

T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI



**İŞİK GEÇİREN BETONUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
DENEYSEL BİR ÇALIŞMA**

OĞUZ KAĞAN BİLİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAZİANTEP- 2023



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZ KABUL VE ONAY FORMU

Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Oğuz Kağan Bilici** tarafından hazırlanan “**Işık Geçiren Betonun Özellikleri Üzerine Deneysel Bir Çalışma**” başlıklı tez, **07/08/2023** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu **başarılı** bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<u>Görevi</u>	<u>Unvanı, Adı ve Soyadı</u>	<u>Kurumu/Üniversitesi</u>	<u>İmzası:</u>
Tez Danışmanı	Dr. Mehmet SAKİN	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	
Jüri Başkanı	Doç. Dr. T. Kemal ERDEM	Marmara Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Özge BOZGEYİK	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. M.Serhat YENİCE
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Oğuz Kağan BİLİCİ

Tarih: 07/08/2023

ÖNSÖZ

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde birçok kişinin katkısı olmuştur. İlk olarak, tez ikinci danışmanım Prof. Dr. Ömer ARIÖZ ve tez danışmanım Dr. Mehmet SAKİN'e bilgisi, rehberliği ve destekleri için teşekkür ederim. Ayrıca, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan ÇİMKO Adana Mersin Tesis Yöneticisi Hakan KÖPRÜLÜ beye teşekkür ederim.

Ayrıca benim bugünlere gelmemi sağlayan, kariyerim boyunca benden desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen canım annem Zuhâl BİLİCİ ve canım babam Dursun BİLİCİ'ye minnettarım. Kıymetli eşim Hande BAĞLARLI BİLİCİ'ye her zaman desteklerinden teşekkür ederim.

Tezimi yazma döneminde ülkece yaşadığımız Kahramanmaraş merkezli 6.02.2023 tarihinde deprem felaketi nedeniyle bugün aramızda olmayan ama sonsuza dek kalbimizde yaşayacak olan canım Teyzem Şehit Edebiyat Öğretmeni Elife Zerrin BİLİCİ ve canımın her zaman bir parçası olan canım Anneannem Şehit Sariye BİLİCİ'ye minnettarlığımı ifade etmek istiyorum. Ayrıca bugün hayatta olmayan sevdiklerimizi sevgi ve özlemle anıyorum. Tezimi Kahramanmaraş şehrimize adayarak tüm Kahramanmaraş halkına desteklerini esirgemeyen Türkiye'mize teşekkürlerimi sunuyorum.

Oğuz Kağan BİLİCİ
Gaziantep - 2023

**HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**IŞIK GEÇİREN BETONUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
DENEYSEL BİR ÇALIŞMA**

Oğuz Kağan BİLİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Dr. Mehmet SAKİN**

**İkinci Danışman
Prof. Dr. Ömer ARIÖZ**

ÖZET

Beton dünyada yapı sektöründe en yaygın kullanılan malzemedir. Beton agrega (çakıl), çimento ve suyun belirli oranlarda karıştırılmasıyla üretilen, ilk bir iki saat içerisinde şekil verilebilen, sonrasında katılaşmaya başlayarak dayanım kazanan kompozit yapı malzemesi olup, mimari olarak istenilen şekillerdeki yapı elemanlarının üretmesine olanak sağlar. Işık geçiren beton yapı elemanlarında kullanılan betondan farklı olarak ışık geçirme özelliği sayesinde farklı mimari objelerin üretiminde kullanılır. Işık geçiren beton, optik fiber, cam gibi malzemelerin kullanılmasıyla üretilebilmektedir. Bu deneysel çalışmada optik fiber kullanılarak, ışık geçiren betonlar üretilmiş, numune kalınlığının, numunenin ışık kaynağına uzaklığının ve optik fiber içeriğinin ışık geçirgenlik değerlerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla önce farklı oranda optik fiber içeren betonlar üretilmiş, sonrasında farklı kalınlıklarda kesilerek ışık geçirgenliği ölçümleri yapmak üzere hazır hale getirilmiştir. Işık geçirme değerlerinin ölçümlerinde 0-40.000 lüks ölçüm aralığında çalışan Extech HD450 lüksmetre kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre optik fiber içeren beton numunelerinin ışık geçirgenlik değeri optik fiber miktarının artmasıyla artmaktadır. Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığı arttığında ışık geçirgenliği azalmaktadır. Numune kalınlığı ışık geçirgenlik değerlerini etkilemektedir. Bu çalışmada 6 – 8 cm kalınlığa kadar numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerleri artmıştır, ancak 6 – 8 cm kalınlıktan sonra numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerleri azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Işık geçiren beton, Işık geçirgenlik değeri, Optik fiber

**HASAN KALYONCU UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
DEPARTMENT of ARCHITECTURE**

**AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE PROPERTIES OF
THE LIGHT TRANSMITTING CONCRETE**

Oguz Kagan BILICI

MASTER THESIS

Advisor

Asst. Prof. Dr. Mehmet SAKIN

Second Advisor

Prof. Dr. Omer ARIÖZ

ABSTRACT

Concrete is the most widely used material in the construction industry in the world. It is a composite building material produced by mixing concrete aggregate (gravel), cement and water in certain proportions, which can be shaped within the first one or two hours and then hardens and gains strength, allowing the production of building elements in architecturally desired shapes. Light-transmitting concrete is used in the production of architectural objects owing to its light-transmitting feature. It can be produced by using light transmitting materials such as optical fiber and glass. In this experimental study, light-transmitting concretes were produced by using optical fibers and the effects of thickness, distance from the sample to the light source and optical fiber content on the light transmittance values were investigated. For this purpose, concretes containing different ratios of fiber were produced first, and then they were cut in different thicknesses and made ready for light transmittance measurements. Extech HD450 luxmeter with 0-40.000 lux measurement range was used for the measurement of light transmitting values. According to the test results, light transmitting value increased when the optical fiber content increased. When the distance of the sample from the light source increased, the light transmitting values decreased. The sample thickness affected the light transmitting values which increased up to 6-8 cm thickness, then decreased.

