



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Alternatif gerilim uygulanan betonlarda s/ç oranının ve hiperakışkanlaştırıcı oranının priz bitiş süresi ve basınç dayanımına etkilerinin araştırılması

Investigation of the impacts of w/c ratio and hyper plasticizer ratio on final setting time and compressive strength for the concretes to which alternating current applied

Yazar(lar) (Author(s)): İsmail HOCAOĞLU¹, Tayfun UYGUNOĞLU²

ORCID¹: 0000-0001-9294-1120

ORCID²: 0000-0003-4382-8257

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Hocaoğlu İ., Uygunoğlu T., “Alternatif gerilim uygulanan betonlarda s/ç oranının ve hiperakışkanlaştırıcı oranının priz bitiş süresi ve basınç dayanımına etkilerinin araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 22(4): 1045-1051, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.480915

Alternatif Gerilim Uygulanan Betonlarda S/Ç Oranının ve Hiperakışkanlaştırıcı Oranının Priz Bitiş Süresi ve Basınç Dayanımına Etkilerinin Araştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

İsmail HOCAOĞLU*, Tayfun UYGUNOĞLU

Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 09.11.2018 ; Kabul/Accepted : 06.02.2019)

ÖZ

Bu çalışmada su/çimento oranları 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 olan 300 dozajlı betonlara 80 V AC gerilim uygulanmıştır. S/ç oranları 0.55 olan % 0.5, % 1 ve % 1.5 oranlarında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonlar üretilmiştir. Taze haldeki betonlar elektriksel yalıtımlı 10cm x 10cm x 35cm boyutlarındaki kalıplar içerisinde elektrik akımı uygulanmış, ölçümler oda sıcaklığında yapılmıştır. Elektrik akımı uygulanmış ve elektrik akımı uygulanmamış numunelerde iç sıcaklık ölçümü ile priz bitiş süresi belirlenmiştir. Alternatif gerilimin, s/ç oranının ve hiperakışkanlaştırıcı oranının priz sona erme süresi, 1 günlük basınç dayanımı ve 28 günlük basınç dayanımına etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada betona belirli oranda hiperakışkanlaştırıcı konulması ve alternatif gerilim uygulaması sonucu priz bitiş süresinin kısaltılması amaçlanmıştır. Betonlara az miktarda (% 0.5) hiperakışkanlaştırıcı konulması ve 80 V AC gerilim uygulaması ile ciddi basınç dayanım kaybı yaşanmadan priz süresinin kısaltılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif gerilim, beton, priz bitiş süresi.

Investigation of the Impacts of W/C Ratio and Hyper Plasticizer Ratio on Final Setting Time and Compressive Strength for the Concretes to which Alternating Current Applied

ABSTRACT

In this study, 80 V AC current is applied to 300 dosaged concretes whose water/cement ratios are 0.45, 0.55, 0.65 and 0.70. Admixtures having different hyper plasticizer ratios (0.5 %, 1 % and 1.5 %) and admixtures having constant water/cement ratio (0.55) at 300 dosaged levels were prepared. Electrical current was applied to the fresh concretes in the electrically isolated molds whose sizes are 10cm x 10cm x 35cm. The measurements were done at room temperature. As a result of measuring internal temperatures of concretes, the differences between final setting time with and without electric current application on the specimens were investigated. The effects of Alternating Current (AC), water/cement ratio, hyper plasticizer ratio on final setting time, 1 day compressive strength and 28 day compressive strength are investigated. It is aimed to shorten the duration of final setting time through adding hyper plasticizer in a certain rate to the concrete and application of AC current. As a result, adding little hyper plasticizer (0.5 %) and application of 80 V AC electrical current to the concretes shorten the setting time without critical compressive strength loss.

Keywords: Alternating voltage, concrete, final setting time

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde deney tekniklerinin ve teknolojinin laboratuvarında meydana getirdiği ilerlemeler neticesinde betonun mekanik yapısını da geliştirmiştir. Betonun basınç dayanımını erken belirleme bir hazır beton tesisinin dayanımı ve ekonomisi açısından önemlidir. Dayanımı erken belirlemenin bir yolu, dayanım gelişimini hızlandırmaktır. Seri üretim gerektiren hazır beton tesislerinde beton dayanımının erkenden hedeflenen düzeye ulaşması projenin öngörülen zamanda gerçekleştirilebilmesi açısından önem arz

etmektedir. Uygulanan yöntemlerde başarı derecesini etkileyen faktörler arasında ısı işlemi belirleyen parametrelerin alacağı değerler kadar betonun geleneksel bileşenlerine ek olarak konulan katkı maddelerinin tipi ve miktarının da önemli payı bulunmaktadır [1]. Bu maddelerin hem bileşimlerinin hem de betona ilave oranlarının farklı olması betonun performansı açısından olduğu kadar dayanım gelişimi üzerinde de etkili olmaktadır. Bu etki, hızlandırılmış kür uygulandığında daha da belirgin olmaktadır [2].

