

PAPER DETAILS

TITLE: Boraks Pentahidrat Ikamesinin imento Harcinin Ses Geçirme ve Mekanik zelliklerine Etkisi

AUTHORS: Ahmet FILAZI,Muharrem PUL

PAGES: 604-610

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2256101>

Boraks Pentahidrat İkamemesinin Çimento Harcının Ses Geçirme ve Mekanik Özelliklerine Etkisi

Effect of Borax Pentahydrate Substitution on Soundproofing and Mechanical Properties of Cement Mortar

Ahmet Filazi¹ , Muharrem Pul² 

¹Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 71450 Kırıkkale, TÜRKİYE

²Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 71450 Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 16/02/2022

Kabul / Accepted: 28/06/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Bor madeni bakımından ülkemizin oldukça zengindir. Betonda boraks pentahidrat kullanımı ile ilgili çalışmanın az sayıda olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, boraks pentahidrat, çimento içerisine ağırlıkça 5, 10, 15, 20 ve %25 oranında ikame edilerek üretilen çimento harçlarının özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla çimento harçlarında ses geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı özelliklerinin incelenmesi amacıyla için mekanik ve fiziksel bazı deneyler yapılmıştır. Yapılan test ve deneyler sonucunda, boraks pentahidrat kullanımının çimento harçlarında eğilme ve basınç dayanımı değerlerini düşürdüğü gözlenmiştir. Boraks pentahidrat ikameli çimento harçları içerisinde en yüksek eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve ultrasonik ses hızı geçişinin, %5 boraks pentahidrat ikameli harçlardan elde edildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Boraks Pentahidrat, İşlenebilirlik, Eğilme ve Basınç Dayanımı, Ultrasonik Ses Hızı Ölçümü”

Abstract

Our country is very rich in terms of boron mine. It has been observed that there are few studies on the use of borax pentahydrate in concrete. In this study, the properties of cement mortars produced by substituting borax pentahydrate in cement at 5, 10, 15, 20 and 25% by weight were investigated. For this purpose, some mechanical and physical experiments were carried out to examine the sound transmission velocity, flexural and compressive strength properties of cement mortars. As a result of the tests and experiments, it was observed that the use of borax pentahydrate decreased the flexural and compressive strength values in cement mortars. It was determined that the highest flexural strength, compressive strength and ultrasonic sound velocity transmission among borax pentahydrate substituted cement mortars were obtained from 5% borax pentahydrate substituted mortars.

Key Words

“Borax Pentahydrate, Workability, Flexural and Compressive Strength, Ultrasonic Sound Velocity Measurement”

1. Giriş

Modern Bor Endüstrisinin 13. yy'a kadar dayandığı bilinmektedir. Türkiye'de ilk olarak Balıkesir'in Susurluk ilçesinde bor minerali tespit edilmiştir. İlerleyen yıllarda MTA ve ETİBANK gibi milli kurumlar ile bor minerali arama ve işletme faaliyetlerine başlamıştır. Ülkemizde halen ETİMADEN tarafından bor araştırmaları devam etmektedir. Dünyada bor madeni rezervleri ve üretimi açısından en fazla olduğu ülke Türkiye ve ABD'dir. Bor elementi üretimi bakımından, Rusya % 23, USA % 28, Türkiye % 33, ve diğer ülkeler % 16 seviyelerindedir. (Altun F.,2005).

