PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
PAMUKKALE UNIVERSITY ENGINEERING FACULTY
MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES
YIL : 2007
CİLT : 13
SAYI : 3
SAYFA : 347-351

MİNERAL KATKILI BETONUN ADERANS DAYANIMINA 800 °C'NİN ETKİSİ

Ahmet COŞKUN, Harun TANYILDIZI, Salih YAZICIOĞLU
Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 23119/Elazığ

ÖZET

Geliş Tarihi : 22.11.2006

Bu çalışmada, mineral katkılı beton ve nervürlü betonarme demiri arasındaki aderans dayanımına yüksek sıcaklığın (800 °C) etkisi araştırılmıştır. Mineral katkı olarak çimento ağırlığının %10'u oranında silis dumanı ve %15'i oranında da uçucu kül kullanılmıştır. Agreganın maksimum tane çapı (d_{max}) 16 mm'dir. Aderans deneyleri için 100×200 mm ölçülerinde silindir numuneler, basınç deneyleri için 150×150×150 mm ölçülerinde küp numuneler hazırlanmıştır. 20±2 °C'de 28 gün su kürü uygulanan numuneler, 270 gün hava küründe bekletildikten sonra 800 °C'de yakılmış, aderans ve basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yakılan betonlarda, silis dumanı katkılı numunelerin basınç ve aderans dayanımlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Silis dumanı katkılı numuneleri sırasıyla, uçucu kül katkılı ve mineral katkısız numuneler takip etmiştir.

Anahtar Kelimeler : Mineral katkılar, Yüksek sıcaklık, Nervürlü betonarme demiri, Aderans dayanımı.

THE EFFECT OF 800 °C ON BOND STRENGTH OF CONCRETE WITH MINERAL ADMIXTURE

ABSTRACT

The effect of high temperature (800 °C) on the bond strength between concrete and rebar was investigated. In addition to concrete mixture with only portland cement, concrete mixtures with 10% silica fume and 15 % fly ash replacing cement by weight was prepared. Maximum aggregate size is as 16 mm. The 150×150×150 mm cube specimens were prepared for compressive strength and the 100×200 mm cylinder specimens were prepared for bond strength. The specimens were cured in air for 270 days after curing in water 20±2 °C for 28 days. After being heated to temperatures of 800 ºC, compressive strength and bond strength of concrete were tested. The results showed that specimens with silica fume always gave the highest values followed by those as specimens with fly ash and specimens without mineral admixtures irrespective of type and age of concrete and test methods.

Key Words : Mineral admixtures, High temperature, Rebar, Bond strength.

1. GİRİŞ

Çelik ve beton arasındaki bağ, betonarmenin başlangıcından beri birçok araştırıcı ve uygulayıcının dikkatlerini çekmiş ve bu konuda çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. Yüksek mukavemetli beton çeliklerinin üretiminden önce, betonarmede aderans üzerine son sözün söylenmiş olduğu, nedenlerinin ve etkilendiği faktörlerin tümüyle bilindiği şeklinde yaygın bir görüş mevcuttu. Yüksek mukavemetli çeliklerin uygulama alanındaki ilk öncüleri, yuvarlak ve düz yüzeyli enkesitleriyle, klasik yumuşak betonarme demirlerinden pek farklı

olmayan aderans özelliklerine sahiptiler. Ancak bir süre sonra bu yeni tür çeliklerin yüksek mukavemetlerinden yararlanabilmek için betonla bağlantılarının artırılmasının gerekli olduğu anlaşılmış ve yüzeylerindeki çıkıntı, girinti ve nervürlerle aderansı geliştirilmiş modern betonarme donatısı türleri uygulama alanına sokulmuştur. Bunun yanı sıra yüksek mukavemetli betonların da geniş ölçüde kullanılmaya başlamasıyla aderans problemi yeniden önem kazanmıştır (Arda, 1968). İyi bir aderans betonarmenin ana ihtiyaçlarından biridir (Yaz, 1999; Oluokun, 1998; Gorst, 2003; Souza, 1997). Beton da mineral katkı kullanımı aderans dayanımını artırmaktadır (Tanyıldızı, 2006).