Yapılan bir çalışmada çimento pastalarındaki su/bağlayıcı oranı, çimento hidrasyon alkali etkisi ve çimento pastasının akışkanlığı araştırılmıştır [3-4]. Su/bağlayıcı oranıyla elektriksel direnç karşılaştırılarak,

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : afyonbeton@hotmail.com

elektriksel direnç arttıkça, ısı artışı olacağı tahmin edilmiştir.

Taze haldeki betondaki akım ilerlemesinin mikro yapı özellikleri üzerindeki etkileri hakkında çalışmalar yapılmıştır [5]. Mikro yapıda yapılan araştırmalar ile betondaki akım etkisinin durumu, maddenin kimyasal kompozisyonlardaki değişimi, elektrik özelliği hakkında tahminler yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Ghoddousi vd. [6] çimento pastalarında; elektriksel direnç ile kalsiyum hidroksit (CH) arasında ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Sonuç olarak çimento pastalarında elektriksel ölçüm ile, CH içeriğinin belirlenmesinde bir model geliştirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda kür sıcaklığına göre, katkılı çimentonun priz süresinin değişiklik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Elektrik iletkenliğinin çeşitliliği ve onun zamana göre türevi, çimento pastasının mikro yapısal gelişiminde farklı aşamalarla ilişkilendirilebileceği tahmin edilmiştir [7].

Uygunoğlu vd. [8] farklı boyutlu çimento esaslı harçlara 7.5, 15, 22.5 ve 30 V DC gerilim uygulamış, uygulanan gerilim şiddetinin artması ve plakalar arası mesafenin kısılması ile priz süresinin kısaltılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Yapılan bir diğer araştırmada su/bağlayıcı oranları farklı olarak hazırlanmış çimento pastalarına belirli oranda Kalsiyum Sülfü Alüminat (CSA) katılarak, çimento pastalarındaki elektriksel özdirençleri 1 gün süreyle araştırılmıştır. Karıştırıldıktan hemen sonra elektriksel özdirenç zamanla arttığı gözlenmiştir. Daha sonra prizini alıncaya kadar 2 kez en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Son olarak yaklaşık 1440 dakikada elektrik akım geçişi en düşük değerlere ulaşmıştır. Hidratasyonun ilk aşamasında çimento pastalarındaki elektriksel özdirençte porozite en önemli rolü oynarken, daha sonra iyon transferi önemli rol oynamıştır. Elektriksel özdirenç ve su/bağlayıcı oranı arasında ilk bir saatte olumsuz eğilim varken, 24 saat sonunda aslında elektrik özdirençle su/bağlayıcı oranı arasında ilişki

kurulabileceği ortaya çıkmıştır. Farklı su/bağlayıcı oranlarında hazırlanmış karışımlar için, 24 saat sonunda elektrik özdirençle basınç dayanımı arasında ilişki olmadığı ortaya çıkmıştır [9].

Yim vd. [10] çimento pastası ve çimento esaslı harçların priz sona erme süresine kadar elektriksel iletkenlik özelliği gösterdiğini, priz sona erme süresi sonrasında ise elektriksel direncin en yüksek değerlere ulaştığını, hidratasyon ile priz süresi arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bilindiği gibi çimento pastasındaki hidratasyon ürünleri C-S-H jelleri, etrenjit ve diğer bileşenlerden oluşmaktadır. Hidratasyon süresince sertleşen çimento esaslı kompozitlerin kapiler boşlukları gittikçe hidratasyon ürünleriyle dolmakta ve mikro yapının sıvı fazının dayanımı artmaktadır. Daha sonra çimento esaslı malzemenin elektriksel direnci artmaktadır [11].

Topçu vd. farklı su/çimento oranlarına sahip (0.40, 0.45, 0.50, 0.55) ve mineral katkılı çimento pastalarına elektrik akımı uygulamışlar, çimento pastalarına hem mineral katkı konması hem de elektrik akımı uygulanması ile priz süresinin kısaltılabileceğini belirlemişlerdir [12-13].

