

Saydam Betonların Özellikleri Üzerine Bir İnceleme

İlker Bekir TOPÇU¹
Tayfun UYGUNOĞLU²

ÖZ

Saydam beton, kompozit içerisine gömülü ışık geçiren elemanlar nedeniyle optik özelliklere sahip çimento esaslı bir yapı malzemesidir. Bu çalışmada, saydam betonun tasarımı, mekanik özellikleri, içeriğindeki optik fiberlerin ışığı geçirme özellikleri ve kullanım alanları tartışılmıştır. Literatür taraması olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, saydam betonun ışığı emme, iletme, iletimdeki mekanizma ve kayıplar üzerindeki araştırmalar üzerinde durulup, gösterdiği dayanım, kullanılan malzemeler ve oranları hakkında bilgi verilmiştir. Sonuçta, saydam betonların yapılarda kullanımıyla, ışık kaynağı olarak güneşten yararlanmak suretiyle yapılardaki aydınlatma güç tüketimini azaltacağı elde edilmiştir. Ayrıca yapıya mimari açıdan da estetik katacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Saydam beton, optik fiber, yapısal özellik.

ABSTRACT

An Investigation on Properties of Transparent Concretes

Transparent concrete is a cement-based building material which has optical properties due to the embedded light transmitting elements within the composite. In this study, the design of transparent concrete, its mechanical properties, light transmission properties of optical fibers and the use of optic fibers were discussed. The study was performed as a literature review, and it was focused on the light absorption of translucent concrete, transmission, the mechanism and losses in the transmission. Information was given about their strength, materials and proportions. As a result, it was determined that the lighting power consumption will be reduced by utilizing the sun as the light source in buildings by the use of transparent concrete. Moreover, it is seen that it provides architecturally aesthetic structures.

Keywords: Transparent concrete, optical fiber, structural properties.

1. GİRİŞ

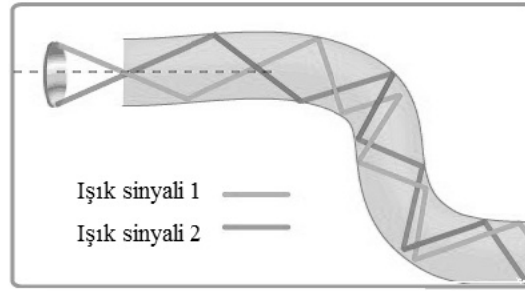
Saydam beton, içine konulan ışık geçiren malzemelerle oluşturulan özel amaçlı bir beton türüdür. Beton içerisinde sürekli optik fiber kullanılarak betona yarı saydam özellik

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 25.06.2014 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2016 gününe kadar tartışmaya açıktır.

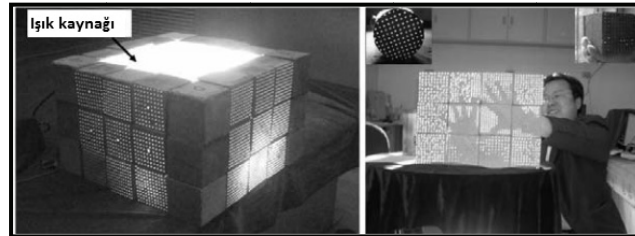
1 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - ilkerbt@ogu.edu.tr
2 Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Afyonkarahisar - uygunoglu@aku.edu.tr

kazandırılmıştır. İçerdiği bileşenler sayesinde yüksek dayanımlı beton sınıfına dahil edilir. Betonun yapıma prensibinde, içindeki malzemeyle ışığı bir ucundan diğer ucuna iletmesi bulunmaktadır [1-3]. Işık kaynağından gönderilen ışın demeti fiber içerisinde doğrusal bir yol izler. Şekil 1'de görüldüğü gibi kablunun kıvrıldığı noktalarda; ışık cam örtüye çarpıp geri yansır bu şekilde yansıya yansıya merkezdeki yoluna yavaşlayarak ve bir miktar kayba uğrayarak da olsa devam ederler [4,5].