Beton bir bütün olarak düşünülürse, genel olarak içerisinde bulunan agrega ve çimento hamurunun ısıl genleşmelerinin birbirinden farklı olduğu bilinir. Bundan dolayı betonda sıcaklık değişimleri, içindeki bileşenlerde birbirinden farklı hacim değişikliklerine, çatlakların oluşmasına ve betonun dayanıklılığının azalmasına sebep olur. Bu olay betondaki bileşenlerin termal uyumsuzluğu olarak bilinmektedir (Riley, 1995, Hammer, 1991).

Bu çalışmada, silis dumanı ve uçucu kül kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere 20±2 °C'de 28 gün su kürü ve daha sonra 270 gün hava kürü uygulanmıştır. Bu kür sürelerinden sonra numuneler 800 ^{0}C sıcaklığa maruz bırakılarak, numunelerin basınç ve aderans dayanımındaki değişiklikler araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2. 1. Kullanılan Malzeme

Çalışmada kullanılan çimento, Elazığ Çimento Fabrikasından temin edilen ve TS EN 197–1'de CEM I 42,5 R olarak tanımlanan çimentodur (Anon., 2002a). Deneylerde kullanılan silis dumanı Eti Elektrometalürji A.Ş. Antalya tesisinden temin edilmiştir. Uçucu kül ise T.E.A.Ş.'a bağlı bulunan Bursa Orhaneli termik santralinden temin edilen ASTM C 618'de tanımlanan F sınıfı uçucu küldür (Anon., 2002c). Çimento, uçucu kül ve silis dumanına ilişkin fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Beton üretiminde kullanılan agreganın maksimum tane çapı 16 mm' dir. Beton bileşimlerine ilişkin karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir. Mineral katkı kullanıldığı için betonun iyi işlenebilmesi ve sıkışabilmesi için TS EN 934–2' ye göre yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı ve sertleşmeyi hızlandırıcı katkı maddesi kullanılmıştır (Anon., 2002b). Deneylerde betonarme demiri olarak ise 12 mm çapında nervürlü demir kullanılmıştır.

Tablo 1. Çimentonun, Uçucu Külün ve Silis Dumanının Fiziksel- Kimyasal Özellikleri.

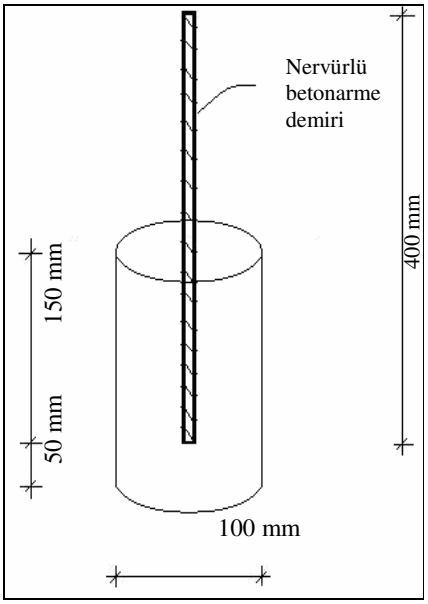
Bileşenler %	Portland Çimentosu	Uçucu Kül	Silis Dumanı
SiO_2	21.12	48.53	91
Al_2O_3	5.62	24.61	0.58
Fe_2O_3	3.24	7.59	0.24
CaO	62.94	9.48	0.71
MgO	2.73	2.28	0.33
LOI	1.42	1.69	1.84
Özgül Yüzey (cm^2/gr) (Blaine)	3430	2836	--
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	3.10	2.27	2.2

Tablo 2. Deneylerde Kullanılan Betonun Karışım Oranları.