Doğada serbest halde bulunmayan bor elementinin %19.8 B₁₀ ve %80.2 B₁₁'den oluşan, atom ağırlığı 10.81, atom numarası 5 olan, yarı iletken özellik gösteren elementtir. (Binici H, Sevinç A. H. ve Durgun M. Y., 2010). Bor elementinin minerallerinde bor oksit ikamesi ile, kalsiyum, sodyum ve magnezyum elementlerinden oluşur ve hidrat bileşikleridir. Tinkal (Na₂B₄O₇·10H₂O), Boraks Pentahidrat (Na₂B₄O₇·5H₂O), Kolemanit (2CaO·3B₂O₃·5H₂O) ve Üleksittir (NaCaB₅O₉·8H₂O) sahip bor elementi ticari ürüne sahiptir. Bor elementinin zenginleştirilmesi sırasında atıklar ortaya çıkmakta ve bu atıklarda çevre problemleri ortaya çıkmaktadır (Erdoğan E., 2006). Bor elementinin farklı türleri betonun içerisine doğrudan ikame edilmeyerek, bağlayıcı olan çimentoya ikame edilmiştir (A. Uğurlu vd., (2004). Boraks atığının çimento ikamesi ile, priz süresinin uzadığı ve betonun basınç dayanımında azalmalar olduğunu ifade etmişlerdir. Borlu çimentolarda, bor ikamesinin hidratasyon süresini uzattığı ve priz süresini geciktirici olarak, bor elementini kullandıkları yaptıkları araştırmada söylemişlerdir (Pehlivanoglu H. E. vd., (2013). Kula vd. (2002) yaptıkları çalışmada, %1 tinkal cevheri atıkları ile çimentonun yer değiştirilmesiyle ilgili çalışmada, Portland çimentosunun özelliklerinde iyileşmeye neden olduğunu, priz süresini gecikme meydana gelse de çimento içerisinde %5'e kadar ikame edebileceğini söylemişlerdir. Targan vd. (2003) yaptıkları çalışmada, %4 kolemanit atığı ve puzolonik malzemelerle yaptıkları çalışmada, düşük puzolan içeren çimento ile ikame edilenlere göre, dayanımlarının yüksek olduğunu yaptıkları çalışmada söylemişlerdir. Buda bize puzolonik katkılarla ile bor atıklarının bir arada kullanılmasının çimentonun özelliklerini iyileştirmede daha iyi olacağını ifade etmektedir. tinkal ve kolemanit zenginleştirilmesine, ortaya çıkan atığın çimento içerisine ikame ederek yaptıkları çalışmada, tinkal üretimi atığının mekanik dayanımında artışlara ve radyoaktif geçirgenlikte azalmalara yol açtığını belirtmişlerdir (Boncukoğlu vd. (2001, 2002). Kolemanit elde ederken çıkan atıkların ise, çimento bünyesindeki tabii alçı taşı yerine kullanarak, çimento harcı ve betonda priz süresini uzadığını yaptıkları çalışmalarda ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, Boraks Pentahidrat, %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 ikame edilerek kompozit çimento harç örnekleri üretilmiştir. Üretilen bu harç örnekleri üzerinde, işlenebilirlik, eğilme ve basınç dayanımı ve ultrasonik ses hızı ölçümü deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2. Deneysel Çalışma

2.1. Malzeme

Yapılan çalışmada, Boraks Pentahidrat ikameli çimento harcında, CEM I 42.5 R Portland çimentosu (PÇ), standart kum ve içme suyu kullanılmıştır. PÇ'nun, kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (TS EN 197-1).

Tablo 1. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Bileşim (%)								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Na ₂ O +0,658 × K ₂ O
21,02	5,38	3,22	62,12	1,98	0,39	0,81	3,11	0,92
Fiziksel Özellikler								
Yoğunluk (g/cm ³)			Blaine inceliği (cm ² /g)			Yanma kaybı (%)		
3,18			3356			2,37		

Bu çalışmadaki boraks pentahidrat, ETİMADEN İşletmeleri Genel Müdürlüğünden temin edilen bor mineralidir. Tablo 2'de Boraks Pentahidrat Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri verilmiştir.

