



## CEM I VE CEM II Çimentosu İçeren Beton Karışımlarının Kıyaslamalı İncelenmesi

Onur Can BOYACI<sup>1, \*</sup>, Ali Mardani-AGHABAGLOU<sup>2</sup>, Kambiz RAMYAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, Bornova-İzmir, TÜRKİYE*

<sup>2</sup>*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Uludağ Üniversitesi, Görükle-Bursa, TÜRKİYE*

*Başvuru: 19/05/2016*

*Kabul: 11/10/2016*

### ÖZ

Bu çalışmada, aynı çimento fabrikası ürünü olan CEM I 42,5 R ve CEM II/B (L-W) 42,5 R tipi çimentoların, betonun özelliklerine etkisi kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla, üç farklı su/çimento(s/ç) oranında (0,58, 0,39, 0,36) olmak üzere altı farklı beton karışımı üretilmiştir. Betonların birim hacim ağırlık, hava içeriği, kıvam, kıvam kaybı ve yayılma gibi taze hal özelliklerine ilaveten, sertleşmiş numunelerin basınç dayanımı, geçiş özellikleri ve kuruma-büzülme kaynaklı boy değişimi incelenmiştir.

Beklenildiği gibi s/ç oranının artışı beton özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Betonun erken dayanım, kılcal su emme ve kuruma-büzülmesi haricinde, diğer özellikleri bakımından CEM II çimentosu daha yüksek performans göstermiştir. Bu durumun, mineral katkının betonun boşluk yapısını iyileştirdiğinden kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Mineral katkının, betonun kılcal su emme ve kuruma büzülmesine olumsuz etkisi, iri kapiler boşlukların küçük boşluklara dönüşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

*Anahtar kelimeler: Çimento tipi, su/çimento oranı, geçiş özellikleri, kuruma büzülmesi.*

### Comparative Study of CEM I and CEM II Cement-Bearing Concrete Mixtures

### ABSTRACT

In this study, the effects of a CEM I 42.5 R and a CEM II B/(L-W) 42.5 R cement, products of the same plant, on the properties of concrete were investigated, comparatively. For this purpose, six different concrete mixes were produced at three water/cement (w/c) ratios. The unit weight, air content, slump, slump loss, and slump flow of fresh concrete were determined. Furthermore, compressive strength, transport properties and length change caused by drying-shrinkage of hardened concrete were studied.

As it was expected, regardless of the cement type, concrete properties were suffered upon increasing w/c ratio. Except for early strength, water sorptivity and drying-shrinkage of concrete, CEM II showed better performance than CEM I. This improvement was attributed to the pore refinement as well as the grain refinement effects of mineral admixture in concrete. The increase in water sorptivity and drying-shrinkage of concrete, in the presence of mineral admixture, seems to be arisen from the conversion of macro capillary pores into micro-capillaries.

*Keywords: Cement type, water/cement ratio, transport properties, drying shrinkage*

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizde son yıllarda en çok CEM I ve CEM II çimentoları kullanılmaktadır[1]. Bu çimentolar ile üretilen betonların, çimentonun klinker içeriği ve kullanılan mineral katkı türü ile miktarına bağlı olarak, hidrasyon ısı, priz süresi, dayanım kazanma ve çeşitli durabilite özelliklerinde farklılık olması beklenir. Bu değişkenlerin incelenmesi, gerekirse iyileştirilmesi ve beton özelliklerine etkisi önemli bir araştırma konusudur[2-3]. Çimento özelliklerinin yanı sıra karışımdaki miktarı ve s/ç oranı da betonun mekanik ve durabilite özellikleri üzerinde oldukça etkilidir. Özellikle s/ç oranının azalmasıyla geçirimsizlik ve mekanik özelliklerin iyileştiği bilinmektedir[2-7].

CEM II çimentoları üretilirken kullanılan puzolanlar, kendi başına bağlayıcılık özeliği çok az olan veya hiç olmayan, ancak (doğal olarak veya öğütülme sonucunda) çok ince taneli olduklarında, sulu ortamda kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girdiklerinde, hidrolik bağlayıcılık özelliklerine sahip bileşenlerin oluşmasını sağlayan silisli veya silis ve alüminli malzemelerdir[4].

