

KAPLAMALI BETON BASINÇ DAYANIMINA DONMA-ÇÖZÜLMENİN ETKİSİ

Turgut KAYA^{1*}, Salih YAZICIOĞLU², Ali Erdem ÇERÇEVİK³

^{1,3} Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
<i>Donma-çözülme</i> <i>Alçı</i> <i>Sıva</i> <i>Basınç Dayanımı</i> <i>Isı Yalıtım</i>	Bu çalışmada, donma-çözülmenin kaplamalı beton basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla numunelerin üretilmesinde maksimum tane çapı (d_{max}) 8mm olan agrega ve CEM I 42.5 R çimento ile 400 dozlu 50x50x50 mm küp beton numuneleri üretilmiştir. 28 gün 20 ± 2 °C suda kür yaşını tamamlayan numuneler 10x10x10 cm ölçülerinde küp kalıplar içerisine sıva kalınlığı 25 mm olacak şekilde ortalanarak yerleştirilmiştir. Kaplanan numuneler 180 gün boyunca laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Referans (sıva kaplamasız) ve üç farklı sıva malzemesi (Alçı, Isı yalıtım ve Çimento esaslı sıva) ile kaplanmış numunelere 50 ve 100 çevrim donma-çözülme deneyleri uygulanmıştır. Donma-çözülme sonrası sıvalar temizlenip beton basınç dayanımları incelenmiştir. Sonuç olarak, ilk 50 çevrimlik donma-çözülme sonuçlarına göre en dayanıklı kaplama ısı yalıtım sıvası, en az dayanımlı kaplama ise çimento esaslı hazır sıva olduğu görülmüştür. 100 çevrimlik donma-çözülme sonuçlarına göre ise en çok dayanım kayıpları alçı sıvada görülmüştür.

FREEZE - THAW EFFECT ON COMPRESSIVE STRENGTH OF COVERED CONCRETE

Keywords	Abstract
<i>Freeze-thaw</i> <i>Gypsum</i> <i>Plaster</i> <i>Compressive Strength</i> <i>Heat Insulation</i>	In this study, it is investigated that the compressive strength of the plaster coated concretes exposed to freeze-thaw. For this reason, 50x50x50 mm cube specimens were produced with maximum aggregate size (d_{max}) of 8 mm and PÇ 42.5 R cement 400 kg/m ³ dosage. The specimens were cured in water bath for 28 days at 20 ± 2 °C. At the end of the curing period, the specimens were located at the center of the 100x100x100 mm cubic molds for obtaining a 25 mm plaster coating thickness. The coated specimens were placed for 180 days in the laboratory conditions. The reference (without plaster) and three different type (plaster, heat insulation and cement-based plasters) of plaster-coated specimens were subjected to freeze-thaw tests for 50 and 100 cycles. The compressive strength values were determined on the plaster-removed surfaces of the specimens after freeze-thaw. As a result, according to first 50 freeze-thaw cycles results, maximum compressive strength were found the heat insulation based plasters specimens, the minimum compressive strength were found the coating cement-based plaster. According to results of 100 freeze-thaw cycles, most losses were seen in plaster-covered specimens.

1. Giriş

Yapı kabuğunda koruyucu tabakayı oluşturan sıvaların kalitesi, yapının ömrüyle doğrudan ilgili bir etkidir. Yapılarda kullanılan sıvaların çeşitli yapım amaçları vardır. Bu amaçlar arasında, bina içinde ve dışında düzgün yüzeyler elde etmek, binayı ve onu

teşkil eden yapı elemanlarını dış etkilere karşı korumak (soğuk, sıcak, kar, yağmur gibi iklimsel değişiklikler ile yangın tehlikesi v.b.) ve yapıya güzel bir görünüş temin vardır. Büyük cephelerde, iç ve dış mekanlarda, vazgeçilmez bir malzeme olarak kullanılan sıva, diğer malzemeler ile kombinasyon kurmak için, mükemmel bir baz oluşturmaktadır (BIA, 2003).

