'ye ait Ferro krom tozu 125 µ'luk elekten elenerek deneylerde kullanılmıştır. Kimyasal katkı olarak ViscoCrete 3080-VP kullanılmıştır. Agrega boyutu 16 mm olan 350 ve 400 dozlu küp, silindir ve kiriş numunelerden oluşan 4 seri beton deneylere tabii tutulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kendiliğinden Yerleşen Beton, Agrega Tipi, Ferrokrom Cürufu, Basınç Dayanımı, Yarma Dayanımı

**THE EFFECT OF AGGREGATE TYPE AND FERROCHROMIUM SLUG ON MECHANICAL PROPERTIES OF SELF COMPACTING CONCRETE**

**ABSTRACT**

In this study, the effect of aggregate type on SCC mechanical properties was investigated, because of that, it has been concluded by making experiments on fresh and hardened concrete. In the experiments, CEM 42,5 R style cement, natural aggregate from Elazığ Palu region and broken stone have been used. Ferrochromium slug powder, belonging to Elazığ Eti Krom A.Ş., in effluent condition which can be assured in the region easily, has been used for tests with sieving from 125µ sifter. Visco Crote 3080 VP admixture has been used as chemicals. 4 series of concrete cube, cylinder and beam specimens, of which the aggregate size is 16 mm and concrete specimens that 350 and 400 dosage have been tested.

**Keywords:** Self Compacting Concrete, Aggregate Type, Ferrochromium Slug, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Genelde yapıların önemli kısmını beton oluşturmaktadır. Bu derece önemli bir malzemenin teknolojiye paralellik göstermesi kaçınılmazdır. Betonun kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan biride betonun sıkıştırılması yani yerleştirilmesidir.

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), kendi ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere yerleşebilen, iç veya dış vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen, bu özellikleri sağlarken ayrışma ve terleme gibi problemler yaratmayarak stabilitesini koruyabilen, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür.

Betonda kendiliğinden yerleşebilirlik kavramı ilk olarak Tokyo Üniversitesinde 1986 yılında Prof. Dr. Hajime Okamura tarafından, su altında vibrasyonsuz beton dökümü ile başlamıştır [1]. Okamura'nın başlattığı çalışmaları Ozawa, Ouchi ve Maekawa devam ettirmişlerdir. 1988 yılında aynı üniversitede yüksek performanslı Kendiliğinden Yerleşen Beton üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu özel tip betonun geliştirilmesinde öncelikli amaç, dayanımın yanı sıra dayanıklılık açısından da yüksek performans sağlamaktır [2]. KYB kullanımı toplam maliyeti azaltmada, çalışma ortamını geliştirmede ve verimliliği artırmada önemli avantajlar sağlar. Fakat bu avantajların yanısıra yüksek akışkanlığından dolayı taşıma yerleştirme sırasında terleme ve ayrışma gibi bazı sakıncaları da vardır. Bundan dolayı KYB üretimi geleneksel betona göre daha fazla hassasiyet gerektirir [3-4].

Kendiliğinden Yerleşen Betonun dünyaya tanıtılmasında, Ozawa'nın 1992 yılında İstanbul'daki Uluslararası CANMET-ACI konferansında yaptığı sunum hızlandırıcı bir etki yapmıştır [5]. Collepardi [6], reoplastik betonun KYB ile benzer özellikler gösterdiğini savunmaktadır. Amerikan Beton Enstitüsünün (ACI) o yıllarda verdiği 175 mm çökme değeri sınırlaması nedeniyle bu betonun yaygınlaşmasını engellemiştir. ACI'nın çökme değerini sınırlamasının nedeni de kimyasal katkısız betonlarda bu çökme değeri aşıldığı takdirde, yüksek oranda su kusması meydana gelmesinden dolayıdır [7]. Fakat bu kısıtlama kimyasal katkı maddelerinin geliştirilip kullanılmasıyla ortadan kalkmıştır. Özetle gerek kimyasal katkı teknolojisinin gelişmesi, gerekse Reoplastik Beton ve su altı betonu uygulamalarından tecrübe ve bilgi birikimi oluşması KYB'nin ortaya çıkmasını sağlamıştır [8].