Şekil 1. Optik fiber içerisinde ışığın iletimi [1]

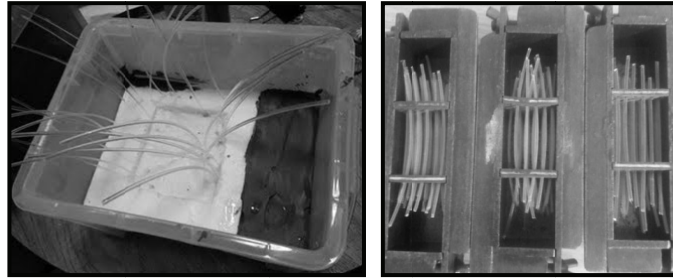
Omar vd. [3] saydam beton karışımı için en uygun malzeme oranları belirlemeye çalışmışlar ve konuyla ilgili patent almışlardır. Elde edilen saydam betonun basınç dayanımı 150-250, E-modülü ise 2750-3450 MPa arasında değişmektedir. Fastag [4], Meksika'da bir okulda duvarlarını saydam betonla yaparak, gündüz enerji tüketiminin azalacağını, ayrıca modern ve ekolojik bir bina elde edilebileceğini düşünmüştür. Losoncz [5] yoğunluğu 2100-2400 kg/m³ ve basınç dayanımı 50 MPa olan beton içine hacimce % 4 oranında kattığı, 2 mikrometre çapındaki optik liflerle ışığın bir taraftan diğerine geçmesini sağlamıştır. Juergen [6] cam optik lifler yerine yüksek kaliteli plastik optik lifler kullanmıştır. Basınç dayanımı 80 MPa'a çıkan 25-100 mm kalınlığında saydam betonlar üretmiştir. Plastik lifli betonların cam lifli betonlara göre gölgeleri daha homojen olarak yaydıkları gözlenmiştir. Yin [7] saydam betonun ışık geçiren elemanlar ile beton bileşiminden oluşan bir kompozit olduğunu belirtmiştir. Işık verici ünitenin ışık giriş ucu ve ışık çıkış ucu ve bu iki uç arasında yanal duvardan oluştuğunu kabul etmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Saydam betonun ışığı iletimi [7]

2. OPTİK FİBERLİ YARI SAYDAM BETON ÜRETİM ÇALIŞMALARI

Optik fiberlerin sert ortamlarda (beton içinde) yüksek esneme ve sünme özelliğine sahip olması ile saydam betonun yüksek dayanımlı beton sınıfına girmesini sağlar. Kullanılan optik fiberlerin kalınlığının ışığı düzgün yansıtmak için 2 μ ve 2 mm arasında olmalıdır [4]. Optik fiberler betona usulüyle yerleştirildiğinde beton ışık kaybına müsaade etmemekle beraber içindeki ışıkları da net bir şekilde göstermektedir. Optik fiberler kalıp içerisine düşey veya yatay bir şekilde yerleştirilebilir. Düşey olarak yerleştirme işleminde, üzerine liflerin dikilebileceği plastik kıvamlı kil veya oyun hamuru gibi malzeme kalıp tabanına ince bir katman şeklinde serilir ve fiberler tek tek bu malzeme üzerine dikilir (Şekil 3.a).



Şekil 3. Fiberlerin a) plastik hamura yerleştirilmesi, b) delikli levhalara yerleştirilmesi[8]

Daha sonra kalıp içerisine harç veya çimento hamuru dökülerek saydam beton oluşturulur [8]. Bu yöntem, fiberlerin tek tek yerleştirilmesi nedeniyle oldukça zahmetli ve zaman alıcıdır. Diğer bir yöntemde, önceden fiberlerin geçeceği deliklerin hazırlandığı levhalar kullanılır. Bu levhalar, istenilen kalıp genişliğinde boyutlandırılarak kalıba yerleştirilir ve yatay bir şekilde optik fiberler levhadaki deliklerden geçirilir (Şekil 3.b). Daha sonra levhalar arasına istenilen çimento harcı veya hamuru dökülerek saydam beton elde edilir. Bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R çimentosu veya diğer çimento türleri kullanılabilir. Kalıp içerisine akıcı kıvamda kuvars kumu içeren çimento harcı dökülebilir. Başlangıçtaki harcın kıvamı plastikleştiğinde kalıba yerleştirilmesi zorlaşacaktır [9].