* İlgili yazar: turgut.kaya@bilecik.edu.tr, +90-228-214-1766

Çimento esaslı yapı malzemeleri servis ömrü boyunca kimyasal, fiziksel ve biyolojik agresif ortamlarda bulduklarında hasara uğrayabilir (BIA, 2003; Binici vd. 2007; Gürü vd. 2005). Özellikle, bu etkiler betonun performansının zamanla azalmasına, proje ömründen önce kalitesini ve dayanımını yitirmesine yol açmaktadır. Fiziksel etkilerden bir tanesi tekrarlı donma-çözülme etkisidir. Donma-çözülme çevrimlerinin şiddeti betonun bulunduğu ortama, betonun nem durumuna, oluşan sıcaklık farklarına, suyun donma hızı gibi değişkenlere bağlı olarak değişir. Sürekli tekrarlayan donma-çözülme ile birlikte betonda hasar oluşmaya başlar. Betondaki hasar oluşumu öncelikli olarak betonun yüzeyinde kılcal çatlaklar ve sonrasında yüzeyde soyulmalar ve dökülmeler olarak ortaya çıkar. Yüzey hasarları çevremizde en çok karşılaşılan durumdur. Betonun kesiti boyunca çatlaması durumu ise çok şiddetli ve uzun süreli donma-çözülme etkisinde kendini gösterir (Kristulovic, 1994).

Beton yapısı gereği içinde boşluklar bulunan bir malzemedir. Bu boşluklar ya betonun geçirimli yapısından ya da betonun üretilmesi sırasında kullanılan karma suyunun beton bünyesinde kalması nedeniyle su bulunmaktadır. Bu nedenle beton donma-çözülme olayının etkisi altında kalmaya ve bunun sonucu olarak da hasar görme potansiyeli olan bir malzemedir. Betonun don etkisine maruz kalma ihtimalinde yörenin iklim şartlarının büyük etkisi vardır. En elverişsiz koşullar geceleri donma olayının meydana gelmesi, gündüzleri ise sıcaklığın sıfırın üstüne çıkarak donmuş bünye suyunun tekrar sıvı hale geçmesi durumudur. Böyle bir durumda donma ve çözülme olayları yıl içerisinde defaten tekrarlanacak ve birkaç yıl içinde beton parçalanacaktır (Ünal vd. 2004).

Donma olayı zararlı etkisini, betonun bileşenlerinden olan çimento hamuru ve agrega taneleri fazlarının her ikisinde gösterir. Eğer donmaya dayanıklı bir beton elde etmek isteniyorsa çimento hamurunun kompasitesini büyük, agreganın porozitesi küçük olan malzeme tercih edilmektedir (Sun vd. 1999; Erdoğan 2003).

Sertleşmiş ve suya doymuş haldeki bir beton don etkisinde kalınca, çimento harcının içindeki kapiler boşluklardaki su donar ve yaklaşık %9 oranında genişir. Çözülme takip eden yeniden donma sonrasında bu boşluklar kümülatif olarak artar. Tekrarlı donma çözümler sonrası betonlarda donma dayanıklılığı belirleyen en önemli parametreler betonun doymuşluk derecesi, boşluk miktarı ve boşluk tipidir. Suların bulunduğu boşluk çapı donma sıcaklığını belirleyen diğer bir faktördür (Gönen vd. 2007).

Literatürde donma-çözülmenin beton üzerine etkileri üzerine pek çok çalışma mevcut olsa da yapılan çalışmalar dış etkilere direkt maruz kalan durumları modellemektedir. Dış cephesi kaplanmış bir konut vs. için gerçek durumu modelleyen araştırmalar ise

sınırlıdır. Bu çalışmada, çeşitli tip sıvalar ile kaplanan beton numuneleri donma-çözülme etkisine maruz bırakılmış, daha sonra numunelerin basınç dayanımları üzerinden sıvaların koruyuculuğu incelenmiştir. Yapılan deneyler ile gerçeğe çok yakın bir modelleme yapılmış hangi sıva tipinin daha koruyucu olduğu belirlenmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1 Malzemeler

