

# BETON YAPILARDA SU YALITIMI UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

M. Mansur Tüfekçi, Ahmet Gökçe, Nihat Kabay, Ahmet B. Kılızkanat

## Özet

Bu araştırmada taze betona karıştırılan ve sertleşmiş beton yüzeyine sürülen tip malzemelerin su geçirimsizlik potansiyeli incelenmiştir. YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarına tedarik edilen C30/37 sınıfı hazır betonlarla 500x500x500 mm boyutlu beton bloklar ve standart numuneler üretilmiştir. Su yalıtımı beton katkılarının yapı temelinde kullanımlarında su geçirimsizlik performansını test etmek için kontrol ve katkılı beton blokların tabanlarından 28. günde karot numuneler alınmıştır. Sürme tipi su yalıtımı malzemelerin perdelerde ya da temellerde kullanımında su geçirimsizlik performansını simüle etmek için beton bloğun düşey yüzeyinden performans testlerinin yapıldığı karot numuneler alınmıştır. Aynı şekilde sürme uygulaması için de karşıt yüzeyden eşit sayıda ve boyutta karot numuneleri hazırlanmıştır. Son olarak bir su yalıtımı malzemesinin inşaat derzlerinde sürme şerbet sistemiyle kullanıldığında hariçten gelen basınçlı suya karşı yalıtım performansı test edilmiştir. Yapılan çalışmalar, bu tür su geçirimsizlik beton katkılarının ve sürme esaslı malzemelerin özellikle

## An Investigation on Waterproofing Applications in Concrete Structures

The waterproofing potential of the materials added into fresh concrete and coated on hardened concrete surfaces was investigated in this research. The concrete blocks with 500x500x500-mm and standard specimens were cast with C<sub>30/37</sub> strength class ready-mixed concretes supplied to YTU Civil Engineering Faculty, Building Materials Laboratory. In demonstrating the waterproofing performance of the permeability controlling admixtures, the core samples were taken from the bottom surface of the reference and admixture-treated blocks at the age of 28 days. In order to simulate the waterproofing performance of coating type materials when used on structural members such as curtain walls or foundations, the core samples were taken from the opposite vertical surfaces of the concrete blocks to prepare reference and coated test samples. In the final stage, the performance of a waterproofing product used as slurry coating system along the model construction joint was tested against hydrostatic pressure. The conducted tests revealed that such concrete admixtures and slurry coating systems can improve the impermeability of the concretes having ordinary durability but they can never facilitate the performance level required for high durability. The permeability controlling materials tested in this investigation did not function as a waterproofing barrier preventing entry of water and aggressive ions into concrete exclusively.

nispeten geçirimli ve yüksek durabiliteye sahip olmayan betonların performansını kısmen iyileştirebildiklerini, yüksek durabilite için gerekli özellikleri sağlayamadıklarını, su ve zararlı iyonlara karşı betonu tamamen geçirimsiz kılan bir bariyer fonksiyonu göremediklerini göstermiştir.

## 1. GİRİŞ

Beton teknolojisinin gelişmesiyle birlikte betonda çok geniş yelpazede mineral ve kimyasal katkıların kullanılmaya başlanmıştır. Yapıların tasarım ömrünü tamamlayabilmesi için tasarımından yapım sürecinin sonuna kadar gerekli tüm mühendislik çözüm ve tedbirlerin uygulanması bir gerekliliktir. Yapıda uzun servis ömrünün temel şartlarından biri olarak su yalıtımı uygulamaları için su geçirimsizliği sağlayan örtüler yerine çimento bağlayıcılı sistemlerde kapiler boşluk ve gözenekleri doldurduğu ve su geçirimsizlik performansını artırdığı iddia edilen katkı maddelerinin yapı endüstrisinde kullanımına sıkça rastlanılmaktadır, ancak drenaj ve diğer su yalıtım tekniklerine karşı gelişen ve karmaşıklaşan yapı ve taşıyıcı öğelerinin keşif ara kesitlerinde yalıtım

(\*) ahmet.gokce@gapinsaat.com, Gap İnşaat Yatırım ve Dış Ticaret AŞ

(\*) Türkiye Hazır Beton Birliği tarafından düzenlenen Beton İstanbul 2017 Hazır Beton Kongresi'nde sunulmuştur.