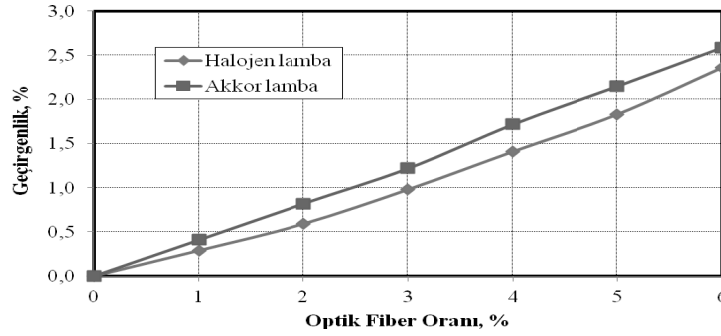
3. SAYDAM BETONLARIN KARAKTERİSTİK ÖZELİKLERİ

3.1. Işık geçirgenlik özellikleri

Saydam beton numunelerine ışık iletkenlik testi yapılmaktadır. Karanlık ortamda yapılan deneyde saydam betona kırmızı, sarı ve yeşil renkli ışıklar gönderilmiştir. Gönderilen ışıklar sonucu saydam betonun diğer yüzeyine geçen ışık aynı renklerde görülmüştür [10]. Işık kaynağından gönderilen ışık aynı zamanda beton içerisindeki fiberlerin dizilişlerini de gösterdiğinden saydam beton içerisinde bulunan optik fiberlerin kalıba yerleştirilmeleri sırasında farklı diziliş yöntemleri kullanılarak değişik desenler elde edilebilir [1]. Saydam beton arkasındaki ışık kaynağından çıkan ışınları ön yüzeye geçirme performansını ortaya koymak amacıyla pus, kırılma indeksi, çift kırılım, geçirgenlik oranı ve yayılma gibi özellikler ölçülmekte veya hesaplanmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanı ise geçirgenlik oranıdır. Işık kaynağı önüne konulan saydam betonun diğer yüzeyindeki ışık geçirme oranı aşağıdaki (1) nolu bağıntıyla doğrudan belirlenebilmektedir.

$$\%P = \xi J_0 / J_1 \times 100 \quad (1)$$

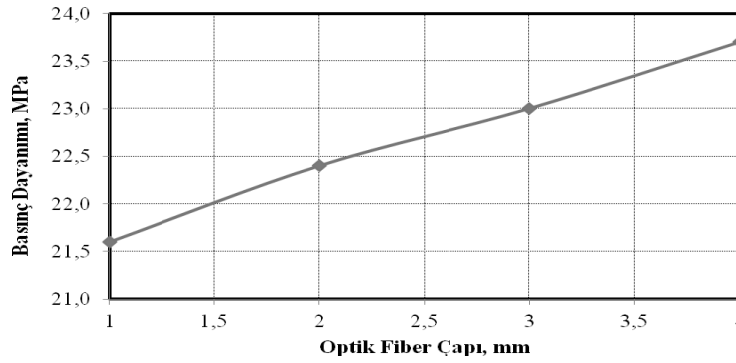
Denklemden, P ışık geçirme oranını; ξ , cihaz sabitini; J_0 , ışık kaynağından çıkan enerjiyi ve J_1 , saydam betonun diğer yüzeyinden alınan ışık enerjisini simgelemektedir. He vd. [2], saydam betonun ışık geçirgenlik değerini halojen ve akkor lamba ile farklı ışık dalga boylarında test etmişlerdir. Optik fiber kullanım oranına bağlı olarak halojen ve akkor lamba ışık kaynaklarına maruz bırakılmaları sonucunda diğer yüzeyden alınan ışık miktarına göre saydam betonun geçirgenlik değeri de Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Optik fiber oranına bağlı olarak saydam betonun ışık geçirgenlik değeri [2]