Keywords: Light-transmitting concrete, Light transmitting coefficient, Optical fiber

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	4
2.1. Mimari Taşıyıcı Yapı Malzemeleri	4
2.1.1. Taş	4
2.1.2. Ahşap	5
2.1.3. Cam.....	5
2.1.4. Metal - Çelik.....	6
2.1.5. Kerpiç	6
2.1.6. Beton.....	7
2.2. Mimari Beton.....	10
2.2.1. Brüt Beton	11
2.2.2. Renkli Beton.....	12
2.3. Işık Geçiren Beton	14
2.3.1. Işık Geçiren Beton Uygulamaları	17
2.3.1. Işık Geçiren Betonun Avantajları ve Dezavantajları.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Işık Geçiren Beton Numunelerinin Üretimi	21
3.2. Beton Numunelerin Işık Geçirgenliği Ölçümü.....	26
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMALAR	28
4.1. Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi	28
4.2. Numunenin Işık Kaynağına Uzaklığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.....	34
4.3. Optik Fiber İçeriğinin Işık Geçirgenliğine Etkisi	37
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKÇA.....	42
EKLER	46
ÖZGEÇMİŞ	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1. Beton Karışım Tasarımı.	22
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan Orijinal Mitsubishi FiberESKA CK20 0.5 mm optik fiberlerin özellikleri (URL-2).	24
Çizelge 3.3. Oluşturulan numunelerin beton içerikleri ve optik yüzdeleri.	26
Çizelge 3.4. Extech HD450 Dijital Lüksmetre özellikleri.	27



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. LiTraCon Duvar Uygulaması	14
Şekil 2.2. Optik Fiber Çeşitleri ve Katmanları	16
Şekil 2.3. Işık geçiren duvar uygulaması.	17
Şekil 2.4. Işık geçiren beton ile üretilen merdiven, masa ve tablo örneği.	18
Şekil 2.5. Işık geçiren beton yol ve yaya geçiti örneği	18
Şekil 2.6. Işık geçiren beton ile dış cephe yapımı gerçekleştirilen Al Aziz Camii – Abu Dabi – Birleşik Arap Emirlikleri	19
Şekil 3.1. Kullanılan ahşap kalıp modeli teknik çizimi.....	21
Şekil 3.2. Ahşap kalıpların kalıp yağı ile yağlanması.....	22
Şekil 3.3. Beton karışımı yapılan mikser.	23
Şekil 3.4. Beton numunesi içerisine optik fiber yerleştirilmesi.	23
Şekil 3.5. Hava kürüne maruz bırakılan beton numuneleri.....	24
Şekil 3.6. Numunelerin kendi içlerinde sınıflandırılarak gruplandırılması.....	25
Şekil 3.7. Numune isimlendirme yöntemi.....	25
Şekil 3.8. Üretilen kutunun teknik çizimini ve deney düzeni.	27
Şekil 4.1. Işık kaynağına uzaklık 10 cm olduğunda numune kalınlığının ışık geçirgenliğine etkisi.	29
Şekil 4.2. 20 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.....	30
Şekil 4.3. 30 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.....	31
Şekil 4.4. 40 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.....	32
Şekil 4.5. 50 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.....	33
Şekil 4.6. Optik fiber oranı %2 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.....	34
Şekil 4.7. Optik fiber oranı %1 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.....	35
Şekil 4.8. Optik fiber oranı %0.2 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.....	36
Şekil 4.9. Işık kaynağına uzaklık 10 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.	37
Şekil 4.10. Işık kaynağına uzaklık 20 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.....	38
Şekil 4.11. Işık kaynağına uzaklık 30 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.....	38
Şekil 4.12. Işık kaynağına uzaklık 40 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.....	39
Şekil 4.13. Işık kaynağına uzaklık 50 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.....	40

1. GİRİŞ

Beton, ekonomik olması, kolay üretilebilmesi, istenilen şekli alabilmesi ve son yıllarda teknolojik olarak çeşitli katkı malzemelerinin de yardımıyla özellikleri iyileştirilebilmesi sebebiyle dünyada yapı sektöründe en yaygın kullanılan malzeme haline gelmiştir (Arıöz vd., 2013). Beton, çimento, agrega, su ve bazen katkı maddelerinin birleşimiyle oluşan bir kompozit malzemedir. Agrega olarak adlandırılan tanecikli malzemeler, sert bir bağlayıcı matris olan çimento hamurunda bulunur. Betonun aktif bileşeni olan çimento hamuru, suyla reaksiyona girerek bağlayıcı özellikleri olan ürünler oluşturur. Bu ürünler, agrega arasındaki boşlukları doldurarak büyük tanecikli malzemeleri birbirine bağlar (Arıöz, 2004).

İstenilen şekil ve büyüklükteki kalıplara plastik kıvamında dökülerek istenilen şekil ve büyüklükteki beton elemanlar elde edilebilir. Kürleşerek sertleşen beton, her türlü fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı oldukça dirençlidir (Erdoğan, 2003).

Beton, çeşitli tekniklerle ve formlarla kullanılabilen, renk, doku ve bileşenleri açısından farklılık gösteren, ucuz ve seri üretilebilen, aynı zamanda işlenebilen bir yapı malzemesidir. Beton malzemesi anıtsal kabul edilen birçok yapının taşıyıcı malzemesi olarak kullanılmıştır. Son yıllarda ışık geçiren beton gibi örnekler görülen değişim betonun sanatsal potansiyelini arttırmaktadır (TMMOB, 2006) (Akakın, Engin).