Beton numunelerinin hazırlanmasında bağlayıcı malzeme olarak TS EN 197-1'e uygun CEM I 42.5 R Portland çimentosu kullanılmıştır (TSE, 2002). Çimentoya ait teknik özellikler ve beton ile sıvaların hazırlanmasında kullanılan suyun kimyasal analizi Tablo 1-3'te verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Çimentonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Çimsa, 2016)

Kimyasal Bileşim Bileşenler (%)		Fiziksel Özellikler	
SiO ₂	18.90	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3.06
Al ₂ O ₃	5.15	Özgül Yüzey (cm ² /g)	3641
Fe ₂ O ₃	3.36	0.090 mm Elek Kalıntısı (%)	0.1
CaO	63.59		
MgO	1.57	0.045 mm Elek Kalıntısı (%)	4
K ₂ O	0.77		
Na ₂ O	0.40	Kıvam Su Miktarı (%)	29.6
SO ₃	2.65	Priz Başlama Süresi (d)	190
Cl-	0.023	Priz Sona Erme Süresi (d)	260
TiO ₂	-		
Mn ₂ O ₂	-	Genleşme(LeChatelier)(mm)	1
Kızdırma Kaybı	3.59		

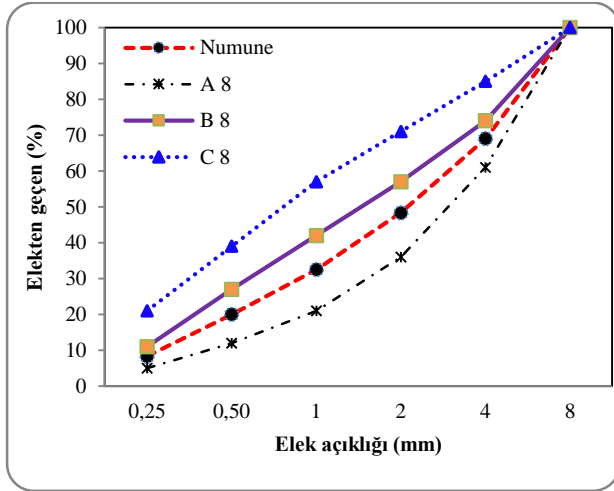
Tablo 2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Çimentonun Mekanik Özellikleri (Çimsa, 2016)

Basınç Dayanımı (N/mm ²)	
2 Gün	21.6
7 Gün	42.7
28 Gün	61.5

Tablo 3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Suya Ait Teknik Bilgiler (Abant, 2015)

Parametre	Değerler
Al	< 2µg/L
NH ₄ ⁺	0.04mg/L
Cl ⁻	0.43 mg/L
İletkenlik	20° C'de 104µS/cm
pH	7.6
Fe	< 1µg/L
Mn	< 1µg/L
Oksitlenebilirlik	0.64 mg/L
SO ₄ ²⁻	2.71 mg/L
Na	0.78 mg/L
Renk, Koku, Tat, Bulanıklık	Uygun
22 °C'de koloni sayımı	0/ml
Koliform Bakteri	0/ml

Beton karışımlarında kullanılmak üzere Bilecik ilinde kurulu bir taş ocağından 0-4, 4-8 mm tane sınıfı ve özgül kütleleri 2.66, 2.69 g/cm³ olan kırma taş agregalar temin edilmiştir. Agregalar Şekil 1'de verilen granülometri eğrisine uygun elenerek kullanılmıştır.

**Şekil 1.** Kullanılan Agregalara Ait Granülometri Eğrisi

Beton yüzeylerinin kaplanmasında TS EN 998-1'e (TS EN, 2011) uygun ısı yalıtım(IYS), çimento esaslı(ÇES) ve TS EN 13279-1'e uygun alçı sıva(AS) (TS EN, 2014) kullanılmıştır. Kaplama malzemesi olarak kullanılan sıvaların teknik özellikleri Tablo 4-6' da verilmiştir.

