

Cem I, Cem IIIa ve Borlu Çimento Harçları Üzerine Farklı Agresif Koşulların Etkisi

Hasbi YAPRAK^{1*}, İlhami DEMİR², Gökhan KAPLAN¹

¹Kastamonu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İnşaat Programı, Kastamonu
²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale

ÖZET

Bu çalışmada deniz suyu ve amonyum nitrat gibi farklı etkilere maruz kalmış çimento harçlarının direnci araştırılmıştır. Borlu, CEM I ve CEM III/A çimentoları kullanılarak çimento harç numuneleri hazırlanmıştır. Çimento harçlarının genleşme değerlerini belirlemek için 25 x 25 x 285 mm boyutunda harç çubukları, basınç dayanımları için 40x40x160 mm boyutunda prizmalar üretilmiştir. Harç numuneleri %5'lik amonyum nitrat çözeltisi, içme ve deniz suyu olmak üzere üç farklı koşulda, 20±3 °C sıcaklıkta 2, 7, 14, 28 ve 90 gün süreyle bekletilmiştir. Tüm ortam koşulları ve yaşlarda en düşük genleşme CEM III/A çimentolu harçlarda bulunmuş, hem deniz suyu ve hem de amonyum nitratlı ortamlara karşı CEM III/A çimentolu harçların daha yüksek direnç sağladığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deniz suyu, amonyum nitrat, genleşme, basınç dayanımı, borlu çimento

The Effect of Different Aggressive Condition on Mortars of Cem I, Cem II and Boron Cement

ABSTRACT

This study investigates the sea water and ammonium nitrate resistance of cement mortars when subjected to different exposure conditions. Cement mortar samples were prepared using Boron, CEM I and CEM III/A cements. Mortar specimens were stored under three different conditions: continuous curing in lime-saturated tap water, continuous exposure to sea water, and continuous exposure to 5% ammonium nitrate solution (AN), at a temperature of 20±3 °C, for 2, 7, 14, 28 and 90 days. Prisms with dimensions of 25x25x285 mm, to determine the expansions of the mortar samples; and another set of prisms with dimensions of 40x40x160 mm, were prepared to calculate the compressive strength of the samples. For all environmental conditions and ages, the lowest expansion is found for CEM III/A cement mortars. It has been observed that CEM III/A cement mortars have the highest resistance for both sea water and environments with ammonium nitrate.

Keywords: Sea water, ammonium nitrate, expansion, compressive strength, boron cement

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çimento üretiminin 2050 yılında 3.69 - 4.40x10⁹ ton arasında olacağı tahmin edilirken, küresel CO₂ emisyonunun da yaklaşık olarak %5-8'inin çimento üretiminden kaynaklanacağı tahmin edilmektedir [1,2].

Enerji tüketiminin azaltılması, çevrenin ve doğal kaynakların korunması sürdürülebilir bir kalkınma açısından irdelenmesi ve önemsenmesi gereken konulardır. Bu çerçeveden bakıldığında çimento sektörü, üretimde enerji tüketiminin ve CO₂ emisyonlarının azaltılması için bir zorlamaya karşı karşıyadır [3,4].

Dayanıklılık çimento esaslı kompozit malzemelerin ve beton yapıların servis ömrünü tanımlayan en önemli mühendislik özelliğidir ve dış ortam koşulları ile etkileşimi sonucu zarar görebilir veya tamamen kaybolabilir [5].

Deniz suyu yapı malzemeleri için önemli ölçüde zararlıdır; tuz bileşikleri malzemeye nüfuz ederek malzeme içerisinde kristalleşir, malzemenin fiziksel yapısı-

nın bozulmasına neden olur, durabilitesini etkiler ve servis ömrünü azaltır [6].

Amonyum nitrat çimentolu kompozitler üzerinde oldukça korozif bir etkiye sahiptir ve çimento esaslı malzemelerin çözünmesine yol açar. Reaksiyon ürünleri olan Ca(NO₃)₂ ve NH₃ ürünleri oluşur, her iki üründe suda kolaylıkla çözünür. Ca(OH)₂ ve C-S-H'in yıkanması betonun mekanik dayanımında düşüşe neden olur. Ca(NO₃)₂ hidrate alüminatlarla reaksiyona girerek genleşen kalsiyum-nitro-alüminatı (3CaO.Al₂O₃.Ca (NO₃)₂.10H₂O) oluşturur [7-9].