Tablo 2. Boraks Pentahidrat Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kimyasal Özellik	Değer	Fiziksel Özellik	Değer
B ₂ O ₃	47,80-49,00 (%)	Yoğunluk	1,81 g/cm ³ (20 °C)
Na ₂ B ₄ O ₇ ·5H ₂ O	100,00-102,51 (%)	Molekül Ağırlığı	291,35 g/mol
Na ₂ O	21,36-21,81 (%)	Erime Noktası	741 °C
SO ₄	200 max. (ppm)	Kaynama Noktası	1575 °C
Cl	70 max. (ppm)		
Fe	3 max. (ppm)		
Suda çözünmeyenler	150 max. (ppm)		

Çalışma sırasında, TS EN 196-1'e standardına göre, boraks pentahidrat ikameli çimento harç numuneleri üretilmiştir. Çimento harç üretiminde çimento ağırlığının %0 şahit, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranında Boraks Pentahidrat ile örnek numuneler üretilmiştir. Tablo 3'de üretilen harç numune örneklerinin malzeme oranları gösterilmiştir.

Tablo 3. Karışıma giren malzeme miktarı (g)

Bileşenler	Kontrol	B5	B10	B15	B20	B25
Su	225	225	225	225	225	225
Çimento	450	427.5	405	382.5	360	360
Boraks pentahidrat	0	22.5	45	67.5	90	112.5
Rilem Cembureau Standart Kumu	1350	1350	1350	1350	1350	1350

Boraks pentahidrat ikameli, çimento harç örneklerinin işlenebilirliğini tespit etmek için, yayılma tablasında 110 ± 5 yayılmayı sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Yayılma deneyleri, alt çapı ve üst çap ölçüleri 100 mm ile 70 mm ve boyu 60 mm olan kesik koni ile yapılmıştır. Harç, kesik koni içine iki tabaka halinde yerleştirilerek sıkıştırılmıştır. Deney sonunda oluşan çap ölçülerek ortalaması alınmıştır (ASTM C109, 2016). Şekil 1’de mekanik dayanım ve ses geçirme hızı deneylerinde kullanılan $40 \times 40 \times 160$ cm boyutundaki çimento harçları ve mekanik deneylerin yapılışı gösterilmektedir.

**Şekil 1.** Boraks Pentahidrat ikameli çimento harçları ve mekanik deneyler

2.2. Eğilme ve basınç dayanımının belirlenmesi

Boraks Pentahidrat ikameli çimento harçları için 7 gün ve 28 gün içme suyunda bekletilen $40 \times 40 \times 160$ mm boyutundaki çimento harçları kür havuzundan çıkartılmıştır. Daha sonra (50 ± 10) N/s yükleme değerindeki eğilme presisi ile eğilme deneyleri ve (2400 ± 200) N/s yükleme değerindeki basınç presisiyle de 40×40 mm kesitindeki numuneler üzerinde basınç deneyleri yapılmıştır (TS 196-1).

2.3. Ultrases geçiş hızı deneyi

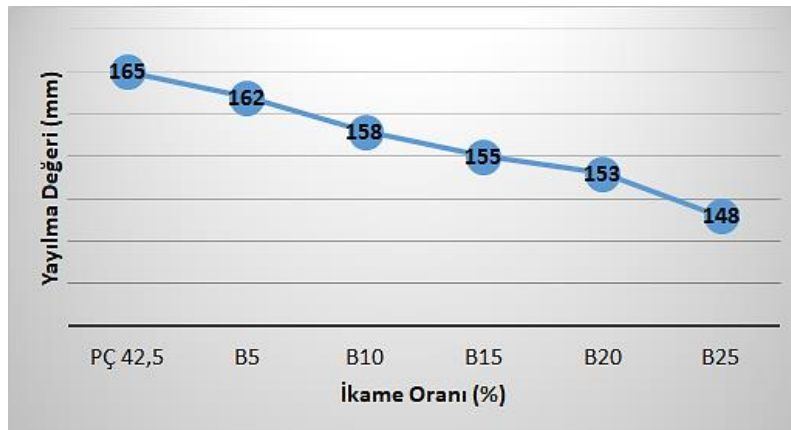
Kullanılan deney cihazı, 55 kHz’lık ses dalgasını, iki güç çevirici harç numune örneklerinin yüzey kısmına yerleştirerek, Ultrasonik test cihazından, ses geçiş süresi (t, μ s) okunarak, ses geçiş hızı (Vs, km/s) hesaplama yöntemi ile tüm örneklerle uygulanarak veri sonuçları değerlendirilmiştir (ASTM C 597).