Tablo 4. Isı Yalıtım Sıvası Teknik Özellikleri (Mantosür, 2015)

Görünüş	Beyaz
Kuru Yığın Yoğunluk	400 ±150 kg/m ³
Isıl İletkenlik (λ)	0,046 W/mK
Basınç Dayanımı	CS I

Bağ Dayanımı	Kopma şekli FP.B
Su Emme	W1
Su Buharı Difüzyonu	µ=6.0 (120 Gün)
Yangın Dayanımı	A1 Sınıfı
Boyaya Hazır olma	Uygun ortamda 52 Saat
Ses Yutuculuk	15 dB (4 cm için)
Saklama süresi	12 ay (Uygun ortamda)

Tablo 5. Çimento Esaslı Hazır Sıva (Zintaş, 2015)

Görünüm	Toz halde
Renk	Beyaz- Gri
Karışım oranları	Su ve Kuru malzemenin %20-25
Tüketim	1 m ² için ortalama 2-3 kg
Kabuklaşma süresi	60 dakika
Tane boyutu	0-1900 µm
Erken dayanım	48 saat
Nihai Dayanım	28 gün
Su dayanımı	Su itici özelliğe sahiptir.
	Hava şartlarına dayanıklıdır.
	İç ve dış şartlarda kullanılır.

Tablo 6. Alçı Sıva Teknik Özellikleri (ABS, 2016)

Karışım Suyu (10 kg alçıya)	6.0-6.5 lt su
Donma Sonu	150 dakika
Kullanım Süresi	60 dakika
Tek Katta Uygulama Kalınlığı	min. 5mm
Tüketim Miktarı (1 cm)	10 kg/m ²
Kuruma Süresi	maks. 4 gün
Su Absorbsiyonu	Kütlenin %32'si
Yüzey Sertliği	40 Shore D
Kuru Birim Hacim Kütle	1.150 kg/m ³
Eğilme Mukavemeti	min. 1.0 N/mm ²
Basınç Mukavemeti	min. 2.5 N/mm ²
Isıl İletkenliği	0.30 W/mK

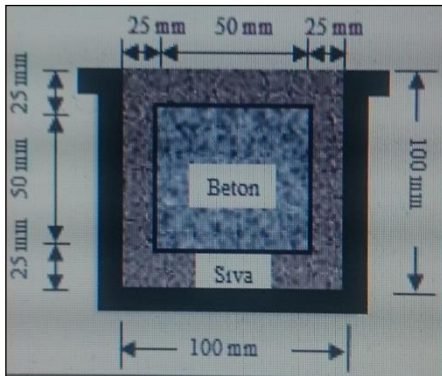
2.1. Yöntem

Bu çalışmada donma-çözülmenin kaplamalı beton basınç dayanımına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla üretilen beton numunelerinde kullanılan malzemelerin karışım miktarları ve kaplama malzemesi olarak kullanılan sıvaların su/bağlayıcı oranları Tablo 7’te verilmiştir.

Tablo 7. 1m³ Beton Karışım Miktarları ve Sıvaların Su/Bağlayıcı Oranları

Çimento (kg)	400	Malzeme	Su / Bağlayıcı	
Su (kg)	250	AS	0.65	
Agrega (mm)	0-4	1120	ÇES	0.25
	4-8	505	IYS	1

Karışım oranlarına uygun olarak 50x50x50 mm boyutlarında numuneler üretilmiştir. Üretilen betonlar 28 gün standart kür havuzunda tutulmuşlardır. Kür yaşını tamamlayan beton numuneler Şekil 2.a’da görüldüğü gibi 100x100x100 mm’ lik kalıplarda her kenardan 25 mm olacak şekilde ortalanmıştır. Numunelerin ortalanmasında Şekil 2.b’de verilen 25x25x285 mm’lik 3 gözlü kalıplara üretici firmaların önerileri dikkate alınarak hazırlanan sıvalar kalıplara yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıptan alınan sıva anoları 25 mm uzununda kesilip 1 gün sonra betonların kalıplar içerisinde ortalanmasında kullanılmıştır. 28 gün sonunda beton numuneleri kalıplarda ortalanıp hazırlanan sıvalar Şekil 2.c’de görüldüğü gibi kalıplara dökülüp 24 saat laboratuvar ortamında bekletilmiştir. 24 saat sonra Şekil 2.d’de verildiği şekilde kalıplardan alınan numuneler 180 gün laboratuvar ortamında bekletilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2. Numunelerin Hazırlanmasına Ait Örnek Uygulama