Işığın iç mekâna alınması, mimarlıkta algılamayı sağlamak için önemli bir gerekliliktir ve bu bağlamda saydamlık her zaman önemli bir özellik olarak kabul edilir. Saydamlık, kelime anlamıyla "içinden ışığın geçmesine ve arkasındaki nesnelere görülmesine engel olmayan, şeffaf" olarak tanımlanırken, mecazi anlamda açık, seçik, belirgin ve doğrudan olmayı ifade eder. Bu özellikler, iç mekânı dış dünyaya bağlayarak görsel bir süreklilik sağlar. Betonun kullanımıyla birlikte, iç ve dış mekân arasındaki sınırlar belli ölçüde azaltılmış ve görsel süreklilik sağlanmıştır. Bu yolla hem iç mekânı dışa taşıyarak hem de dış mekânı içe alarak, mekanlar arasında süreklilik ve geçirgenlik sağlayabiliriz (Şener,1996; TMMOB,2007).

Görsel algımız için en önemli duyu organlarımızdan biri olan gözlerimiz, çevreyi algılamamızda kritik bir role sahiptir. İç mekanların aydınlatma kalitesi, betonun artan kullanımıyla birlikte yeni bir boyut kazanmıştır. Geleneksel yapılar genellikle dışarıdan kapalı bir görünüm sergilerken, ışık geçiren beton gibi malzemeler sayesinde cephelerde ve iç dekorasyonda farklı saydamlık dereceleri elde edilebilmektedir. Işığın farklı açılarla yansımaları sayesinde, ışık geçiren beton farklı

yanılsamalar ve ışık oyunları yaratırken, ortama özgün renkler kazandırmaktadır. Böylece, betonun saydamlığı (ışık geçirgenliği) mekânın estetik duygusunu arttırmaktadır. Betonun renklendirilebilmesi ve birçok farklı renk kombinasyonunun oluşturulabilmesi, malzemenin popülerliğinin artmasına neden olabilir. Renkli ve ışığı geçiren beton, iç mekanlarda görsel bir estetik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Renkler, iç mekanların atmosferinde önemli bir etkiye sahiptir ve aydınlatma seviyeleri ve parlaklığın yanı sıra görsel konforun kalitesini de etkileyen faktörler arasındadır (Roth, 2002).

Doku, mimarlıkta çeşitlilik sağlamak için kullanılan birçok araçtan biridir. Dokusal ifadeler, kullanıcının algısında anlam kazandırılan işaretler olarak kabul edilir. Bu nedenle, iç mekân tasarımında dokunun titizlikle ele alınması önemlidir. Betonun estetik ve dekoratif olarak kullanımı, farklı dokuların sağladığı alternatif tasarım imkanları ile mümkündür. Tasarım aşamasında, beklenen yüzey ve dokuyu verebilecek kalıbın özenle hazırlanması ve nitelikli betonun özenle kullanılması gerekmektedir. Beton, yüzeyde herhangi bir kaplama elemanı kullanılmaması ve hataların giderilmesinin zor olması nedeniyle, kalıp ve beton niteliklerine büyük özen gösterilerek yerleştirilmelidir. Gözeneklerin önlenmesi için malzemenin çok iyi yerleştirilmesi gereklidir (Erdoğan, 2003; Roth, 2002).

Mimaride, betonun saydam, ışık geçiren, renkli ve dokusal özellikleri kullanılarak çok çeşitli estetik ve benzersiz yapı örnekleri oluşturulabilir. Betonun, mekânda ve yapıda farklı perspektifler ve renk kombinasyonları yaratarak ışık oyunlarına imkân vermesi, mimari ifadenin güçlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, çelik, ahşap ve cam gibi diğer malzemelerle uyum sağlayabilmesi sayesinde çok akıcı ve özgür mimari formların oluşmasına olanak sağlar. Bu nedenle, beton mimaride vazgeçilmez bir malzeme olarak kalacaktır (TMMOB,2007).

Beton, geçmişte sık sık ağır, soğuk ve sıkıcı bir malzeme olarak algılanırdı, ancak son yıllarda yapılan araştırmalar ve yeniliklerle betonun teknik ve estetik açıdan ilerlemeler kaydettiği görülmektedir. Artık daha dayanıklı, daha açık renkli ve hatta şeffaf betonlar bile üretilebilmektedir. Bu yenilikler sayesinde beton, her türlü mimari tasarıma uyum sağlayacak kadar çok yönlü hale gelmiştir. Özellikle, 2001 yılında Macar mimar Aron Losonczy tarafından ortaya atılan şeffaf beton kavramı, cam elyafı ile karıştırılarak 2003 yılında ilk başarılı şeffaf beton bloğun üretilmesi ile de önemli bir adım atılmıştır (Pitroda, 2013).

Bu deneysel çalışmada, ışık geçiren betonların etimi ve kullanımı üzerine çalışma yoğunlaşılmıştır. Bu kapsamda, üretilen betonların optik fiber yoğunluğu, beton kalınlığı ve ışık kaynağına olan uzaklığının ışığın geçirgenliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel alışmalar, uygun araç ve gereçlerle laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Betonun estetik açıdan da kullanımının artmasıyla, ışık geçiren betonların mimarlıkta farklı ve yenilikçi tasarım örnekleri oluşturabileceği düşünülmektedir.



2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, mimari yapı malzemeleri, mimari beton ve ışık geçiren beton ile özelliklerinden bahsedilmiştir.

2.1. Mimari Taşıyıcı Yapı Malzemeleri

Malzemelerin üretimi, günümüzde Endüstri Devrimi öncesindeki gibi mevcut malzemeye bağlı değildir. Bunun yerine, ekonomik koşullar ve teknolojik gelişmeler, malzeme üretimindeki önemli faktörlerdir. Teknolojideki ilerlemeler ve malzeme çeşitliliği, doğrudan tasarım etkinliği, tasarım ürünlerini ve mimarlığın geleneksel değer sistemini etkileyen malzeme üretim süreçlerini değiştirmektedir (Yıldız ve Seçkin, 2019).