3.2. Basınç Dayanımı

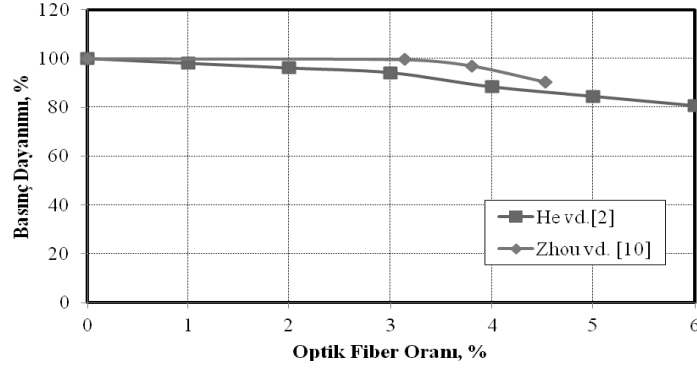
Geleneksel betonlardaki gibi saydam betonlarda da basınç dayanımı en önemli özelliklerin başında gelmektedir. Bir kenarı 50 mm'lik küp şeklindeki ahşap kalıplara dökülerek elde edilen saydam betonlarda 28 gün sonundaki basınç dayanımı deneyi Fuhr ve Huston [8] tarafından bulunmuştur.



Şekil 5. Optik fiber çapına bağlı basınç dayanımının değişimi [8]

Aynı hacim içerisinde fiber çapı artarak fiber sayısı azaldığından betonun fiberler arasında dökülmesi ve yerleşmesi daha iyi bir şekilde yapılmıştır. Sonuçta, daha az boşluklu saydam

betonlar küçük çaplı daha fazla fiberli betonlara göre daha yüksek dayanımlara ulaşmıştır (Şekil 5). Geleneksel betonla karşılaştırıldığında, saydam betonların normal beton sınıfında üretilebildikleri görülebilir. Bu özellikleri sayesinde ışık geçirebilme özelliklerine bağlı olarak enerji verimliliği sağlayacak beton duvar panellerin üretimine olanak sağlayacaktır.

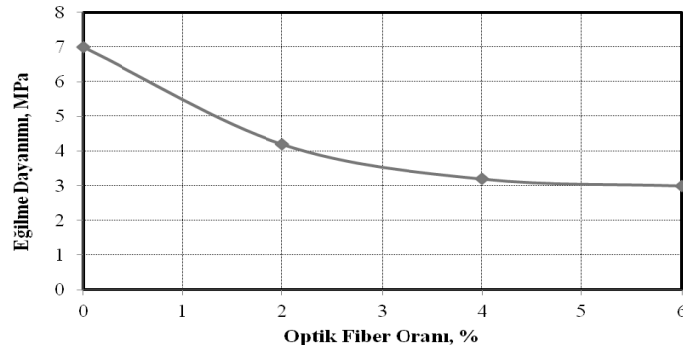


Şekil 6. Optik fiber içeriğine bağlı basınç dayanımının değişimi

Şekil 6’da iki farklı araştırmacı tarafından belirlenen saydam betonların basınç dayanımları rölatif olarak verilmiştir. Sabit fiber çapı için, fiber kullanım oranı arttığında, hacim içerisindeki fiber sayısının artması ve bu nedenle dökülen betonun hacim içerisinde hem daha az yer işgal etmesi hem de yerleştirme sorunları nedeniyle basınç dayanımları düşmektedir [11]. Örneğin % 6 fiber oranında basınç dayanımı % 20 azalmaktadır.

3.3. Eğilme Dayanımı

Optik fiber içeriğine bağlı olarak saydam betonların eğilme dayanımları da Bashbash vd [9] tarafından belirlenmiş ve Şekil 7’de sunulmuştur. Prizmatik 40x40x160 mm boyutlu numunelerdeki deneylerde fiber içeriğine bağlı olarak fiber oranı arttıkça 28 günlük eğilme dayanımının azaldığı görülmüştür.