Donma-çözülme deneyinde her çevrimi -20 °C’de 120 d ve +20 °C’de 120 d olmak üzere 0,1 °C/d artış ile 1 çevrimi toplamda 640 d olan havada donma çözülme deneyi uygulanmıştır. Bu yöntem literatürde mevcut çalışmaya benzer olarak yapılmıştır (Erdem ve Öztürk, 2012). Deneysel çalışmada numunelere 50 ve 100 çevrimli donma çözülme deneyleri yapılmıştır. Havada donma-çözülme 180 günlük yaşlara ulaşan numunelerin donma-çözülme deneyleri Şekil 3.a’da verilen donma çözülme cihazında gerçekleştirilmiştir. Donma-çözülme sonrası numunelerin üzerindeki sıvalar Şekil 4’de görüldüğü gibi spatula ile betona zarar vermeden temizlenip basınç dayanım değerleri kaydedilmiştir (Kaya ve Yazıcıoğlu, 2015). Üretilen betonların 7-28 ve 180 günlük yaşlardaki ve donma-çözülme sonrası basınç dayanım deneyleri Şekil 3.b’de

verilen 600 kN kapasiteli beton presinde 0,4 MPa/s yükleme hızında TS EN 12390-3'e uygun yapılmıştır (TS EN, 2010). Elde edilen basınç değerleri laboratuvar ortamında bekletilen referans numune ile karşılaştırılıp basınç dayanım kayıpları bulunmuştur.



(a) (b)