Karışım	Çimento (kg/m^3)	Uçucu Kül (kg/m^3)	Silis Dumanı (kg/m^3)	Su/Çimento	Kum (kg/m^3)	Çakıl (kg/m^3)	Akışkanlaştırıcı (l/m^3)
N	400	--	--	0.40	842	1052	4.8
U	340	60	--	0.40	834	1041	4.8
S	360	--	40	0.40	837	1043	4.8

2. 2. Numunelerin Hazırlanması

Deneyler için kontrol betonu (N), % 15 uçucu kül katkılı beton (U) ve % 10 silis dumanı katkılı beton (S) olmak üzere 3 tip beton serisi hazırlanmıştır. Agregalar, çimento ve mineral katkıların ağırlıkları belirlendikten sonra beton mikserine yerleştirilmişlerdir. Yerleştirilen malzemeler önce kuru olarak 1 dakika karıştırılmıştır. Ayrı bir kapta karıştırılan su ve akışkanlaştırıcı da karışıma ilave edilerek 3 dakika daha karıştırılmıştır. Karışım hazırlanıp, enine çapı 12 mm olan nervürlü betonarme demirleri kalıplara yerleştirildikten sonra beton, 100×200 mm silindir numunelere ve 150×150×150 mm ölçülerindeki küp numunelere 3 aşamada dökülmüştür. Karışımların slump deneyi yapılmış ve çökme değeri TS EN 206-1'e göre S3 (12–15 cm) olarak elde edilmiştir (Anon., 2000a). Aderans ölçümleri için kullanılan betonarme demirlerinin uzunluğu 400 mm' dir. Hazırlanan betonarme demirleri beton içerisinde 150 mm kalacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1). Deneyler için 18 adet aderans ve 18 adet basınç numunesi hazırlanmıştır.



Şekil 1. Aderans deneyi numunesi.

Hazırlanan numuneler 28 gün, 20±2 °C'de kür edildikten sonra kür havuzundan çıkarılarak, yüksek sıcaklığa maruz bırakılacakları 270. güne kadar 20±2 °C sıcaklıktaki laboratuar ortamında bekletilmişlerdir. Numuneler 1320 °C kapasiteli fırında 800 °C sıcaklığa maruz bırakılmışlardır. Bu aşamada izlenen yol şöyledir; fırın 2.5 °C/dak ısınma hızı ile istenilen sıcaklık olan 800 °C'ye ulaştıktan sonra bu sıcaklığı muhafaza ederek 1 saat bekleyip otomatik olarak kapanacak şekilde ayarlanmıştır. Numuneler soğuk halde olan fırına yerleştirilip fırın çalıştırılmıştır. Fırın 800 °C sıcaklığa ulaşıp, numuneler 1 saat boyunca 800 °C ye maruz bırakıldıktan sonra fırın otomatik olarak kapanmıştır (Mohamedbhai, 1986). Fırın kendini kapatır kapatmaz numuneler çıkartılıp 24 saat soğumaya bırakılmış, aderans ve basınç dayanımı deneylerine hazır hale getirilmiştir.

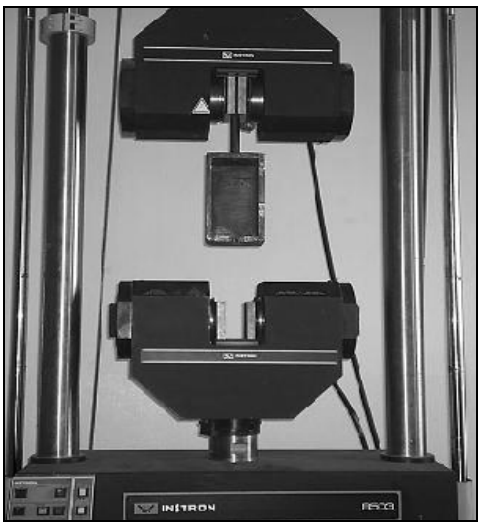
2. 3. Uygulanan Deneyler

2. 3. 1. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyi, 3'er adet 150×150×150 mm küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanım deneyi, TS EN 12390–3 standardı uyarınca ve 3000 kN kapasiteli otomatik kontrollü pres kullanılarak yapılmıştır (Anon., 2003).