Şekil 7. Optik fiber içeriğine bağlı olarak eğilme dayanımının değişimi [9]

Fiber içermeyen betonların eğilme dayanımları 7 MPa iken, fiber oranı % 4 ve üzerinde kullanıldığında betonlar % 57 oranında dayanım kaybederek yaklaşık 3 MPa değerine kadar azalmıştır. Boyuna uzanan fiberlerin eğilme dayanımını artırması yerine azaltmasının nedeni, artan fiber içeriğine bağlı olarak betonu yerleştirme güçlükleri ve böylece düz yüzeyli fiberle beton arasındaki aderansın azalmasıdır [12]. Optik fiber tipi ve karışım dizaynının farklı olması durumunda saydam betonun özellikleri de farklı değerler olacaktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu literatür araştırmasında, saydam beton tasarımı, bileşenleri, üretim yöntemi, ışık geçirme özellikleri ile eğilme ve basınç dayanımları incelenmiş ve elde edilen diğer bulgulara göre, beton içerisindeki fiber optik miktarının artmasının betonun dayanımının düşmesine neden olduğu görülmüştür. Fiber optiklerin yerleştirilirken dik olarak yerleştirilmesinin betonun saydamlığına olan etkisi çok yüksektir. Ayrıca, saydam beton harcının en fazla 2 mm ince agrega içermesi ve kıvamının akıcı olması da önerilmektedir. Fiber içeren saydam beton üretiminde küçük çaplı çok sayıda optik fiber yerine, aynı alanı sağlayan daha büyük çaplı ve daha az sayıda optik fiber seçilmesi ile daha dolu bir hacim oluşturulabilir. Günümüzde yaygınlaşan akıllı konut tasarımlarında saydam betonun son derece büyük önemi olacaktır. Elektrik, ısı ve enerji verimliliğinde yarattığı etki ile akıllı binaların daha popüler olması saydam betonun kullanımıyla mümkün hale gelecektir.

Kaynaklar

- [1] Kashiyani B.K., Raina V., Pitroda J., Shah B.K., A Study on Transparent Concrete: A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2(8), 2013, 83-87.
- [2] He, J., Zhou, Z., Ou, J., Study on Smart Transparent Concrete Product and Its Performances, The 6th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology, ANCRiSST2011, July 25-26, 2011, Dalian, China.
- [3] Omar, S., Cazares, G., Sosa, J., Formulation for Obtaining a Translucent Concrete Mixture, United States Patent Application Publication, US 2009/0298972 A1
- [4] Fastag, A., Design and Manufacture of Translucent Architectural Precast Panels, fib Symposium, PRAGUE 2011, 8-10 June 2011.
- [5] Losonczi, A., Translucent Building Block and A Method for Manufacturing The Same, US Patent Application Publication, US 8,091,303 B2, April 28, 2010.
- [6] Juergen, H., "A new system for translucent concrete-Application Potentials", Proceedings, 51, BetonTage, 2007.
- [7] Yin S., Light-transmissible Construction Material and Manufacturing Method for the Same, United States Patent Application Publication, April 5, 2007.
- [8] Fuhr, P.L., Huston, D.R., Polymer optical fiber sensing of concrete structures, SPIE, 1997, 3180:112 -116.

- [9] Bashbash B.F., Hajrus R.M., Wafi D.F., Alqedra M.A., Basics of Light Transmitting Concrete, Global Advanced Research Journal of Engineering, Technology and Innovation, 2013, 2(3), pp. 076-083.
- [10] Zhou, Z, Ou, G, Hang, Y., Chen, G., Ou, J., Research and Development of Plastic Optical Fiber Based Smart Transparent Concrete, Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks and Systems, 2009.
- [11] Momin A.A., Kadiranaikar R.B., Jagirdar V.S., Inamdar A.A., Study on Light Transmittance of Concrete Using Optical Fibers and Glass Rods, International Conference on Advances in Engineering & Technology - 2014, pp. 67-72.
- [12] Bhushan M.N.V.P., Johnson D., Pasha A.B., Prasanthi K., Optical Fibres in the Modeling of Translucent Concrete Blocks, International Journal of Engineering Research and Applications, 3(3), 2013, pp. 13-17.