2.1.1. Taş

Doğal taşlar, güçlü simgesel anlamları ve kalıcılıklarıyla otoriteyi ifade etmektedir. Yüksek yoğunlukları, dayanıklılıkları, sert yüzeyleri ve ısı geçişkenlikleri ile doğal taşlar birçok atmosferik aşındırma, donma ve kimyasal dönüşüm gibi doğal etkenlere karşı oldukça dirençlidir. Doğal taşlar günümüzde, modern mimaride taşıyıcı işlevlerini yitirmiş ve ince kaplama malzemesi olarak döşeme veya cephe kaplamalarında kullanılmaktadır. Doğal taşların birçok bölgede yerel olarak bulunması mümkündür, ancak küreselleşmenin getirdiği gelişmiş taşımacılık imkanlarının artmasıyla yerel taş işçiliği gibi mimari gelenekler unutulma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Böylece, işlevsel, estetik ve mali önceliklerin ön plana çıkmasıyla birlikte yerel taşların kullanımı da azalmıştır (Hegger vd., 2007).

Doğal taşlar, inşaat sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar arasında konstrüksiyon malzemesi olarak temel ve duvar örgülerinde, kaplama malzemesi olarak duvar, çatı, döşeme ve yol gibi alanlarda, dolgu ve izolasyon malzemesi olarak ise ısı ve yangın yalıtımı için tercih edilmektedir. Taşıyıcı amaçlı kullanılan doğal taş malzeme, homojen ve gözeneksiz bir yapıya sahip olmalıdır. Atmosfer etkilerine dayanıklı olması, yüksek basınç mukavemeti ve diğer fiziksel özelliklere sahip olması gereklidir. Kaplama amaçlı kullanılan doğal taş malzemelerinin, atmosferik etkilere ve dona dayanıklı olması, yüksek eğilme mukavemetine sahip olması ve estetik değerler

taşıması gerekmektedir. Dolgu ve izolasyon amaçlı kullanılan doğal taş malzemelerin ise gözenekli olmaları bir avantajdır. Bu malzemeler genellikle hafif olurlar ve ısı ve yangın yalıtımı gibi amaçlar için tercih edilmektedir (Eriç, 2014).

2.1.2. Ahşap

Ahşap, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Kolay şekil alabilen, boyutlandırılabilen ve işlenebilen bir malzemedir. Ahşap malzemenin kokusu ve rengi ağacın türüne bağlı olarak değişmektedir. Yapıda doğal bir estetik sağlamaktadır. Ahşap malzeme, yüksek mukavemeti ve düşük ağırlığı sayesinde birçok farklı yapı elemanı için kullanılmaktadır. Ahşap, hücreli ve lifli bir yapıya sahip olduğundan ağırlığı az, mukavemeti yüksektir. Ahşabın ısı iletkenliği düşük, yalıtım özellikleri yüksek ve ısı depolama kapasitesi yüksektir (Hegger vd., 2007).

Ahşap malzemeler, yapıların taşıyıcı, kaplama, doğrama, pano yalıtımı, kalıp elemanları ve mobilya elemanları gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Yapıda açıklık geçişleri için kullanılan kirişler, taşıyıcı ahşap elemanları olarak sınıflandırılmaktadır. Örneğin, karkas sistemde dikmeler, döşemeler, payandalar gibi elemanlar da kullanılırken, çatıda mertekler, mahyalar vb. yapı elemanları olarak kullanılmaktadır. Doğramalar ise pencere ve kapı kurulumlarında kullanılır. Talaş ve lif levhalar gibi suni ahşap malzemeler, yapıların ısı yalıtımı için kullanılır (Eriç, 2014).

2.1.3. Cam

Cam, saydam bir yapı malzemesi olup binaların fiziksel yapısını görsel olarak ortaya koyar. Bu nedenle mimarlıkta önemli bir yer tutar. Doğal ışığı içeriye geçişini sağlayarak insanlar için temel bir gereksinim olan aydınlatmayı sağlarken, mekân organizasyonunda da büyük bir rol oynar. Camlar, yüksek sıcaklıklarda bile yüksek viskoziteye sahip sıvılar olup, normal sıcaklıkta katılaştıran inorganik bir silikat sistemidir. Camın ana bileşeni, saydamlık özelliğini sağlayan silisyum dioksittir. (SiO_2) (Hegger vd., 2007; Eriç, 2014).

Cam hem saydam olması hem de istenilen boyutlarda üretilebilmesi, büyük cephe boşluklarının kaplanması ve strüktür malzemesi olarak kullanılmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır. Camın teknolojik olarak eğilme dayanımının artırılması, daha karmaşık tasarımların gerçekleştirilmesini sağlar. Cam yüzeyinde

oluşturulabilecek dokular ve renk seçenekleriyle mimari yapıların farklı estetik tarzlarda tasarlanmasını sağlar. Gündüz ve gece doğasına göre farklı ışık ve renk karışımları ile farklı görüntüler yaratabilir. Bu nedenle, cam mimari tasarımda yeni tarzların gelişmesine de katkı sağlamıştır. (TMMOB,2007).

Işık geçirgenliği istenen iç mekanlarda duvar ve döşemelerde cam malzemeler kullanılmaktadır. Binalarda ısı yalıtımı sağlamak için duvarlarda ahşap çatı sistemi içine yerleştirilen cam yünü veya benzeri yalıtım malzemeleri, döşemelerde ise düzgün bir yüzey üzerine serilerek uygulanır. Kaplama malzemeleri olarak cam mozaik, cam levhalar ve koruyucu tabakalar gibi farklı çeşitleri kullanılmaktadır (Eriç, 2014).

