



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 1A0106

ENGINEERING SCIENCES

Received: January 2010

Accepted: July 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Yılmaz Koçak

Düzce University

yilmazkocak@duzce.edu.tr

Düzce-Turkey

**TRAS İKAME ORANININ PORTLAND ÇİMENTOSUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

ÖZET

Mineral katkıları günümüzde çimento ya da betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi gibi avantajları nedeniyle geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu katkılardan biri de trastır. Bu çalışmada trasın, çimentoda (PÇ 42,5 R) basınç dayanımına, priz süresine, su ihtiyacına ve hacim genişlemesine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla tras, ağırlıkça %0, %10, %15, %20 %25 ve %30 oranlarında Portland çimentosu yerine ikame edilmiştir. Sonuç olarak, tras ikameli çimento hamurlarının su ihtiyacı ve priz başlama süresinde, Portland çimentosu hamuruna göre nispeten bir artış belirlenmiştir. Portland çimentosu harçlarına göre 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında bir azalma olmuştur. Ancak bu azalmaya rağmen %10 ve %15 oranlarındaki tras ikameli çimento harçlarının basınç dayanımlarının standart değerler arasında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tras, Çimento, Priz Süresi, Su İhtiyacı, Basınç Dayanımı

**THE EFFECT OF TRASS REPLACED RATIO ON PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT**

ABSTRACT

Nowadays mineral additives due to the advantages such as improving the physical and mechanical properties of cement or concrete a wide field of use are found. One of the waste materials is trass. In this study the effects of trass, to compressive strength, setting time water demand and volume expansion of the cement (OPC 42.5 R) were investigated. For this purpose, fly ash was added as a replacement for Portland cement in amounts of 0, 10, 15, 20, 25 and 30 weight %. As a result, setting time and water demand of the fly ash replaced cement pastes were determined a relatively increase according to Portland cement pastes. 2, 7 and 28 days compressive strengths has been decrease compared to the Portland cement. Despite this decrease, however, 10% and 15% of the trass replaced cement mortar compressive strength was determined to be between the standard values.

Keywords: Trass, Cement, Setting Time, Water Demand, Compressive Strength

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çimento ve beton, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan temel yapı malzemelerindedir. Çimentonun tasarrufu, ekonomik açıdan çok önemlidir. Ancak kullanılacak çimento miktarındaki eksiltmelerin ve yerine konulacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri açısından bir sorun yaratmaması gerekmektedir. Dolayısıyla doğal puzolanlar, uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı gibi puzolanik katkıları, çimento yerine ikame veya katkı maddesi olarak yer almaktadır [1, 2 ve 3].

Doğal puzolanlar, çimento ve beton sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal puzolanlar doğada çok miktarda bulunan genellikle volkanik kökenli olan puzolanik özellikte madde ve kayalardır [4]. Türkiye, çimento endüstrisinde tras olarak da adlandırılan doğal puzolanlarca zengin bir ülkedir [5]. Doğal puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da çok ince öğütüldüklerinde normal sıcaklıklarda sulu ortamlarda kireçle birleşerek bağlayıcılık özelliği kazanabilen, silis ve alümin oksitlerince zengin tüf çeşidi malzemelerdir [5 ve 6]. Doğal puzolanlar silis ya da alümina silis içerikli doğal malzemeler olup, ince öğütüldüklerinde nemli ortamda çimentonun hidratasyonu sonucu açığa çıkan kalsiyum hidroksit ile kimyasal olarak reaksiyona girerek çimento özelliğinde bileşikler oluştururlar [4 ve 7].

