

ENDÜSTRİYEL ATIK KATKILI ÇİMENTOLARIN BETON DAYANIMI VE DONATI KOROZYONUNA ETKİLERİ

Ergin ERGİ
Kimya Mühendisi
Denizli, Türkiye

G.Sevim BİLGİN
Kimya Mühendisi
Sakarya, Türkiye

M.Sadrettin ZEYBEK
Yrd.Doç.Dr.
Hitit Üniversitesi
Çorum, Türkiye

Abdurrahman ASAN
Yrd.Doç.Dr.
Hitit Üniversitesi
Çorum, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, bazı endüstriyel atıkların, betonun mekanik dayanımına etkisini araştırmak amacıyla Ekmekçioğlu Çinko-Bakır fabrikasından alınan atıklar, Ece Seramikten alınan alçı atığı, Zonguldak Çatalözü Termik Santralinden alınan uçucu kül ve Bandırma Etibor'dan alınan boraks şlamı belli oranlarda Yibitaş Lafarge-Çorum Çimento Fabrikasının ürettiği PÇ 42,5 CEM II/A çimentosuna ilave edilerek yapılmıştır. Basınç Dayanımları; Bor+Ekmekçioğlu katkılı çimentolarının 2-7-28 günlük basınç dayanımlarına göre %1 bor + %9 Ekmekçioğlu Cürufu ihtiva edenin en iyi basınç dayanımı verdiği, %7 bor + % 3 Ekmekçioğlu ve %5 bor + % 5 Ekmekçioğlu katkılı çimentolarının da standart çimentoya göre düşük basınç dayanımı verdiği gözlenmiştir. Bor+Ece Alçı katkılı çimentolarının 2-7-28 günlük basınç dayanımlarına göre standart çimentoya göre düşük basınç dayanımı sonucu elde edildi. Ayrıca bu katkıların betonarme demirlerinin korozyonuna etkisini araştırmak için 60 gün süreyle korozyon potansiyelleri ölçüldü. Endüstriyel atık katkı maddesi içeren çimento ile elde edilen beton bloklardaki betonarme demirlerinin korozyon potansiyellerinde pozitif yönde artış tespit edilmiştir.

GİRİŞ

Günümüz teknolojisinin gelişmesine paralel olarak çimento teknolojisi de gelişmektedir. Bu gelişmeler özellikle, standart dışı yeni çimento karışımları araştırma geliştirme ve bunların standardizasyonu alanlarında olmaktadır. Bir taraftan basınç dayanımı yüksek, korozyona dayanıklı, kimyasal etkilere dayanıklı, yoğunluğu düşük standart üstü çimentolar üretilmeye çalışılırken, diğer yünden, çevreyi kirleten birçok sanayi atığının katkı maddesi olarak kullanılmasını amaçlayan, fakat daha ucuza mal olan standart altı çimentoların üretilmesi üzerinde durulmaktadır.

Çimento üretiminde çeşitli endüstriyel atıklardan yararlanılması, üretim maliyetinin düşürülmesi, ürünün çeşitli özelliklerinin iyileştirilmesi ve hammadde kaynaklarından tasarruf sağlanması gibi amaçlara hizmet etmektedir. Bu amaçla kullanılan endüstriyel atıklar içinde en önemlileri yüksek fırın cürufu çelik yapımında çıkan, uçucu baca külleri ve fosfojibs gibi malzemelerdir[1].

Çimento Katkı Maddeleri

Portland çimentosunun hammaddelerinden başka hidratlaşma derecesini ayarlamak amacıyla öğütme kademesine klinkere % 3-6 oranında yardımcı hammadde olarak jibs (alçı taşı), $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ilave edilmektedir. Klinker, alçı taşı katılmadan öğütülürse su ile muamelede hemen sertleşir. Ayrıca portland çimento klinkerine, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, tabii cüruf veya tras, kum, kireçli toprak ve demirli maddeler katılmaktadır. Bazı kimya fabrikalarında yan ürün olarak elde edilen CaSO_4 'lı maddelerde çimentoya alçı yerine katılabilir[1].

Betondaki Demir Korozyonu

Beton içindeki çeliğin korozyon hızı büyük ölçüde çevre koşullarına bağlıdır. Beton içinde korozyon olayının cereyan edebilmesi her şeyden önce oksijen ve nemin birarada olmasıyla mümkün olur. Klorür iyonu, yürüyen korozyon olayının hızını artırır. Eğer beton ıslanma kuruma şeklinde bir etkiye maruzsa korozyon şiddeti daha da artar. Korozyon hızını etkileyen diğer faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür. Beton boşluk suyunun pH'ı, karbonasyon olayı, betonda bulunan çatlaklar, kaçak akımlar, galvanik etkiler. Beton tasarımı da korozyon açısından önemlidir. Beton karışımının bileşimi, betonarme demirlerinin yüzeye olan uzaklığı (pas payı) da önemli rol oynar.