2.1.4. Metal - Çelik

Kimyasal elementler içerisinde en geniş grubu oluşturan malzemeler metallerdir. Genellikle, ağır metaller ve hafif metaller olarak iki gruba ayrılırlar. Ağır metallerin brüt yoğunluğu $4,500 \text{ kg/m}^3$ 'ten fazladır ve bu grupta kurşun, bakır, çinko ve demir yer alır. Hafif metallerin brüt yoğunluğu ise düşüktür ve bu grupta alüminyum ve magnezyum gibi metaller yer alır. Bina yapımında en sık kullanılan metal ise demirdir. Metallerin temel özellikleri yüksek yoğunluk, yüksek basınç ve çekme dayanımı, yüksek erime noktası, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, parlaklık ve elastiklidir. Bu özellikler, metallerin kristal yapısından kaynaklanmaktadır. Sadece demirin bilinen 2000'den fazla çeşit alaşımı vardır. Paslanmaz çelik, hava koşullarına dayanımı ve yüzeyindeki kalıcı parlaklıkla karakterize olan bir alaşımdır. Metallerin yüksek basınç ve çekme dayanımı özellikleri, yapı malzemesi olarak kullanılmasını sağlar. Dökme demir kalıplara dökülerek biçimlendirilir ve yüksek basınç dayanımı gösterir. Çelik ise daha esnek ve kolay işlenebilir olduğundan hem taşıyıcı sistemlerde hem de tasarım amaçlı olarak kullanılabilir. Bunların yanı sıra, metaller ince levha, tel ve çubuk gibi şekillerde kullanılmaktadır (Hegger vd., 2007).

2.1.5. Kerpiç

Kerpiç, dünya genelinde en yaygın kullanılan toprak yapı malzemelerinden biridir. Bu malzeme, uygun toprağın saman veya benzeri organik malzemelerle karıştırılması ve şekillendirilmesi sonucu elde edilir. Kerpiç yapıların birçok avantajı vardır; örneğin, yangına ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır, doğada kolayca geri

dönüştürülebilir ve çevre dostudur. Kerpiç yapılar yüksek ses yalıtımı sağlar. Ancak, kerpiç yapıların bazı dezavantajları da vardır; örneğin, yapısal dayanımı düşüktür ve nemli koşullarda bozulmaya eğilimlidir. Modern bina standartlarına uyumlu değildir (Bozyel 2021).

2.1.6. Beton

Beton, günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemelerindedir. Sıvı formda kullanılan beton, sağlamlığı sayesinde yapay bir taş olarak kabul edilir. Betonun şekli, kalıba dökülerek belirlenir (Hegger vd., 2007). "Beton", çimento, agrega ve suyun uygun oranlarda homojen şekilde karıştırılması ile oluşan bir yapı malzemesidir. İhtiyaç duyulduğunda kimyasal veya mineral katkı maddeleri de beton karışımına ilave edilir. (Ünal ve Yurtçu, 2007).

Çimento ile su bir araya geldiği anda hidrasyon süreci başlar ve bu süreç devam ettikçe, çimento hamuru ve beton giderek katılaşır. Zamanla, beton şekillendirilemeyecek kadar sertleşir (Erdoğan, 2003).

Çimento beton için bağlayıcı işlevini görür, suyla birleştiğinde hidrat halini alır. Çimento dozajını düşük seviyede tutmak için agrega kullanılır. Agreganın özellikleri betonun yoğunluğunu, mukavemetini, ısı iletkenliğini ve ısı tutma kapasitesini belirler. En çok kullanılan agrega türü çakıldır. İrili ufaklı çakıl tanelerinin oranı, beton içinde fazla boşluk olmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Çakılların üzerine dökülen çimentoyla aderans sağlanır. Küçük çakıllar betonun daha kolay dökülmesini sağlar (Hegger vd., 2007).

Betonun özellikleri, kullanılan agreganın cinsine göre değişebilir. Normal betonun ısı iletkenliği ve ısı tutma kapasitesi yüksektir. Ancak ısı iletkenliği, agregalarla ayarlanabilir. Örneğin, genişmiş kil, özellikle keramzit veya talaş kullanıldığında betonun ısı iletkenliği önemli ölçüde azaltılabilir. Ayrıca beton karışımı içinde oluşan hava kabarcıkları, ısı iletkenliğini düşürerek yalıtım işlevi görebilir. Köpürtücü maddelerin eklenmesiyle beton kabartılır ve bu şekilde yapılan betona "hafif beton" veya "gazbeton" adı verilir. (Hegger vd., 2007).

Bağlayıcı malzemelerin genel adı olan çimento, çeşitli çimento türlerini içermektedir. Ancak en yaygın ve bilinen çimento türü Portland çimentosudur (Ariöz, 2004). Portland çimentosu, kalker ve kil karışımı hammaddelerin pişirilmesiyle oluşan ve klinker adı verilen malzemenin küçük miktarlarda alçıtaşı ile birleştirilmesi sonucu üretilen bir üründür. Su ile karıştırıldığında hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanır ve

genellikle gri renktedir. Gri renk, hammaddelerde bulunan demir oksitinin çok az miktarda olması nedeniyle oluşur. Beyaz çimento ise gri çimentolardan farklı olarak, beyazlığıyla öne çıkar. Beyaz çimento hammaddeleri, demir oksit gibi metal oksitleri çok az miktarda içerir. Bu nedenle beyaz çimento çok saf ve beyazdır. İleri teknolojiyle üretilmesi de beyazlığı arttıran faktörlerden biridir. Saf madde kullanımı ve ince öğütülmesi, beyaz çimentonun diğer kimyasal, mineralojik ve mekanik özelliklerini de iyileştirir. Yüksek kalsiyum silikat içeriği ve ince yapı, erken ve nihai dayanımların yüksek olmasını sağlar. Beyaz çimentolar genellikle düşük alkali içeriğine sahiptir (Arıöz, 2004; Kırca ve Şahin 2004).