Doğal puzolanlar, Portland çimentosu (PÇ) ile gerek katkı gerekse ikame malzemesi olarak kullanılması sayesinde birçok avantaj sağlayabilmektedir. Doğal puzolanlar ince öğütülme yetenekleri sayesinde çimento hamurundaki mikro boşluklara kolayca girmekte ve çimento hamurunun iskelet yapısını değiştirerek dayanıklılığını artırmaktadırlar [8]. İnce taneli durumdaki doğal puzolan katkıları, betonda işlenebilmeyi ve sülfat dayanıklılığını arttırırken, terlemeyi, hidratasyon ısısını, su geçirimsizliğini ve alkali silika reaksiyonunu azaltmaktadır [5 ve 7]. Ayrıca MgO ve SO₃ gibi hacim genişmesini tetikleyen bazı zararlı maddeler ile inceliklerine bağlı olarak tepkimeye girmekte ve bunların çimento içerisindeki oranlarını düşürmektedir [6 ve 9]. Ancak doğal puzolanların, çimentonun toplam özgül yüzeyini arttırdıkları için su ihtiyacını artırmak ve erken mukavemetini düşürmek gibi dezavantajları da vardır [5]. Bunların yanı sıra, PÇ ile doğal puzolanın bir karışım halinde uygulandığı harçlarda ve betonlarda katılma sürelerinin, puzolanın katılım oranına, inceliğine ve reaktivitesine bağlı olarak gelişme gösterdiği ifade edilmektedir [10].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Türkiye doğal puzolan kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemizde üretilen çimentoların önemli bir kısmı traslı çimento'dan oluşmaktadır. Bu nedenle ülke ekonomisine sağlayacağı katkı düşünüldükçe, tras içeren çimentoların fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, PÇ'ye değişik oranlarda tras ikamesi suretiyle, bu puzolanın çimentonun basınç dayanımı, priz süresi, su ihtiyacı ve hacim genişmesi gibi özelliklerine etkileri incelenmiştir. Böylece kullanılan tras'ın yararı hakkında bir sonuca varılması amaçlanmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Materyal (Material)

Çimento: Bulu Çimento Fabrikası üretimi olan CEM I 42,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır.

Tras: Bolu Çimento Fabrikasından temin edilen Bolu ili Tekke yöresine ait olan tras kullanılmıştır.

Kum: Harç örneklerinin hazırlanmasında TS EN 196-1 de belirtilen CEN Standart kumu özelliklerine sahip Set İtalcement standart kumu kullanılmıştır.

Karışım suyu: Bolu ili Mengen ilçesi şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Metot (Method)

Çalışmada PÇ, %10 tras ikameli çimento (10 TÇ), %15 tras ikameli çimento (15 TÇ), %20 tras ikameli çimento (20 TÇ), %25 tras ikameli çimento (25 TÇ) ve %30 tras ikameli çimento (30 TÇ) olmak üzere toplam altı farklı çimento kullanılmıştır.

Çimento hamuru ve harç karışımlarının hazırlanması TS EN 196-1'e göre yapılmıştır [11]. Çimento hamuru örneklerinin TS EN 196-3'e göre Le Chatelier yöntemine göre hacim genleşme değeri, su ihtiyacı ve priz süresi belirlenmiştir [12]. Her bir çimento hamurunun su ihtiyacı ve priz süresi 20 °C sıcaklık ve bağıl nemin %65 olduğu bir laboratuvar ortamında Vicat halkası, sondası ve iğnesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Basınç dayanımı deneyleri için harç karışımları hazırlanırken; TS EN 196-1'e göre her bir harç karışımında 450 g çimento, 1350 g standart kum ve 225 ml su kullanılarak harç karıştırma makinesinde karıştırılmıştır. Hazırlanan harçlar 40x40x160 mm boyutlarında dikdörtgenler prizması şeklinde üç gözlü kalıplara dökülmüştür. Bu örnekler daha sonra sarsma cihazında bir dakika süre sarsılarak harcın kalıplara yerleşmesi sağlanmıştır. Hazırlanan bu örnekler laboratuvar ortamında 24 saat bekletilmiş ve bu sürenin sonunda örnekler kalıplardan çıkarılarak mukavemet testlerinin yapılması için bir odada (20 °C) kür amacıyla su havuzlarında bekletilmişlerdir. 2, 7 ve 28 gün sonlarında bu havuzlardan alınarak kurulan harç örneklerinin basınç deneyleri TS EN 196-1'e uygun olarak yapılmıştır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

(EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

4.1. Kimyasal Analizler (Chemical Analysis)

PÇ ve trasın kimyasal analiz sonuçları ile PÇ'nin Bogue formülüne göre hesaplanan mineralojik yapısı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Malzemelerin kimyasal özellikleri
(Table 1. Chemical specifications of materials)