Çimento tipinin beton özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmalarda, mineral katkı kullanılan karışımların geçirimsizlik özelliklerinin CEM I çimentosu kullanılan karışımlardan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir[5-7]. Bu durum, kullanılan mineral katkıların çimento hidrasyonu sonucu ortaya çıkan kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek yeni bağlayıcı bileşikler oluşturması, boşlukları doldurması ve matris-agrega ara yüzeyini güçlendirmesi ile açıklanmıştır.

Mineral katkıların betonun dayanım ve geçirimsizliğine etkisi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan, çimentonun bir bölümü yerine kullanılan mineral katkının, betonun erken dayanımını azalttığı, ileri yaş dayanım ve geçirimsizliği arttırdığı, bu etkilerin mineral katkının mineralojik ve kimyasal kompozisyonu, inceliği ve morfolojisi gibi özellikleri ile ikame oranına bağlı olarak değiştiği bilinmektedir[2,4,8]. Ancak, bu katkıların betonun kuruma büzülmesine etkisi ile ilgili nispeten az ve çelişkili raporlar mevcuttur[9]. Bu durumun, mineral katkı türü ve miktarından olduğu gibi,

deney koşullarından da kaynaklanabileceği bilinmektedir. Çoğu çalışmada deney koşulları ile ilgili detaylı bilgi bulunmadığından bu etkiyi netleştirmek mümkün olmamaktadır.

Bilindiği gibi betonda kuruma makro boşluklardaki su kaybı ile başlamaktadır. Bu aşamada betonda kayda değer büzülme oluşmamaktadır. Daha sonra mikro boşluklardan, kuruyan makro boşluklara su hareketi betonda önemli miktarda kuruma büzülmesine yol açmaktadır. Kuruma büzülmesi hamur, beton ve çevre kaynaklı parametrelerden etkilenmektedir. Hamurun, gözenekliliği, yaşı, bakım sıcaklığı, nem içeriği, çimento kompozisyonu, içerdiği mineral katkının türü ve miktarı betonun kuruma büzülmesini etkileyen özellikleridir. Agreganın rijitliği, betonun agregaya içeriği, beton elemanın hacim/alan oranı ve kalınlığı, kuruma büzülmesini etkileyen beton parametreleri olarak sıralanabilir. Bağlı nem, kuruma hızı, kurumunun ne zaman başladığı ve ne kadar süre devam ettiği, betonun kuruma büzülmesini etkileyen çevresel parametrelerdir[3, 8].

Bu çalışmada üç farklı s/ç oranına sahip iki farklı çimentodan üretilen betonların birim hacim ağırlık, kıvam, kıvam kaybı ve yayılma gibi taze hal özellikleri ile sertleşmiş numunelerin basınç dayanımı, geçiş özellikleri ve kuruma büzülme kaynaklı boy değişimi incelenmiştir.

## DENEYSEL ÇALIŞMA

### Malzeme ve Karışım Oranları

Çalışmada, aynı fabrika ürünü CEM I 42,5 R ve CEM II/B (L-W) 42,5 R çimentoları kullanılmıştır. Çimentoların kimyasal ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan kırma kireçtaşı agregalar 0/3, 0/5, 5/15, 15/25 mm olmak üzere 4 farklı büyüklük aralığında temin edilmiştir. Agregaların su emme oranı, özgül ağırlığı ve elek analizi sırasıyla TS EN 1097-6 ve TS 3530 standartlarına göre yapılmıştır. Agregaların fiziksel özellikleri Tablo 3’de verilmiştir. Çeşitli boy fraksiyonlarındaki agregaların uygun oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan ve farklı s/ç oranına sahip betonlarda kullanılan agregaların gradasyon eğrileri Şekil 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çimentoların kimyasal analizi

Oksit	N*	K*
CaO	64,13	54,03
SiO <sub>2</sub>	18,48	23,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,40	7,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,12	3,50
MgO	1,35	1,81
Na <sub>2</sub> O	0,44	1,23
K <sub>2</sub> O	0,78	0,92
SO <sub>3</sub>	3,51	3,40
Cl <sup>-</sup>	0,006	0,073
Serbest CaO	1,34	2,32

<b>Katkı</b>	4,98**	5,84**+17,49***
<b>Kızdırma Kaybı</b>	3,75	2,85
<b>Çözünmeyen Kalıntı</b>	0,03	0,85
<b>TOPLAM</b>	97,586	99,473

\* N: CEM I 42,5R çimentosunu, K:CEM II / B (L-W) 42,5R çimentosunu göstermektedir.

