

Pomza Katkılı Boyalarla Kaplanan Betonların Durabilitesi

Hanifi BİNİCİ^{1*}, Hasan KAPLAN², Fatma YAŞARER¹

¹Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü/KAHRAMANMARAŞ

²Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kınıklı Kampüsü / DENİZLİ

Alınış Tarihi:08.10.2008, Kabul Tarihi:23.03.2009

Özet: Bu çalışmanın amacı, yüzeyleri pomza katkıli boyalarla kaplanan betonların deniz suyuna karşı durabilite araştırılmıştır. Standard 15x15x15 cm boyutlu küp numuneler üretilmiştir. Bunları 4 farklı Pomza katkıli boya ile kaplanmış ve deniz suyunda iki yıl bekletilmiştir. Bu süre sonucunda hem betonlardaki dayanım ve aşınma kaybı hem de korozyon oranları ölçülmüştür. Kaplama tabaka sayısı arttıkça pomza katkıli boyalarla kaplanan betonların basınç dayanımı ve donatı korozyonunda iyileşmeler görülmüştür. Pomza katkıli boyalarla kaplanan betonların içindeki donatı korozyonları kontrol örneğe göre çok düşük bulunmuştur. Donatı korozyon oranı ile pomza tipi arasında yakın ilişki vardır. Bütün pomza katkıli boyalarla kaplanan betonlardaki donatılar çok iyi korozyon direnci göstermiştir. Osmaniye bazaltik pomzası ile üretilen boyalar diğer bölgelerden elde edilen pomzalara göre daha iyi donatı korozyon direnci ve betonlarda en düşük kütle kaybı vermiştir. Bu çalışmanın sonucu, deniz suyu, sülfat ve tuzlara karşı betonarmeme donatılarının korozyon direnci pomzalı boyalarla iyileştirilebilir.

Anahtar kelimeler: Beton, Pomza; Bazaltik Pomza Katkılı Kaplama Boyası (POMKAP), Korozyon; Beton Durabilitesi

Durability of Concrete Coated with Dye Incorporating Pumice

Abstract: The aim of this research is to investigate the durability of concrete surfaces coated with a pumice dye against sea water. Standard cubic concrete specimens of 15x15x15 cm dimensions were produced. They were coated with four different pumice dyes and they were immersed in sea water by two years. After this period, both rebar mass losses and compressive strength of concrete sample was measured. Improvement in the compressive strength and corrosion resistance were observed in concrete specimens coated by pumice dye increasing layers of coating. The corrosion rates of rebar in specimens coated by pumice dye were lower than that of the control specimens. There was a close relationship between type of pumice coating and rebar corrosion ratio. All concrete specimens coated by pumice dye offered excellent resistance to corrosion. Dye produced by Osmaniye pumice showed better resistance to rebar and lower mass loss of concrete compared to other pumice obtained from other regions. The conclusion of this study showed that the corrosion resistance of rebar in concrete against seawater, sulfate and salt can be enhanced by pumice dye.

Keywords: Concrete; Pumice; Dyed Basaltic Pumice Coatings (PUMCO); Corrosion; Concrete Durability

Giriş

Betonun yıllarca dış etkilerden ve betonun bileşenlerinden ileri gelen faktörlerden olumsuz olarak etkilenmeden dayanımını ve niteliklerini kaybetmemesine "durabilite" özelliği denilir. Başlangıçtaki özelliklerini ve tasarlandığı fonksiyonunu çevre ve hizmet koşulları altında koruyarak devam ettirebilmesi betonun dayanıklılığı olarak tanımlanabilir. Beton sözü edilen koşullar altında yıpranarak özelliklerini yitirir, daha fazla kullanılması ise ekonomik olmaz ve faydalı ömrünü tamamlamış olur (Yeğinobalı, 1999a, 1999b). Betonu yıpratıcı fiziksel etkenler, beton yüzeyinde kütle kaybına neden olur ve betonda çatlama yol açar.

Betona zarar veren yani durabilitesini azaltan pek çok etken vardır. Bunlardan en önemlileri sülfat ve asit etkileridir. Sülfat etkisini azaltan önlemlerin hepsi, deniz suyunun etkisini azaltmak için de geçerlidir. Deniz suyunun etkisini maruz kalacak betonların üretiminde kullanılan su/çimento oranı 0,45'i geçmemesi önerilmektedir. Deniz sularının beton yapılara esas zararı, bu tür sularda bulunan klorlardan kaynaklanmaktadır. Deniz suyundaki klor, betonun içerisindeki demir donatılarının korozyonunu hızlandırmakta, betonun parçalanmasına yol

açabilmektedir. (Baradan ve diğ., 2002, Erdoğan, 2000, Özkul ve diğ., 2004, Yazıcı ve diğ., 2003, Topçu ve Demir, 2003).

Betonarme çeliklerinin uzun yıllara korunması ve korozyona uğramadan hizmet vermesi beklenir. Korozyon en basit ifadesi ile metallerin zaman içerisinde oksitlenerek fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmesi olarak isimlendirilir (Seyhan, 2006). Özel olarak koruma önlemleri alınmamış metaller oksit bileşikleri oluşturmaya, bilinen ifadesi ile paslanmaya çalışırlar (Yalçın ve Koç, 1998). Hidrojenden yukarıda bulunan metaller asitler ile reaksiyon verir. Hidrojenin aşağısında bulunan metaller ancak oksitlenme ile birlikte asitlerden etkilenir. Bazlar hem asit hem de baz teşkil edebilen metallere aşındırıcı etki yaparlar (Özdemir, 1981).