Materyaller	PÇ	Tras
Kimyasal kompozisyonlar		
SiO ₂ (S)	19,59	62,44
Al ₂ O ₃ (A)	5,57	16,53
Fe ₂ O ₃ (F)	3,53	4,89
CaO	63,71	4,22
MgO	1,75	1,85
SO ₃	2,95	-
Na ₂ O	0,23	1,99
K ₂ O	0,53	1,79
Cl ⁻	0,012	0,0002
Kızdırma kaybı	2,78	2,66
Çözünmeyen kalıntı	0,4	87,16
S+A+F	-	83,86
Ana bileşenler		
C ₃ S	59,6	-
C ₂ S	11,38	-
C ₃ A	8,79	-
C ₄ AF	10,74	-
Serbest CaO	2,95	-

PÇ yüksek oranda CaO içerirken, düşük oranda Al₂O₃, Fe₂O₃ ve SO₃ bileşiklerinden oluşmaktadır. Tras'ın ana bileşeni SiO₂'dir ve ağırlıkça SiO₂/Al₂O₃ oranı (S/A) 3,78'dir. Ayrıca S+A+F miktarı %83,86 olup ASTM C 618'e göre %70 üzerinde olması nedeniyle olumlu pozolanik özellik göstermektedir [13].

4.2. Fiziksel Analizler (Physical Analysis)

Çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri (Tane boyut aralığı, özgül yüzey alanları ve özgül ağırlıkları) Tablo 2'de verilmiştir.

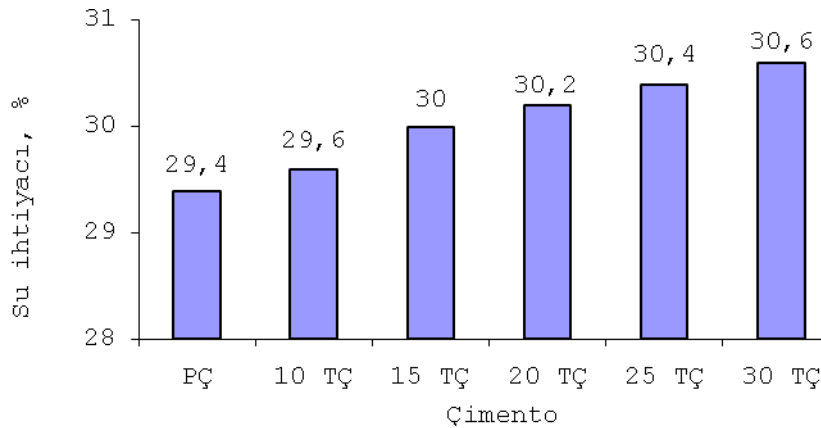
Tablo 2. Malzemelerin fiziksel özellikleri
(Table 2. Physical specifications of materials)

Malzemeler	Tane boyut aralığı (elek üstü), %		Özgül ağırlık, g/cm ³	Özgül yüzey, cm ² /g
	> 90 µm	> 45 µm		
PÇ	0	4,2	3,14	4122
Tras	5,4	23,2	2,61	4550
10 TÇ	0,51	6,2	3,06	4161
15 TÇ	0,83	7,08	3,07	4187
20 TÇ	1,04	7,98	3,05	4209
25 TÇ	1,29	8,94	2,99	4232
30 TÇ	1,65	9,86	2,95	4248

PÇ'nin tane boyutları, tras'a nazaran daha düşüktür. Tras'ın özgül yüzey alanı ise PÇ'ye nazaran daha yüksektir. Bu da tras'ın boşluklu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. PÇ'nin özgül ağırlığı 3,14 g/cm³ iken, %30 oranında tras ikamesinde özgül ağırlık 2.95 g/cm³'e kadar düşmüştür (Tablo 2). Bu durum tras'ın düşük özgül ağırlığa sahip olmasından kaynaklanmaktadır Düşük özgül ağırlığa sahip olan tras, PÇ'ye ikame edildiği zaman elde edilen tras ikameli çimentoların da özgül ağırlığını düşürmektedir (Tablo 2).