Beton içindeki çelik korozyona uğrayınca pas oluşur. Pas demire göre daha büyük bir hacim kaplar. Bu betonda içsel gerilmelere neden olur ve beton parçalanır. İç kısımlarda da beton ile çelik arasındaki yapışma kaybolur. Dolayısıyla beton mukavemetini kaybeder.

YÖNTEM

Numunenin Temini

Çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılan numuneler Ekmekçiöğlü Çinko-Bakır Fabrikası, Ece Seramik, Zonguldak Çatalözü Termik Santrali ve Bandırmadaki Etibor Fabrikasından temin edilmiştir.

Kimyasal analizleri Çorum Yibitaş Lafarge Çimento Fabrikasının Kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen katkılı çimentoların TS EN 196-2 standartlarına uygunluğu test edilmiştir.

Testler

Priz Başlama ve Sona Erme Süreleri(TS EN 196-3)

Vicat kalıbı standart kıvamdaki çimento pastası ile doldurulur ve düzlenir. Doldurulmuş vicat kalıbı taban plakası ile birlikte rutubet odasına yerleştirilir, uygun bir süre sonra vicat cihazına ve iğnenin altına yerleştirilir. İğne pastayla temas edinceye kadar yavaşça indirilir. İğnenin pastaya batması tamamlandıktan sonra okuma yapılır.

Basınç Dayanımı (TS EN 196-1)

Yarım prizmalar, cihazın plakaları arasında ± 0.5 mm'den fazla taşmayacak şekilde merkezlenerek ve prizmanın arka yüzü plakadan veya yardımcı plakalardan 10 mm taşacak şekilde uzunlamasına yerleştirilir. Yük (2400 ± 200) N/sn hızda olmak üzere düzgün şekilde, prizma kırılana dek artırılır[4].

Korozyon Testleri (ASTM C 876-91)

Çimento kalıplarının iki ucuna yerleştirilen betonarme demirlerin potansiyelleri; avometrenin bir ucu kalıp üzerine yerleştirilen bakır sülfat çözeltisindeki bakır tele, diğer ucu demir üzerine temas ettirilir. Avometredeki değerin sabitlenmesiyle okunan değer kaydedilir.

AMAÇ

Bazı endüstriyel atıkların, betonun mekanik dayanımına ve betonarme demirlerinin korozyonuna etkisini araştırmaktır. Bu amaçla Ekmekçioğlu Çinko-Bakır fabrikasından alınan atıklar, Ece Seramikten alınan alçı atığı, Zonguldak Çatalözü Termik Santralinden alınan uçucu kül ve Bandırma Etibor'dan alınan boraks şlamı farklı oranlarda Yibitaş Lafarge-Çorum Çimento Fabrikasının ürettiği PÇ 42,5 CEM II/A çimentosuna ilave edilerek yapılmıştır

SONUÇ

Yibitaş Lafarge-Çorum Çimento fabrikasının ürettiği PÇ 42,5 CEM II/A çimentosunun her bir malzemesi (klinker, tras, alçıtaşı, kalker) fabrika sahasından temin edilmiş olup, standartlara göre öğütülmüş ve bu karışımdan oluşan çimento standart kabul edilerek, bu çimento içine Ekmekçioğlu Çinko-Bakır fabrikasından alınan atıklar cüruf ilavesi olarak, Ece Seramikten alınan alçı atığı, Zonguldak Çatalözü Termik Santralinden alınan uçucu kül ve Bandırma Etibor'dan alınan boraks şlamı belli oranlarda ilave edilerek bu atıkların çimento içinde değerlendirilebilir olduğu görülmüştür. Numunelerimize toplam % 10 katkı ilavesi yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca bu katkılı çimentoların betonarme demirlerinin korozyonunu önlediği tespit edilmiştir.

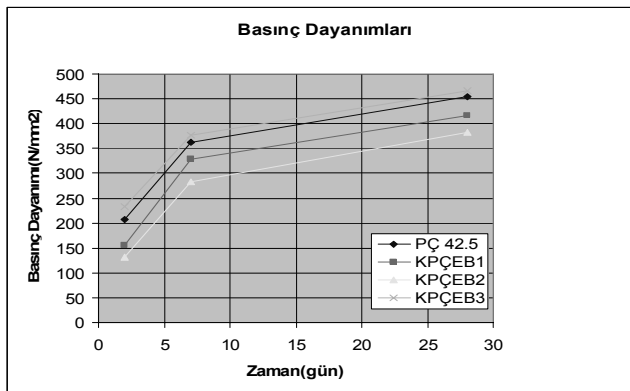
Çizelge 1. Çimento Kodları ve Bileşimleri