3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada, çimento harçlarının yayılma değerleri (işlenebilirlik), boraks pentahidrat ikameli çimento harç örnek numunelerinin, 7 gün ve 28 günlük eğilme, basınç dayanım deneyleri ve ultrases geçiş hızı deney veri sonuçları değerlendirilmiştir.

3.1. Yayılma deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Belirli oranlarda boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarının, yayılma tablasında TS EN 196-1’e standardına göre yapılan yayılma deneyinden elde edilen veriler ile oluşturulan grafik Şekil 2’de verilmiştir.

**Şekil 2.** Boraks Pentahidrat İkameli Çimento Harçlarının Yayılma değerleri

Şekil 2’de görüldüğü üzere boraks pentahidrat ikame oranı arttıkça, yayılması azalmaktadır. Boraks pentahidrat ikameli üretilen kompozit harç örneklerinin işlenebilirliği azaltmış, ikame oranı arttıkça yayılma değerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bunun en büyük sebebi bor miktarı arttıkça su ihtiyacının artmasıdır. Kolemanit konsantratör atıklarıyla ilgili çimento harç örneklerinin üretiminde yaptığı çalışmada, borlu aktif belit çimentosu ile düşük hidratasyon ısı çimentoların daha ziyade düşük yüzey/hacim oranlı yapı elemanları benzeri kütle betonlarında kullanılmasının daha uygun olduğunu ifade etmiştir (Eyyüboğlu, S., (2013). Ustabaş (2012) Kolemanit ve üleksit ile yaptıkları çalışmada, her iki bor mineralinin çimentonun priz süresini artırdığını, üleksit mineralinin kolemanit mineraline kıyasla priz başlama süresini daha fazla artırdığını, eğilme ve basınç dayanım değerlerinde herhangi bir artışın olmadığını ifade etmişlerdir. Kolemanit harcı içerisindeki karışım suyunu bağlayarak harcın kıvamının azalmasına dolayısıyla harcın kıvamını azaltma özelliği olduğu belirtmişlerdir.

Bor ikameli üretilen çimento harç örneklerinde, PÇ’na göre çok düşük hidratasyon ısı açığa çıktığından dolayı, sıcaklıkla oluşabilecek çatlakları önlemede, akışkanlığı yüksek olan betonların ve hidratasyon ısını kontrol etmek için çok ideal bir mineral katkı malzemesi olarak kullanılabilir.

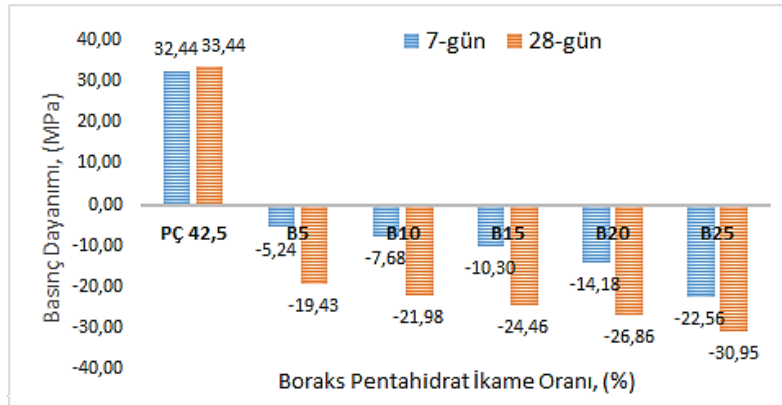
3.2. Basınç ve eğilme dayanımları deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Belirli oranlarda boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarının, TS EN 196-1’e uygun şekilde basınç ve eğilme dayanımları testlerinden elde edilen değerler Tablo 4’te gösterilmektedir.