Portland esaslı çimentolarla karşılaştırıldığında, belite çimentolarının; CO₂ emisyonlarının azaltılması, daha az enerji tüketimi (1450 yerine 1350 °C), sülfat ve asit saldırılarına karşı daha dayanıklı olması ve daha düşük hidratasyon ısısına sahip olması nedeniyle büzülme problemlerini azaltması gibi önemli mekanik ve çevresel avantajları vardır [10-12].

Çalışmada bor içeren ve ilk kez ülkemizde üretilen Borlu çimento ile yaygın olarak kullanılan CEM I ve CEM III/A çimentolarının dış ortam etkilerine dayanıklılığı araştırılmıştır. Bu amaçla üç farklı çimento

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: hyaprak@kastamonu.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17Sayı 1, 9-12

kullanılarak harç çubukları ve prizmalar üretilmiş, numuneler değişik sürelerde içme suyu, deniz suyu ve amonyum nitrat içerisinde bekletilmiş, numunelerin boy değişim ve basınç dayanımı özellikleri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Araştırmada; TS EN 196-1'e [13] uygun standart kum, Borlu çimento (BC), CEM I (42.5N) (PC), CEM III/A (42.5N) (SC) çimentoları ve içme suyu kullanılmış, çimentoların kimyasal ve fiziksel özellikleri ise Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca harç numunelerin bir bölümü özellikleri Çizelge 2'de kimyasal özellikleri verilen deniz suyu içinde olgunlaştırılmıştır.

Çizelge 1. Çimentoların kimyasal ve fiziksel özellikleri

Çimento	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Yoğunluk (g/cm ³)	İncelik (cm ² /g)
CEM I	62,03	20,03	5,17	3,53	2,70	2,35	0,60	0,78	3,06	3593
Borlu	60,70	20,20	4,95	3,23	2,35	1,46	0,32	0,68	3,04	3651
CEM III/A	58,64	21,80	6,80	2,42	2,29	4,20	0,19	1,00	3,00	4411

Çizelge 2. Deniz suyunun kimyasal özellikleri

Bileşenler	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ⁺²	NH ₄	CO ₂	NH ₃
Miktar (mg/l)	980	2850	2518	8010	503	0,005	5,21	0,38

Çimento hamurlarının kıvam, priz süresi ve hacim genişmesi değerleri TS EN 196-3' e [14] uygun olarak belirlenmiştir. Çimento harç karışımları, standart kum, çimento ve su oranları sırasıyla 3:1:0.5 olacak şekilde hazırlanmıştır.

Harç numuneleri TS-EN 196-1'e [13] göre 40 x 40 x 160 mm boyutunda harç kalıpları kullanılarak üretilmiştir. Her seri için üç adet numune dökülmüştür. Harç çubuklarının boy değişimini saptamak için ASTM C 1012-95'e [15] göre 25 x 25 x 285 mm boyutunda harç çubukları üretilmiştir. Numuneler 20 °C oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkartılmış, içme suyu (İS), deniz suyu (DS) ve %5'lik amonyum nitrat çözeltisi (AN) içinde 20±3 °C sıcaklıkta 2, 7, 14, 28 ve 90 gün süreyle olgunlaştırılmıştır.

Farklı katkı oranına sahip çimento hamurlarının genişleme ve priz sürelerinin tayini TS-EN 196-3 [14] standardına uygun olarak, değişik ortamlarda olgunlaştırılan prizmaların 2, 7, 14, 28, ve 90 günlük basınç dayanımı testleri ise TS-EN 196-1'e [13] göre yapılmıştır.

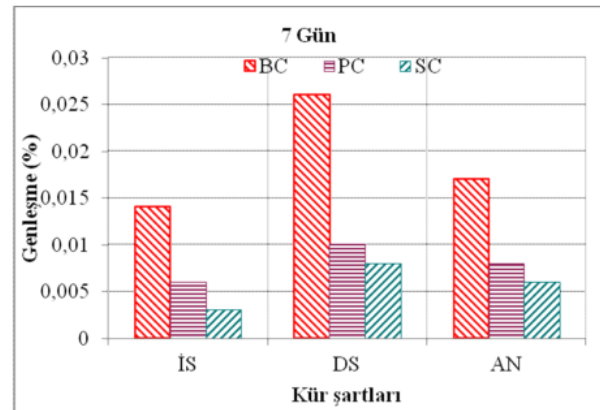
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Çimento hamurlarının kıvam, priz ve genişleme özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. BC'nin priz sürelerinin çimentonun bekletilme süresinden etkilendiği görülmektedir. İncelik nedeniyle SC'nin kıvam suyu gereksinimi artış göstermiştir.