Betonların dış etkenlerde korunması için birçok yöntem geliştirilmektedir. Bunlardan biriside reçine veya epoksi esaslı kaplamalardır. Bir araştırmada beş farklı reçine ve akrilik malzemelerle beton yüzeyler kaplanmış ve beton örnekler sülfat etkisine maruz bırakılmıştır. Reçine esaslı kaplamaların daha dayanıklı ve geçirimsiz olduğu görülmüştür (Al-Dulaijan ve diğ., 2000).

Başka bir çalışmada beton yüzeyleri akrilik esaslı malzemelerle kaplanmış, klor geçişi ve atmosferdeki CO₂ gazı geçirimi ölçülmüştür. Bunun için örnekler NaCl çözeltisinde bekletilerek kuru ve ıslak döngü uygulanmıştır. Uzun bir deney süreci sonucunda kaplamalı örneklerin kaplama yapılmayanlara göre çok daha geçirimsiz olduklarını ortaya koymuştur (Swamy ve diğ.,1998).

Betonarme çeliğinin korunmasında pomza katkı çimentolarında olumlu etki yaptığı saptanmıştır (Demirbaş ve diğ., 2001).

Pomza; volkanik olaylar sonucu oluşmuş, gözenekli ve hafif bir malzemedir. Ülkemiz yaygın pomza yataklarına sahiptir. Pomza rezervlerinin büyük çoğunluğu Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde özellikle Bitlis, Van, Kayseri, Nevşehir ve Ağrı illerinde bulunur. Bunların yanı sıra Ege ve Akdeniz bölgelerinde de üretim yapılan rezervler vardır. Bu çalışmada dört farklı ilimizden (Nevşehir, Van, Kayseri ve Osmaniye) temin edilen pomzalar 25 mikron inceliğe kadar öğütülerek boya karışımında kullanılmıştır. KSU Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği laboratuvarı betonarme donatısı ve betonu korozyona ve

erozyona karşı korumak amacıyla değişik pomza katkı boya ve kaplama malzemesi (POMKAP) üretilmiştir. Elde edilen değişik pomzalı boyalarla kaplanan betonların durabilite özellikleri araştırılmıştır. Betonun aşınmaya karşı ve betonarme çeliğinin de korozyona karşı dayanımı belirlenmiştir.

Çalışmada tüm materyallerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler kimyasal ve fiziksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Doğal ve taze deniz suyu bütün deneysel çalışmada kullanılmış ve periyodik olarak çözeltinin Ph değerleri ölçülmüştür.

Materyal ve Metot

Materyal

Pomzalar

Deneysel çalışmada kullanılan pomzalar Nevşehir (N), Van (V), Kayseri (K) ve Osmaniye (O) bölgesinden alınmıştır. Deneylerde kullanılan pomzaların kimyasal element içerikleri Çizelge 1' de, fiziksel analizleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Pomzaların Kimyasal İçerikleri.

Pomza türü	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Yanma Kaybı	Toplam
N	68.55	14.01	3.05	1.50	1.41	3.49	3.29	0.002	3.79	99.09
V	69.00	14.65	2.51	1.11	0.55	3.52	2.48	0.40	4.96	99.18
K	63.59	15.36	4.60	3.12	2.24	3.51	3.45	2.37	0.96	99.20
O	71.59	9.60	8.12	2.24	2.11	1.45	2.37	0.96	1.49	99.93

Çizelge 1'den en yüksek SiO₂ miktarının Osmaniye pomzasında, en yüksek SO₃ miktarının ise Kayseri

pomzasında olduğu anlaşılmaktadır. Osmaniye pomzasının yanma kaybının en az elde edilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan Pomzaların Fiziksel Özellikleri

Pomza türü	Etiv Kuru Tane Yoğunluğu (g/cm ³)	Özgül yüzey cm ² /gr	İncelik 200 µ Elek üzerinde alan %	90 µ Elek üzerinde kalan %
N	1.68	5069	0.2	1.3
V	1.88	4814	0.5	2.5
K	1.68	4200	0.5	3
O	1.94	3460	0.6	4

Çizelge 2'den Osmaniye pomzasının tane yoğunluğu en yüksek iken diğerlerinin değerleri çok yakındır.

Boyalar

Boya bileşenleri; Adana'da bulunan bir boya fabrikasından alınmıştır. Pomza katkı boyanın üretimi, kıvamlaştırıcı, viskozite arttırıcı madde, biocide, su sertliğini giderici madde olarak calgon, köpük önleyici madde foamer, pH düzenleyici amonyak, renklendirici madde pigment (titan), dolgu maddesi olarak kalsit, barik, talk gibi bileşenler yüksek devirde (1000–1200 devir/dakika) karıştırılarak homojen bir karışım elde

edilmiştir. Homojen karışım için belirli bir standart yoktur. Boya üreticiler söz konusu aralıkta homojen bir karışım elde ettiklerini ifade etmişlerdir.