Almanya'da KYB, 1998 yılından itibaren ilgi görmeye başlamıştır. KYB'nin kullanımının önündeki en büyük engel DIN 1045 ve DIN 4277'ye göre KYB dizaynının ve kıvamının standart dışı olması idi. Alman Betonarme Komitesi (DafStb) ve İnşaat Mühendisliği Enstitüsü (DIBt), çalışmalar yapmış ve standartlara KYB için ilave bölümler eklenmiştir [9]. Amerikan Beton Enstitüsü (ACI), 2002 yılında kurduğu ACI236 B grubu ile KYB konusunda dökümantasyon çalışmalarına başlamıştır. Aynı zamanda Amerikan Prefabrike Beton Birliğinde (PCI) Nisan 2002'de prefabrike beton endüstrisinde KYB kullanımı ile ilgili standart oluşturma çabalarına başlanmıştır [10]. Son yıllarda Avrupa'daki kuruluşlar (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA ve EFNARC) bu konu ile ilgili birçok çalışmalar yapmışlardır.

Son yıllarda Türkiye'de KYB üzerine çalışmalar başlatılmış ve bu konuda büyük gelişmeler sağlanmıştır. Yapılan Çalışmalar KYB karışımlarının dizaynına yönelik olarak yapılmasının yanında kendiliğinden yerleşen taşıyıcı hafif beton elde edilmesine yönelik veya atık vaziyette bulunan mermer tozu gibi malzemelerin kullanılarak KYB karışımları hazırlanmıştır [11-12]. KYB karışımları hazırlanırken genel olarak EFNARJ [13] kriterleri dikkate alınmıştır.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Çalışmada, iki farklı dozajda hazırlanan serilerde agrega tipinin kendiliğinden yerleşen betonların mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen deneysel veriler kıyaslanarak KYB imalatında normal veya kırma taşın kullanılması halinde en verimli karışımın nasıl elde edilebileceği belirlenmiştir.

## 3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Deneylerde CEM I 42,5R tipi çimento kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan çimentonun özellikleri  
(Table 1. Properties of cement)

Kimyasal Analiz Sonuçları (%)	
SiO <sub>2</sub>	32,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,23
CaO	49
MgO	3,85
SO <sub>3</sub>	3,31
Kızdırma Kaybı	1,22
Tayin Edilemeyen	1,05
Çözünmez Kalıntı	0,21
Fiziksel Analiz Sonuçları	
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3493
Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	3,06
Hacim Genleşme oranı (mm)	6
Priz Başalama (s/dk)	1,55
Priz Bitiş (s/dk)	3,05

Agrega olarak maksimum dane çapı 16 mm olan, Elazığ Palu yöresinden elde edilen doğal agrega ile kırma taş kullanılmıştır. Agregaların genel özellikleri Tablo2'de verilmiştir.

Tablo 2. Agregaların fiziksel özellikleri  
(Table 2. The Physical properties of aggregates)

	Doğal Agregası	Kırma Taş
Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	2,48	2,57
Su Emme (%)	4	1,9
Aşınma Kaybı (%)	16,6	16,5

Deneylerde kullanılan ince (toz) madde, bölgede rahatlıkla temin edilebilen ve atıl vaziyette bulunan Elazığ Eti Krom A.Ş. de bulunan cüruf kullanıldı. Cüruf 125µ luk elekten elenerek deneylerde kullanıldı. Cürufa ait kimyasal özellikler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Ferro krom tozunun kimyasal özellikleri (%)  
(Table 3. The Chemical properties of ferrochromium powder)

Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 4
FeO	0,5 - 1
SiO <sub>2</sub>	28 - 31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 - 32
MgO	31 - 34

Deneysel Çalışmaların tamamında kimyasal katkı olarak Visco Create 3080 (VP) kıvam korumalı priz geciktiricili kendiliğinden yerleşen beton katkısı kullanılmıştır.

Tablo 4. Serilerin karışımı için malzeme miktarları (kg/m<sup>3</sup>)  
(Table 4. The amount of material for mixture of series)

Malzeme Cinsi	Seri I	Seri II	Seri III	Seri IV	
Çimento	350	400	350	400	
Su	195	218	184	207	
Doğal Agregata	0-4 (%48)	736	670	738	648
	4-16 (%52)	830	755	-	-
Kırma Taş	0-4 (%48)	-	-	-	-
	4-16 (%52)	-	-	861	756
Cüruf Tozu	100	150	164	273	
Katkı Maddesi	7	8	9	11	
Toplam	2218	2201	2306	2295	
Su/Toz	0,43	0,40	0,36	0,31	

Numunelerin hazırlanmasından önce, taze beton deneyleri yapılarak karışımların KYB özelliklerine sahip olması sağlandı. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Taze beton deney sonuçları  
(Table 5. The result of fresh concrete tests)

Deneyler	Birimler	Sınır Değerler	Seri I	Seri II	Seri III	Seri IV
Çökme -Yayılma	cm	65 - 80	72	70	67	75
T <sub>50</sub> Süresi	sn	2 - 5	2,24	2,35	2,5	2,12
V Hunisi	sn	6 - 12	8,92	8,42	7	6,37
5 dk Gecikmeli V H.	sn	0 - 3	2,88	2,78	2,9	0,84
L Kutusu (h <sub>1</sub> /h <sub>2</sub> )	-	0,8 - 1	0,90	0,89	0,8	0,91

Seriler döküldükten 28 gün sonra sertleşmiş beton deneylerine tabii tutulmuştur. Elde edilen veriler Tablo 6 verilmiştir.