\*\* Kalker içeriği (L),

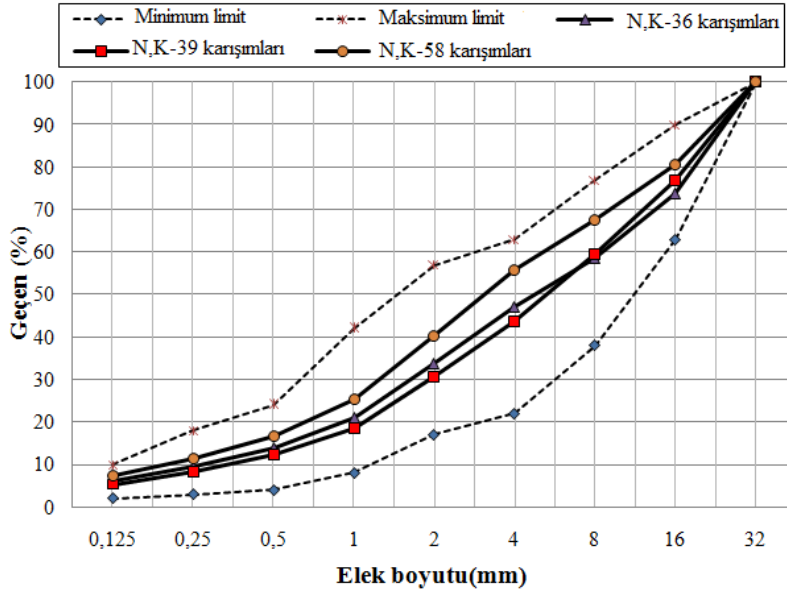
\*\*\* Kalkersi Uçucu Kül içeriği (W)

**Tablo 2.** Çimentoların mekanik ve fiziksel özellikleri

Özellikler	N	K	
	2 Gün	30,0	30,5
	7 Gün	46,2	44,9
<b>Basınç Dayanımı (MPa)</b>	28 Gün	59,6	58,7
	90 Gün	64,5	65,5
	180 Gün	67,7	70
	Özgül yüzey alanı (cm <sup>2</sup> /g)	2950	3610
<b>İncelik</b>	0.090 mm elekten kalan (%)	1,0	0,6
	0.032 mm elekten kalan (%)	23,0	14,0
<b>Özgül Ağırlık</b>		3,11	2,98
<b>Priz süresi</b>	<b>Başlangıç (dakika)</b>	170	190
	<b>Bitiş (dakika)</b>	275	320
<b>Standart Kıvam için su gereksinimi (%)</b>		28,2	30,3
<b>Le Chatelier Genleşmesi (mm)</b>		0	1

**Tablo 3.** Agrega su emme oranı ve özgül ağırlığı

	0/3 mm	0/5 mm	5/15 mm	15/25 mm
<b>Özgül Ağırlık (Görünür)</b>	2,71	2,74	2,68	2,69
<b>Özgül Ağırlık (Fırın kurusu)</b>	2,63	2,68	2,65	2,66
<b>Özgül Ağırlık (DYK)</b>	2,66	2,7	2,66	2,67
<b>Su emme kapasitesi (%)</b>	1,15	0,75	0,45	0,45



Şekil 1. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı ve standart sınırları

Betonun kıvamının ve işlenebilirliğinin istenilen düzeyde tutulabilmesi için yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanılmıştır. Kimyasal katkının, polikarboksilik eter esaslı, 1,1 kg/litre yoğunlukta olduğu, klor ile alkali içeriğinin EN 480 standardında öngörülen değerlerin altında olduğu üretici firma tarafından bildirilmiştir. Katkının, betonun hava içeriğine olumsuz bir etkisi olmadığı, hatta katkı dozajının artışı ile betonun hava içeriğinde az miktarda azalma oluştuğu görülmüştür (Tablo 4).