Çimento

Çimento olarak CEM II-B-M 32.5R kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal bileşenleri Çizelge 3'te, fiziksel özellikleri Çizelge 4'te verilmektedir.

Çizelge 3. CEM II-B-M 32.5R Çimentosunun Kimyasal Bileşenleri (%).

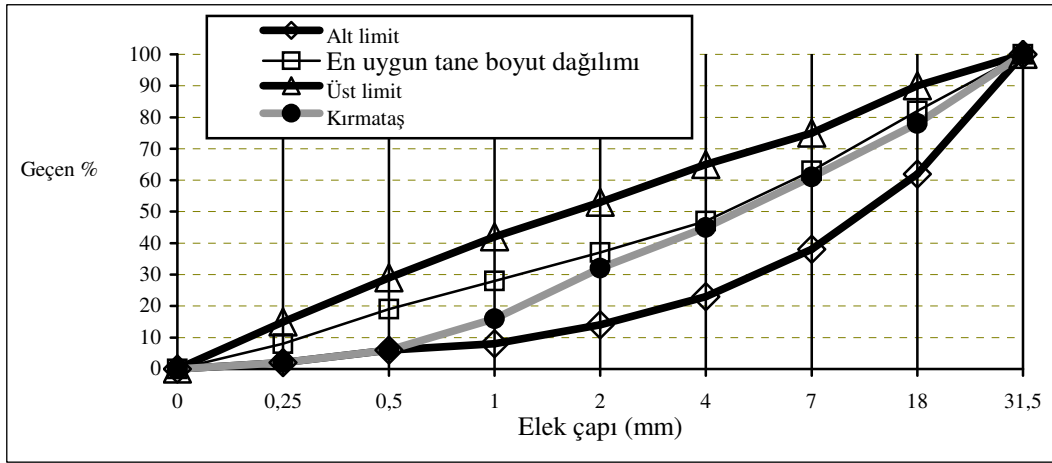
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Yanma Kaybı	Çözünmeyen kalıntı	Klor	Toplam
24.7	6.5	3.8	51.1	1.6	2.97	7.3	1.97	0.024	99.96

Çizelge 4. CEM II-B-M 32.5R Çimentosunun Fiziksel Özellikleri.

Vikat süresi(dakika)		Özgül ağırlık (kg/cd ³)	Özgül yüzey (m ² /kg)	İncelik		Basınç dayanımı (MPa)			
Başlama	Bitiş			45 µ Elek üzerinde alan %	90 µ Elek üzerinde kalan %	1-gün	2-gün	7-gün	28-gün
2.50	3.20	295	411	9	0	8.3	16.4	25.7	37.6

Agrega

Çalışmada TS 707' ye uygun kırmataş agregası kullanılmıştır. Bu agregaların granülometrisi Şekil 1'de verilmiştir ve TS 3530'a göre elek analizi yapılmıştır.

**Şekil.1. Kullanılan Agreganın Granülometri Eğrisi.****Metot**

Çalışmanın ilk aşaması olan beton numunelerin hazırlanması Kahramanmaraş Oyak Hazır Beton Santrali'nin laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Beton karışımında kullanılan agrega ve çimentonun standartlara göre gerekli deneyleri yapılmıştır. Beton örneklerin yüzeylere pomza boya (POMKAP) ile kaplanmış ve test gününe kadar deniz suyu içerisinde bekletildikten sonra kütle kaybı esasına göre aşınma oranları belirlenmiştir. Basınç dayanımları ise 24 ay sonra belirlenmiştir. Musluk suyunda bekletilen örneklerin basınç dayanımları ise 7, 28, 180 ve 365 günde test edilmiştir. POMKAP'sız örnek kontrol numune olarak değerlendirilmiştir. Laboratuvarında 105°C'de 24 saat etüvde kurutulduktan sonra 25 mikrona kadar öğütülmüştür. Ayrıca pomza çeşitlerinin kimyasal analizleri Adana Çimento Fabrikasında yapılmıştır.

Kaplamanın Uygulanması

Beton numuneler POMKAP ile boyanmadan önce kür havuzundan çıkarılıp değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. İyice kuruyan numuneler tek kat ve çift kat olmak üzere kaplama boyası ile boyanacak ve yine iyice kuruması beklenmiştir.

Betonların Basınç Dayanımı

15 x 15 x 15 cm boyutlarındaki küp numunelerin 7, 28, 180 ve 365 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir.

Deniz Suyunda Bekletilen Betonların Basınç Dayanımı ve Kütle Kaybı

Üretilen 15X15X15 cm boyutlu numuneler PUMKOP ile kaplanmıştır. Bir numune ise kaplanmamış ve kontrol örneği olarak değerlendirilmiştir. Bu örnekler 10x10x10 cm boyutlu numunelerin içerisinde donatılar konulmuş ve donatıların bir kısmı tek bir kısmı ise iki defa ve yüzeyleri PUMKOP ile kaplandıktan sonra numuneler deniz suyu ortamında bekletilmiştir. Daha sonra basınç dayanımları ve ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Üretilen numunelerin deniz suyuna karşı dayanımı hem 12 ve 24 ay sonunda basınç dayanımları ile hem de numunelerde meydana gelen aşınma ile belirlenmiştir. Betondaki aşınma ise, yüzeyleri POMKAP ile kaplanmış beton örneklerin 2 yıl sonraki kütle kayıpları belirlenerek bulunmuştur.