Şekil 3. (a) Donma-Çözülme Cihazı. (b) Beton Test Presi

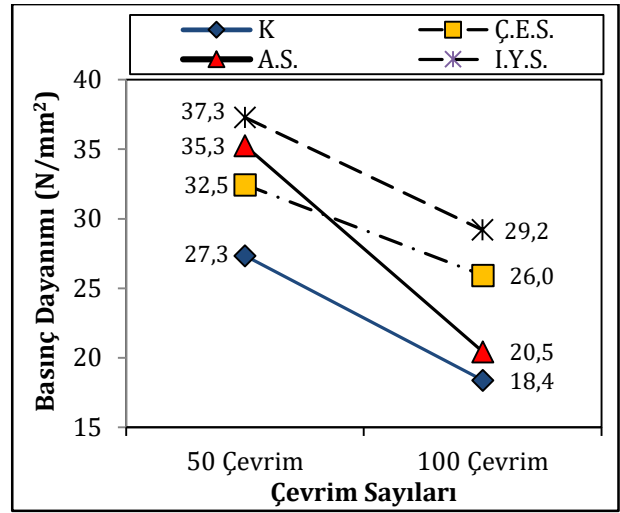


Şekil 4. Numune Örnekleri

4. Araştırma Bulguları

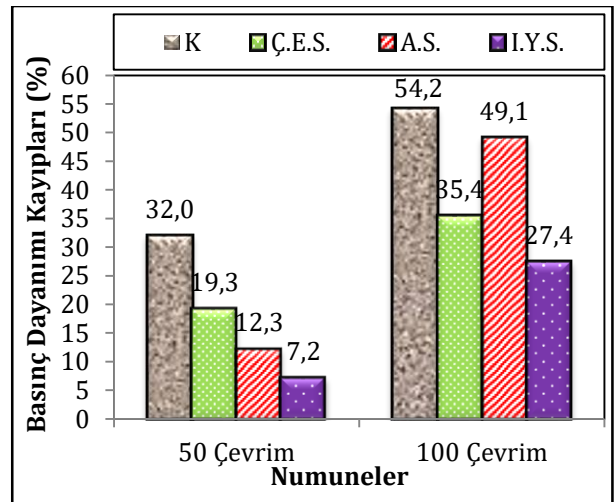
4.1. Deneysel Sonuçlar

Farklı tip sıvalarla kaplanmış beton numunelerinin basınç dayanımlarına donma-çözülme etkisi araştırılmıştır. Kontrol beton numunelerinin 7 - 28 ve 180 günlük basınç dayanımları sırasıyla 25 - 38 ve 40 MPa olarak bulunmuştur. Donma-çözülme çevrimleri tamamlanan numunelerin basınç dayanım değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Grafik incelendiğinde bütün çevrimlerde en düşük ve en yüksek dayanımlar sırasıyla kontrol ve ısı yalıtım sıvası ile kaplı numunelerden elde edildiği görülmektedir.



Şekil 5. Donma-Çözülme Sonrası Basınç Dayanımları

Donma-çözülme sonrası numunelerin basınç dayanımları 180 günlük numunelerin dayanımları ile karşılaştırılmıştır. Kaplamalı ve kaplamasız numunelerin dayanım kayıpları Şekil 6'te verilmiştir. Dayanım kayıpları incelendiğinde her iki çevrim sonucunda en büyük dayanım kayıpları % 32 ve %54 ile kontrol numunelerinde olmuştur. AS numunesinin 50 çevrim sonucunda ÇES numunelerine göre daha az dayanım kaybı olurken, 100 çevrim sonucunda daha yüksek dayanım kaybı meydana gelmiştir. Bu durumun ilerleyen çevrimlerde alçı sıvanın ısı iletkenlik ve dayanım kayıplarının artması ile meydana geldiği düşünülmektedir. En az dayanım kayıpları IYS kaplı numunelerden 50 çevrimde %7 ve 100 çevrimde ise %27 olarak elde edilmiştir. IYS numunelerinin 50 çevrim sonucunda K numunesine göre yaklaşık %25, ÇES numunesine %12 ve AS numunesine ise %5 daha az dayanım kaybına uğradığı görülmektedir. 100 çevrim sonucunda en az dayanım kaybı IYS numunelerinden elde edilmiş ancak ilerleyen donma - çözülme çevrimlerinde AS numunelerinde olduğu gibi dayanım kayıplarında artışlar olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Donma-Çözülme Sonrası Basınç Dayanım Kayıpları

5. Sonuç ve Tartışma

Farklı tip sıvalarla kaplı betonun basınç dayanımına donma-çözülme etkisinin araştırıldığı bu deneysel çalışmada aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- 50 çevrim Donma-çözülme sonrası basınç dayanımlarında en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla K ve IYS numunelerinden 27 ve 37 MPa olarak elde edilmiştir.
- 100 çevrim Donma-çözülme sonrası basınç dayanımlarında en düşük ve en yüksek değerler 50 çevrim sonuçlarında olduğu gibi sırasıyla K ve IYS numunelerinden 18 ve 29 MPa olarak elde edilmiştir.
- Dayanım kayıpları incelendiğinde her iki çevrim sonucunda en büyük dayanım kayıpları % 32 ve %54 ile kontrol (kaplamasız) numunelerinden elde edilmiştir. En düşük dayanım kayıpları ise IYS numunelerinden 50 çevrimde %7, 100 çevrimde %27 meydana gelmiştir.
- Donma-çözülme çevrimleri sonunda dayanım kayıp yüzdeleri arasındaki en büyük fark %37 ile AS numunesinde olduğu görülmüştür.
- IYS 50 ve 100 çevrim sonunda en az kayıp veren seri olmasına rağmen çevrimler arasındaki fark incelendiğinde ÇES numunesinden %4 kadar bir artış olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, ısı yalıtım sıvası beklenildiği gibi betonun donma-çözülme etkilerine karşı 50 ve 100 çevrim için en iyi koruma sağlamıştır. Çimento esaslı ve alçı sıvanın donma-çözülme karşı betonu koruma durumu ise çevrim sayılarına göre değişmektedir. İlk 50 çevrimlik donma-çözülme sonuçlarına göre alçı sıva çimento esaslı sıvadan daha koruyucu olsa da 100 çevrimde bu durum tersine dönmüş, çimento esaslı sıvanın betonu don etkisinden daha fazla koruduğu gözlemlenmiştir. Bu da donma-çözülmenin daha çok etkili olduğu iklimlerde mümkünse ısı yalıtım sıvası, değilse çimento esaslı sıvanın kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