malzemeleri ile istenilen performans elde edilemeyebilmektedir [1]. Yapı temelini etkileyen taban suları ve yer üstü sızıntı sularına karşı belirli standartlarda belirtilen özelliklere göre yalıtımlar yapılmalıdır [2]. Aghabaglou ve arkadaşları [3] sıvı ve toz hâlinde piyasada bulunan su geçirimsizliği sağlayan katkıların düşük ve orta dayanıma sahip betonların dayanım ve geçiş özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Su geçirimsizlik katkısı kullanımı betonların basınç dayanımını artırmıştır, geçirgenliği azaltmıştır. Bu azalma daha düşük su/çimento oranına sahip karışımlarda daha belirgin olmuştur. Felekoğlu ve Baradan [4] modifiye lignosulfonat ve organik yağ asidi esteri karışımının su geçirimsizlik katkısı olarak kullanımının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, bu tip bir katkının harç ve betonun su geçirimsizlik özelliğini olumlu etkileyebildiğini, ancak basınç dayanımında bir miktar azalma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Şimşek ve Akıncıtürk [1] betonarme yapı elemanları üzerindeki basınçlı yer altı su geçirimsizliğine puzolan katkı maddelerinin (silis dumanı, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, kalker filleri, vb.) etkisini araştırmışlardır. Deney sonuçları, beton ne kadar kaliteli üretilirse üretilsin az da olsa içine basınç altında su işleyebildiğini ortaya koymuştur. Yıldırım ve arkadaşları [5] geçirimsizlik sağlayan katkı türlerinin betonun geçirimsizlik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Süperakışkanlaştırıcı katkının denenen geçirimsizlik katkı türlerine göre daha etkin olması bu çalışmadan elde edilen en dikkat çekici sonuç olmuştur.

Türkiye yapı sektöründe kullanılan su geçirimsizlik katkılarının fonksiyonelliği hakkındaki literatür bilgisi henüz yeterli düzeyde değildir. Bu çalışmada taze betona karıştırılan ve sertleşmiş beton yüzeyine sürülen tip su yalıtım malzemelerinin betonun su ve klorür geçirimsizlik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Yapılan testler neticesinde katkılı ve kontrol numune üretimlerinin test sonuçları değerlendirilerek katkının su yalıtımındaki etkisi, aynı zamanda perde duvar uygulamalarında izolasyon malzemelerinin yerini alabilirliği değerlendirilmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yaklaşık 45 dakika taşıma süresiyle YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarına tedarik edilen C30/37 sınıfı hazır betonla 500x500x500-mm boyutlu beton bloklar ve standart numuneler üretilmiştir. Hazır betonun üretiminde CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Hazır betonun karışım oranları Tablo 1'de verilmiştir. Karışımın su/çimento oranı 0,49 olmuştur.

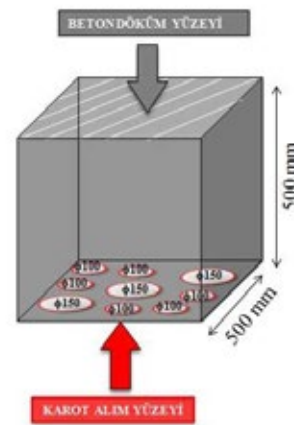
**Tablo 1:** Deneysel çalışmalar için üretilen hazır betonun karışım oranları

Çimento (kg)	Su (kg)	Kimyasal Katkı (kg)	Agrega (kg)			
			II No Mıcır	I No Mıcır	D. Kum	Y.K. Kum
345	166	4,49	517	450	247	673

### 2.1. Taze Betona Katılan Tip Katkılı Beton Serilerin Üretimi

Yukarıda tariflenen hazır betonda su geçirimsizlik performansı iki adet taze betona katılan tip katkı malzemesi ile test edilmiştir. Birinci katkı malzemesi inorganik sıvı karışım (İSK) olarak tedarik edilmiştir. İSK üreticisi tarafından, kapiler boşluklar içerisinde düzgün, kristal lifler oluşmasını sağlayan bir katkı olarak tariflenmiştir. Bu liflerin betondaki boşlukları azaltarak suyun beton karışımı içerisinde geçişini engellediği iddia edilmektedir. Diğer katkı malzemesi ise üreticisi tarafından Portland çimentosu, çok ince işlenmiş silis kumu ve çeşitli etkili kimyasallardan oluşan kuru toz (KTK) olarak tanımlanmıştır.