TS-EN 197-1:2012 standardına göre, çimento, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve işlemleri ile priz alan ve sertleşen bir hamur (pasta) oluşturan, sertleşme sonrasında suyun altında dahi dayanımını ve kararlılığını koruyan ince öğütülmüş inorganik hidrolik bağlayıcıdır. Bu standarda göre, en uygun çimento türü CEM çimentosudur. CEM çimentosu, agrega ve su ile uygun şekilde harmanlanıp karıştırıldığında yeterli süre işlenebilirliğini muhafaza eder ve belirli periyotlarda belirli dayanım seviyelerini kazanır. Ayrıca, uzun süre hacim sabitliği gösteren ve beton veya harç üretimi için kullanılabilen bir çimentodur (TS EN 197-1, 2012).

Agrega malzemeleri, su ve çimento ile birlikte beton üretiminde kullanılan ve betonun mutlak hacminin yaklaşık %60-75'ini ve kütlelerinin %79-85'ini oluşturan temel malzemelerdir. Kum, çakıl, kırma taş gibi taneli malzemeler, beton yapımında çimento ve su ile kullanılarak betonun oluşmasında önemli bir rol oynayan agregaları oluştururlar (Mamlouk ve Zaniewski). Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agregaların kalitesi, beton performansını büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle, agregaların kaliteli olması gereklidir ve içerisinde kil ve organik madde barındırmamalıdır (Erdoğan, 2003).

Çeşitli tane boyutlarıyla elde edilen kırılmış malzemelerdir ve boyutlarına göre ince veya kalın agrega olarak sınıflandırılır. Agregalar, kaynaklarına göre doğal veya kırılmış agregalar olarak da sınıflandırılır. Beton inşaatında kullanılan agregaların sınıflandırılması, özellikle tane büyüklüğü, su emme kapasitesi, özgül ağırlık ve birim ağırlık gibi özellikleri, karışım oranının belirlenmesi için gerekli parametrelerdir. Betonun daha büyük hacim fraksiyonuna sahip olmasından dolayı, agrega özellikleri ve diğer malzemeler arasındaki etkileşim, betonun dayanıklılığı, dayanımı ve mekanik davranışını doğrudan etkiler. Bu nedenle, betonun istenen performans özelliklerini elde

etmek için, tasarım öncesi kullanılacak agrega malzemelerinin doğru seçimi önemli bir rol oynamaktadır (Özelmacı, 2018).

Betonun oluşumunda kullanılan temel malzemeler arasında çimento ve agreganın yanı sıra su da yer almaktadır. Beton üretiminde kullanılacak suyun kalitesi ve miktarı, betonun özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Su içerisindeki yabancı maddelerin varlığı, renkli ve beyaz beton yüzeyinde istenmeyen lekelerin oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle, beton üretiminde kullanılacak suyun kalitesi de oldukça önemlidir (Erdoğan, 2003).

Beton malzemelerinin kolayca karıştırılması ve yerleştirilmesi için, su betonun yüzeyindeki çimento ve agrega tanelerinin ıslanmasını sağlar ve böylece betonun işlenebilirliğini artırır. Su ayrıca, çimento ile tepkimeye girerek hidrasyon sağlar. Betonun işlenebilirliği ve çimento hidrasyonu için su, miktarı ve kalitesi açısından oldukça hassas ve önemli bir hammadde olarak kabul edilir. Bu nedenle, suyun miktarı ve kalitesi taze ve sertleşmiş betonun tüm özelliklerini etkileyebilir. Betonun dayanıklılığı, su/çimento oranıyla doğrudan ilişkili olduğundan, suyun miktarı betonun dayanıklılığı üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir (Özelmacı, 2018).

Katkı maddeleri, betonlara çok düşük miktarlarda eklenen organik ve inorganik maddelerdir ve su, agrega ve çimento ile birlikte betonu oluştururlar. Katkı maddeleri, karışım aşamasından önce veya karıştırma sırasında karışıma eklenirler. Genel olarak, katkı maddeleri mineral katkıları ve kimyasal katkıları olmak üzere iki gruba ayrılır. Katkı maddelerinin sınıflandırılması, kimyasal ve fonksiyonel fiziksel özelliklerine göre yapılır (Hewlett). Taze ve sertleşmiş beton ve çimento özelliklerini iyileştirmek için, katkı maddeleri, çimento kütlelerinin yerine konarak betonda kullanılır. Katkı maddeleri genellikle inşaat maliyetini azaltmak, karıştırma, taşıma, yerleştirme ve iyileştirme aşamalarında beton kalitesini sağlamak ve beton özelliklerini daha etkili bir şekilde elde etmek için eklenirler (Kosmatka vd.).

Betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini artırmak ve aynı zamanda daha ekonomik hale getirmek amacıyla, çeşitli malzemeler beton karışımına ilave edilebilir. Bu malzemelerin kullanımı, betonun performans özelliklerini artırabilir (Erdoğan, 2003).

Farklı pigmentler kullanılarak doğadaki canlılığın her rengine beton üretilebilir. Ancak renkli beton üretiminde kullanılacak pigmentlerin inorganik kökenli olmasına özen gösterilmelidir. Pigmentler, çimento ile kuru bir şekilde homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra beton üretiminde kullanılabilirler (Erdoğan, 2003).

2.2. Mimari Beton

Tasarım sürecinde, mühendislik ürünleri olan gereç, parça ve bileşenlerin yanı sıra kullanılan malzemelerin sanat kavramlarına ve estetik değerlere uygun şekilde seçilmesi büyük önem taşır. Etkileyici mekanların tasarlanmasında, yaratıcılık yanı sıra malzemelerin özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır; örneğin bir malzemenin diğer malzemelerle olan uyumu veya malzemenin özellikleri, tasarımın başarısında etkili olabilir. En uygun tasarımı elde etmek için sadece form değil, elemanların renk, doku ve desen gibi özelliklerinden de yararlanılmalıdır. Malzemenin olanaklarının bilinmesi, yaratıcı ürünlerin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır (Arioğlu vd. 2004).