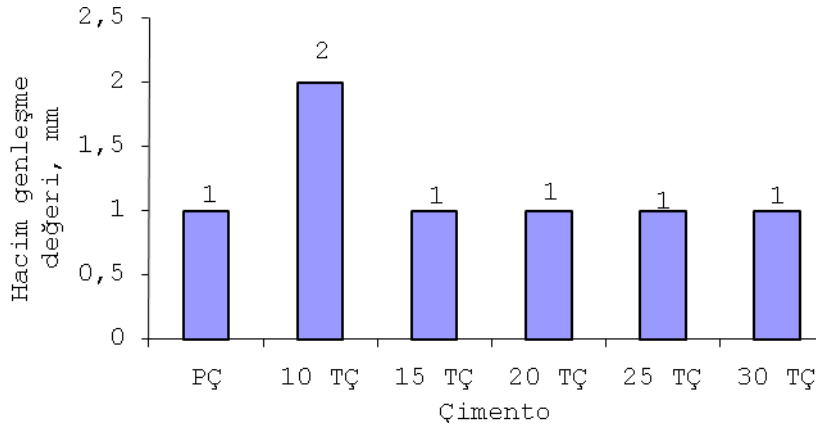
4.3. Tras İkame Oranının Su İhtiyacı ve Hacim Genleşme Değerlerine Etkisi (The Effect of Trass Replaced Ratio on Water Demand and Volume Expansion)

TS EN 196-3'e göre çimento hamuru örneklerine yapılan deney sonucunda elde edilen su ihtiyacı Şekil 1'de ve hacim genleşme değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. PÇ ve tras ikameli çimentoların su ihtiyaçları
(Figure 2. Water demand of portland cement and trass replaced cement)

Su ihtiyacı, çimentolarda kimyasal yapı, özgül yüzey ve porozite gibi değerlere bağlı olarak değişmektedir [14]. Çimentoya katılan tras oranı arttıkça işlenebilirlik ve dolayısıyla özdeş kıvamın elde edilebilmesi için gereken su miktarının göreceli bir artışı söz konusudur (Şekil 1). Bu artışın 10 TÇ kodlu çimento hamurunda %0,7, 15 TÇ kodlu çimento hamurunda %2, 20 TÇ kodlu çimento hamurunda %2,7, 25 TÇ kodlu çimento hamurunda %3,4 ve 30 TÇ kodlu çimento hamurunda ise %4,1 oranında artmaktadır. Bu sonuçlara tüm ikameli çimento hamuru örneklerinde, su/çimento oranının fazlaca yükseltilmesine gerek duyulmadan, tane inceliğinden dolayı, özdeş taze beton kıvamının elde edilmesine önemli derecede katkı sağladığı söylenebilir. Dolayısı ile bu tane inceliğinin trasın bünyesindeki SiO₂ oranının yüksek olmasından kaynaklandığı, bu durumda çimentonun kayganlığını arttırdığı bilinmektedir [6].

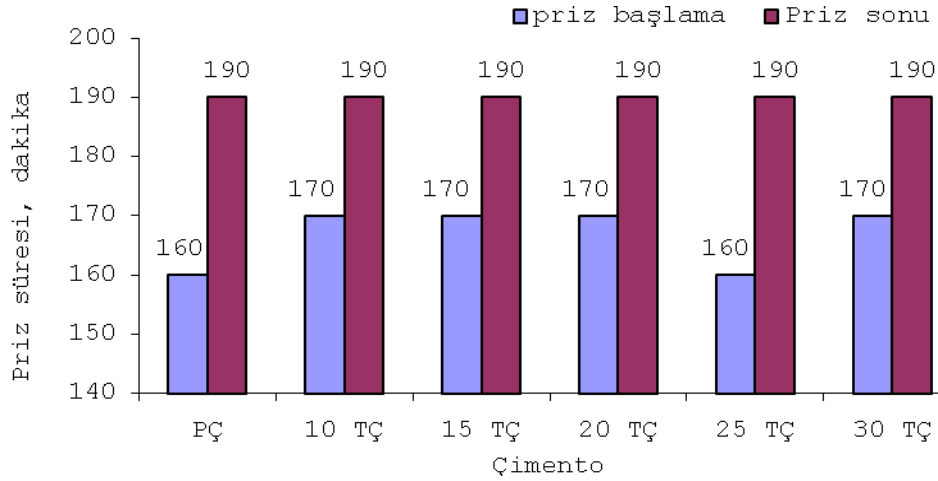


Şekil 2. PÇ ve tras ikameli çimentoların hacim genişleme değerleri
(Figure 2. Volume expansion of portland cement and trass replaced cement)

Çimentoda bulunan fazla miktarda MgO ve CaO zamanla çimento hamurunda genişlemeye yol açmaktadır. Bu genişmeler beton içerisinde çatlama ve hasarlara neden olmaktadır [15]. Çimentodan kaynaklanan hacim genişmelerini belirlemek için Le Chatelier deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre (Şekil 2) en fazla hacim genişleme değeri 10 TÇ kodlu çimento hamurunda 2 mm, PÇ ve diğer ikame oranlarındaki çimento hamurunda ise 1 mm olarak meydana gelmiştir. Sonuçlardan hacim genişmelerinin ortalama 1-2 mm arasında değiştiği ve TS EN 196-3'te belirtilen 10 mm sınır değerinden düşük çıktığı görülmüştür [12].