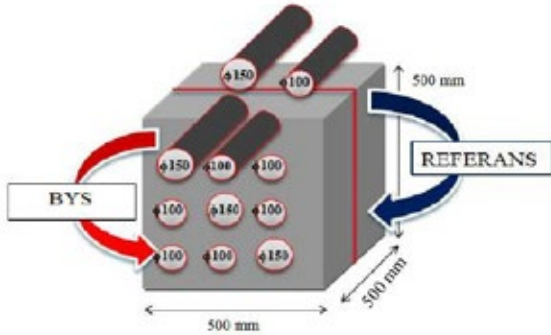
Her iki katkılı beton seriler için, betonun laboratuvar testleri için kontrol numuneleri üretildikten sonra transmikserler içerisinde kalan net beton hacimleri hesaplanmıştır. İSK katkılı serilerde üreticinin tavsiye ettiği dozajda (çimento ağırlığının yüzdesi olarak) İSK ürünü hazırlanmış ve üreticisinin tarif ettiği şekilde transmikserlere katılmıştır. KTK içeren seriler için ise üreticinin tavsiye ettiği toz-su karışımı çimento şerbeti kıvamında gerekli miktarda hazırlanmış ve transmikserlere karıştırılmış, katkılı beton bloklar ve diğer numuneler üretilmiştir. Su yalıtımı beton katkılarının yapı temelinde kullanılmalarında su geçirimsizlik performansını simüle etmek için kontrol ve katkılı beton blokların tabanlarından 28. günde karot numuneler alınmıştır. Referans (katkisiz), İSK ve KTK ürünleri katılarak üretilmiş beton bloklar için karot alma planı Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Referans, İSK ve KTK ürünleri katılarak üretilmiş beton bloklar için karot alma planı

## 2.2. Yüzeve Sürme Tip Yalıtım Malzemesi Uygulamalı Beton Serilerin Üretimi

Üçüncü ve dördüncü ürünler olarak beton yüzeye sürme (BYS) tipi iki yalıtım malzemesinin betonarme perdelerde kullanımında su geçirimsizlik performansını simüle etmek için katkısız beton bloğun düşey yüzeyinden performans testlerinin yapıldığı karot numuneler alınmıştır. Aynı şekilde sürme uygulaması için de karşıt yüzeyden eşit sayıda ve boyutta karot numuneleri hazırlanmıştır. BYS1 ürünü, üreticisi tarafından portland çimentosu, çok ince işlenmiş silis kumu ve çeşitli kimyasallardan oluşan, kuru toz şeklinde üretilmiş çözülmeyen kristaller üreten, katalitik reaksiyon sayesinde bu kristalleri her yönde dağıtarak gözenekleri ve kapillerleri dolduran, suyun ve diğer zararlı sıvıların beton içerisine girmesini önleyen bir malzeme olarak tariflenmiştir. BYS2 ürünü, üreticisi tarafından moleküler düzeydeki reaksiyonlarla beton yapılar da su geçişini bloke eden, etkisi su geldikçe artan, yüksek nitelikli silika esaslı, su geçirimsizlik sağlayan, çimento bazlı bir beton katkısı olarak tariflenmektedir. Referans (kaplamasız) ve BYS uygulanmış beton blok yüzeyleri için karot alma planı Şekil 2'de gösterilmiştir.