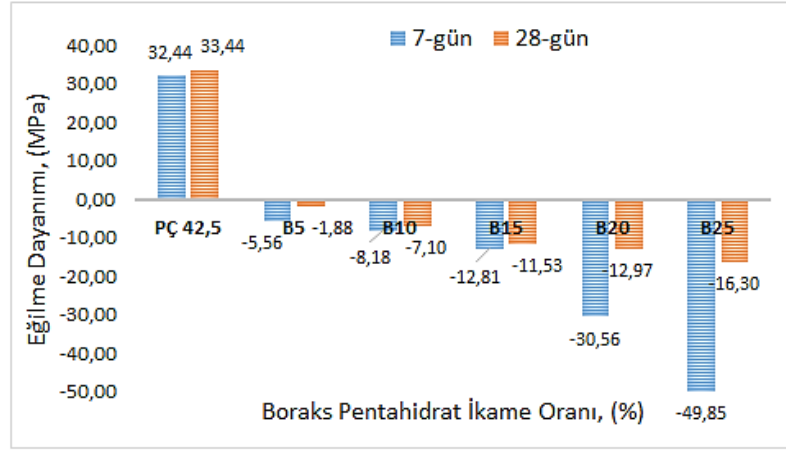
Tablo 4. Boraks pentahidrat İkameli Harçların 7 ve 28 Günlük Ortalama Basınç ve Eğilme Dayanımı Değerleri

Boraks Pentahidrat İkame Oranı	Basınç Dayanımı (MPa)		Eğilme Dayanımı (MPa)	
	7-gün	28-gün	7-gün	28-gün
PÇ 42,5 (%0)	32,44	52,50	6,48	9,02
B5 (%5)	30,74	42,30	6,12	8,85
B10 (%10)	29,95	40,96	5,95	8,38
B15 (%15)	29,10	39,66	5,65	7,98
B20 (%20)	27,84	38,40	4,50	7,85
B25 (%25)	25,12	36,25	3,25	7,55

Tablo 4’te de görüldüğü gibi 7 günlük boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarının basınç ve eğilme dayanımları %0 ikameli PÇ 42,5 referans numuneyi (32.44 MPa) dayanımının altında kalmıştır. Bunun sebebi boraks pentahidratın ilk günlerdeki puzolonik reaksiyon tepkimesinin düşük olmasıdır. Boraks pentahidratın, çimento içerisine ikame oranı arttıkça eğilme ve basınç dayanım değerlerinde azalmalar yapılan çalışmada tespit edilmiştir. 28 günlük Boraks pentahidrat ikameli çimento harçların arasında en yüksek dayanımın %5 ikame oranında olduğunu görmekteyiz. Boraks pentahidratın ikame oranının artması ile eğilme ve basınç dayanımlarında azalma gözlemlenmiştir. Şekil 3 ve 4’te 7 ve 28 günlük Boraks pentahidratın ikameli çimento harcı basınç dayanımlarının PÇ 42,5 referans numuneye göre (%) cinsinden değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3. Boraks Pentahidrat İkameli Çimento Harçlarının Basınç Dayanımları yüzde değişimi



Şekil 4. Boraks Pentahidrat İkameli Çimento Harçlarının Eğilme Dayanımları yüzde değişimi