4.4. Tras İkame Oranının Priz Süresine Etkisi (The Effect of Trass Replaced Ratio on Setting Time)

TS EN 196-3'e göre çimento hamuru örneklerine yapılan deneylerden elde edilen priz başlama ve priz sonu süreleri Şekil 3'de verilmiştir.



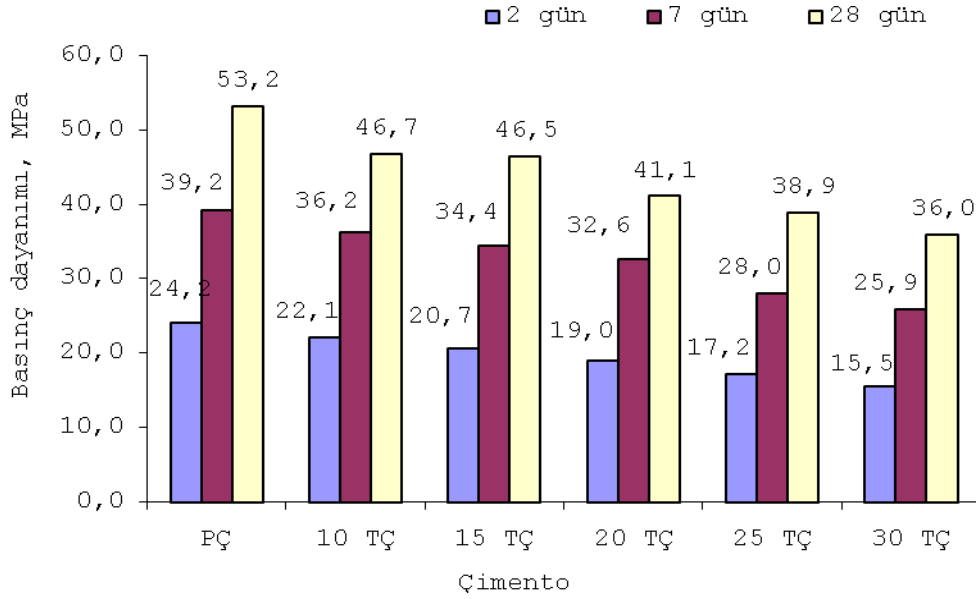
Şekil 3. PÇ ve tras ikameli çimentoların priz süreleri
(Figure 3. Setting time of portland cement and trass replaced cement)

Şekil 3'e göre, priz başlama süreleri kıyaslandığında 160 dakika ile en az sürenin PÇ ve 25 TÇ kodlu çimento hamurunda olduğu görülmektedir. Diğer ikame oranlarında ise 170 dakika olduğu ve priz başlama süresini %6 oranında uzattığı tespit edilmiştir. Priz sonu süreleri ise tüm karışım oranlarında 190 dakika olarak belirlenmiştir. Bu süreler değerlendirildiğinde tüm çimento hamuru örneklerinde minimum priz başlama süresinin (60 dakika) üzerinde sağlandığı ve maksimum priz sonu sürelerinin (600 dakika) altında olduğu görülmektedir [16]. Priz süresinin uygun aralıklarda olmasından dolayı da taze betonun taşınmasında ve yerleştirilmesinde güçlük çekilmeyeceği, dayanımın istenilen zaman aralığında kazanılabileceği, kalıp sökme sürelerinin uygun zamanlarda yapılabileceği ve böylelikle de betonun dış iklim koşullarından etkilenmeyeceği söylenebilir [17].

4.5. Tras İkame Oranının Basınç Dayanımına Etkisi (The Effect of Trass Replaced Ratio on Compressive Strength)

Puzolanlar, betonda klinkerin hidrasyonu sonucu oluşan portlandit ile tepkimeye girmekte ve bu nedenle betona su karıştırıldıktan sonra, bir süre ortamda portlandit'in toplanma süresince PÇ'ye seyreltici bir etki yapmaktadır. Ancak zamanla ortamda portlandit birikmesi, puzolanların da sistemin dayanımını artıran etkilerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, puzolan kullanımıyla betonun erken dayanımında bir düşüş olması beklenmekte, ileriki yaşlardaki dayanımlarının ise PÇ çimento harçlarının sonuçlarına ulaşması hatta bunları geçmesi beklenmektedir [4 ve 6].