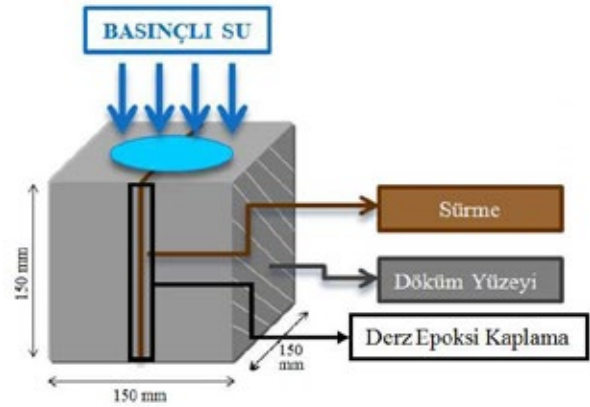
Şekil 2. Referans (kaplamasız) ve BYS uygulanmış beton yüzeyleri için karot alma planı

Sürme işlemi gerçekleştirilmeden önce beton numune yüzeyi suya doygun hâle getirilmiş ve malzemeler üreticisinin tarif ettiği yöntemle 24 saat ara ile 2 kat olarak uygulanmıştır. Her kat birbirine dik yönde uygulanmıştır. Beton numuneler 28 günlük test yaşına gelene kadar numuneler nemli poşetlerde muhafaza edilmiştir.

## 2.3. İnşaat Derzlerinde Yalıtım Amaçlı Şerbet Sürme Uygulamalı Beton Serilerin Üretimi

Son uygulama olarak BYS-2 ürününün inşaat derzlerinde sürme şerbet sistemi olarak kullanıldığında hariçten gelen basınçlı suya karşı yalıtım performansı test edilmiştir. Bu serilerin hazırlığı için öncelikle soğuk derzi temsil eden hazır

beton 150x150x150 mm boyutlu küp kalıplara 75 mm kalınlığında yerleştirilmiştir. Betonun dökümünden 7 gün sonra BYS-2, kalıp içerisindeki sertleşmiş beton üzerine üreticisinin tarif ettiği ölçüde 3 kg/m<sup>2</sup> olacak şekilde üniform olarak sürülmüştür. Daha sonra, referans (katkısız) beton blok üretiminde kullanılan hazır beton ile kalıbın geri kalan kısmı doldurulmuştur. Küp numunelerde basınç altında su geçirimliliği testi uygulaması için iki ayrı dökümün birleşim yerinden su sızmayacak şekilde epoksi uygulaması yapılarak numuneler teste hazır hâle getirilmiştir. Üretilen test numunesini gösteren model çizim Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: İnşaat derzinde su yalıtımı performansının test edildiği numune modeli

Basınç altında su işleme derinliği TS EN 12390-8 Standardı'na [6], klorür migrasyon katsayısı tayini, NT Built 492 test metoduna [7] ve kılcal geçirimlilik (su emme hızı) tayini, ASTM C 1585 Standardı'na [8] uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

## 3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

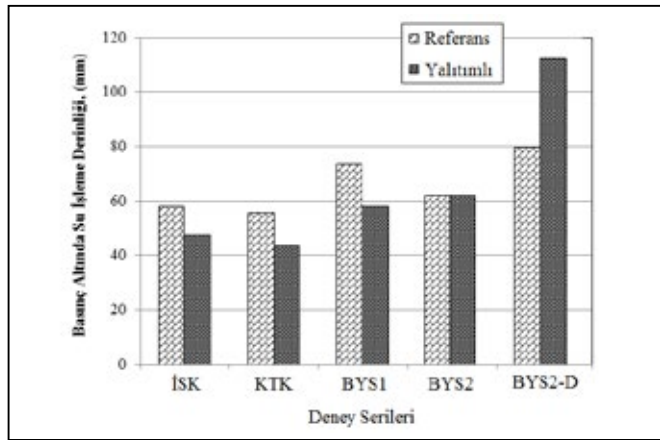
### 3.1. Basınç Altında Su İşleme Derinliği

İnorganik sıvı karışım (İSK) ve kuru toz (KTK) tipi su geçirimsizlik katkısı içeren beton numunelerin su işleme derinlikleri ile referans numunelerinki arasında çok dikkat çekici bir fark görülmemekle birlikte daha düşük oldukları gözlenmiştir. İSK ve KTK katkılı beton numunelerin ortalama basınç altında su işleme derinliklerinin referans beton numunelerinkine kıyasla sırasıyla %24,1 ve %22 oranlarında azaldıkları tespit edilmiş ancak her iki seri sonuçlarının da geçirimli betona karşılık gelen düzeyde oldukları kanaatine varılmıştır.