2. 3. 2. Aderans Dayanımı Deneyi

Betonarmenin, betonla çeliğin beraber çalıştığı bir malzeme olduğu bilinmektedir. Beraber çalışma özelliğinin ancak çeliğin beton içerisinde kaymaması halinde mümkün olacağı açıktır. Kaymanın olmaması için de iki malzeme arasında bir bağ kuvveti meydana gelebilmeli ve bu kuvvet kalıcı olmalıdır. Deneylerle varlığı kanıtlanan bu bağ kuvvetine aderans denir (Celep ve Kumbasar, 1998). Bu çalışmada, bütün aderans deneyleri her yaş için 3'er adet 100×200 mm küp numuneler üzerinde, ASTM C 234-91a uyarınca yapılmıştır (Anon., 2000b). Aderans deneyi için INSTRON 8503 çekme makinesi kullanılmıştır (Şekil 2). Deneylerde çekme makinesinin hızı 2mm/dk olacak şekilde sabit tutulmuştur.



Şekil 2. Aderans deney aleti ve aparatı.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞILMASI

Şekil 3'de 28 gün su küründe daha sonra 270 gün hava küründe bekletilen ve bu kür ortamlarından sonra yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin basınç dayanımı değerleri verilmiştir. Şekil 4' de ise bu numunelerin betonarme demiri ve beton arasındaki aderans dayanımı değerleri verilmiştir.
Aderans gerilmesinin hesaplanmasında;

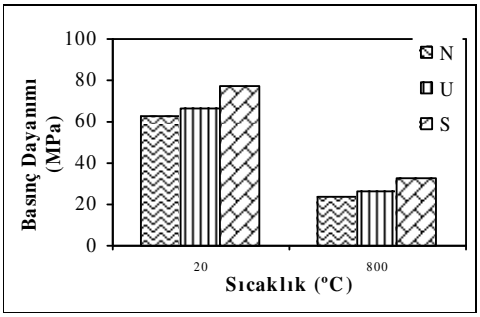
$$\tau = \frac{\text{AderansKuweti}}{\pi \times \phi \times \ell} \quad (1)$$

bağıntısı kullanılmıştır.

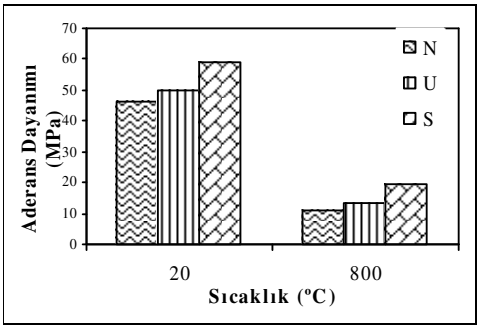
Bu formülde;

τ= Aderans gerilmesi
Ø=Donatı çapı
ℓ = Aderans boyu (Betona gömülü donatı uzunluğu)

Şekil 3 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi 800 °C sıcaklığa maruz bırakılan tüm numunelerin basınç dayanımlarındaki kayıp yaklaşık olarak % 57–60, aderans dayanımlarındaki kayıp ise % 70–75' dir.



Şekil 3. Kontrol betonu ve mineral katkılı betonların basınç dayanımları.



Şekil 4. Nervürlü donatı için kontrol betonu ve mineral katkılı betonların aderans dayanımları.

Silis dumanı katkılı beton numuneler bütün sıcaklıklarda en büyük basınç ve aderans dayanımı değerlerini vermiştir. Burada silis dumanı çimento hidratasyonu süresince serbest kalsiyum hidroksitle reaksiyona girerek betonun basınç ve aderans dayanımı gelişiminde etkili olmaktadır (Khatri, 1995; Almussalam, 2004). Ayrıca silis dumanı tane boyutu, çimento ve uçucu kül tane boyutundan çok daha küçük olduğu için agrega/çimento ara yüzeyinde puzolanik aktiviteden daha önemli filler etkisi gerçekleştirerek daha yoğun bir agrega-bağlayıcı ara yüzeyi oluşturmaktadır (Tasdemir, 2003).