Bu çalışmada alternatif gerilimin, s/ç oranının ve hiperakışkanlaştırıcı oranının priz sona erme süresi, 1 günlük basınç dayanımı ve 28 günlük basınç dayanımına etkileri araştırılmıştır. Farklı s/ç oranlarına sahip betonlarda belirli oranlarda hiperakışkanlaştırıcı konulması ve AC gerilim uygulaması neticesinde priz bitiş süresinin kısaltılması hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

2.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri (Material used and their properties/features)

Betonların hazırlanmasında çimento olarak Afyon Çimento Sanayi Fabrikasının üretimi olan TS EN 197-1'e uygun CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır [14]. Çimentonun içerisindeki C₃S, C₂S, C₃A ve C₄AF ana bileşenleri oranları sırasıyla % 60.11, % 11.02, % 6.97 ve

Çizelge 1. Çimento fiziksel ve kimyasal özellikleri (Physical and chemical features of cement)

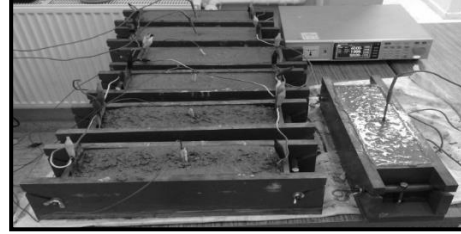
İçerik, %	CEM I 42.5 R
CaO	63.6
SiO ₂	19.6
Al ₂ O ₃	4.72
Fe ₂ O ₃	3.27
MgO	1.91
Na ₂ O	0.34
K ₂ O	1.06
SO ₃	4.72
Cr ₂ O ₃	0.04
TiO ₂	0.41
KK	2.69
Özgül ağırlık	3.07
İncelik, cm ² /g	3312

%9.95'tir. Portland çimentosunun priz başlama ve priz sona erme süreleri ise sırasıyla 182 ve 330 dakikadır.

2.2. Numune Üretimi ve Yapılan Deneyler (Production of specimen and the experiments conducted)

Beton üretimi 300 dozajlı; 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 su/çimento oranında tasarlanmış olup, kapasitesi yaklaşık 250 lt olan beton mikseri ile gerçekleştirilerek 10cm x 10cm x 35cm boyutlarındaki plastik prizma kalıplar vasıtasıyla numuneler üretilmiştir. Birim hacimdeki bileşen miktarları Çizelge 2' de verilmiştir. Karışım hesapları agreganın doymuş yüzey kuru ağırlıkları belirlenerek hazırlanmıştır. Kumun ve agreganın özgül ağırlıkları sırasıyla 2,67 ve 2,70 olarak belirlenmiştir. Kırma kum (0-4mm) ve agregası (4-11,2mm) yarı yarıya karıştırılarak standartlara uygun ideale en yakın karışım elde edilmiştir (Şekil 1).

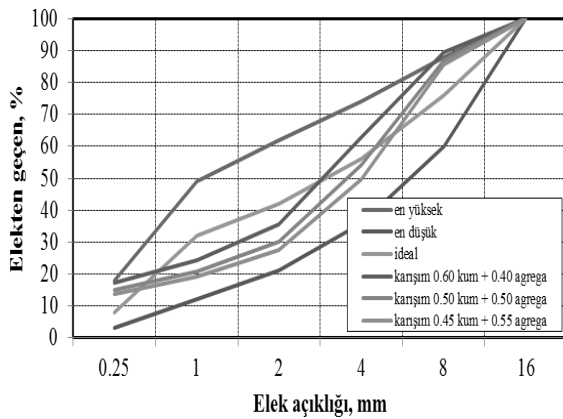
çalıştırılmıştır. Betonlar kalıplara döküldükten hemen sonra betonların iç sıcaklıklarını ölçmek amacıyla betonların içlerine K tipi sıcaklık ölçer (termokopl) saplanmış, veri kaydedici kullanılarak her 10 dakikada bir betonların iç sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Hazırlanan deney düzeneği Resim 1' de gösterilmiştir.



Resim 1. Elektrik akımı uygulanmış betonların görünüşü (A view of concretes to which electrical current applied)

Çizelge 2. Birim hacimdeki beton bileşenleri (Component of concrete per cubic meter)

S/ç	Çimento, kg	Su, (lt)	Kırma Kum (0-4mm), kg	Agregası (4-11.2mm), kg	Hiper Akış, lt	B.H.A, t/m ³
0.45	300	135	955	968	-	2,35
0.55	300	165	915	928	-	2,38
0.65	300	195	875	887	-	2,25
0.70	300	210	855	867	-	2,23
0.55	300	165	904	922	15	2,30
0.55	300	165	904	921	30	2,30
0.55	300	165	904	921	45	2,30



Şekil 1. Elek analizi ile agregaların tane büyüklüğü dağılımının ve karışım oranının belirlenmesi (Determination of the particle size distribution of aggregates and mixture ratio by sieving analysis)