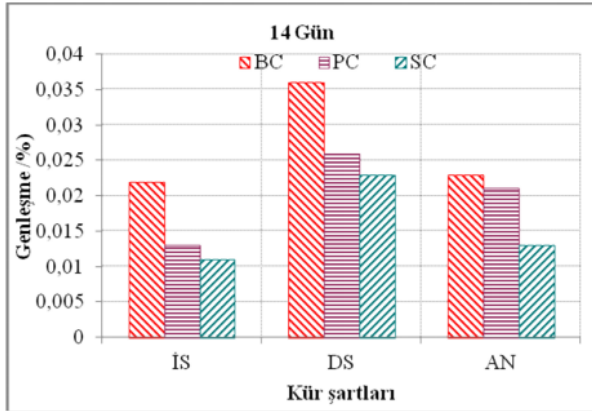
Çizelge 3. Çimentoların priz süreleri ve genişmelerine ait özellikleri

Çimento	s/ç oranı	Priz başlangıcı (Saat)	Priz sonu (Saat)	Genişleme (mm)
Borlu çimento	29	03:05	03:40	1
CEM I 42.5 N	28	03:30	04:15	1
CEM III/A 42.5 N	30	03:10	04:05	0

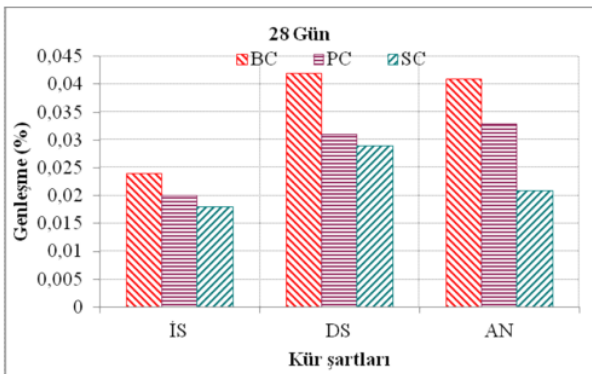
Farklı kür koşullarında 7, 14, 28 ve 90 gün süreyle bekletilen çimento harçlarının genişleme değerleri Şekil 1, 2, 3 ve 4'te verilmiştir. BC'nin 7, 14 ve 28 günlük genişleme değerleri diğer çimentoların genişleme değerlerinden daha fazla olmuştur. BC'nin 90 günlük genişleme değerlerinin İS ve DS ortamlarında bekletilen diğer çimentoların genişleme değerleri ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu durumun C₂S'nin BC'ye kazandırdığı özellikten gerçekleştiği söylenebilir. Tüm yaş gruplarında en düşük genişleme SC'li çimento harçlarında oluşmuştur. 7, 14 ve 28 günlük çimento harçlarının genişleme değerleri üzerinde DS'nun, 90 günlük numunelerde ise AN'ın etkili olduğu görülmektedir. Bunun kalsiyum-nitro-alüminatın reaksiyon gelişim hızından kaynaklandığı ifade edilebilir.



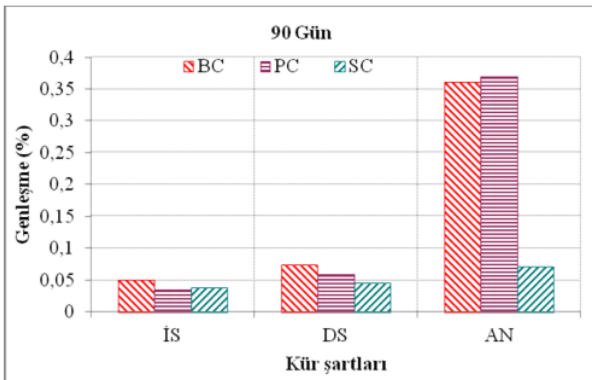
Şekil 1. Çimentoların 7 günlük genişleme değerleri