Beton yüzeye sürme (BYS) tipi uygulamalarda ise BYS1 malzemesi ile kaplanan numunelerin su işleme derinliği, referans numunelerin su işleme derinliğine göre %31,5 daha düşük olmuştur. BYS2 malzemesi kaplanmış numunelerin su işleme

derinliği ile referans numunelerin su işleme derinliği arasında ise fark görülmemiştir.

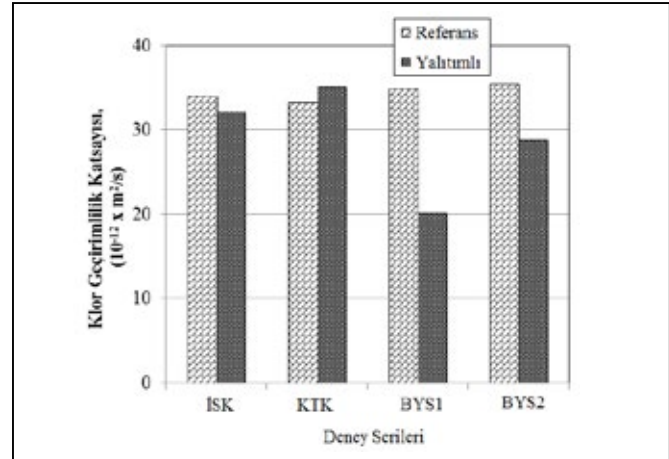
BYS2 aynı zamanda inşaat derzleri yalıtımında sürme şerbet sistemi olarak kullanıldığında referans numunelere göre daha olumsuz sonuç vermiştir. Çalışma için hazırlanan numune BY2-D olarak kodlandırılmıştır. Test sonuçları değerlendirildiğinde, iki beton arasına sürme yöntemiyle uygulanan BY2 malzemesi referansa göre daha geçirimli bir tabaka oluşturmuş, olumlu sonuç vermemiştir. Soğuk derzde sürme BY2 uygulanmış beton numunelerin ortalama basınç altında su işleme derinliğinin şerbet sistemi uygulanmayan referans beton numunelerinkine kıyasla %40 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve her iki sonucun da geçirimli bir soğuk derze karşılık geldiği belirlenmiştir. Basınç altında su işleme derinliği sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Test serilerine ait basınç altında su işleme derinliği değerleri

### 3.2. Klorür İyonu Geçirgenliği

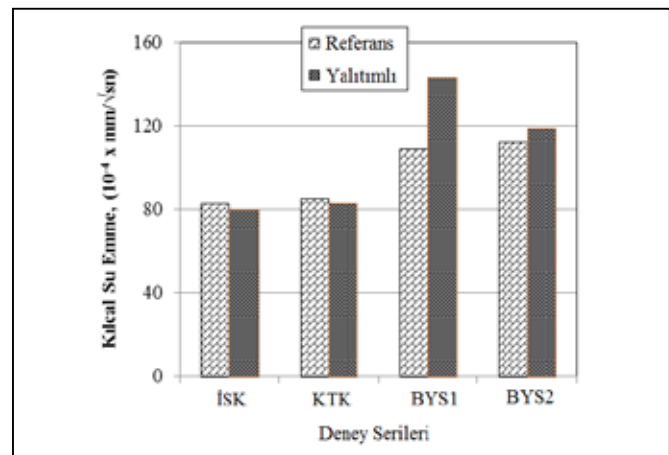
İnorganik sıvı karışım (ISK) ve kuru toz (KTK) tipi su geçirimsizlik katkısı içeren beton numunelerin klorür migrasyon katsayıları ile referans numunelerinkine arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Beton yüzeye sürme (BYS) tipi uygulamalara ait test sonuçları değerlendirildiğinde, BY2 malzemesi ile kaplanan numunelerin klorür migrasyon katsayısı, referans numunelerinkine kıyasla yaklaşık %19 azaldığı tespit edilmiştir. BY2 malzemesi, BY2 malzemesine nispeten klorür iyonu migrasyon katsayısını düşürmede daha etkin performans göstermiştir. BY2 malzemesi kaplanmış numunelerin klorür migrasyon katsayısı referans numunelerinkinden yaklaşık %42 daha düşük olmuştur. Su geçirimsizlik katkılı ya da yüzeyel su geçirimsizlik malzemesi ile kaplı bütün serilerin klorür migrasyon katsayıları referans numune sonuçları gibi geçirimli ve düşük durabiliteyi haiz betona karşılık gelen düzeyde oldukları sonucuna varılmıştır. Test edilen serilerin klorür migrasyon katsayılarının karşılaştırması Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5: Test serilerine ait klorür migrasyon katsayıları