Donatılardaki Korozyon

Korozyon, betonların içerisinde bulunan çeliğin paslanması olarak tanımlanır. Bu önemli problem, betonarme yapıların servis süreleri içerisinde ortaya

çıkılmaktadır. Sülfatlı ortamlarda inşaa edilen yapılarda buralarda korozyon riski daha da önem kazanmaktadır. Bu grup donatıların ağırlık kayıpları hızlandırılmış test yöntemi ile 2 yıl sonra belirlenmiştir. Ayrıca aynı çaptaki 6 cm boyutunda ve ilk ağırlıkları bilinen donatılar, yüzeyleri POMKAP ile kaplanmış 10x10x10 cm boyutlu küp örneklerin içerisine yerleştirilmiştir. Bu küp örnekler doğal deniz suyu ortamında 2 yıl bekletildikten sonra her bir çubuğun ağırlıkları belirlenerek, beton çeliğinin uğradığı korozyon miktarları belirlenmiştir. Tek kaplanan beton içerisindeki çelik korozyon çalışmasında numuneler, Nevşehir pomzası ile tek tabaka kaplanan beton içerisindeki düz çeliğin korozyonu NPI, Van pomzası ile tek tabaka kaplanan beton içerisindeki düz çeliğin korozyonu VPI, Kayseri pomzası ile tek tabaka kaplanan beton içerisindeki düz çeliğin korozyonu KPI, Osmaniye pomzası ile tek tabaka kaplanan beton içerisindeki düz çeliğin korozyonu OPI ve Kontrol örneği ise K olarak adlandırılmıştır. Yine çift kaplanan beton içerisindeki numune olarak değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalar

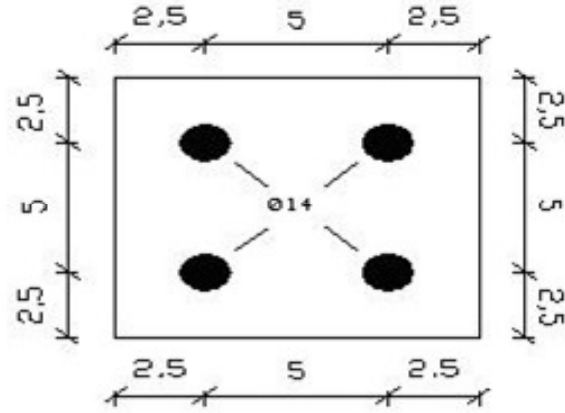
Yaş betonla ilgili standartlarımızda yer alan slump, birim hacim ağırlık deneyleri yapıldıktan sonra ayrıca üretilen betonlar üzerinde; kaplama boyasının (POMKAP) hazırlanması, betonarme çeliğinin korozyon testi, betonların basınç dayanımı ve betonların deniz suyunu karşı dayanımı belirlenmiştir. Pomza katkılı boyanın bileşenleri Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge5. Pomza Katkılı Boyanın Bileşenleri (g).

Material	Miktar (g)	Yüzde (%)
Su	4200	21.00
Calcon	30	0.15
Zehir	30	0.15
Islatıcı	30	0.15
Glikol	50	0.25
Amonyak	40	0.20
Peva	2800	14.00
Titan	2600	13.00
Pomza (25 micron)	5000	25.00
Kalsit (25 micron)	4400	22.00
Aliminyumsilikat	250	1.25
Talko	400	2.00
Natrason	70	0.35
Tiner	100	0.50
Toplam	20000	100

Betonarme Çeliğinin Korozyon Testi

Çalışmada kullanılacak 10x10x10 cm boyutlu küpler üretilerek, küp içerisine 4 adet 14 mm çapındaki beton çeliği, eşit noktalara (eşit pas payı) konulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Donatı Korozyon Deneyi İçin Hazırlanan Düzenekte Donatıların Görünümü.

Bu örnekler doğal deniz suyu ortamında 2 yıl bekletildikten sonra her bir çubuğun ağırlıkları belirlenerek, beton çeliğinin uğradığı korozyon miktarları belirlenmiştir. Beton karışımı hesaplarında TS 802 kullanılmıştır. Çalışmada beton için su/çimento oranı 0.5 alınmıştır. TS 802'e göre 10x10x10 cm boyutlu bir küp numune için bulunan bileşenlerin miktarları ağırlık ve hacim bazında Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Beton Karışım Ağırlık Oranları (g).