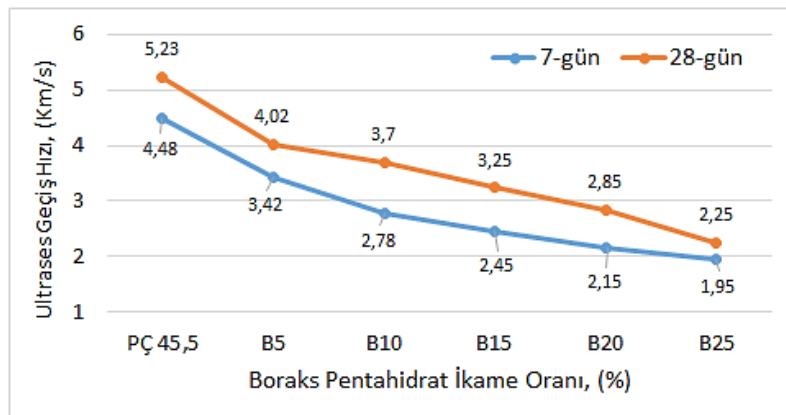
Şekil 2 ve Şekil 3' teki grafikler incelendiğinde, eğilme ve basınç değerleri incelendiğinde şahit numuye göre dayanım değerleri düşük çıkmıştır. Boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarına göre kıyas yapıldığında en yüksek basınç dayanımı %5 ikameli (42,30 MPa), en düşük basınç dayanımı ise %25 ikame oranında tespit edilmiştir. Eğilme dayanımı da basınç dayanımına benzer şekilde gerçekleşmiştir. Boraks pentahidrat oranını artması ile basınç dayanımı arasında ters orantılık söz konusudur.

Literatürde yapılan çalışmada (Özdemir, M., Öztürk, N.U.,2003), bor içeren kil atık ikameli çimentoda katkı malzemesi olarak kullanımı araştırılmıştır ve bu araştırma sonucunda, Türk Standartları (TS) değerleri mukayese yaparak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme sonucunda, %5 ve %10 kadar çimento katkısı olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Aydın (2009) yaptığı çalışmada kolemanit atığının çimento ile %3, %5, %10 ve %15 oranında ikame etmişlerdir. Yapılan bu çalışmanın dayanım sonucunda %3 ve %5 bor ikamesini dayanım özelliklerini geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Bor atığının, mineral katkı olarak betonda kullanılabileceği yaptıkları çalışmada söylemişlerdir. Olgun vd. (2007), kolemanit atığının alçıtaşı yerine kullanılmasıyla priz süresinin artırdığını, harç örneklerinin ilk günlerde basınç dayanım değerinin düşük olduğunu yaptıkları araştırmada söylemişlerdir. Fındık (2007) yapılan bir araştırmada ise, çimento ve beton için mineral katkısının olarak, bor atığının %3 ve %5 oranında kullanılmış ve bor katkılı örnek numunelerin, şahit numunelerden daha düşük rötre yaptıklarını bor ikameli harç örneklerinin kontrol numune örneklerine göre %40 daha düşük rötre değeri verdiğinden dolayı rötre azaltıcı katkı olarak kullanılabileceği söylemişlerdir. Benk ve Çoban (2012) yaptıkları çalışmada, %2.5 boraks eklenerek yapılan sertleşmiş H₃PO₄ veya NH₄NO₃ melas bağlayıcının çimento veya harca alternatif olabileceği sonucuna varmışlardır.

Sonuç olarak, yapılan çalışma ve literatür incelendiğinde, bor atıklarının betonun dayanımını ve kıvamını arttırmak için mineral katkılar betona veya çimentoya ikame edilebileceği yapılan çalışma göstermiştir. Ayrıca boraks pentahidrat ikame edilen çimentonun hidratasyon ısını düşürerek, özellikle kütle betonu gibi betonların bazı özelliklerini iyileştirileceği düşünülmektedir.

3.3.Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçlarını değerlendirilmesi

ASTM C 597 standardında beton katilerinin ultrases geçiş hızı değerleriyle yapılan karşılaştırmaları Tablo 5'te, belirli oranlarda boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarının, 7 ve 28 günlük ultra ses geçiş hızlarına ait ölçüm sonuçları ise Şekil 5'teki grafikte verilmiştir.