Şekil 2. Çimentoların 14 günlük genleşme değerleri



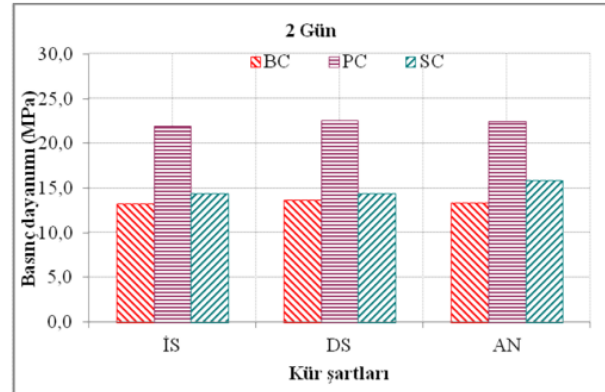
Şekil 3. Çimentoların 28 günlük genleşme değerleri



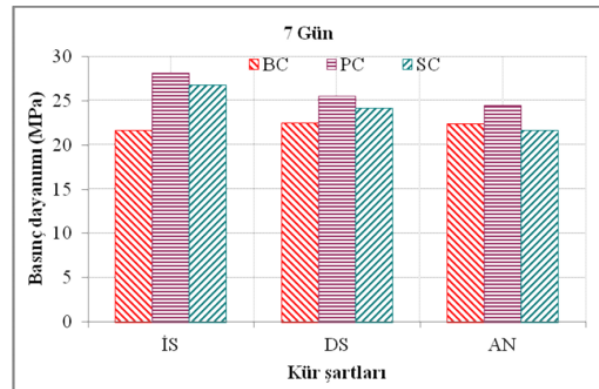
Şekil 4. Çimentoların 90 günlük genleşme değerleri

2, 7, 14, 28 ve 90 gün süreyle İS, DS ve AN'lı ortamlarda bekletilen harç prizmaların basınç dayanım değerleri Şekil 5, 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir. 2, 7 ve 14 günlük basınç dayanımı değerleri incelendiğinde; tüm kür koşullarında PC'nin basınç dayanımı değerleri diğer çimento harçlarından daha yüksek değerler vermiştir. PC'nin erken yaşlardaki mekanik davranışı dikkate alındığında bu beklenen bir durumdur. DS ve AN'lı ortamlarda bekletilen çimento harçlarında SC'nin sınırlı olsa daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. 2, 7, 14, 28 ve 90 günlük BC'li prizmaların tüm ortam

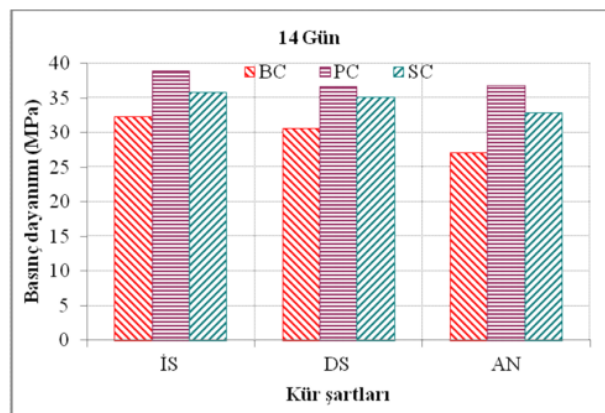
koşullarında düşük dayanım değerleri verdiği görülmektedir. Ancak kür süresindeki artışa bağlı olarak BC'li prizmalar ile diğer prizmalar arasındaki dayanım farklarının kapandığı görülmektedir. BC'li prizmalardaki bu değişimin C_2S 'nin hidratasyon gelişiminden kaynaklandığı söylenebilir. 90 günlük prizmaların basınç dayanımları incelendiğinde SC'li prizmaların basınç dayanımlarının daha yüksek değerler aldığı, DS ve AN etkisindeki harçlarda SC'nin daha etkili olduğu belirlenmiştir.



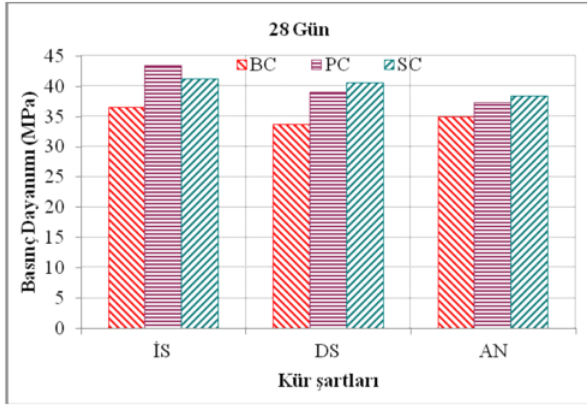
Şekil 5. Çimentoların 2 günlük basınç dayanımı değerleri