6. Kaynaklar

Abant, 2015. 20 Eylül 2015 tarihinde <http://www.abantsu.com.tr/CMSFiles/Image/Content/635784471309195611.pdf> adresinden erişildi.

Abs, 2015. 02 Temmuz 2015 tarihinde http://www.absalci.com.tr/alci_esasli_urunler/ya-pi-alcilari/abs-siva-alcisi adresinden erişildi.

BIA, 2003. Brick Industry Association Technical Notes on Brick Construction, Technical Notes 8- Mortars for Brick Masonry, Virginia, USA.

Binici H., Kaplan H., Yılmaz S., 2007. Influence of Marble and Limestone Dusts As Additives on Some Mechanical Properties of Concrete, Scientific Research and Essay, 2 (9): 372-379.

Çimsa, 2015. 04 Temmuz 2015 tarihinde <https://www.cimsa.com.tr/tr/urunvehizmetler/cimento/gri-cimento/cimsa-cem-i-42-5-rportland-cimento/i-104> adresinden erişildi.

Erdem, R. T., Öztürk, A. U., 2012. Mermer Tozu Katkısının Çimento Harcı Donma-Çözünme Özellikleri Üzerine Etkisi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 1 (2), 85-91

Erdoğan, T.Y., 2003. Beton, METU Press, I. Baskı, Ankara, 66- 67, 191-198, 652- 677.

Gönen, T., Yazıcıoğlu, S., Demirel, B., 2007. Mineral Katkılarının Donma-Çözülme Sonrası Betonun Bazı Özelliklerine Etkisi, TÇMB 3rd International Symposium, Sustainability in Cement and Concrete, s.757-767.

Gürü M., Akyüz Y., Akın E., 2005. Mermer Tozu/Polyester Kompozitlerde Dolgu Oranının Mekanik Özelliklere Etkileri, Politeknik Dergisi, 8 (3): 271-274.

Kaya T., Yazıcıoğlu S., 2015. Farklı Tip Sıvalarla Kaplı Betonun Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklık Etkisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:2, Sayı:2, 2015 ISSN: 2458-7575.

Kristulovic P., Kamenic N., Popovic K., 1994. A New Approach in Evaluation of Filler Effect in Cement, Cement and Concrete Research, 24 (4): 721-727.

Mantosür, 2015. 04 Temmuz 2015 tarihinde <http://www.mantosur.com.tr/> adresinden erişildi.

Sun, W. etc, 1999. Damage and Damage Resistance Of High Strength Concrete Under The Action Of Load And Freeze-Thaw Cycles, Cement and Concrete Research, Vol.29.

TS EN 12390-3, 2010. Türk Standartları Enstitüsü. Beton-Sertleşmiş Beton Deneylemleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

TS EN 13279-1, 2014. Türk Standartları Enstitüsü. Yapı ve sıva alçıları - Bölüm 1: Tarifler ve gerekler. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara, Türkiye.

TS EN 197-1, 2002. Türk Standartları Enstitüsü. Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Ankara. Türkiye.

TS EN 998-1, 2011. Türk Standartları Enstitüsü. Kagir harcı-özellikler – Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Ünal, O., Uygunođlu T., 2004. Uçucu Küllü Betonların Donma-Çözölmeye Karşı Dayanıklılığının Araştırılması, Beton 2004 Hazır Beton Kongresi, 376.

Zintaş, 2015. 04 Temmuz 2015 tarihinde <http://www.zintascimento.com/1982.html> adresinden erişildi.