Bileşen	Ağırlık Miktarları (g)	Hacim Oranları (cm ³)
Su	250	158
Çimento	500	226
Kum	600	378
Çakıl	990	1200

Çelik çubukların her biri %3 hidroflorik asit çözeltisine konularak yüzeylerdeki atık maddeler temizlenmiştir. Daha sonra yüzeyleri kurularak ağırlıkları belirlenmiştir. Aynı zamanda, çelik çubukların pastan tamamen arınması için birer saat ara ile altı defa tartım yapılmıştır. Sabit ağırlığa gelen örneğin ağırlığı 0.0001 g hassasiyetli elektronik terazi ile tam olarak belirlenmiştir. Harç, içi yağlanmış numune kalıplarına, donatı çubukları düşey olacak şekilde, iki tabaka halinde yerleştirilmiştir. Standarda uygun olarak her tabaka 20 defa şişlenmiş ve kalıpların yüzeyleri düzeltilmiştir. Numuneler, 24 saat oda sıcaklığında ve en az % 90 bağıl rutubete sahip bir ortamda bekletilmiştir. Buharlaşmayı engellemek için üzeri kapatılmıştır. Kalıplar alındıktan sonra aynı ortamda numune 28 gün korunmuştur. Bu süre sonunda numuneler yarı yüksekliğine kadar saf deniz suyu içerisine yerleştirilmiş ve periyodik olarak birer hafta ara ile altı

üstüne çevrilmiştir. Deney süresince deniz suyunun pH kontrolü yapılarak yenilenmiştir. Ph değeri 8.5-11.5 arasında değişmiştir. Ayrıca, buharlaşmadan eksilen düzeyde gerekli deniz suyu ilave edilmiştir. Standart bir süre olmadığından etkili bir zaman dilimi olacağını düşünerek deneye 2 yıl devam edilmiştir. Daha sonra numuneler parçalanıp içerisindeki çelik çubuklar çıkarılmış, çubuk yüzeyleri aşınmayacak şekilde mekanik olarak temizlenmiş ve daha sonra % 3 hidroflorik eriyikli cam tüplere yerleştirilmiştir. Başlangıç ağırlığı gibi son ağırlıkları da belirlenmiştir.

Betonların Basınç Dayanımı

Beton üretiminde, su/çimento oranı 0.5 alınmıştır. Beton karışım hesapları TS 802 'ye göre yapılmıştır. 1 m³ beton için kullanılan karışım miktarları Çizelge 7'de verilmiştir. Elde edilen basınç dayanımları tartışılmıştır.

Çizelge 7. 1 m³ Betonun Karışım Ağırlıkları

Beton Bileşenleri	Miktarlar
Su(litre)	150
CEM II-B-M 32.5R (kg)	300
0-5 mm(kg)	400
5-10 mm (kg)	300
10-32 mm (kg)	600

Deniz Suyunda Bekletilen Betonların Basınç Dayanımı ve Kütle Kaybı

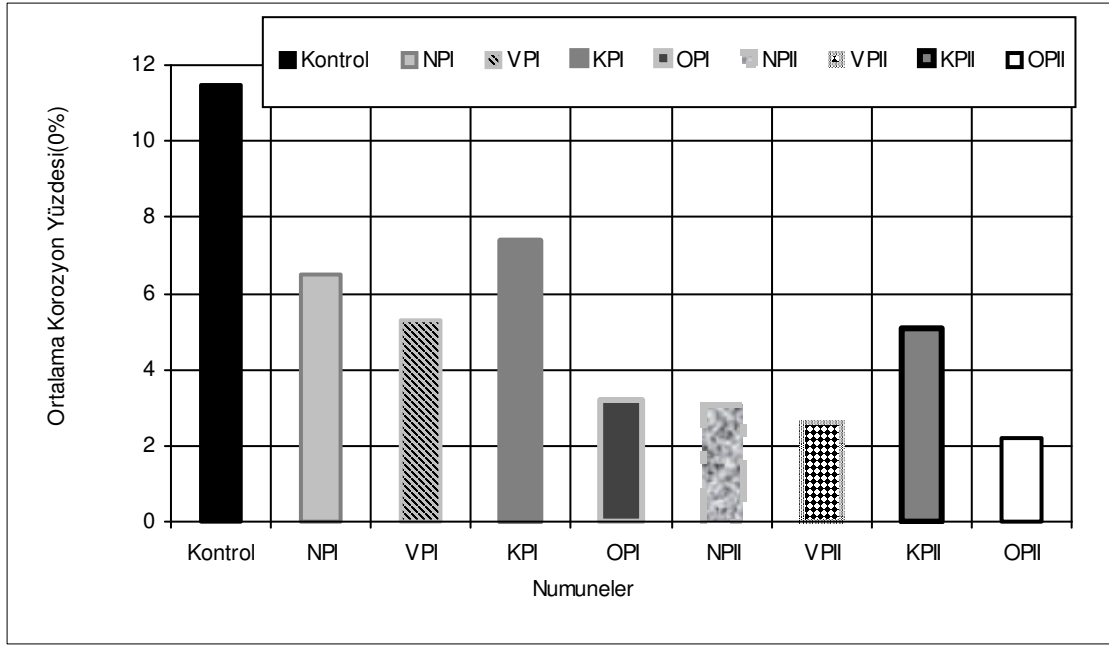
Numuneler deniz suyu ortamında bekletildikten sonra basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen 15 x 15 x 15 cm küp numuneler 28 gün musluk suyunda kür edildikten sonra kurutulmuş ve dört yüzleri de POMKAP ile kaplanmıştır. Kaplanan betonlar doğal deniz ortamına bırakılmış ve deniz suyuna karşı dayanımları 12 ay ve 24 ay sonunda basınç dayanımları ile belirlenmiştir. Aynı şekilde diğer grup küp numunelerin 28 gün musluk suyunda kür edildikten sonra kurutulmuş ve ilk ağırlıkları kaydedilmiştir. Kurumuş numunelerin dört bir tarafı POMKAP ile kaplandıktan sonra deniz ortamında muhafaza edilmiş ve 24 ay sonraki ağırlıkları belirlenerek kütle kayıpları bulunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Donatı Korozyonu