0,36, 0,39, 0,58 olmak üzere üç farklı s/ç oranına sahip betonların karışım oranları Tablo 4'te verilmiştir. S/ç oranı hesabında kimyasal katkının su içeriği dikkate alınmamıştır. Karışımlar, çimento türü ve s/ç oranına göre adlandırılmıştır. Örneğin, N-36, normal (CEM I) çimentosundan üretilen ve 0,36 s/ç oranına sahip beton karışımını, K-58 ise katkı (CEM II) çimentodan üretilen ve s/ç oranı 0,58 olan karışımı göstermektedir.

Tablo 4. Beton karışım oranları (kg/m<sup>3</sup>)

Karışım	N-36	N-39	N-58	K-36	K-39	K-58
<b>Çimento</b>	499	428	300	495	435	301
<b>Su</b>	182	169	175	180	175	176
<b>Su/çimento oranı</b>	0,36	0,39	0,58	0,36	0,39	0,58
<b>Akışkanlaştırıcı katkı</b>	5,8	4,7	1,8	6	5,2	2,1
<b>0-3 mm</b>	452	457	581	444	452	568
<b>Agrega (DYK) 0-5 mm</b>	361	238	465	357	236	456
<b>5-15mm</b>	361	553	384	357	553	380
<b>15-25 mm</b>	636	571	499	629	577	498
<b>Birim hacim ağırlığı (kg)</b>	2403	2433	2406	2395	2402	2373
<b>Hava (%)</b>	1,4	1,6	1,7	1,2	1,4	1,4
<b>Çökme (mm)</b>	230	220	220	230	225	225
<b>1 saat sonundaki çökme (mm)</b>	135	160	170	105	170	70
<b>Yayılma (mm)</b>	460	480	400	380	400	520

## YÖNTEM

Taze ve sertleşmiş beton numunelerine uygulanan deneylerde Tablo 5'de verilen standartlar kullanılmıştır.

**Tablo 5.** Beton deneyleri ve standartları

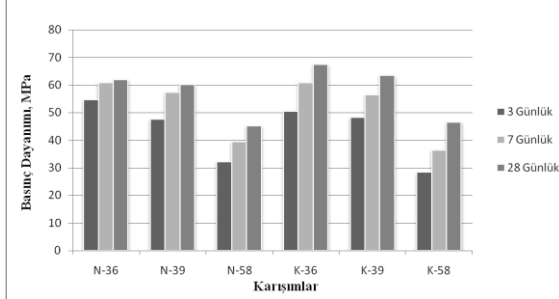
Deneyler	Standartlar
<b>Taze hal deneyleri</b>	
Birim hacim ağırlık	TS EN 12350-6 [10]
Çökme değeri, yayılma ve kıvam kaybı	TS EN 12350-2 [11]
Hava içeriği	TS EN 12350-7 [12]
<b>Sertleşmiş hal deneyleri</b>	
Basınç dayanımı	TS EN 12390-3 [13]
Su emme ve özgül ağırlığı	TS EN 12390-7 [14]
Kılcal su emme	ASTM C 1585-04 [15]
Basınç altında su işleme derinliği	TS EN 12390-8 [16]
Klor iyon geçirirliliği	ASTM C 1202-97 [17]

Kuruma büzülme kaynaklı boy değişimi ölçümleri, 75x75x285 mm'lik beton örneklerinin 28 günlük su kürlenmesi sonunda %50-55 bağıl neme sahip ortamda bekletilerek yapılmıştır. Ölçümler, 5 günde bir yapılarak 55 gün boyunca devam etmiştir.

## DENEY SONUÇLARI

### Basınç Dayanımı

Hazırlanan 6 seri karışımdan alınan numunelerin 3, 7, 28 günlük basınç dayanımları ve birbiriyle ilişkileri Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** Basınç dayanımları

Beklenildiği gibi s/ç oranı arttıkça basınç dayanımları azalmıştır. S/ç oranı birbirine yakın olan 0,36 ve 0,39'luk karışımların nihai basınç dayanımları yakın çıkmıştır. Portland çimentosu daha hızlı hidrate olduğundan N

serisi karışımların erken dayanımları K serisinden daha yüksek olmuştur. Normal çimentoya kıyasla, katkıli çimentonun yüksek olan inceliği, çimento türünden kaynaklanan, betonların 3 günlük dayanım farkını kapatmakta yeterli olmadığı görülmüştür. Bu dayanım farkı azalarak ilk 7 günde devam etmiştir. 7. günden itibaren katkıli çimentoda başlayan puzolanik tepkimeler dayanımda artışa neden olmuştur. 28 günlük dayanım açısından özellikle düşük s/ç oranında iyi performans göstermiştir. Buradan, bir kez daha, katkıli çimento içeren betonlarda daha uzun kür süresinin gereği ve daha düşük s/ç oranının önemi belirlenmiştir.

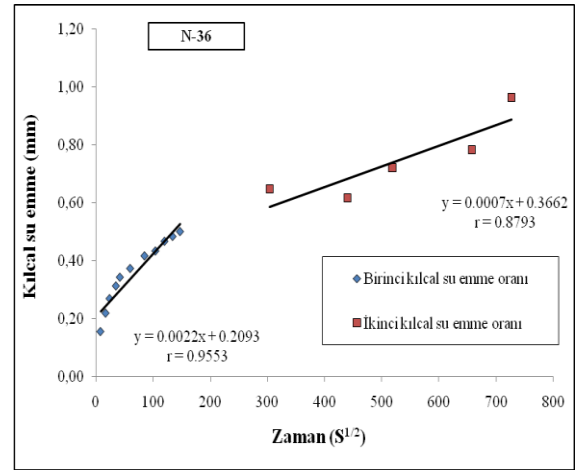
### Su Emme ve Geçirirlilik Özellikleri

S/ç oranının artmasıyla birlikte artan kapiler boşluklar, sertleşmiş betonun su emme yüzdesini belirlemektedir. Bu durum çimento tipinden bağımsız olarak, bu çalışma kapsamında hazırlanan 28 günlük numunelerde de tespit edilmiştir (Tablo 6). Ancak katkıli çimento içeren karışımların geçirirliliğinin, benzeri kontrol karışımlarına kıyasla, yarı yarıya veya daha yüksek oranlarda az olduğu görülmüştür. Mineral katkının etkinliği, basınç altında su işleme derinliğinde daha da bariz olmuştur. Bu durumun bir ölçüde inceliği fazla olan katkıli çimentoda yer alan mineral katkının fiziksel olarak beton boşluklarını tıkamasından, bir ölçüde de puzolanik reaksiyon ürünlerinin büyük boşlukları, küçük ve bağlantısız boşluklara dönüştürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 6.** Karışımların su emme ve basınç altında su işleme derinlikleri

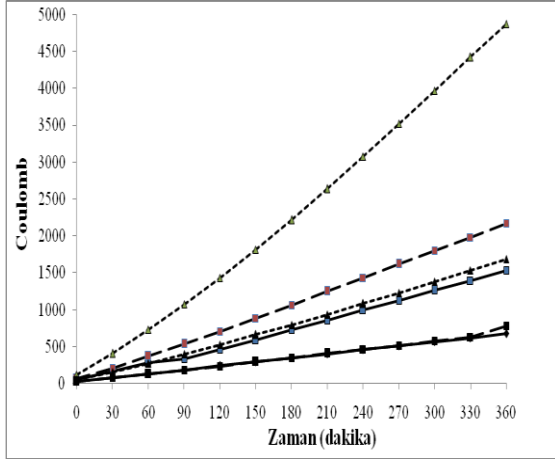
Karışım	Su emme(%)	Basınç altında su işleme derinliği(cm)
N58	2,58	7,07
N39	1,33	1,74
N36	1,23	1,5
K58	2,5	3,6
K39	0,71	0,77
K36	0,6	0,5

28 günlük beton numunelerin başlangıç ve ikincil kılcal su emme eğrileri ASTM C 1585 standardında belirtilen tarzda elde edilmiştir. Örnek olarak N-36 karışımına ait deney sonuçları ve bu noktalardan geçen en uyumlu doğrular Şekil 3'te gösterilmiştir. Benzer doğrular diğer karışımlar için de çizilmiştir. Bu doğruların eğimi başlangıç veya ikincil su emme oranı olarak Tablo 7'de verilmiştir. Görüldüğü gibi s/ç oranının azalması ve mineral katkının yokluğu betonun bu özeliğini iyileştirmiştir. Katkının olumsuz etkisi başlangıç su emme oranında ve s/ç oranı düşük olan karışımlarda daha da çarpıcı olmuştur. Bilindiği gibi kılcal su emme, kapiler etki oluşabilecek nispeten küçük kapiler boşluklara bağlıdır. Deney sonuçlarından mineral katkının büyük boşlukların küçülmesinde oldukça etkili olarak başlangıç su emme oranını arttırdığı, fakat ikincil su emme oranını etkileyen daha küçük boşlukların azaltılmasında aynı oranda etkili olmadığı anlaşılmıştır

**Şekil 3.** N-36 karışımına ait kılcal su emme grafiği**Tablo 7.** Başlangıç ve ikincil su emme oranları (mm/s<sup>1/2</sup>x10<sup>-3</sup>)

Karışımlar	Başlangıç su emme oranı	İkincil su emme oranı
N-36	2,2	0,71
N-39	2,3	0,76
N-58	11,4	2,2
K-36	4,5	0,9
K-39	4,6	1
K-58	9,3	1,7

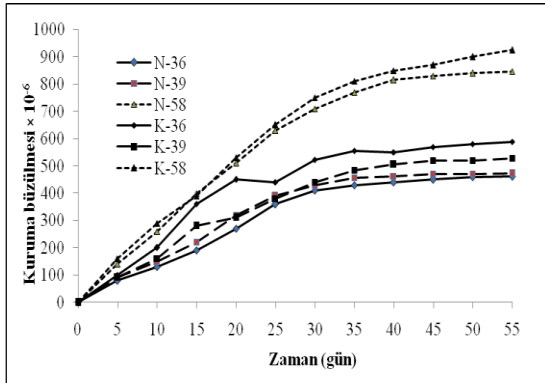
Şekil 4'te verilen klor iyon geçirirliiliği deney sonuçlarından görüldüğü gibi s/ç oranı arttıkça, betonun bu özeliği de olumsuz etkilenmiştir. Bu olumsuz etki CEM I içeren betonlarda daha da çarpıcı olmuştur. Mineral katkılı beton karışımlarının daha yüksek klor iyonu tutma (bağlama) özeliği, diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir[18]. ASTM C 1202-97'de belirlenmiş olan klor iyonu geçirirlilik sınıflarına göre N-58 yüksek geçirimli, N-39 orta geçirimli, K-58 ve N-36 düşük geçirimli, K-36 ve K-39 karışımları ise çok düşük geçirimli olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4. Karışımlara ait klor iyon geçirirliği deneyi sonuçları

#### Kuruma Büzülmesi

Çimento tipinden bağımsız olarak s/ç oranının artışıyla betonun kuruma büzülmesi artmıştır. Bunun nedeni çimento hamurunda yer alan kapiler boşluk miktarının daha çok olmasıdır. Yüksek kapiler boşluk oranı beton içindeki suyun kaybını kolaylaştırmıştır (Şekil 5). Ayrıca betonda artan agrega içeriğine bağılı olarak azalan çimento hamuru miktarı kuruma büzülmesini azaltmıştır.



Şekil 5. Karışımlara ait kuruma büzülmesi değerleri

Çimento tipine göre karşılaştırma yapıldığında CEM II içeren betonların aynı s/ç oranına sahip CEM I içerenlerden biraz yüksek kuruma büzülme gösterdiği anlaşılmıştır. Bu durumun, katkılı çimento içeren betonların daha fazla küçük kapiler boşluk içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi betonun geçirirliği ve dayanımı ağırlıklı olarak büyük boşluklardan, kuruma büzülmesi ve sünmesi ise küçük boşluklardan kaynaklanmaktadır [3].