Çimentoların Kodları	Çimentonun Adı	Uçucu Kül %	Ece Alçı %	Ekmekçioğlu Cüruf %	Bor %
PÇ 42.5	Standart Portland Çimentosu	---	---	---	---
KPÇEB1	Katkılı Portland Çimentosu Ekmekçioğlu-Bor1	---	---	3	7
KPÇEB2	Katkılı Portland Çimentosu Ekmekçioğlu-Bor2	---	---	5	5
KPÇEB3	Katkılı Portland Çimentosu Ekmekçioğlu-Bor3	---	---	9	1
KPÇBE1	Katkılı Portland Çimentosu Bor-Ece Seramik1	---	3	---	7
KPÇBE2	Katkılı Portland Çimentosu Bor-Ece Seramik2	---	5	---	5
KPÇBE3	Katkılı Portland Çimentosu Bor-Ece Seramik3	---	9	---	1
KPÇUB1	Katkılı Portland Çimentosu Uçucu Kül-Bor1	3	---	---	7
KPÇUB2	Katkılı Portland Çimentosu Uçucu Kül-Bor2	5	---	---	5
KPÇUB3	Katkılı Portland Çimentosu Uçucu Kül-Bor3	9	---	---	1

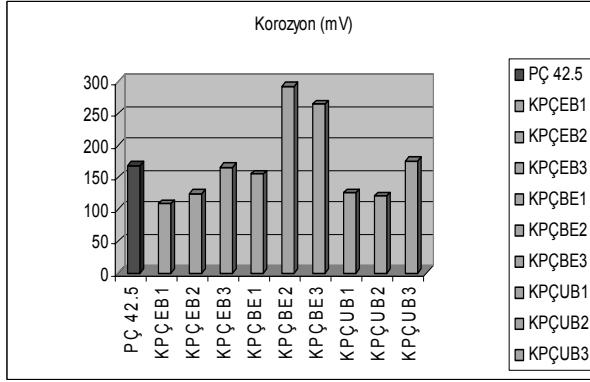
Priz Süreleri; bütün çimento karışımlarının uygunluk gösterdiği bulunmuştur. Standart numune ile karşılaştırıldığında Bor+Ekmekçiöğlü katkılarının bulunduğu **KPÇEB1, KPÇEB2 ve KPÇEB3** numunelerinde priz sürelerinin geç başlayıp erken bittiği, Bor+Ece Alçı katkılarının bulunduğu **KPÇBE1, KPÇBE2 ve KPÇBE3** numunelerinde ise priz sürelerinin daha da geç başladığı ve erken bittiği, Bor+Uçucu Kül katkılarının bulunduğu **KPÇUB1, KPÇUB2 ve KPÇUB3** numunelerinde ise priz sürelerinin Bor+Ece Alçı katkıları numunelerle yakınlık gösterdiği ve priz sürelerinin geç başlayıp erken bittiği sonuçlarına varıldı. Bunun sebebi ise alçının priz süresini geciktirdiği bilinmektedir. Bizim de alçı oranlarımızın yüksek olması priz süresini geciktirmiştir. Bulunan sonuçların hepsi standartlar dahilindedir. Standarda göre 1 saat önceden priz süresinin başlamaması ve 10 saatten sonra da priz süresinin tamamlanmaması istenir.

Çizelge 2. Deneysel Sonuçlar

Çimentoların Kodları	Basınç Dayanımları (N/mm ²)			Korozyon (mV)	İncelik		Priz Başlangıç min 1 saat	Priz Bitiş max 10 saat
	2 gün	7gün	28 gün		90 µ üstü %	200 µ üstü %		
PÇ 42.5	20.8	36.3	45.4	169	2.8	0.3	140	190
KPÇEB1	15.6	32.9	41.7	108	2.8	0.5	340	425
KPÇEB2	13.2	28.3	38.3	124	2.6	0.4	430	455
KPÇEB3	23.4	37.6	46.6	166	4.4	1	200	235
KPÇBE1	14.8	23.7	38.4	155	2.3	0.7	410	435
KPÇBE2	10.2	15.9	21.3	293	4.5	0.6	500	555
KPÇBE3	13.0	17.3	22.9	265	5	0.5	220	260
KPÇUB1	8.4	14.1	30.0	126	2.7	0.4	485	575
KPÇUB2	10.5	23.6	31.2	121	2.5	0.3	480	565
KPÇUB3	17.3	29.8	41.4	175	1.6	0.2	200	235



Şekil 1. 2-7-28 Günlük Basınç Dayanımı



Şekil 2. Korozyon Test Sonuçları

Basınç Dayanımları; Bor+Ekmekçioğlu katkıli çimentolarının 2-7-28 günlük basınç dayanımlarına göre %'lik oranları grafiğe geçirdiğimizde %1 bor + %9 Ekmekçioğlu Cürufu ihtiva edenin en iyi basınç dayanımı verdiği (46.6 N/mm²), %7 bor + % 3 Ekmekçioğlu (41.7 N/mm²) ve %5 bor + % 5 Ekmekçioğlu (38.3 N/mm²) katkıli çimentolarının da standart çimentoya göre düşük basınç dayanımı verdiği gözlenmiştir.

Bor+Ece Alçı katkıli çimentolarının 2-7-28 günlük basınç dayanımlarına göre % oranlarını grafiğe geçirdiğimizde standart çimentoya göre düşük basınç dayanımı sonucu elde edildi. **KPÇBE1** (38.4 N/mm²), **KPÇBE2** (21.3 N/mm²), **KPÇBE3** (22.9 N/mm²). Bunun sonuçlara göre bor ve Ece alçının basınç dayanımına olumsuz etki yaptığı görülmüştür.

Bor+Uçucu Kül katkıli çimentolarında 2-7-28 günlük basınç dayanımlarına göre % oranlarını grafiğe geçirdiğimizde standart çimentoya göre düşük basınç dayanımı sonucu elde edildi. **KPÇUB1** (30.0 N/mm²), **KPÇUB2** (31.2 N/mm²), **KPÇUB3** (41.4 N/mm²).

Ancak PÇ 32,5 Standartlarına uygunluk göstermesi sebebiyle PÇ 32,5 olarak kullanılabilir.

Mekanik testlerin sonucunda en iyi basınç dayanımını ve priz süresinin de ideal olduğu **KPÇEB1** (41.7 N/ mm²) ve **KPÇEB3** (46.6 N/ mm²) numaralı katkıli çimentoları vermiştir.

KPÇBE2, **KPÇBE3** numuneleri, korozyonun önlenmesinde çok önemli bir katkı sağlarken diğer numuneler önemli bir katkı sağlamamıştır. Ancak korozyon açısından kötü bir etkisi de tespit edilmemiştir.

Bütün sonuçların değerlendirmesi yapılırsa; elde ettiğimiz katkıli çimentoların bütün özelliklerinin standartlar içinde gözlenmesi bu katkıli

çimentoların kullanılabilmesine ve atıkların uzaklaştırılmasında yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Atıkların çimento içerisindeki maliyeti düşüreceğinden ülke ekonomisi açısından yararlı olacağı söylenebilir.

Ancak yapılan deneyleri genel olarak değerlendirdiğimizde katkı oranı arttıkça basınç dayanımlarında gittikçe düşüş görülmektedir. Bu yüzden kullanımda katkı oranı artırılırsa basınç dayanımları standartlara uygunluk göstermeyeceği yorumunu yapabiliriz.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada denenen alçı atığı, uçucu kül ve boraks şlamı gibi endüstri atıklarının çimento üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılabilmesi ve **KPÇBE2, KPÇBE3** atık katkılı çimentoların, betonarme demirinin korozyonunun önlenmesinde önemli bir katkı sağladığı, diğer numunelerin ise olumsuz bir etki sağlamadığı tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Zeybek, S., "Borlu Çimentolar", Yüksek Lisans Tezi, Manisa, Şubat 1996.
2. Yeğınobalı, A., "Katkılı Beton mu, Katkılı Çimento mu?", Çimento ve Beton Dünyası, Nisan 2001.
3. Arslan, A., H., "Portland Çimentosu Hidratasyonu", KTÜ Bitirme Tezi, 1979.
4. Türk Standardı TS EN 196-1, TS EN 196-2, TS EN 196-3
5. Başyigit, C., "Yüksek Oranda, Yüksek Kalsiyumlu Uçucu Kül Katılmasının Beton Özelliklerine Etkisi", Jeoloji Mühendisliği, Doktora Tezi, 1993
6. Tokyay, M., Erdoğan, K., "Cüruflar ve Cüruflu Çimentolar", TÇMB Yayınları, Ocak 2002
7. Erdoğan, Y., Demirbaş, A., Genç,H., "Partly-Refined Chemical By-Product Gypsums as Cement Additives", Cem. Concr. Res., 22, 841, 1992.
8. Ölmez, H., "Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi", OMÜ Yayınları, Samsun 1988.
9. Aslan, A., "Termik Santral ve Biyokütle Atıkları ile Tras Katkılarının Çimentonun Mekanik Dayanım ve Hidratasyon Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması", KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1998.
10. Tokyay, M., Erdoğan, K., "Uçucu Küllerin Karakterizasyonu", TÇMB Yayınları, Ağustos 1998.
11. Genç,H., "Borik Asit Fabrika Atıklarının Değerlendirilmesi", KTÜ Y.L.T., Trabzon, 1991.