Bu çalışma, bazaltik pomza katkı boyası ile kaplanan betonarme donatılarda meydana gelen korozyonun çok az olduğunu göstermiştir. Korozyon deneyi için bu süre yeterli görülmemiştir. Daha uzun süreli araştırmalar daha iyi sonuçlar verecektir. Korozyon deneyinin sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde verilen değerler incelendiğinde kaplamalı olarak üretilen örneklerde deniz

suyunda bekletildikten sonraki korozyon değerleri kaplamasız olanlara göre çok düşük bulunmuştur. Kaplama sayısı arttıkça korozyon oranı azalmaktadır. Örneğin Kontrol örneğindeki çelik donatıda meydana gelen korozyon oranı % 0.014'tür. POMKAP'lu numunelerde korozyon, kaplama tabaka sayısına bağlı olarak değişik bulunmuştur. Osmaniye pomzası ile kaplanan numunelerde meydana gelen korozyon miktarı her iki grupta da (yani tel ve iki kaplamalı) diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum Osmaniye pomzasındaki aktif silis miktarı ile açıklanabilir. Yapılan diğer araştırmalarda da puzolan ilaveli karışım içinde bulunan çelik donatıların korozyon direncinin, katkısız olanlara göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, araştırma bulgularını doğrulamaktadır. Korozyon deneyi için bir yıl kısa bir zaman süreci olarak değerlendirilmiştir. Pomza beton yüzeyinde yer aldığı çimentodaki kireci bağlamakta ve oluşturdukları CSH jelleri sayesinde betondaki geçirgenliği de azaltabilmektedir.



Şekil 3. POMKAP ile Kaplanan Beton İçerisindeki Çeliklerde Meydana Gelen Korozyon Oranları.

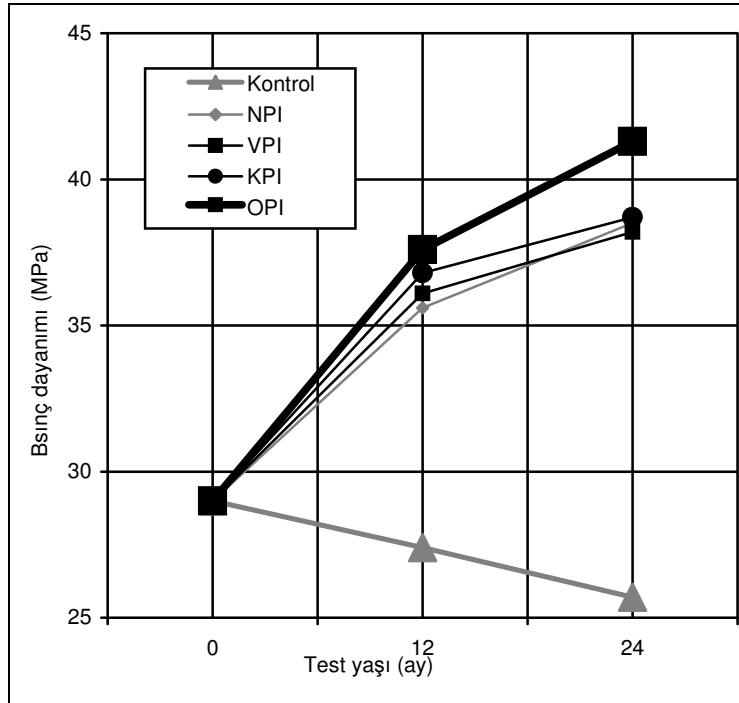
Betonların Basınç Dayanımı

Üretilen betonların basınç dayanımları sırayla 7, 28, 90 ve 360 günde 18.5, 29, 32.1 ve 35.2 MPa bulunmuştur.