#### SONUÇ

Deneyisel çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, çimento türü ve su/çimento oranının değişimiyle betonun dayanımı, geçirirliğik özellikleri ve kuruma büzülmesi ile ilgili aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Çimento türünden bağımsız olarak, karışımın s/ç oranının artmasıyla beklendiği gibi basınç dayanımı, kuruma büzülmesi ve geçirirliğik özellikleri kötü yönde etkilenmiştir.

- CEM I içeren karışımlar daha yüksek erken dayanım gösterirken, 28 günlük dayanımlar beklendiği gibi, CEM II içeren karışımlarda daha fazla olmuştur.
- 28 gün standart su küreine tabi tutulan ve CEM II içeren beton karışımları, benzeri CEM I içerenlerden, su emme, basınç altında su işleme derinliği ve klor iyonu geçirirliği bakımından daha üstün performans göstermiştir. Bu etki karışımın s/ç oranının azalmasıyla artmıştır.
- 28 gün standart su küreine tabi tutulan CEM II içeren betonlar, benzer CEM I içerenlere göre daha yüksek kılcak su emme ve kuruma büzülmesi göstermiştir.
- Betonun kuruma büzülmesi, çimento türünden ziyade, s/ç oranı değişiminden etkilendiği görülmüştür.

#### TEŞEKKÜR

Deneyisel çalışmalar esnasında yardımlarında dolayı Hüseyin Öner ve Hojjat Hosseinzhad'a, malzeme temini için ise Çimentaş Çimento Fabrikasına teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliđi.(2015) 2015 Türkiye çimento iç satışı, satış dağılım verileri, 2015.
- [2] Neville, A. M.. "Properties of Concrete", Pearson Education, 2011.
- [3] Mehta, P. K., & Monteiro, P. J.. "Concrete". Berkeley: McGraw-Hill,2006.
- [4] Erdoğan, T. Y.. "Beton",ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2013.
- [5]Githachuri, K., & Alexander, M. G.. "Durability Performance Potential and Strength of Blended Portland Limestone Cement Concrete", Cement and Concrete Composites, 39, 115-121, 2013.
- [6] Leemann, A., Loser, R., & Münchi, B.. "Influence of Cement Type on ITZ Porosity and Chloride Resistance of Self-Compacting Concrete", Cement and Concrete Composites, 32(2), 116-120,2009.
- [7]Kolias, S., & Georgiou, C.. "The Effect of Paste Volume and of Water Content on the Strength and Water Absorption of Concrete", Cement and Concrete Composites, 27(2), 211-216, 2005.
- [8] Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D.. "Concrete". Pearson Education Inc, 2003.
- [9] Ramyar, K., "Effects of Turkish Fly Ashes on the Portland Cement-Fly Ash Systems", Ph.D. Thesis, Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Science, 1993.
- [10] TS EN 12350-6 (2000)beton- taze beton deneyleri-bölüm 6: yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] TS EN 12350-2 (2002)beton- taze beton deneyleri-bölüm 2: çökme (slamp) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [12] TS EN 12350-7 (2010) beton - taze beton deneyleri - bölüm 7: hava muhtevasının tayini - basınç yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] TS EN 12390-3 (2010) beton - sertleşmiş beton deneyleri - bölüm 3: deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [14] TS EN 12390-7 (2010) beton - sertleşmiş beton deneyleri - bölüm 7: sertleşmiş beton yoğunluğunun tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [15] ASTM C1585. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA, 2007.
- [16] TS EN 12390-8 (2010) beton - sertleşmiş beton deneyleri - bölüm 8: basınç altında su işleme derinliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] ASTM C 1202-97. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA, 2006.
- [18] Yiğiter, H., Yazıcı, H., Aydın, Serdar., "Effects of Cement Type, Water/Cement Ratio and Cement Content on Sea Water Resistance of Concrete", Building and Environment, Volume 42, Issue 4, 1770-1776, 2007.