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada silis dumanı ve uçucu kül kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere 20±2 °C de 28 gün su kürü ve daha sonra 270 gün hava kürü uygulanmıştır. Bu numunelerin 800 °C sıcaklığa maruz bırakılmalarıyla, basınç ve betonarme demiri ile beton arasındaki aderans dayanımındaki değişiklikler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 800 °C sıcaklığa maruz bırakılan bütün numunelerin basınç dayanımlarındaki kayıp yaklaşık olarak % 60 dır.
- 800 °C sıcaklığa maruz bırakılan bütün numunelerin aderans dayanımlarındaki kayıp ise yaklaşık olarak % 70–75' dir.
- Silis dumanı katkılı beton numuneler bütün sıcaklıklarda en büyük basınç ve aderans dayanımı değerlerini vermiştir. Bunları uçucu kül katkılı beton numuneler ve kontrol betonları izlemiştir.

4.KAYNAKLAR

Almussalam, A. A., Beshr, H., Maslehuddin, M., Al-Moudi, O. S. B. 2004. Effect of Silica Fume on the Mechanical Properties of Low Quality Coarse Aggregate Concrete. Cement and Concrete Composites, 26 (7), 891-900.

Anonim, 2000a. TS EN 206–1, "Beton –Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 2002a. TS EN 197–1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri.

Anonim, 2002b. TS EN 934–2. Kimyasal Katkılar-Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme.

Anonim, 2003. TS EN 12390–3. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.

Anonymous, 2000b. ASTM C 234-91a. Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel. ASTM.

Anonymous, 2002c. ASTM C 618. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete.

Arda, T. S. 1968. Betonarmede Aderans Konusunda Bir Derleme. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 5 s.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., 1998, Betonarme Yapılar. Sema Matbaacılık, İstanbul, 47s.

Gorst, N. J. S., Clark L. A. 2003. Effects of Thaumasite on Bond Strength of Reinforcement in Concrete. Cem. and Conc. Comp., 25 (8), 1089–1094.

Hammer, T. A. 1995. "Compressive Strength and EModulus of Elevated Temperatures", Report 6.1, High Strength Phase 3.SINTEF-repport nr STF70 A 95023, Trondheim, 16 pp.

Khatri, R. P., Sirivivathnanon, V. 1995. Effect of Different Supplementary Cementations Materials on Mechanical Properties of High Performance Concrete. Cement Concrete Research, 25 (1), 209-220.

Mohamedbhai, G.T.G., 1986. Effect of Exposure Time and Rates of Heating and Cooling on Residual Strength of Heated Concrete. Mag. Concr. Res. 38 (136), 151-158.

Oluokun, A. F., Haghayeghi, A. R. 1998. Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Retrofitted or Repaired With Slurry Infiltrated Mat Concrete. ACI Struct. J., 95 (6), 654– 664.

Riley, M. A. 1991. "Possible New Method for the Assessment of Fire Damaged Concrete" Magazine of Concrete Research, Cilt 43, No 155, 87-92.

Souza, R. H. F., Appleton, J. 1997. Flexural Behavior of Strengthened Reinforced Concrete Beams. Mater. Struct., 30 (3), 154–159.

Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S. 2006. Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Mineral Katkıların Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elazığ. 18 (3) 355 s.

Tasdemir, C. 2003. Combined effects of Mineral Admixtures and Curing Conditions on the Sorptivity Coefficient of Concrete. Cement and Concrete Research, 33 (10), 1637–1642.

Yaz, A., Ambalavanan, R. 1999. Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Repaired With Styrene-butadiene Rubber Latex, Silica Fume and Methylcellulose Repair Formulations. Mag. Concr. Res., 51 (2), 1. 13–120.