Beton, günümüzde önemli bir yapı malzemesi olarak kabul edilir. Çünkü farklı alanlarda kullanılacak özelliklere sahiptir ve çeşitli ihtiyaçları karşılayacak şekilde uygulanabilir. Beton, yapı sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte, mimari tasarımda da kullanımı giderek artmaktadır. Beton, dayanıklılığı, yüksek mukavemeti ve düşük maliyeti nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca, betonun farklı renklerde ve dokularla üretilmesi mümkündür, bu nedenle tasarım açısından da esnek bir malzemedir (Engin ve Vural, 2004).

Beton, malzemenin hem konstrüktif hem de bitirme malzemesi olarak kullanılabilmesi; esnek bir yapıya sahip olması, şekil verilebilmesi ve şeklini uzun süre koruyabilmesi gibi özelliklerine dayanmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, mimari form yaratmada uzun zamandır kullanılan bir malzeme olarak bilinmektedir. Geçmişte, mimarlar tarafından gri renkli ve soğuk bir taşıyıcı sistem malzemesi olarak algılanan beton, şimdilerde çeşitli kullanım alanları ve estetik değeri yüksek iç ve dış mekanlarla birlikte farklı renk ve dokularla kullanılarak etkiyi kırmıştır. Beton, hızla artan kullanım çeşitliliği ve kullanım yerleri ile yenilikçi tasarımlara olanak sağlamaktadır (Arioğlu vd. 2004).

Beton, mimarlık ve inşaat mühendisliği uygulamalarında binaların, duvarların, kaplamaların, dekoratif yüzeylerin oluşturulmasında ve prefabrike elemanların üretiminde kullanılmaktadır. Bu malzemenin şekil ve biçim çeşitliliği, mimari tasarımda önemli bir yere sahiptir (PCI, 2007; Arioğlu vd. 2004). Beton, farklı kalıp türleri kullanarak istenilen estetik etkiyi verebilme özelliğiyle beraber her türlü iklim koşuluna

uyum sağlama kolaylığıyla birlikte mimari biçimlendirme açısından önemli bir niteliğe sahiptir (Arioğlu vd. 2004).

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve uygulamalar, mimari betonda renk, doku ve ışık gibi özelliklerin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede, mimari beton yüzeyler, yapısal alanlarda ve nesnelere kullanılmaktadır (Gerwick, 1993). Mimari betonda, yüzeyin dokusu farklı derinlik algılamalarına neden olabilir ve yüzeyin rengi, tasarım kavramlarını göstererek psikolojik etki, işlevsellik ve kimlik yaratmada önemli bir rol oynar. Ayrıca, renklerin kullanımı, mekânda yer alan öğelerin birbirinden ayrılmasını sağlar. (Arioğlu vd. 2004).

Sertleşmiş beton, belirli özelliklere sahip olmalıdır. Öncelikle, belirlenen minimum dayanım değerlerinden daha düşük bir dayanım göstermemelidir. Ayrıca, betonun içine temas eden su ve diğer sıvılar gibi çevresel etkenlerden etkilenmemesi için yeterince geçirimsiz olmalıdır. Beton, donma-çözülme, ıslanma-kuruma, ısınma-soğuma, aşınma, asitler, sülfatlar ve kimyasal reaksiyonlar gibi yıpratıcı çevresel etkenlere karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca, çatlamalara yol açacak ölçüde büzülme veya genişleme göstermeyecek şekilde yeterli hacim sabitliğine sahip olmalıdır. Bunların yanı sıra, mimari betonun estetik özelliklere de sahip olması ve güzel bir görünüme sahip olması beklenir. Bu özellikler, beton tasarımı, kullanılan malzemeler ve taze beton özellikleri ile ilgilidir.

Mimari betonun istenen performans özelliklerini göstermesi için, geleneksel beton üretiminden farklı olarak, beton tasarımı, taze betonun hazırlanması, taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve düzeltilmesi aşamalarında daha dikkatli olunmalıdır. Ayrıca, kalıp ve döküm şartlarına da özen gösterilmelidir. Mimari beton üretimi, geleneksel beton üretimine benzer aşamalardan oluşur: karışım hazırlama, taze betonun taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması, yüzeyin düzeltilmesi ve kür işlemleri. Mimari betonlar genellikle ön üretim (prefabrik) şeklinde üretilir ve fabrikalarda veya atölyelerde hazırlanır (Kırca ve Şahin 2004).

2.2.1. Brüt beton

Betonda bulunan doğal malzemelerin içindeki estetik güzelliğin mimari betonda en sık ifade edildiği özellik yüzey kalitesidir. Brüt beton ise bu yüzey kalitesini korumak için üst yüzeyi görülecek şekilde doğal görünümü ile bırakılan veya çeşitli dokusal etkilerin arandığı, yüksek kaliteli ve özenle hazırlanmış kalıp sistemleriyle üretilen beton yüzeylerdir (Eriç, 2014).

Mimari beton olarak da adlandırılan “Brüt Beton”, kalıplama ve döküm işlemlerinde özen gösterilerek herhangi bir sıva veya boya işlemine ihtiyaç duyulmadan kullanılan betondur. Yapı malzemelerinin doğrudan uygulanması tekniğiyle üretilen mimari beton, estetik kaygıların yanı sıra dayanıklılık ve işlenebilme gibi özellikleri de sağlamaktadır. Brüt beton üretimi, önceden dökülmüş veya yerinde üretilmiş olsun, sadece üretimde yüksek kalite kontrolü gerektirmez; aynı zamanda malzemenin doğru özelliklerinin ve detaylarının dikkatli bir şekilde belirlenmesini de gerektirir. Bu, uygun bir yüzey kalitesinin ve uygun şekilde hava koşullarına dayanıklılığın sağlanması için gereklidir (Lyons, 2008).