Tablo 6. Sertleşmiş beton deney sonuçları  
(Table 6. The result of hardened concrete tests)

Seri No	Basınç Dayanımı (Mpa)	Eğilmede Çekme Dayanımı (Mpa)	Silindir Yarma Dayanımı (Mpa)	Elastisite Modülü (Mpa)
Seri I	41	2,85	3,56	50877
Seri II	59	3,28	4,41	71472
Seri III	36	3,20	3,64	50356
Seri IV	33	2,60	3,15	38837

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

KYB'nin özelliklerini belirlemede yayılma deneyi tek başına yeterli olmayıp birçok taze beton deneyinin yapılması gerekmektedir. Çökme yayılma, T<sub>50</sub> süresi, V hunisi, 5dk gecikmeli V hunisi ve L kutusu deneyleri sırasıyla yapılmalıdır. Baştaki deneylerde sonuçlar uygun çıkıyor fakat sonraki deneylerde değerler uygun olmuyorsa, bu durumda karışıma giren malzemeler tekrar gözden geçirilerek deneyler baştan tekrarlanmalıdır.

Kendiliğinden Yerleşen Betonun reolojik özellikleri belirlenirken, karışıma giren malzeme miktarları önemlidir. Su miktarının fazla olması durumunda ayrışmanın fazla olduğu, az olması halinde ise yayılmanın beklendiği kadar olmadığı görüldü. Ayrıca karışıma giren ince madde oranının da iyi ayarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde taze beton deneylerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Sertleşmiş betonun mekanik özellikleri açısından bakıldığında; kırma taşın kullanıldığı III ve IV serilerin dayanımlarının daha fazla olması beklenirken, tam tersi olduğu görülmüştür. Bunun en büyük sebebinin ise kırma taşın danelerinin köşeli olması sonucu yayılmayı olumsuz yönde etkilemiştir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için ince madde oranı artırılmış, bunun neticesinde beton dayanımında düşme oluşmuştur.

Yapılan deneyler neticesinde; KYB için agrega olarak doğal agrega ve kırma taş birlikte kullanılsa dahi dayanım açısından en uygun karışımın tamamen doğal agreganın kullanılarak elde edileceği görülmüştür.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Shindoh, T. and Matsuoka, Y., (2003), Development of combination type self compacting concrete and evaluation test methods, Journal of Advanced Concrete Technology, V. 1, N. 1, pp. 26-36.
2. Ouchi, M., (1999), self compacting concrete development, applications and investigations, Nordic Concrete Research Committee Publications, pp. 5.
3. Zhu, W., Gibbs, J.C., and Bartos, P.J.M., (2001), Uniformity of in situ of self compacting concrete in full-scale structural elements, Cem. and Concrete Composites, V. 23, N. 1, pp. 57-64.
4. Li, J., Yin, J., Zouh, S., and Li, Y., (2005) Mix proportion calculation method of self compacting high performance concrete, First International Symposium on Design, Performance and Use of Self Consolidating Concrete, SCC 2005, China, pp. 199-205
5. Felekoğlu, B., (2003), Kendiliğinden Yerleşen Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi 219s.
6. Collapardi, M., (2001), A very close precursor of self compacting concrete, unpublished data, 10p.
7. Hollingsworth, D., (2002), Design and use of self consolidating concrete, unpublished data, 10p.
8. Jakobs, F. and Hunkeler, F., (1999), Design of self compacting concrete for durable concrete structures, proceedings of the first international RILEM symposium, pp. 397-410.
9. Denh. F., (2002), High performance self compacting concretes for bridge construction, first North American conference on the design and use of self consolidating concrete, 438p.
10. Vachon, M. and Daczko, J., (2002), U.S. Regulatory work on SCC, first North American conference on the design and use of self consolidating concrete, 438 p.
11. Gönen, T., (2009), Kendiliğinden Yerleşen Taşıyıcı Hafif Betonun Mekaniksel Ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi.
12. Alyamac, K.E. and Ince, R., (2009), A preliminary concrete mix design for SCC with marble powders, Construction and Building Materials, V: 23, pp: 1201-1210.
13. EFNARC, (2002), Specifications and guidelines for self compacting concrete, 32p.