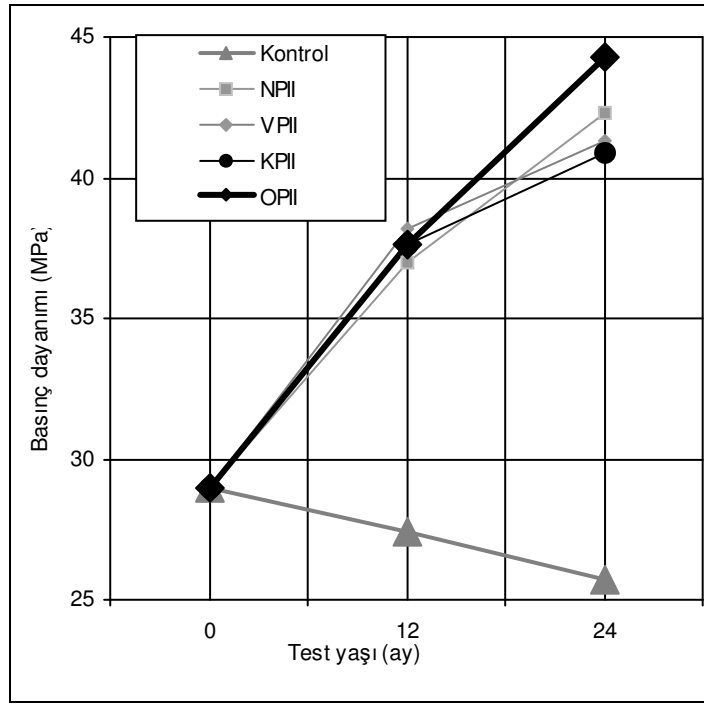
Betonların Deniz Suyuna Karşı Dayanımı

Deniz Suyunda Bekletilen Betonların Basınç Dayanımları

Deniz suyunda bekletilen tek tabaka POMKAP yapılan betonların basınç dayanımları Şekil 4 ve tek tabaka POMKAP yapılan betonların Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Deniz Suyunda Bekletilen Tek Tabaka POMKAP Kaplanan Betonların Basınç Dayanımları.



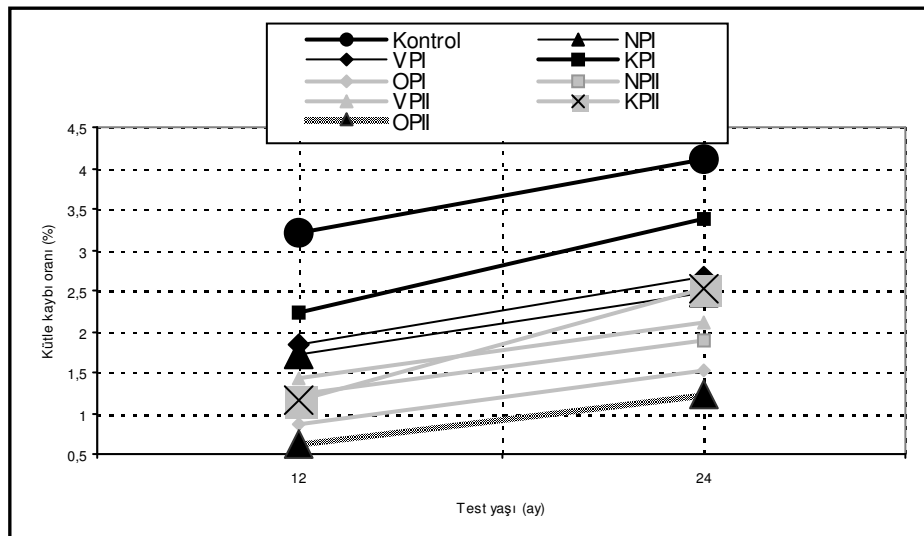
Şekil 5. Deniz Suyunda Bekletilen Çift Tabaka POMKAP Kaplanan Betonların Basınç Dayanımları.

Şekil 3 incelendiğinde, tek tabaka POMKAP yapılan betonların basınç dayanımları, kaplamasız betonların 12 ayda ortalama % 25 ve 24 ayda % 32 fazla olduğu görülebilir. Şekil 4 ise bu değerler, %28 ve %40 fazladır. Her iki yaşta da kontrol örneğinin deniz suyuna karşı dayanımı bütün POMKAP'lı örneklerden düşük çıkmıştır. Örneğin, 24 ayda Osmaniye pomzası ile çift kaplama yapılan beton örneklerin basınç dayanımı, kontrol örneğinden % 43 fazla bulunmuştur. Her iki kaplamada da Osmaniye bazaltik pomzası ile kaplanan beton örneklerin basınç dayanımları en yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni Osmaniye pomzasının kimyasal yapısı ile açıklanabilir. Özellikle Osmaniye pomzasının $SiO_2 + Fe_2O_3$ toplamı en yüksek olan pomzadır. Osmaniye pomzasındaki camı yapısı daha fazla olması, deniz

suyunun beton iç yüzeyine difüzyonunu engellemiştir. Bu durum ise betonun yapısını koruduğu ve deniz suyunun tuz ve sülfat etkisinden fazla olmadığını göstermektedir.

Deniz Suyunda Bekletilen Betonların Kütle Kayıpları

Deniz suyunda bekletilen POMKAP kaplanmış betonların kütle kayıpları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, çift tabaka POMKAP yapılan betonların kütle kayıpları tek tabaka POMKAP yapılan betonlardan daha az bulunmuştur. Osmaniye pomzası ile çift kaplama yapılan beton örneklerin kütle kayıpları diğer örneklerden az bulunmuştur. POMKAP ile kaplanmamış kontrol örneğinin kütle kayıpları hem 12 hem de 24 ayda en yüksek bulunmuştur.