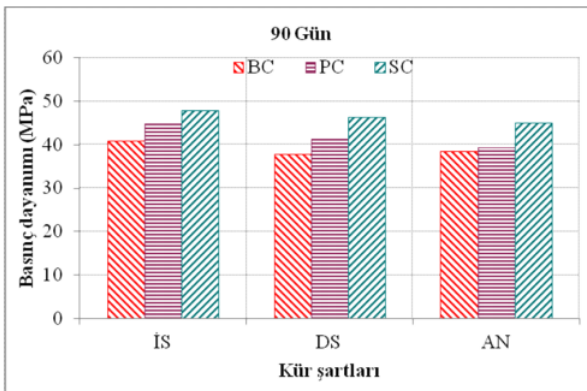
Şekil 6. Çimentoların 7 günlük basınç dayanımı değerleri



Şekil 7. Çimentoların 14 günlük basınç dayanımı değerleri



Şekil 8. Çimentoların 28 günlük basınç dayanımı değerleri



Şekil 9. Çimentoların 90 günlük basınç dayanımı değerleri

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde aşağıda belirtilen bulgular elde edilmiştir.

1. BC'li harç çubuklarının 7, 14 ve 28 günlük genleşme değerleri diğer çimentoların genleşme değerlerinden daha fazla olmuştur.
2. Tüm ortam koşullarında ve her yaşta en düşük genleşme SC'li harç çubuklarında oluşmuştur.
3. Ortam koşulları ve yaş grupları birlikte değerlendirildiğinde en düşük basınç dayanımı BC'li prizmalarda elde edilmiştir.
4. Erken yaşlarda PC'li prizmaların, ileriki yaşlarda ise SC'li prizmaların basınç dayanımlarının yüksek değerler verdiği gözlenmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Müller N, Harnisch J, 2008. A blueprint for a climate friendly cement industry. Gland: WWF Lafarge conservation partnership; WWF – Lafarge conservation partnership report
- 2) Flatt RJ, Roussel N, Cheeseman CR, 2012, Concrete: An eco material that needs to be improved, Journal of the European Ceramic Society, 32, 2787–2798.
- 3) Quillin K, 2001. “Performance of belite–sulfoaluminate cement”, Cement Concrete Res., 31 (9), 1341–1349.
- 4) Türk S, Gürbüz G, Ertün T, Yeginobali A, 2006. “Heat of hydration and shrinkage properties of Boron containing active belite cements”, ConcreteLife'06 - International RILEM-JCI Seminar on Concrete Durability and Service Life Planning: Curing, Crack Control, Performance in Harsh Environments, RILEM Publications SARL, 397–404,
- 5) Zivica V, vd., 2012, Acidic attack of cement based materials under the common action of high, ambient temperature and pressure, Construction and Building Materials, 36, 623–629.
- 6) Sabbioni C, vd., 2001, Atmospheric deterioration of ancient and modern hydraulic mortars, Atmospheric Environment, 35, 539–548.
- 7) Lea F.M., 1970. *The Chemistry of Cement and Concrete*, 3rd ed. Edward London: Arnold.
- 8) Taylor HFW, 1990. *Cement Chemistry*, 2nd ed. Thomas Telford Publishing, London.
- 9) Schneider U, Chen SW, 1999. Behavior of high-performance concrete (HPC) under ammonium nitrate solution and sustained load, ACI Materials Journal, 96 (1), 47–51.
- 10) Guerrero A, Goñi S, and Lorenzo M. P., 2008. Long term durability at 40°C of ecoefficient belite cement-mortar exposed to sulfate attack, Advances in Cement Research, 20(4), October, 139–144.
- 11) Chatterjee AK, 1996. High belite cements-Present status and future technological options: Part I, Cem. Concrete Res., 26 (8), 1213–25.
- 12) Popescu CD, Muntean M, and Sharp JH, 2003. Industrial trial production of low energy belite cement, Cement & Concrete Composites, 25, 689–693.
- 13) TS EN 196–1, 2002, Çimento Deneysel Metotları- Bölüm 1, Dayanım, TSE, Ankara.
- 14) TS EN 196–3, 2002, Çimento Deneysel Metotları- Bölüm 3, Priz Süresi ve Hacim Genleşmesi Tayini, TSE, Ankara.
- 15) ASTM C1012 / C1012M – 07, 2007. Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution, Annual book of ASTM standards, Philadelphia, USA.