Şekil 5. Boraks Pentahidrat İkameli Çimento Harçlarının Ultrases Geçiş Hızları

Tablo 5. Ultrases Geçiş Hızı Değerleri

Hız (km/s)	≥4.5	3.5-4.5	3.0-3.5	2.0-3.0	≤2.0
Beton kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf

Şekil 5’te verilen ultrasonik ses hızı deney very sonuçları incelendiğinde, referans numunenin 7 ve 28 günlük değerleri “mükemmel” olarak, %5, %10 ve %15 boraks Pentahidrat ikameli çimento harçların 28 günlük “iyi” olarak değerlendirilmiştir. Neville, (1990) yaptığı araştırmasında; ses geçiş hızı değeri 3,5-4,5 Km/s arasında olan betonlar için iyi kalitededir. Elde edilen ultrases geçiş hızı değerlerine göre, %20 ve %25 ikameli numuneler ise “zayıf” olarak tespit edilmiştir. Boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarında en yüksek ses hızına, %5 Boraks Pentahidrat içeren numunelerde ulaşıldığı yapılan çalışmada görülmüştür. Ultrases geçiş hızının en yüksek kontrol numunesinde olduğu, en düşük ise %25 ikameli çimento harcı numunesinde olduğu ortaya çıkmıştır. Üretilen boraks pentahidrat ikameli çimento harç örneklerinin ultrases geçiş hızı süreleri için % 3,87-4,15 Km/s arasındaki katkılar için 3,63-4,89 Km/s arasında ve kür-katkı yüzdesinin ise 3,63-4,80 aralığında kaldığı için üretilen numunelerin iyi kalitede Kabul edilebileceği anlaşılmaktadır. Erdoğan, E.,(2006) kolemanit konsantratör atığı ikamesi ile yaptığı çalışmada, çimento harcı karışımlarının ikamesiz çimentoya göre daha fazla suya ihtiyacı olduğunu, basınç dayanım değerlerinin ise ikamesiz çimento harcından daha düşük çıktığını söylemişlerdir. Ayrıca kolemanit konsantratör ikamesini priz süresini artırdığı, basınç dayanımını düşürdüğünü yapılan çalışmada ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak yapılan katkı ile birlikte çimento kullanım özelliklerine göre avantaj ve dezavantajlar sağlamıştır. Ayrıca bazı sonuçların düşük olmasına rağmen standartların üzerinde olduğu ve ekonomik olması sebebiyle üretilmesi herhangi bir sakınca yoktur.

4. Sonuçlar

Boraks Pentahidrat ikameli Çimento Harçları için yapılan çalışmanın genel sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- 7 günlük en yüksek basınç dayanımı değeri referans numunesi en düşük basınç dayanımı değerini hidrasyon süresi uzun olan Boraks Pentahidrat ikame oranı en yüksek numune vermiştir. Boraks Pentahidrat erken yaş dayanımını azaldığı yapılan çalışmada görülmüştür.
- Boraks pentahidrat miktarının artmasıyla, işlenebilirliği düştüğünü ve çimento harçlarının daha fazla suya ihtiyacı olduğu yapılan çalışmada ortaya çıkmıştır.
- 28 günlük basınç ve eğilme dayanımları incelendiğinde, ikamesiz çimento harcının eğilme ve basınç dayanımı en yüksek elde edilmiştir. İkameli çimento harcı dayanım değerlerinde en yüksek dayanımı ise, %5 ikame oranında olduğunu görmekteyiz.
- Boraks pentahidrat ikameli çimento harçlarının ultrases geçiş hızı verileri ile basınç dayanımı verilerinin sonuçları kıyaslandığında %5 Boraks pentahidrat içeren çimento harcı numunelerin olduğu gözlemlenmiştir.
- Ultrases geçiş hızı üretilen numunelerden ne kadar hızlı geçerse numunelerin içerisindeki boşluk oranı o kadar az demektir. Ultrases hızına bakıldığı zaman, çimento harçlarının basınç dayanımı ile kıyas edildiğinde, ses geçiş hızı yüksek olan beton basınç dayanımını daha iyi, hızı düşük olan numunelerde ise basınç dayanımı daha az dayanıklı olduğu söylenebilir.
- Bor minerallerinin zenginleştirirken ortaya çıkan atıkları, canlılara ve çevreye verdiği zararları en aza indirgeyerek, bor atıklı kompozit malzemelerin üretilmesi, enerji tüketiminin azaltılması buna bağlı olarak maliyetlerin düşmesi, sürdürülebilir kompozit çimentolu bağlayıcılar üretilmiş olacaktır.
- Betonun dayanımını ve kıvamını arttırmak için bu tür bor mineralleri betona ikame edilebilir. Boraks İkame edilen çimentonun hidrasyon ısısını azaltarak, özellikle kütle betonu gibi betonların bazı özelliklerini iyileştirildiği görülmüştür.
- Bor ikameli üretilen çimento harç örneklerinde, PÇ’na göre çok düşük hidrasyon ısısı açığa çıktığından dolayı, sıcaklıkla oluşabilecek çatlakları önlemede, akışkanlığı yüksek olan betonların ve hidrasyon ısısını kontrol etmek için çok ideal bir mineral katkı malzemesi olarak kullanılabilir.