Şekil 6. POMKAP Kaplanan ve Deniz Suyunda Bekletilen Örneklerin Kütle Kayıpları

Sonuçlar

Hızlandırılmış donatı korozyonu araştırmalarına göre, 2 yıl sonunda bulunan donatı korozyonu oranı, bütün numunelerde düşük çıkmıştır. Donatı korozyonu oranının düşük çıkmasında sürenin kısa seçilmesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Örtü kalınlığının (kaplama sayısının) artması donatı korozyonu oranının azalmasına neden olmuştur. Araştırmanın bu bölümünde elde edilen bulgular, en yüksek donatı korozyonu değerinin kontrol örneğinde bulunan donatılarda olduğu görülmüştür. Donatı korozyonu dayanımı en iyi olan örnek OPII (Osmaniye Çift kaplama) dir. Donatı korozyonu çalışması, birkaç yıl süren çalışmaları gerekli kılmaktadır.

Çalışma POMKAP ile betonarme çeliklerdeki korozyonun azaltılabileceğini göstermiştir. Çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

1. Betonarme çeliğinin içerisinde bulunan beton yüzeylerin POMKAP ile kaplama sayısı arttıkça korozyona karşı dayanım da artmaktadır.
 2. POMKAP ile kaplama yapılmayan kontrol örneklerinin korozyonu belirgin bir şekilde kaplama yapılan örneklerden fazladır.
 3. Kimyasal içeriğinde silis miktarı fazla olan pomzalarla yapılan POMKAP numunelerin korozyon miktarı silis miktarı az olanlardan daha azdır.
 4. POMKAP ile kaplama yapılmayan kontrol örneklerinin deniz suyuna karşı dayanımı, kaplama yapılan örneklerden çok düşük gözlenmiştir.
 5. POMKAP ile tek kaplama yapılan beton örneklerin deniz suyuna karşı basınç dayanımları çift kaplama yapılanlardan %80 fazla bulunmuştur.
 6. POMKAP ile kaplama yapılmayan kontrol örneklerinin deniz suyundaki aşınma miktarları, kaplama yapılan örneklerden ortalama % 35 daha fazla gözlenmiştir.
 7. POMKAP ile çift kaplama yapılan beton örneklerin deniz suyundaki aşınma miktarları, tek kaplama yapılanlardan yaklaşık %25 daha az bulunmuştur.
- Ülke ekonomisi penceresinden değerlendirilirse göz ardı edilemeyecek kadar önemi olan korozyonla mücadele için korunma metotları geliştirilmesi kaçınılmazdır. Aynı şekilde yaşanan depremlerde beton dayanımının da çok düşük olmasının sebebinin betonun iyi korunmaması yanında durabilitesinin düşük olması olarak görülmüştür. Bu çalışma ile hem korozyon azaltılabilmekte hem de durabilitesi yüksek beton elde edilebilmektedir. Durabilitesi yüksek beton üretiminde POMKAP uygun bir çözüm olabilir. Özellikle aktif silis miktarı ve $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ toplamı en yüksek olan pomzalarla üretilecek POMKAP'lar ile kaplanan betonlar deniz suyu ve sülfat etkisine karşı önemli dayanım gösterdiğinden tercih edilebilir. Ayrıca, betonarme donatıdaki korozyonun geciktirilmesinde de son derece yararlıdır. POMKAP yaygınlaşması ile ülkemizde bol miktarda rezervi bulunan pomzalar ekonomiyi kazandırılmış olacaktır.

Kaynaklar

- Al-Dulajia, M. Maslehuddin, MM. Al-Zahrani, AM. Sharif, EA. Al-Juraifani and Al-Idi, SH. 2000 Performance evaluation of resin based surface coatings. In: Deterioration and Repair of Reinforced Concrete in the Arabian Gulf, Proceedings of 6th ACI International Conference, Bahrain.
- Baradan, B. Yazıcı, H. Ün, H. 2002 Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Demirbaş, A. Öztürk, T and Karataş, F. O. 2001 Long-term wear on outside walls of building sulphur dioxide corrosion, Cem and Concr Res, vol.31, no.4, and pp.3-6.
- Erdoğan, T. Y. 2003 Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara.
- Özdemir, H. İ. 1981 Genel ve Anorganik Teknik Kimya, İstanbul Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.
- Özkul, H. Taşdemir, M.A. Tokyay, M. Uyan, M. 2004 Meslek Liseleri İçin Her Yönü İle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul.
- Seyhan, E. C. 2006 Korozyon Önleme Teknolojileri, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Denizli.
- Swamy, RN. Suryavanshi, AK and Tanikawa, S. 1998 Protective ability of an acrylic based surface coating system against chloride and carbonation penetration into concrete. ACI Mater J. 12, 3, 95101-12.
- Topçu, İ.B. Demir, A. 2004 Lastik Agregalı Harçlarda Deniz Suyu Etkisinin İncelenmesi, BETON 2004 Kongresi, THBB, İstanbul.
- Yalçın, H, Koç, T. 1988 Mühendisler İçin Korozyon, TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası, Ankara.
- Yazıcı, H. Türkel, S. Yiğiter, H. Aydın, S. 2003 Beton İçindeki Bağlayıcı Miktarının Betonun Deniz Suyuna Dayanıklılığına Etkisi, TMMOB, İMO İstanbul Şubesi, 5.Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.
- Yeğinoğlu, A. 1999a Betonun Dayanıklılığı I, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento ve Beton Araştırma-Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- Yeğinoğlu, A. 1999b Betonun Dayanıklılığı II, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento ve Beton Araştırma-Geliştirme Enstitüsü, Ankara.