TS-EN 196-1'e göre çimento harç örneklerinin basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. PÇ ve tras ikameli çimentoların basınç dayanımları
(Figure 4. Compressive strength of portland cement and trass replaced cement)

Basınç dayanımı test sonuçlarına göre (Şekil 4), tras oranı arttıkça erken dayanım düşmektedir. Bunun sebebi, deney süresinin 28 güne sınırlandırılmış olması ve trasın henüz tamamen hidrate olamaması olarak değerlendirilebilir [6].

PÇ ile üretilen harç örnekleri, kütlece %10 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerine göre; 2 gün sonunda %9, 7 gün sonunda %8 ve 28 gün sonunda %12 oranında bir dayanım düşüklüğü sergilemektedir. %15 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerine göre; 2 gün sonunda %14, 7 gün sonunda %12 ve 28 gün sonunda %13 oranında bir dayanım düşüklüğü sergilemektedir. %20 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerine göre, 2 gün sonunda %21, 7 gün sonunda %17 ve 28 gün sonunda %23 oranında bir dayanım düşüklüğü sergilemektedir. %25 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerine göre, 2 gün sonunda %29, 7 gün sonunda %29 ve 28 gün sonunda %27 oranında bir dayanım düşüklüğü sergilemektedir. %30 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerine göre, 2 gün sonunda %36, 7 gün sonunda %34 ve 28 gün sonunda %32 oranında bir dayanım düşüklüğü sergilemektedir. Bu durum tras ikameli çimento harç örneklerinin dayanım kazanma hızlarının, PÇ'ye göre daha yavaş olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirilirse 2 gün sonunda ortalama basınç dayanımları %10 ve %15 oranında tras içeren çimento ile üretilmiş harç örneklerinde 22,1 ve 20,7 MPa değeri ile minimum basınç dayanımı olan 20 MPa değerinin üzerinde gerçekleşmiştir. 28 gün sonunda ise yine sırasıyla 46,7 ve 46,5 MPa değerleri ile 42,5 MPa olan Cem 1 çimentoları için minimum basınç dayanımı değerinin üzerinde elde edilmiştir. Aynı zamanda tras oranının %20, 25 ve 30 oranlarındaki çimento harçlarının TS EN 197-1'de en düşük dayanım olan 32,5 MPa değerinin üzerinde sağlandığı görülmektedir [16]. Bu durumda özellikle yüksek dayanım gösteren çimentolara göreceli olarak yüksek oranlarda tras katılmasıyla, ilk aşamada daha düşük dayanımlı bir standart çimento elde edilebileceğini ortaya koymaktadır. Ancak uzun sürede bu yöntemle puzolanların özelliklerinden dolayı dayanımdan taviz verilmeden dayanıklılık şartının da sağlanmış olacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre trasın kimyasal analiz sonucunda $S+A+F = 0,84$ olduğundan ($S+A+F > 0,70$ olması istenir) puzolanik olarak istenilen özellikte olduğu tespit edilmiştir. Trasın Blaine değerinin PÇ'ye göre yüksek olması, tane boyut aralığına göre ise PÇ'nin daha ince olması, trasın gözenekli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca trasın özgül ağırlığının daha düşük olması, TÇ'lerin de özgül ağırlığının azalmasına neden olmuştur. Tras katkısı ile su ihtiyacı ve priz süresinde önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir.

Bunların yanı sıra tras ikameli çimento harç örneklerinin dayanım kazanma hızlarının, PÇ'ye göre daha yavaş olduğunu göstermektedir. Çalışmada 28 gün sonunda 10 TÇ kodlu çimento harcında ortalama 46,7 MPa ve 15 TÇ kodlu çimento harcında ortalama 46,5 MPa değerleri ile 42,5 MPa olan Cem 1 çimentoları için minimum basınç dayanımı değerinin üzerinde elde edilmiştir. Yine 20, 25 ve 30 TÇ kodlu çimento harçlarında elde edilen basınç dayanım değerlerini TS EN 197-1'de en düşük dayanım olan 32,5 MPa değerinin üzerinde sağlandığı görülmektedir.