### 3.3. Kılcal Su Emme Potansiyeli

İnorganik sıvı karışım (ISK) ve kuru toz (KTK) tipi su geçirimsizlik katkısı içeren beton numunelerin kılcal su emme katsayıları ile referans numunelerinkine arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Her iki seri sonuçlarının da kapiler yönden geçirimliliği haiz bir betona karşılık gelen düzeyde oldukları belirlenmiştir. BY2 malzemesi ile kaplanan numunelerin paradoksal olarak referans numunelerine nispeten yaklaşık %19 daha yüksek kılcal su emme katsayısına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonucun deneysel sapmaya bağlı olarak ortaya çıkmış olabileceği düşünülebilir. Sürme tipi BY2 malzemesi ile kaplanan numunelerin kılcal su emme katsayısı referans numunelerinkine ile hemen hemen aynı düzeyde olmuştur. Her iki sürme tip yalıtım malzemesine ait sonuçların da referans numune sonuçları gibi geçirimli betona karşılık gelen düzeyde oldukları saptanmıştır. Test edilen serilerin kılcal su emme katsayılarının karşılaştırması Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: Test serilerine ait kılcal su emme katsayıları

### 4. SONUÇ

Yapılan çalışmalar, test edilen su yalıtımı beton katkılarının ve sürme esaslı malzemelerin özellikle nispeten geçirimli ve yüksek durabiliteye sahip olmayan betonların performansını kısmen iyileştirebildiklerini ancak yüksek durabilite için gerekli özellikleri sağlayamadıklarını, su ve zararlı iyonlara karşı betonu tamamen geçirimsiz kılan bir bariyer fonksiyonu göremediklerini göstermiştir. Test edilen tür su geçirimsizlik katkı ve sürme malzemelerin deneysel olarak fayda-maliyet analizleri yapılmadan doğrudan yapıda kullanılması önerilmemektedir.

#### Kaynaklar

1. Şimşek, Z. ve Akıncıtürk, N., "Betonarme Yapı Elemanları Üzerindeki Basınçlı Yeraltı Su Geçirimsizliğine Puzolan Katkılı Maddelerin Etkisi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, pp. 33-41, 2006.
2. Akıncıtürk, N., "Yapı Temellerinde Su Sorunu ve Yalıtım Uygulamaları", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, pp. 157-162, 2001
3. Aghabaglou, A.M., Yılmaz, G., Hosseinnezhad, H. and Ramyar, K., "Farklı Geçirgenlik Azaltıcı Katkıların Betonun Basınç Dayanımı ve Geçirimsizlik Özelliğine Etkisi", Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, pp. 111-128, 2013.
4. Felekoğlu, B. ve Baradan, B., "Beton Üretiminde Alternatif Su Geçirimsizlik Katkılarının Kullanımı", Prof. Dr.Mehmet Uyan'ın Anısına 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, pp. 53-63, 2007.
5. Yıldırım, H., Gülseren, H., Uyan, M. ve Kemerli, M.K., "Geçirimsizlik Sağlayan Katkı Türlerinin Betonun Geçirimsizlik Özelliklerine Etkisi", İMO 5. Ulusal Beton Kongresi, pp. 123-132, 2003.
6. BS EN 12390-8, Testing Hardened Concrete – Part 8: Depth of Penetration of Water under Pressure, British Standard Institution, London, 2009.
7. NT BUILD 492, Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments, Nordtest, Espoo, Finland, 1991.
8. ASTM C 1585, Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.