Referanslar

Altun F (2005). Bor. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, 1: 80, Ankara

ASTM C597-16, Betondan Darbe Hızı için Standart Test Yöntemi, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org

ASTM C109 / C109M - 16a, “Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”, (2016).

Aydın U (2009). Kolemanit Atığının Beton Dayanımına Olan Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.

Benk, A. ve Çoban, A., (2012). Possibility of producing lightweight, heat insulating bricks from pumice and H3PO4- or NH4NO3-hardened molasses binder. *Ceramics International* ,38 (2012) 2283–2293.

- Binici H, Sevinç A H ve Durgun M Y (2010). Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), Kahramanmaraş
- Boncukoglu, R., vd., (2001), Utilization of borogypsum as set retarder in portland cement production, Cement and Concrete Research, 32, 471- 475.
- Boncukoglu, R., vd., (2002). “Utilization of trommel sieve waste as an additive in portland cement production”, Cement and Concrete Research, 32, 35 - 39.
- Erdoğan E (2006). Çimento Bor Katkısı, Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu İlavesiyle Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Erdoğan, E. (2006). “Çimento Bor Katkısı, Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu İlavesiyle Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).
- Eyyüboğlu, S., (2013), “Kolemanit Konsantratör Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 130s.
- Fındık A (2007). Kolemanit Konsantratör Atığının Beton ve Harç Numunelerinin Bazı Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay
- Kula I., Olgun A., Sevinc V., Erdogan Y. (2002). .An investigation on the use of tincal ore waste, fly ash and coal bottom ash as Portland cement replacement materials. Cem. Concr. Res. 32, pp. 227– 232.
- Pehlivanoglu H. E. vd, (2013). “The Effect of Boron Compound to Setting Time of Cement and Controllability., SDU International Technologic Science Vol. 5, No 3, December 2013 pp. 39-48.
- Olgun A ve Erdoğan Y (2001). Etibor Bandırma Borik Asit İşletmesi Atıklarının Seramik Endüstrisinde Kullanımı. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. Sayı 2 Kütahya: 58-61
- Özdemir, M., Öztürk, N.U., (2003), “Utilization of clay wastes containing boron as cement additives”, Cement and Concrete Research, 33, 1659–1661.
- Targan Ş., Olgun A., Erdoğan Y., Sevinç V. (2003). Influence of natural pozzolan, colemanite ore waste, bottom ash, and fly ash on the properties of Portland cement. Cem. Concr. Res. 33, pp. 1175-1182,
- TS EN 197-1, Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, 2012.
- TS EN, T. 196-1, Methods of testing cement–Part 1: Determination of strength. Turkish Standard Institution, Ankara, 2016.
- TS EN 1015-3, (2000).Kagir Harcı Deney Metotları-Bölüm 3: Taze Harç Kıvamının Tayini(Yayılma Tablası ile). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Uğurlu vd., (2004). “Bor İçeren Kil Atıkların Çimento İçerisinde Değerlendirilmesi. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül 2004 Eskişehir Türkiye”.
- Ustaş, İ., (2012). Kolemanit ve Üleksitin Çimentoda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Rize Üniversitesi, ss:367-375 Uyanık, O., Gülay, F.G. ve Tezcan, S., 2012.