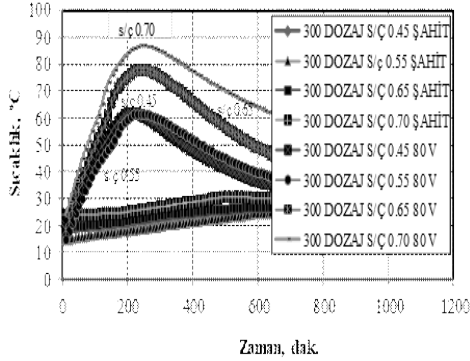
Hazırlanan betonlar 10cm x 10cm x 35cm boyutlarındaki kalıplara yerleştirildikten hemen sonra AC güç kaynağı vasıtasıyla gerilim uygulanmıştır. Betonlar üzerine gerilim uygulayabilmek amacıyla kalıpların uç kısımlarına temas edecek şekilde bakır levhalar yerleştirilmiştir. AC güç kaynağının pozitif kutbu bu levhalardan bir tanesine, negatif kutbu da diğer bakır levhaya bağlanarak AC güç kaynağı 24 saat süresince

3. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

3.1. S/ç Oranının Priz Bitiş Süresine Etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio on final setting time)

Önceki yapılan çalışmalarda çimento esaslı malzemelerde iç sıcaklık ölçümü ile priz bitiş süresinin tahmin edilebileceği belirlenmiştir [15]. Çimento esaslı malzeme içine yerleştirilmiş olan iki elektrot arasındaki akım geçişi ilk olarak sıvı fazda bulunan su aracılığı ile gerçekleşmektedir. Hidratasyonun ilk aşamalarında tüm boşluklar birbiriyle bağlantılıdır. Bu nedenle elektrotlar arasındaki elektroliz olayı boşluklarda bulunan su ile doğru orantılı olmaktadır [16]. Hidratasyon ürünlerinin oluşması için elektrik akımının iletilmesi karışımlardaki boşluklarda bulunan serbest suyun kimyasal reaksiyonları ile meydana gelmektedir. Bu nedenle su/çimento oranının artmasıyla hidrolik reaksiyonları hızlanmaktadır. Çimento esaslı malzemenin hidratasyonun ilk aşamalarındaki elektriksel iletkenlik kabiliyetleri su/çimento oranı arttıkça artmaktadır [17]. Hidratasyonun ilk aşamasında elektrik akımı taşıma kapasitesine sahip Ca²⁺, OH⁻, SO₄²⁻ ve alkali iyonları çok az olması sebebiyle elektriksel öz direnç en düşük değerleri almaktadır [18]. Çimento esaslı malzemelerde iyonik konsantrasyonun azalmasıyla iyonik birleşme meydana gelmektedir. Bu iyonik birleşmeler neticesinde

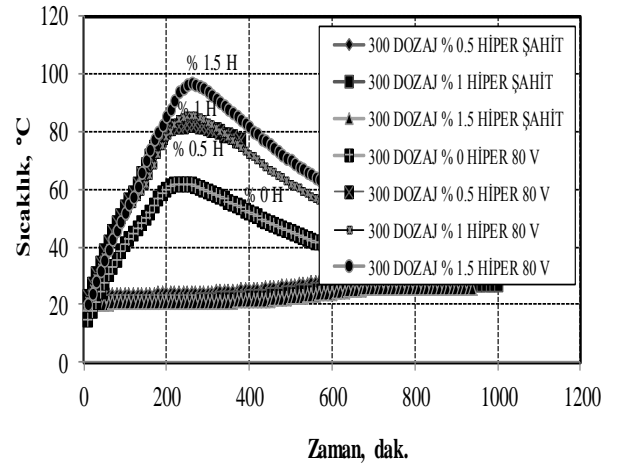
elektriksel öz direnç artarak priz alma olayı meydana gelmektedir. S/ç ve elektrik akımının priz süresine etkisini araştırmak amacıyla farklı s/ç oranlarına sahip betonların hidrasyon süresine göre beton iç sıcaklıkları ölçülmüştür. S/ç oranı sırasıyla 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 olan referans betonların sıcaklık ölçümü ile priz sona erme süreleri 630, 690, 660 ve 500 dakika olarak belirlenmiştir (Şekil 2). S/ç oranları 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 olan betonlara 80 V AC gerilim uygulaması ile priz süreleri referans betonlara göre sırasıyla 420, 450, 420 ve 270 dakika daha erken olmuştur.



Şekil 2. 300 Dozajlı farklı s/ç içeriğine sahip betonda sıcaklık-zaman ilişkisi (Internal temperatures of 300 dosaged concretes depending upon stress intensity and water/cement ratio)

3.2 Hiperakışkanlaştırıcı Oranın Priz Bitiş Süresine Etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio on final setting time)

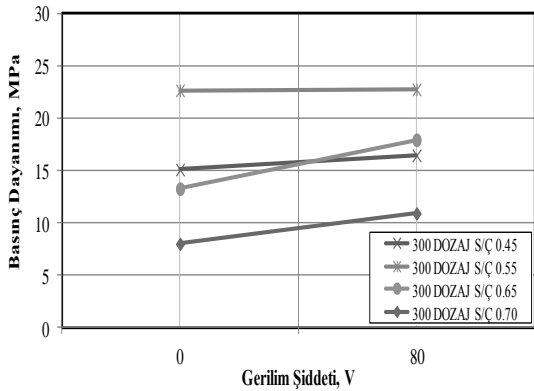
300 dozajlı gerilim uygulanmayan ve sırasıyla % 0.5, % 1 ve % 1.5 oranlarında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonların priz sona erme süreleri sırasıyla 630, 700, 740 ve 770 dakika olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Beton içerisine % 0' dan % 1.5' e kadar hiperakışkanlaştırıcı konulması ile priz sona erme süresi referans betonlara göre yaklaşık 140 dakika daha sonra gerçekleşmiştir. 300 dozajlı s/ç oranı 0.55 olan; sırasıyla % 0, % 0.5, % 1 ve % 1.5 oranlarında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonlara 80 V AC gerilim uygulandığında priz sona erme süreleri 260. dakikada gerçekleşmiştir. Gerilim uygulanan betonlarda beton içine katılan hiperakışkanlaştırıcı oranı arttıkça priz sona erme süreleri aynı sürede çıkmış olsa da şahit numunelerine göre daha kısa sürede priz sonlandığı görülmüştür. Buradan beton içine hem hiperakışkanlaştırıcı katılması hem de gerilim uygulaması ile kür süresinin kısaltılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 3. 300 Dozajlı % 0, % 1, % 1.5 hiperakışkanlaştırıcı betonda sıcaklık-zaman ilişkisi (Internal temperatures of 300 dosaged concretes depending upon stress intensity and hyper plasticizer 0, 1 and 1.5 % ratio)

3.3 S/ç Oranın 1 Günlük Basınç Dayanımına Etkisi (The impact of water/cement ratio on 1 day compressive strength)

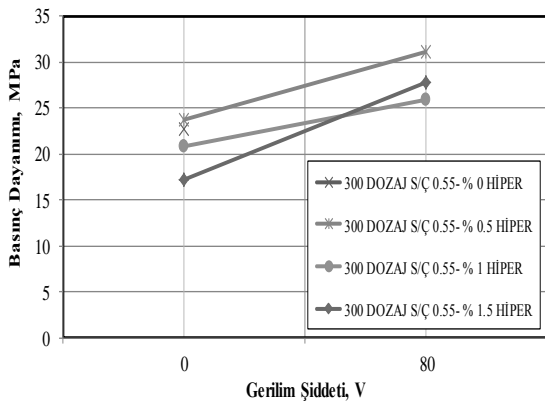
S/ç oranının 1 günlük basınç dayanımına etkisini araştırmak amacıyla 300 dozajlı s/ç oranları sırasıyla 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 oranlarına sahip betonlara 0 V ve 80 V AC gerilim uygulanmıştır. Gerilim uygulanmayan betonlarda s/ç oranı arttıkça 1 günlük basınç dayanımında düşüşler gözlenmiştir. S/ç oranı 0.45 olan betonun 1 günlük basınç dayanımı gerilim uygulanması sonucu % 9.01 artmıştır. Hem gerilim uygulanan hem de gerilim uygulanmayan betonlarda s/ç oranı 0.55 olan betonlardaki 1 günlük basınç dayanımı diğer s/ç oranlarındaki betonlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum s/ç oranı 0.55 olan betonun hem maximum iç sıcaklığının en düşük değere (61.8 °C) sahip olması hem de s/ç oranı 0.55 olan betonun işlenebilirliğinin daha iyi olması sebepleriyle açıklanabilir. Ancak; s/ç oranı 0.55 olan betonlarda gerilim uygulanması sonucu basınç dayanımı yalnızca % 0.36 artmıştır. Su/çimento oranı 0.65 olan betonlarda ise 1 günlük basınç dayanımı gerilim uygulanmayan betonlara göre fark edilebilir derecede artmıştır (Şekil 4). Buradan gerilim uygulaması ile 1 günlük basınç dayanımını arttırmak için 0.65 gibi yüksek oranda s/ç oranına sahip beton üretilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak; daha yüksek s/ç oranlarında (0.70) 1 günlük basınç dayanımının çok düşük değer alması nedeniyle uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. S/ç oranının ve AC gerilimin 1 günlük basınç dayanımına etkisi (The impact of water/cement ratio and AC current on 1 day compressive strenght)

3.4. Hiperakışkanlaştırıcı Oranının 1 Günlük Basınç Dayanımına Etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio on 1 day compressive strenght)

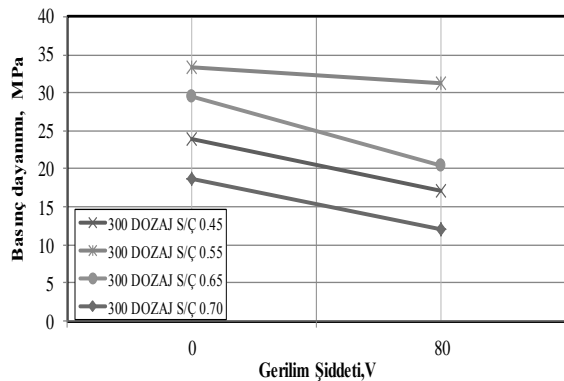
Hiperakışkanlaştırıcı oranının 1 günlük basınç dayanımına etkisini araştırmak amacıyla 300 dozajlı s/ç oranları 0.55 olan, % 0, % 0.5, % 1 ve % 1.5 oranlarında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonlar üretilmiştir. Gerilim uygulandığında 1 günlük basınç dayanımını araştırmak amacıyla aynı içerikli betonlar üretilerek 80 V AC gerilim uygulanmıştır. Gerilim uygulanmayan betonlarda genel olarak karışım içindeki hiperakışkanlaştırıcı oranı arttıkça basınç dayanımında düşüşler gözlenmiştir. Gerilim uygulanan betonlarda ise hiperakışkanlaştırıcı oranının artması ile gerilim uygulanmayan betonlara göre 1 günlük basınç dayanımı oldukça yüksek çıkmıştır (Şekil 5). Hiperakışkanlaştırıcı oranları % 0.5, 1 ve 1.5 olan betonların 1 günlük basınç dayanımları şahitlerine göre sırasıyla % 30.90, 24.87 ve 61.49 artmıştır. Buradan betonlara hem hiperakışkanlaştırıcı konulması hem de AC gerilim uygulaması ile 1 günlük basınç dayanımının artırılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5. Hiperakışkanlaştırıcı oranının ve AC gerilimin 1 günlük basınç dayanımına etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio and AC current on 1 day compressive strenght)

3.5 S/ç Oranının 28 Günlük Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi (The impact of water/cement ratio on 28 day compressive strenght)

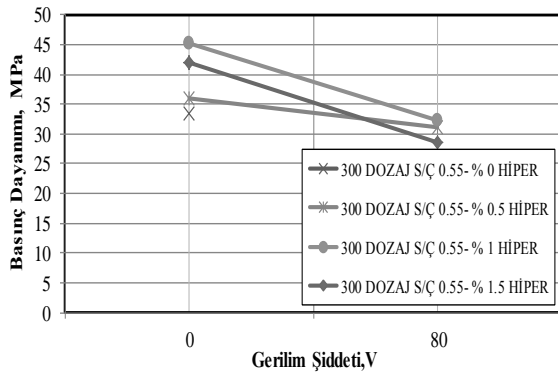
Genel olarak, su/çimento oranı azaldıkça betonun dayanımı artmaktadır. Ancak, su/çimento oranı çok düşük olduğunda (0.50' nin altında) betonu sıkıştırabilmek zorlaştığından (işlenebilirlik azaldığından) beton gözenekliliği artabilir ve basınç dayanımında düşüşler gözlenebilir. S/ç oranının ve gerilim şiddetinin 28 günlük basınç dayanımına etkisini araştırmak için Şekil 6 hazırlanmıştır. Gerilim uygulanmayan s/ç oranı 0.55 ve 0.65 olan betonların 28 günlük basınç dayanımları s/ç oranı 0.45 ve 0.70 olan betonların 28 günlük basınç dayanımlarından oldukça yüksek çıkmıştır (Şekil 6). Betonlar üzerine 80 V AC gerilim uygulandığında s/ç oranları 0.55, 0.65 ve 0.70 olan betonların basınç dayanımları sırası ile % 6.08, 30.86 ve 35.15 oranında azalmıştır. Gerilim uygulanan betonlarda s/ç oranı artması ile basınç dayanım kaybının artması beton iç sıcaklığı ile açıklanabilir. S/ç oranları 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 olan betonların beton en yüksek iç sıcaklıkları sırasıyla 61.8, 61.8, 78 ve 86.9 °C ölçülmüştür. Betonlarda iç sıcaklık artması ile porozite oranlarında artış meydana gelmektedir. Örnek olarak s/ç oranı 0.55 olan gerilim uygulanmayan betonların poroziteleri 5.39 olarak ölçülmüşken, aynı numunelere 80 V AC gerilim uygulanması sonucu porozite 6.27 olarak ölçülmüştür. Beton iç sıcaklıklarının aşırı yükselmesi betonlarda 28 günlük basınç dayanımı kaybına neden olmaktadır. Betonlarda 100 °C' ye kadar iç sıcaklık artışı ile hidrasyon reaksiyonları hızlansa da basınç dayanımı azalması yaşanmaması için optimum iç sıcaklığın 45-50 °C olduğu sonucuna ulaşılmıştır [19]. Betonlarda s/ç oranı artması ile 28 günlük basınç dayanımları şahit numunelere göre en düşük azalan beton; s/ç oranı 0.55 olan karışımda görülmüştür. S/ç oranı 0.45 olan betonun 28 günlük basınç dayanımının diğer s/ç oranlarına sahip betonların 28 günlük basınç dayanımından daha düşük çıkması ise s/ç oranı 0.45 olan betonun işlenebilirliğinin en düşük olmasından kaynaklanmaktadır. S/ç oranları 0.45, 0.55, 0.65 ve 0.70 olan betonların çökme değerleri sırasıyla 12, 14, 15 ve 16 cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. S/ç oranının ve AC gerilimin 28 günlük basınç dayanımına etkisi (The impact of hyper water/cement ratio and AC current on 28 day compressive strenght)

3.6 Beton İçine Konulan Farklı Oranlardaki Hiperakışkanlaştırıcının 28 Günlük Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio on 28 day compressive strength)

S/ç oranları 0.55 olan 300 dozajlı; şahit numunelerde genel olarak beton içerisine % 1 oranına kadar hiperakışkanlaştırıcı konulması ile 28 günlük basınç dayanımlarında artış gözlenmiştir. Gerilim uygulanmayan % 1.5 oranında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonun 28 günlük basınç dayanımı % 0 ve % 0.5 oranında hiperakışkanlaştırıcı konulan betonların 28 günlük basınç dayanımından yüksek olsa da; % 1 oranında hiperakışkanlaştırıcı içeren betonun 28 günlük basınç dayanımından düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 7). Bu durum beton içerisine % 1' den fazla hiperakışkanlaştırıcı konulması sonucu; betonda kumaya neden olması sebebiyle açıklanabilir. Farklı hiperakışkanlaştırıcı oranlarına sahip betonlara 80 V AC gerilim uygulaması sonucu genel olarak 28 günlük basınç dayanımlarında düşüşler meydana gelmiştir. Ancak; % 0.5 hiperakışkanlaştırıcı konulan betondaki 28 günlük basınç dayanımındaki düşüş en az olmuştur. Hiperakışkanlaştırıcı oranları % 0.5, 1 ve 1.5 olan betonlara 80 V gerilim uygulanması sonucu betonların basınç dayanım kayıpları sırasıyla % 13.64, 28.56 ve 32.00 olmuştur. Betona hiperakışkanlaştırıcı konulması ve AC gerilim uygulanması neticesinde basınç dayanımında düşüşlerin gözlenmesi hiperakışkanlaştırıcı konulan betonlarda beton iç sıcaklığın 60 °C' nin üzerine çıkması ile açıklanabilir.



Şekil 7. Hiperakışkanlaştırıcı oranının ve AC geriliminin 28 günlük basınç dayanımına etkisi (The impact of hyper plasticizer ratio and AC current on 28 day compressive strength)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu araştırmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- S/ç oranının priz sona erme süresinde büyük etkiye sahip olmadığı, s/ç oranının artması sonucu en yüksek beton iç sıcaklıklarında artış meydana getirdiği görülmüştür.