Sonuç olarak kaynakları bakımından zengin bir ülke olan Türkiye'de, tras kullanımı ile ekonomik ve ekolojik denge sağlanmaktadır. Ayrıca trasın ince tane yapısı ve puzolanik özelliğinden dolayı dayanım dışında dayanıklılık faktörü üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir. Bu da kalıcılık da önemli bir parametre olarak ifade edilmektedir. Yapılan çalışmada tras ikameli çimentoların fiziksel özellikleri ve standart çimento deneyleri açısından değerlendirilmiştir. Ancak tras ikameli çimentoların, standart çimento deneyleri yanında ileriki yaşlardaki basınç dayanımları ile yapısal değişikliklerin izlenebildiği FT-IR (yüzey bağları, mineral yapıları), STA (ısı davranışları), SEM-EDX (Yüzey ve mineral yapıları) ve zeta potansiyel (yüzey yükleri(mV)) gibi modern tekniklerle ayrıntılı olarak incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Yazar, bu çalışmadaki katkılarından dolayı Bolu Çimento Fabrikası Yetkililerine ve Selim Topbaş'a teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Koçak, Y., (2010). A Study on the Effect of Fly Ash and Silica Fume Substituted Cement Paste and Mortars. Scientific Research and Essays. 5(9): 990-998.
2. Koçak, Y., Dorum, A., Yılmaz, B. ve Uçar, A., (2010). Trasın Çimento Yüzey Özelliğine, Hidratasyona ve Basınç Dayanımına Etkisi. E-Journal Of New World Sciences Academy Technological Applied Sciences. 5 (1): 1-14.
3. Dorum, A., Yılmaz, B., Koçak, Y. ve Uçar, A., (2010). Puzolan Yüzey Özelliklerinin Çimento Harçlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. E-Journal Of New World Sciences Academy Engineering Sciences. 5 (2): 448-462.
4. Erdoğdu, K., Tokyay, M. ve Türker, P., (1999). Traslar ve traslı çimentolar. TÇMB/AR-GE/Y99.2, Ankara.
5. Türkmenoğlu, A.G. ve Tankut, A., (2002). Use of tuffs from central Turkey as admixture in pozzolanic cements Assessment of their petrographical properties. Cement and Concrete Research. 32: 629-637.
6. Yetkin, Ş. ve Çavdar, A., (2005). Doğal puzolan katkı oranının çimentonun dayanım, işlenebilirlik, katılma ve hacim genleşmesi özelliklerine etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 17 (4): 687-692.

7. Erdoğın, T.Y., (2003). Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim AŞ., Ankara.
8. Shannag, M.J., (2000). High strength concrete containing natural pozzolan and silica fume. Cement & Concrete Composites. 22: 399-406.
9. Canpolat, F., Yılmaz, K., Kose, M.M., Sumer, M., and Yurdusev, M.A., (2004). Use of zeolite, coal bottom ash and fly ash as replacement materials in cement production. Cement & Concrete Composites. 34: 731-735.
10. Targan, S., Olgun, A., Erdogan, Y., and Sevinc, V., (2003). "Influence of natural pozzolan, colemanite ore waste, bottom ash, and fly ash on the properties of Portland cement. Cement and Concrete Research. 33: 1175-1182.
11. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (2002). Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini. TS EN 196-1, Ankara, Türkiye.
12. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (2002). Çimento deney metotları- Bölüm3: Priz süresi ve hacim genleşme tayini. TS EN 196-3, Ankara, Türkiye.
13. ASTM, (1985). Standard specifications for fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as mineral admixture in Portland cement concrete. ASTM C 618-85, Philadelphia, USA.
14. Yang, M., Neubauer, C.M.H., and Jennings, M., (1997). Interparticle potential and sedimentation behavior of cement suspensions: Review and results from paste. Advanced Cement Based Materials. 5 (1), 1-7.
15. Topçu, İ.B. ve Karakurt, C., (2007). Uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun çimento üretiminde katkı olarak kullanımı. 7. Ulusal Beton Kongresi. 395-404, İstanbul, Türkiye.
16. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), (2002). Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. TS EN 197-1, Ankara, Türkiye.
17. Şimşek, O., (2000). Yapı malzemesi II. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye.