

BOR İÇEREN ATIK SULARIN PORTLAND ÇİMENTOSU HARCİ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

(THE USE OF BORON CONTAINING WASTEWATER FOR PRODUCING PORTLAND CEMENT MORTAR)

Arın YILMAZ¹

ÖZ

Bor içeren atık suların beton veya portland çimentosu harcı üretiminde kullanılması, ekonomik, teknik ve çevresel açıdan önemlidir. Bu çalışmada, farklı bor içeriğine sahip atık sular ile şebeke suyu kullanılarak üretilen çimento harçlarının mekanik ve dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Portland çimentosu harç numuneleri 40×40×160 mm boyutlarında prizmatik ve 50 mm boyutlarında küp kalıplara dökülmüştür. Atık su içerisindeki bor miktarının, 28 günlük basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı, 300°C, 600°C ve 900°C sıcaklığa maruz bırakılan harçların dayanım kaybı ve donma çözülme dayanıklılığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bor içeren atık sular, Portland çimentosu harcının mekanik ve dayanıklılık özelliklerini geliştirmiştir. Sonuç olarak, bor içeren atık suların harç üretiminde kullanımı doğal çevrenin korunması ve teknik açıdan malzeme kalitesinin artırılması için uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Atık su, bor, çimento harcı, dayanım, dayanıklılık

ABSTRACT

The utilization of boron containing wastewater in production of concrete or Portland cement mortar provide economical, technical and environmental benefits. This paper presents a study of the mechanical and durability properties of Portland cement mortars mixed using tap water and wastewater having different boron concentrations. Portland cement mortar test specimens were cast in 40×40×160 mm prismatic moulds and 50 mm cube moulds. The effect of boron concentration on the following properties were studied; compressive and flexural strength at ages up to 28 days, compressive strength lost after being subjected to 300°C, 600°C and 900°C curing temperatures and freezing-thawing durability. Boron containing wastewater was improved the mechanical and durability properties of Portland cement mortar. Finally, utilization of boron containing wastewater in production of cement mortar could be suitable for protection of environment and increasing technical quality of construction materials.

Keywords: Wastewater, boron, cement mortar, strength, durability

¹ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, BALIKESİR, ayilmaz@balikesir.edu.tr (sorumlu yazar)

1. GİRİŞ

Endüstriyel katı ve sıvı atıkların çevreye verdiği zararlar önemli sorunların başında gelmektedir. Bu atıkları çimento ve beton üretiminde katkı maddesi olarak kullanmak, çevreyi ve insan sağlığını korumak anlamına gelmektedir. Belirtilen atıklardan biri de Dünya rezervlerinin %73'üne sahip Türkiye'deki bor minerallerinin üretimi sırasında oluşmaktadır [1]. Balıkesir iline bağlı Bigadiç ilçesi Kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9\cdot 8\text{H}_2\text{O}$) yatakları bakımından zengin bir bölgemizdir. Konsantre Bor üretimi, açık ocak madenciliği, kırma, yıkama, eleme ve cevher üretimi şeklinde elde edilmektedir. Üretim sırasında, kolemanit ve üleksit cevherleri sulu sistemler ile zenginleştirilmektedir. Sistemden çıkan şlam denilen sulu ince atık, pompalar ile Çamköy Atık Barajı'na gönderilmektedir. Barajın 1/13'ü katı atık ile dolu olup geriye kalan kısım tamamen su ile doludur. Çamköy Atık Barajı'nda bulunan suda bor konsantrasyonu değerinin ortalama olarak 500 ppm olduğu yapılan belirlenmiştir. Belirli bor oranına sahip bu atık suyun değerlendirilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde su kaynaklarımız oldukça sınırlıdır. Bu nedenle insanoğlu temiz su kaynaklarını kullanırken dikkatli olmak zorundadır. Belediyeler veya firmalar tarafından geri dönüşümü sağlanan atık sular genel olarak içme suyu kullanımı dışında bitki veya tarımsal sulamada, güç ünitelerinin ve yağ rafinelerinin soğutulmasında, endüstriyel işlemlerde ve beton üretiminde kullanılmaktadır. Dünya genelinde sadece beton üretimi için yaklaşık 4 trilyon litre su tüketilmektedir. Bu rakam sadece beton üretimi için gerekli su miktarı olup, beton bakımı için gerekli su miktarı bu rakama dahil değildir [2]. Bu yüzden beton üretimi için gerekli temiz suyun elde edilmesinde atık suların değerlendirilmesi de gerekmektedir. Böylece, atık suların geri dönüşümü ile su kaynaklarının korunması ve çevresel etkilerinin azalmasını sağlanmış oluruz.

Birçok araştırmacı işlem görmüş veya işlem görmemiş atık suları beton üretimi için çalışmalarında kullanmışlardır. Tay ve Yip çalışmalarında; belirli oranlarda işlem görmüş şebeke atık sularını beton üretiminde kullanarak ilk günlerde beton basınç dayanımının arttığını, ileriki yaşlarda ise değişmediğini göstermişlerdir. Ayrıca, segregasyon, rötne, su emme, birim ağırlık ve priz sürelerini olumsuz yönde geliştirmediğini de belirtmişlerdir [3-4]. Bir diğer çalışmada, işlem görmemiş atık sular beton üretiminde kullanılmış fakat priz sürelerini ve boşluk miktarını arttırdığı, basınç dayanımlarını düşürdüğü belirtilmiştir [5]. Beton üretimi dışında, mikser ve pompaların yıkanması için suya ihtiyaç duyulmaktadır. Borger ve arkadaşları, beton tesislerinde açığa çıkan atık suları beton ve harç üretiminde kullanarak, basınç dayanımı, sülfatlara dayanıklılık, priz süreleri ve işlenebilirlik üzerine olumlu sonuçlar elde etmişlerdir [6]. Diğer çalışmalarda, beton üretimi sırasında ortaya çıkan atık sular tekrar beton üretiminde kullanılmış, içilebilir su ile üretilen betonlarla aynı fiziksel, mekanik ve dayanıklılık özellikleri gösterdiği belirtilmiştir [7-8]. Tsimas ve Zervaki yaptıkları çalışmada beton tesisindeki mikserlerin yıkanması sonucu atık suları tekrar iyileştirerek beton üretiminde kullanmışlardır. Deney sonuçlarına göre, taze betonun işlenebilirliğinde bir değişiklik olmadığı, slump değerlerinin değişmediğini, priz süreleri ve su ihtiyacında artış olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, 7 ve 28 günlük beton basınç dayanımlarının yüksek çıktığını bunun nedeninin ise suyun içindeki küçük parçacıkların boşlukları doldurmasından ileri geldiğini ifade etmişlerdir [9]. Chatveera ve arkadaşları bu konuyla ilgili 2 farklı çalışmada şu sonuçları elde etmişlerdir; Karışım suyu olarak tesiste açığa çıkan çamurumsu atık suyu kullanarak ilk olarak atık su içerisindeki katı madde oranının %6 ya kadar olması durumunda dayanım ve dayanıklılık açısından bir sorun oluşturmadığını ifade etmişlerdir.

Diğer çalışmalarında ise, şebeke suyu yerine %0 ile %100 oranında çamurumsu atık suyu kullanmışlar ve atık su miktarı arttıkça rötre miktarının ve ağırlık kayıplarının asit etkisinden dolayı arttığını belirtmişlerdir [10-11].

Al-Jabri ve arkadaşları üç araç yıkama tesisi sularını kullanarak yüksek dayanımlı beton üretimi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada atık suları %25-100 aralığında temiz su ile yer değiştirmişler, elde ettikleri sonuçlara göre 28 günlük basınç dayanımları arasında büyük farklar elde edilmemiştir [12]. İlginç bir çalışmada, şeker fabrikasının atık suları beton üretiminde kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda priz sürelerinin uzadığı, şekerli suyun asidik olmasından dolayı zamanla ilerledikçe basınç dayanımının arttığı belirlenmiştir [13].

Bor içeriğine sahip atık sular üzerine yapılan çalışmaların çoğu, atık su içerisindeki bor bileşenini farklı yöntemler kullanarak ayırmak üzerine yapılmıştır. Bilindiği üzere bor en çok cam elyaf üretiminde, tarımda, seramik ve deterjan üretiminde kullanılmaktadır. Son yıllarda bor kullanımı çimento üretimine de girmiştir. Bor içeriğine sahip atık suların beton veya harç üretiminde kullanılmasına dair literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, şebeke suyu, 100ppm, 200ppm, 300ppm, 400ppm ve 500ppm bor içeriğine sahip atık sular ve CEM I 42.5R Portland çimentosu kullanılarak TS EN196-1'e göre [14] Portland çimentosu harç numuneleri üretilmiştir. Üretilen harç numunelerine atık suyun içerisinde bulunan bor miktarına göre sırasıyla şu kısaltmalar verilmiştir: B100, B200, B300, B400 ve B500. Su içerisindeki bor miktarının, Portland çimentosu harçlarının mekanik ve dayanıklılık özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bor atık sularının beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Materyal

Harç üretimi için kullanılan TS EN 197-1'e [15] uygun üretilen Portland çimentosu, CEMI 42.5 R Balıkesir LİMAK Çimento Fabrikası silolarından alınmıştır. Çalışmada kullanılan atık sular Bigadiç ilçesinin 10 km kuzeydoğusunda bulunan borlu atık suların kontrolü için inşa edilmiş Çamköy Barajı'ndan elde edilmiştir. Alınan atık su Bigadiç ETİ Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü laboratuvarlarında işlemden geçirilerek, çalışmada kullanılan 100ppm, 200ppm, 300ppm, 400ppm ve 500ppm konsantrasyona dönüştürülmüş ve sırasıyla B100, B200, B300, B400 ve B500 kodu verilmiştir. Çalışmada kullanılan Portland çimentosu, atık su ve şebeke suyunun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2. Yöntem

Harç numuneleri, TS EN196-1'de belirtilen 1:2:6 oranlarında su, çimento ve standard Rilem kumunun laboratuvar tipi mikserle karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Üretilen harç karışımları, 40×40×160 mm prizmatik standart kalıplara ve 50×50×50 mm küp kalıplara standartlara uygun olarak yerleştirilmiştir. Kalıp içerisinde bir gün süreyle %95 nem ve 20°C kür sıcaklığına sahip kür odasında bekletilen numuneler daha sonra kalıptan çıkarılarak, 20±2 °C sabit sıcaklığa sahip kür havuzlarında basınç dayanımı deneyleri uygulanıncaya kadar bakıma tabi tutulmuşlardır. 40×40×160 mm prizmatik numuneler kullanılarak 2., 7., 28. günlerde harç numuneleri üzerinde eğilmede çekme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

50×50×50 mm boyutlarındaki Portland çimentosu harç numuneleri dayanıklılık deneylerinde kullanılmak üzere üretilmiştir. Donma-çözülme deneyleri için numuneler öncelikle standartlara uygun olarak 28 gün boyunca 20±2°C sıcaklığına sahip kür havuzunda bakımı yapılmıştır. Daha sonra suya doymun numuneler -20°C sabit sıcaklıkta termostatlı derin dondurucuda 4 saat süreyle donması sağlanmıştır. Bu süre sonunda, derin dondurucudan çıkarılan numuneler 4 saat süre ile oda sıcaklığındaki su dolu bir kap içerisinde çözümleri sağlanmıştır. Donma-çözülme döngüsü 30 kez tekrarlandıktan sonra, numuneler basınç dayanımına tabi tutulmuştur. Aynı zamanda karşılaştırılma yapılabilmesi için normal şartlarda bakımı yapılan numuneler de aynı zaman diliminde basınç dayanımına tabi tutulmuştur.

Yüksek sıcaklık deneyleri için hazırlanan 50×50×50 mm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Dökümü yapılan numuneler 28 gün süre ile kür edildikten sonra 105°C etüvde 24 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Daha sonra numuneler, gerekli (300°C, 600°C, 900°C) iç sıcaklığa ulaşan kül fırınının içinde 2 saat bekletilmiştir. Daha sonra numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuma sonrası numuneler basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.

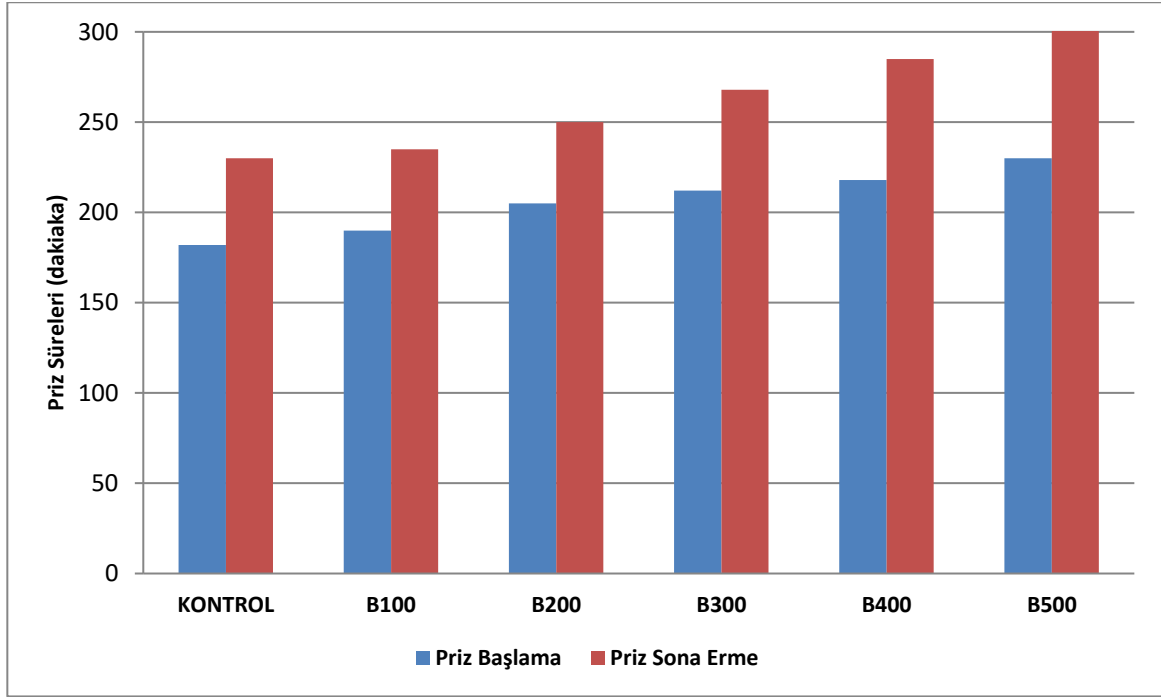
Çizelge 1. Portland çimentosu, şebeke suyu ve bor atık suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Bileşen (%)	CEMI 42.5 R	Bileşen (ppm)	Çamköy Barajı	Şebeke Suyu		
CaO	63.27	Na	110	-		
SiO ₂	19.3	K	10	-		
Al ₂ O ₃	5.08	Mg	20	-		
Fe ₂ O ₃	2.92	Sr	14	-		
MgO	1.69	Ba	-	-		
Na ₂ O	0.25	Mn	0.01	-		
K ₂ O	0.84	Fe	-	0.169		
SO ₃	2.97	Sülfat (SO ₄)	800	-		
Cl ⁻	0.0075	Cd	-	-		
KK	4.21	Al	-	10		
Fiziksel Özellikler		Pb	-	-		
Yoğunluk (g/cm ³)	3.12	Bor	545	-		
Özgül yüzey(cm ² /g)	3495	Arsenik	0.5	-		
Basınç Dayanımı (MPa)		Co	-	-		
2 günlük	25.6	pH	8.40	7.69		
7 günlük	41	Sertlik	4.9	4.2		
28 günlük	51.9	Cl ⁻ (ppm)	20	35		
		Askıda katı madde (mg/L)	5.6	-		
Priz Süreleri	CEMI I 42.5 R	B100	B200	B300	B400	B500
Priz Başlama(dak)	182	190	205	212	218	230
Priz Sona Erme (dak)	230	235	250	268	285	305

3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

3.1. Priz Süreleri

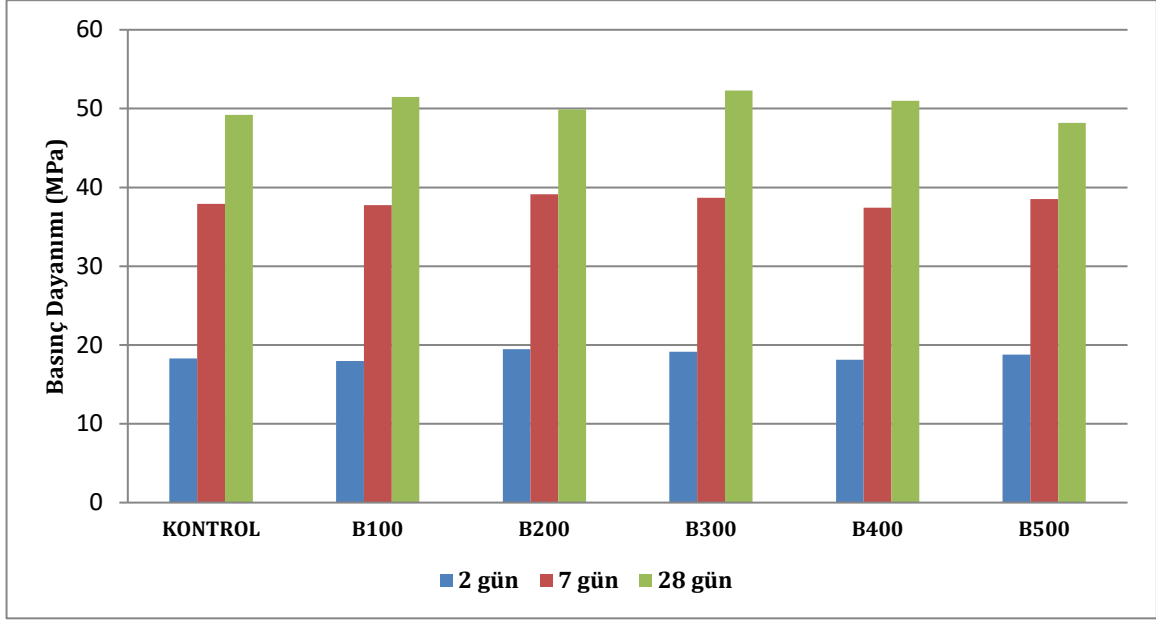
Priz başlama ve ve sona erme sürelerinin su içerisindeki atık bor miktarının artması ile arttığını söylemek mümkündür. Borun Portland çimentosu harcı üretiminde kullanılması sonucunda, priz sürelerini uzattığını gösteren bilimsel çalışmalar bulunmaktadır [16]. Bu çalışmada priz sürelerindeki artış Şekil 1’de gösterilmiştir. Çimento harcının veya betonun gelişimini geciktirmede bor atık sularının kullanımı uygun olabilir.



Şekil 1. Atık sudaki bor içeriğine bağlı harçların priz süreleri

3.2. Basınç Dayanımı

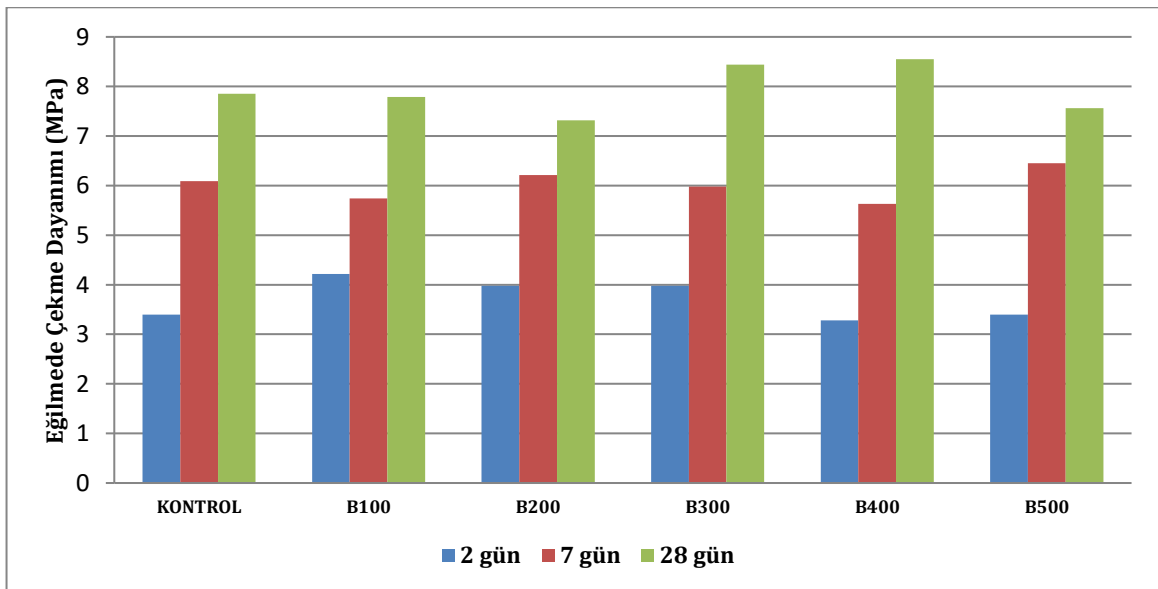
Atık su içerisindeki bor miktarına bağlı olarak harçların zamana bağlı basınç dayanımı gelişimi Şekil 2’de verilmiştir. B100, B200, B300, B400 ve B500 harçlarının 28 günlük basınç dayanımı değerleri sırasıyla, 51.49MPa, 49.91MPa, 52.3MPa, 51MPa ve 48.2MPa olarak elde edilmiştir. Şebeke suyu ile üretilen kontrol harcının 28 günlük basınç dayanımı ise 49.2MPa olarak elde edilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, B500 karışımı dışındaki diğer bor içeriğine sahip numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerleri, şebeke suyu ile üretilen kontrol numunesine göre daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Genel olarak, 28 günlük basınç dayanımı değerinin en yüksek elde edildiği karışım B300 harç karışımının olduğu sonucuna varılmıştır. Priz süresinin uzaması sonucunda çimento harç numunelerinin basınç dayanımı daha dengeli bir gelişim göstererek kontrol numunesine göre az da olsa yüksek değerlerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bor atık suları ile üretilen harç numunelerinin 28 günlük basınç dayanımlarının, CEM I 42.5R çimentosu için ilgili standarda minimum 28 günlük basınç dayanımı değerinin (42.5MPa) üzerinde değerlere ulaştığı söylenebilir. Sonuç olarak, şebeke suyu yerine bor içeren atık suların kullanımının basınç dayanımı yönünden uygun olacağını söylemek mümkündür.



Şekil 2. Atık sudaki bor içeriğine bağlı harçların basınç dayanımı gelişimleri

3.3. Eğilmede Çekme Dayanımı

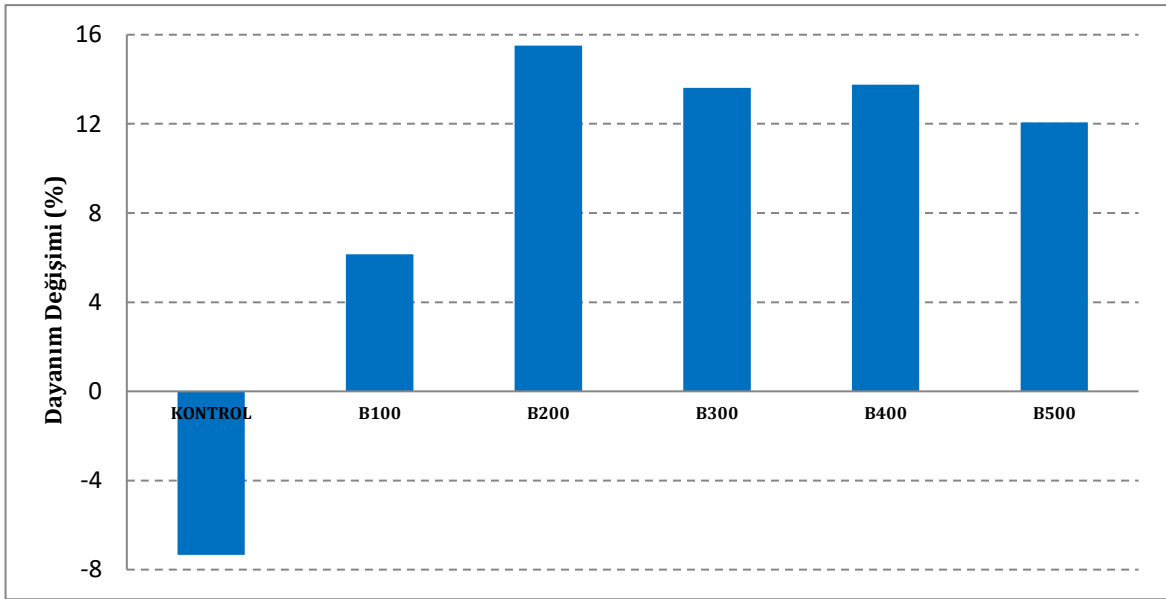
Bor içeren atık sularla üretilen harç numunelerinin 2, 7 ve 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri Şekil 3'deki grafikte gösterilmiştir. B100, B200, B300, B400 ve B500 harç numunelerinin 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri, 7.79MPa, 7.32MPa, 8.44MPa, 8.55MPa ve 7.56MPa olarak elde edilmiştir. Basınç dayanımında olduğu gibi, B300 ve B400 çimento harç numunelerinin eğilmede çekme dayanımlarının şebeke suyu ile üretilen kontrol numunesine (7.85MPa) göre yüksek çıktığı, diğer oranlar için ise şebeke suyu ile üretilen numunelerin değerlerine ulaştığı söylenebilmektedir. Portland çimento harcı numunelerinin eğilmede çekme dayanımlarının, bor içeriğine sahip atık sulardan fazla etkilenmediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Atık sudaki bor içeriğine bağlı harçların eğilmede çekme dayanımı gelişimleri

3.4. Donma Çözülme

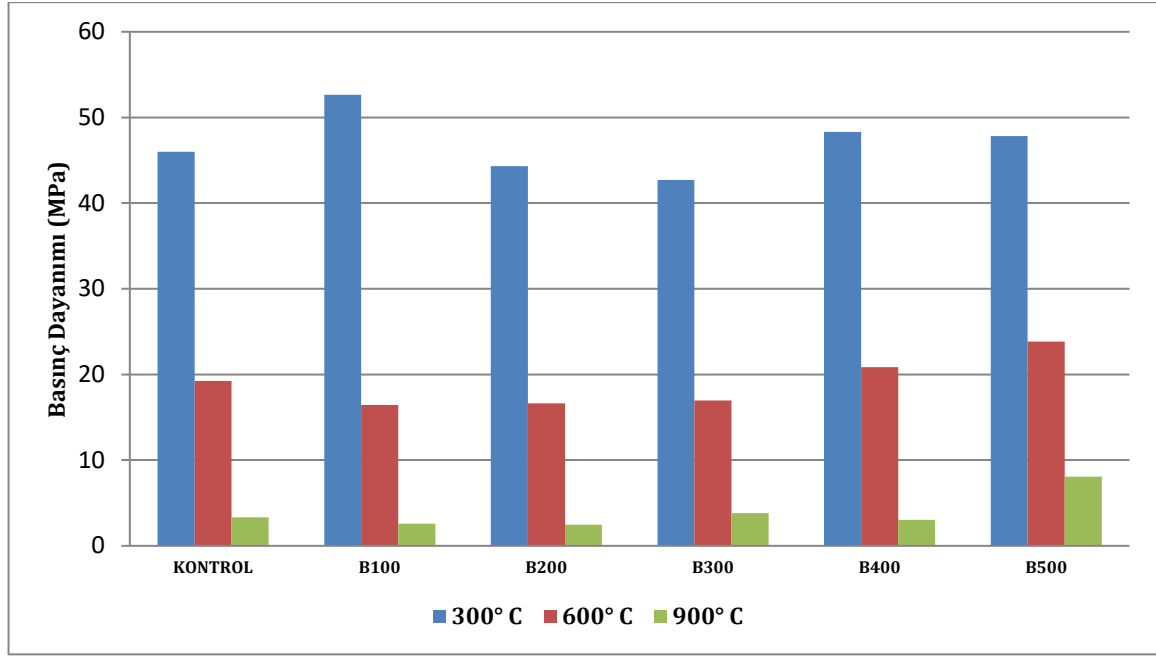
30 döngü olarak tekrarlanan donma çözülme deneyleri sonucunda elde edilen basınç dayanımı ile o zaman kadar normal şartlarda bakımı yapılan harçların basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Dayanım gelişimi(%), normal kür şartlarında bakımı yapılan 28 günlük basınç dayanımı verilerini temel alarak, aradaki basınç dayanımı farkının normal şartlarda bakımı yapılan numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarına oranının yüzdesi şeklinde hesaplanmıştır. Donma çözülme sonucunda basınç dayanımlarındaki değişim Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde görülmektedir ki, bor içeriğine sahip su ile üretilen harçların donma çözülme karşı dayanıklılıkları oldukça iyidir. Özellikle B200 çimento harçların donma çözülme sonrası basınç dayanımındaki gelişme yaklaşık %15’dir. Bu durumu şöyle açıklayabiliriz; yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere bor çimentonun priz süresini geciktirmektedir. Bu yüzden bor içeriğine sahip çimento harçların dayanım gelişimi daha yavaş, dengeli ve homojen olarak dağılım göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı içyapıdaki boşluk miktarının azalması söz konusu olabilir. Boşluk miktarındaki azalmanın atık su içindeki bor oranlarının artışı ile doğru orantılı olabileceği ancak içyapıya bakarak söylenebilir. Boşluk miktarının azalması sonucunda, boşluklar tarafından emilen su miktarı azalacak ve donma çözülme döngüsünden sonra içyapıda oluşabilecek gerilme farklarının da en az düzeye inmesi beklenebilecektir. Bu nedenle, bor içeren çimento harcı numunelerinin donma çözülme karşı daha dayanıklı olabilecekleri sonucuna varılabilir.



Şekil 4. Donma-çözülme etkisindeki harçların basınç dayanımı değişimi (%)

3.5. Yüksek Sıcaklık Etkisi

300°C, 600°C, 900°C’de yüksek sıcaklığa maruz bırakılan Portland çimentosu harcı numuneleri basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Yüksek sıcaklık etkisi ile elde edilen basınç dayanımı değerleri Şekil 5’de verilmiştir. 300°C’de en yüksek basınç dayanımı değeri, B100 çimento harç numunesi ile elde edilmiştir. 600°C ve 900°C’de ise değerler çok düşük kalmış hatta bazı numunelerde sıfıra yakın sonuçlar elde edilmiştir. Buna rağmen, B500 çarç numunesinin 600°C ve 900°C’de basınç dayanımı değerleri diğer numunelere göre yüksek çıkmıştır.



Şekil 5. Yüksek sıcaklık etkisindeki harçların basınç dayanımları

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, bor atık suyunun çevreye ve canlılara verebileceği zararı en az düzeye indirmek için inşaat sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır. Atık suların beton üretiminde kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bor içeriğine sahip atık suların beton üretiminde kullanımına dair bir çalışmaya bu zamana kadar rastlanmamıştır. Atık sudaki bor içeriğinin çimento harcına dayanım ve dayanıklılık açısından etkisi incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Atık sudaki bor içeriğinin artması priz sürelerini arttırmıştır.
- Bor içeriğine sahip suların, harçların basınç dayanımı gelişimlerini olumlu yönde etkilediğini söylemek mümkündür. 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında en iyi sonucun B300 Portland çimentosu harcı ile elde edildiği görülmüştür.
- Aynı durum, eğilmede çekme dayanımları içinde söylenebilir. B300 ve B400 çimento harcı numunelerinin eğilmede çekme dayanımı değerleri şebeke su ile üretilen harç numunelerine göre yüksek çıkmıştır.
- Donma-Çözülme etkisinde, bor içeriğine sahip suların dayanım değişimi pozitif yönde olurken şebeke suyu ile üretilen numunenin dayanım gelişimi negatif olarak elde edilmiştir. Özellikle B200 numunesi donma-çözülmeye karşı en iyi dayanıklılığı göstermiştir.
- Yüksek sıcaklık etkisi incelendiğinde, 300°C den sonraki artan sıcaklık değerlerine maruz bırakılan numunelerin basınç dayanımı değerlerinin düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. 300°C de, B100 numunesinin diğer karışımlara göre daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Genel olarak bakıldığında bor içeriğine sahip suların Portland çimentosu harcı üretiminde kullanılabilirliği yönündedir. Harçların dayanım, donma-çözülme ve yüksek sıcaklık etkisindeki davranışını olumlu yönde arttırmıştır. Fakat, sülfat etkisi ve alkali silika reaksiyonu gibi diğer dayanıklılık özelliklerinin incelenmesi, çalışmanın geliştirilmesi için

gerekli olacaktır. Bu çalışmanın devamı olarak, farklı tip çimento kullanımı veya mineral katkıları ile birlikte kullanımı ile ileriki yaşlarda davranışın nasıl etkileyeceğinin araştırılması konunun daha iyi anlaşılması için önemlidir. Ayrıca, bor içeriğine sahip atık suların iç yapı boşluklarını nasıl etkilediğini araştıran bir çalışmanın da yapılmasıyla eksik yönler tamamlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü “Bor Sektör Raporu” Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Mayıs 2015.
- [2] Meyer, C. "Sustainable development and the concrete industry" *CIB Bulletin*. <http://www.civil.columbia.edu/meyer/publications/publications/80%20sustainable%20development.pdf> Erişim tarihi: 29.12.2015.
- [3] Tay J.H. and Yip W.K., “Use of reclaimed wastewater for concrete mixing” *Journal of Environmental Engineering, ASCE* 113(5), 1156-1161, 1987.
- [4] Tay J.H. “Reclamation of wastewater and sludge for concrete making”. *Resources, Conservation and Recycling* 2(3), 211-217, 1989.
- [5] Cebeci O.Z. and Saatçi A.M. “Domestic sewage as mixing water in concrete”. *ACI Materials Journal* 86(5), 503-506, 1989.
- [6] Jeff B., Ramon L. C. and David W. F. “Use of recycled wash water and returned plastic concrete in the production of fresh concrete”. *Advanced Cement Based Materials*, 1(6), 267–274, 11/ 1994.
- [7] Jörg R. and Horst G., “Influence of recycled water from fresh concrete recycling systems on the properties of fresh and hardened concrete” *Concrete Technology Reports from 2001 to 2003* vdz. [https://www.vdz-online.de/publikationen/betontechnische-berichte/?sword_list\[\]=2001&sword_list\[\]=to&sword_list\[\]=2003&no_cache=1&L=1](https://www.vdz-online.de/publikationen/betontechnische-berichte/?sword_list[]=2001&sword_list[]=to&sword_list[]=2003&no_cache=1&L=1)
- [8] Chini, D. A. and Mbwambo, W.J. “Environmentally Friendly Solutions for the Disposal of Concrete Wash water from Ready Mixed Concrete Operations” *CIB W89 Beijing International Conference*, Beijing, China, 21-24 October 1996.
- [9] Stamatis T., and Monika Z. “Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants” *Management of Environmental Quality And International Journal*, 22(1), 7-17, 01/2011
- [10] Chatveera, B., Lertwattanakul, P. and Makul, N. “Effect of sludge water from ready-mixed concrete plant on properties and durability of concrete”, *Cement and Concrete Composites*, 28, 441-50, (2006).
- [11] Chatveera, B. and Lertwattanakul, P. “Use of ready-mixed concrete plant sludge water in concrete containing an additive or admixture”, *Journal of Environmental Management*, 90, 1901-1908, (2009).
- [12] Al-Jabri KS, Al-Saidy AH, Taha R and Al-Kemyani A.J., “Effect of using wastewater on the properties of high strength concrete” *Procedia Engineering*, 14, 370–376, 2011.
- [13] E.W. Gadzama, O.J. Ekele, V.E. Anamtemfiok and A.U. Abubakar “Effects of sugar factory wastewater as mixing water on the properties of normal strength concrete” *International Journal of Science, Environment and Technology*, 4, (3), 813–825, 2015.
- [14] Türk Standardları Enstitüsü 196-1. Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini, Ankara, 2002.
- [15] Türk Standardları Enstitüsü 197-1. Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Ankara, 2012.
- [16] R. Boncukcuoglu, M.T. Yılmaz, M.M. Kocakerim, V. Tosunoglu, “Utilization of borogypsum as set retarder in Portland cement production” *Cement and Concrete Research*, 32 (2002) 471-475.

ÖZGEÇMİŞ / CV**Arın YILMAZ; Yrd.Doç.Dr. (Assist.Prof)**

Lisans derecesini 1994'te Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden, Yüksek Lisans derecesini 1998'de Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden, Doktora derecesini 2004 yılında Balıkesir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden aldı. Hala Balıkesir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Temel çalışma alanları: Beton, Yapı Malzemesi, Katı Atık Yönetimi ve Kompozit Malzemeler üzerinedir.

He got his bachelors' degree in the Civil Engineering Department at Middle East Technical University, Ankara/Turkey in 1994, his master degree in the Civil Engineering Department at Middle East Technical University, Ankara/Turkey in 1998, PhD degree in the Civil Engineering Department at Balıkesir University, Balıkesir/Turkey in 2004. He is still an academic member of the Civil Engineering Department at Balıkesir University. His major areas of interests are: Concrete, Construction Materials, Waste Management and Composite Materials.