- Hiperakışkanlaştırıcı oranının priz sona erme süresi üzerinde çok etkili olmadığı, karışım içindeki hiperakışkanlaştırıcı oranının artması ile en yüksek beton iç sıcaklıklarında artış meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Betonlara az miktarda (% 0.5) hiperakışkanlaştırıcı konulması ve 80 V AC gerilim uygulaması ile ciddi basınç dayanım kaybı yaşanmadan priz süresi kısaltılabilir.
- 300 dozajlı katkısız (% 0 hiperakışkanlaştırıcı konulan) betonlarda basınç dayanımı açısından en uygun s/ç oranı 0.55 ile 0.65 arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum s/ç oranı 0.55' ten küçük betonlarda çok düşük çökme değerlerine sahip olmasıyla, 0.65' ten büyük s/ç oranlarında ise boşluk oranının artması nedenlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Tüm s/ç oranlarında betonlar üzerine 80 V AC gerilim uygulaması sonucu 1 günlük basınç dayanımında artış meydana gelmiştir. Betonların 28 günlük basınç dayanımlarında ise düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum hidrasyonun ilk aşamalarında beton iç sıcaklıklarında artış meydana gelmesi sonucu kimyasal reaksiyonların hızlanması ve betonların çabuk priz alması, ilerleyen yaşlarda ise özellikle hidrasyonun ilk aşamalarında yüksek iç sıcaklık elde edilen betonlarda boşluk oranının artması sebebinden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak betonun priz süresininin kılmasında belirli miktarda hiper akışkanlaştırıcı konulmasıyla geliştirilebilir. Az miktarda hiperakışkanlaştırıcı (% 0.5 vb.) konulmuş betonların hidrasyonu elektrik akımı iletilmesi sonucu hızlandırdığı düşünülmektedir. Çalışmanın farklı gerilim şiddeti uygulanması ve farklı içerikli karışımlar üzerinde araştırmalar yapılmasıyla daha kapsamlı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Pavlenko S.I., "Heat treatment of fine-grained cementless concrete based on high-calcium fly ash and slag from thermal power plants", *Materials and Structures*, 153: 657-674, (1994).
- [2] Tokyay M., "Strength prediction of fly ash concretes by accelerated testing", *Cement Concrete Research*, 29: 1737-1741, (1999).
- [3] Wei X., Li Z., "Early hydration process of portland cement paste by electrical measurement", *J Mater Civ Eng*, 18: (1) 99-105, (2006).
- [4] McCarter W.J., Chrisp T.M., Starrs G., Blewett J., "Characterization and monitoring of cement-based systems using intrinsic electrical property measurements". *Cement and Concrete Research*, 33: 197-206, (2003).
- [5] Koleva D.A., Copuroglu O., Vanbreugel K., Ye G., Wit J.H.W., "Electrical resistivity and microstructural

- properties of concrete materials in conditions of current flow". *Cement and Concrete Composites*, 30: 731-744, 14, (2007).
- [6] Ghoddousi P., Saadabadi L.A., "Study on hydration products by electrical resistivity for self- compacting concrete with silica fume and metakaolin", *Construction and Building Materials*, 154: 219-228, (2017).
- [7] Schwarz N., Dubois M., Neithalath N., "Electrical conductivity based characterization of plain and coarse glass powder modified cement pastes", *Cement and Concrete Composites*, 29: 656-666, (2007).
- [8] Uygunoğlu T., Hocaoğlu I., Topçu I.B., "Electrical Curing Application on Cement based Mortar with Different Stress Intensity", *ISBS 2017: Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*, 462-468, (2017).
- [9] Liao Y., Wei X., Li G., "Early hydration of sulfoaluminate cement through electrical resistivity measurement and microstructure investigations", *Construction and Building Materials*, 25: 1572-1579, (2011).
- [10] Yim H.J., Kim J.H., Shah S.P., "Ultrasonic monitoring of the setting of cement-based materials: Frequency dependence", *Construction and Building Research*, 65: 518-525, (2014).
- [11] Koleva D.A., Copuroglu O., Breugel K.V., Ye G., Wit J.H.W. de., "Electrical resistivity and microstructural properties of concrete materials in conditions of current flow", *Cem Concr Comp*, 30: 731-744, (2008).
- [12] Topçu İ.B., Uygunoğlu T., Hocaoğlu İ., "Electrical conductivity of setting cement paste with different mineral admixtures", *Construction and Building Materials*, 28: 414-420, (2012).
- [13] Topçu İ.B., Uygunoğlu T., Hocaoğlu İ., "Electrical resistivity of fly ash blended cement paste at hardening state", *Materials Science*, 22: 458-462, (2016).
- [14] Rajabipour F., Weiss J., "Electrical conductivity of drying cement paste", *Mater Struc*, 40: 1143-1160, (2007).
- [15] Uygunoğlu T., Hocaoğlu I., "Effect of electrical curing application on setting time of concrete with different stress intensity", *Construction and Building Materials*, 162: 298-305, (2018).
- [16] Topçu İ. B., Uygunoğlu T. ve Hocaoğlu İ., "Yüksek fırın curuf katkılı çimento pastalarının elektriksel özdirençlerinin araştırılması", *Politeknik Dergisi*, 21(2): 257-264, (2018).
- [17] Heikal M., Morsy M.S., Aiad I., "Effect of treatment temperature on the early hydration characteristics of superplasticized silica fume blended cement pastes", *Cem Concr Res*, 35: 680- 687, (2005).
- [18] Luo Y., Gan Y., Xu J., Yan Y., Shi Y., "Effect of electric field intensity and frequency of AC electric field on the small-scale ethanol diffusion flame behaviors", *Appl. Therm. Eng.*, 115: 1330–1336, (2017).
- [19] ASTM International, ASTM C1074-14, "Estimating Concrete Strength by the Maturity Method", West Conshohocken, PA, (2011).