Brüt beton malzeme, uygulamada taşıyıcı sistemin bir yüzeyi şeklinde düşünülebilir veya bir kaplama elemanı olarak kullanılabilir. Binaların iç ve dış yüzeylerinde, bina ile dış çevre arasındaki sınırlayıcı duvar elemanlarında, istinat duvarlarında, vb. gibi pek çok yerde uygulanabilir. Brüt beton malzeme doğal rengi olan grinin yanı sıra, çeşitli yöntemler ile istenilen renkte elde edilebilir (Sözen ve Tanyeli, 1992; İzgi, 1999).

Brüt beton uygulamalarında, yüzeyin düz veya dekoratif olması tasarım aşamasında önceden belirlenir. Kaliteli bir beton yüzeyi elde etmek için, kalıp hazırlığına büyük özen gösterilir ve her açıdan nitelikli beton kullanılır. Brüt betonda yüzey kaplaması kullanılmadığı için, hataların giderilmesi zor, hatta bazen imkansızdır. Bu nedenle, kalıp yapımı ve beton nitelikleri önemlidir ve malzemenin doğru bir şekilde yerleştirilerek boşlukların önlenmesi gerekir. Brüt beton uygulamalarında kalıp yapımına büyük önem verilir (Ersoy,2001).

2.2.2. Renkli beton

Mimari beton, bir yapıda dış kabukta kaplama kullanılmadan beton veya betonarme elemanın yüzeyinde görünen bir kaplama tabakası oluşturulmasıdır. Bu tür betona "Brüt Beton" veya "Görünen Beton" denir ve bazen iç mekanlarda da kullanılır. Mimari beton, pigmentlerin eklenmesiyle renklendirilebilir ve pigmentler harç veya beton üretiminde farklı oranlarda kullanılarak farklı renklerde ürünler elde edilebilir. Renkli beton, hem işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık gibi özellikleri hem de estetik kaygıları karşılamalıdır (Karagüler vd., 2004).

Beton yüzeylerinin rengi, çoğunlukla kullanılan çimentonun rengi ve eklenecek pigmentlerin rengine bağlıdır. Ayrıca karışımda bulunan ince agregalar da etkili olabilir. Bu nedenle, farklı bağlayıcı, pigmentler ve ince agregaların kombinasyonlarıyla renkli

beton elde etmek mümkündür. Bileşenlerin yanı sıra, su/çimento oranı, sertleştirme işlemi, sıcaklık ve uygulanan kalıp gibi diğer faktörler de betonun rengini önemli ölçüde etkileyebilir (Miranda vd., 2019).

Pigment veya pigmentli beton katkısı kullanımı, renklendirme sistemleri içinde en yaygın yöntemlerden biridir. Farklı oranlarda kullanılarak harç veya beton üretiminde pigmentlerin kullanımı, mimari malzemelerin farklı renklerde olmasını sağlar. Renkli beton üretiminde, normal betonlarda beklenen işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin yanı sıra estetik kaygılar da önemlidir (Karagüler vd., 2004).

Renkli beton uygulamaları ülkemizde genellikle yol kaplama elemanları ve baskı beton uygulamaları gibi alanlarda görülmektedir. Bu uygulamalar, estetik kaygıların yanı sıra normal betondan beklenen işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık özelliklerini de sağlamaktadır.

Baskı beton tekniği, taze beton yüzeyinin renklendirilmesi ve çeşitli geometrik şekillerle desen verilmesi işlemlerinin bir arada kullanılmasıdır. Beton yüzeyine şekil vermek amacıyla yerleştirilen kalıplar tokmaklanarak kalıptaki desen taze beton üzerinde elde edilir. Doğal taş, tuğla veya kaplama karosu görünümlü yüzeyler kolaylıkla elde edilebilir. Önce beton masterlayarak düzeltilir ve yüzeyindeki terleme suyu buharlaştıktan sonra renklendirici malzeme yüzeye serilir. Bu toz halindeki malzeme, normal şekilde bitirilmiş beton yüzeyine göre daha yoğun bir yapı oluşturarak renkli yüzey sertleştirici olarak bilinir. Renk farklılıklarının önüne geçmek için, renklendirici malzeme yüzeye homojen bir şekilde uygulanmalıdır. Renklendirici uygulandıktan sonra yüzey düzeltilir ve malalar kullanılarak malzeme beton yüzeyine kaynaştırılır. Ancak, aşırı mala uygulaması yüzeyde renk farklılıklarına neden olabileceğinden kaçınılmalıdır. Kalıp uygulaması yapılacaksa, beton yüzeye yapışmaması ve kolayca kaldırılabilmesi için renklendirme işleminden sonra toz veya sıvı kalıp ayırıcı malzeme yüzeye uygulanır. Bu malzeme, pigmentler ve kumdan oluşur ve renklendirici malzemeyle karışmaması gerektiğinden betona kaynaşmaz. Bir sonraki adım, baskı kalıplarının beton yüzeyine yerleştirilerek, kalıptaki desenlerin beton yüzeyinde oluşturulmasıdır. Bu işlem, betonun çok fazla sertleşmeden tamamlanması gerekmektedir. Aşınmaya dayanıklı baskı betonları elde etmek için istenilen renk ve desen uygulanabilir. Ancak, renkli yüzey sertleştirici tabakanın uygulanması ve alt tabaka ile iyi bir şekilde kaynaştırılması için özen gösterilmesi gerekmektedir (Taşdemir vd.).

2.3. Işık Geçiren Beton

Beton, dayanıklılığı, mukavemeti ve ekonomik olması nedeniyle inşaat sektöründe en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Beton uygulamalarının ilerlemesi, özellikle kentsel alanlarda yüksek binalar, tüneller, köprüler ve yollar gibi birçok yapıda betonun kullanılmasını popüler hale getirmiştir (Han vd., 2017).

Işık geçiren beton, optik fiber kullanarak üretilen ve ışığı ileten bir malzemedir. Işık geçiren beton geleneksel betondan farklı olarak, ek olarak optik fiberlerin yerleştirilmesiyle ışık geçiren beton üretilir. İlk ışık geçiren beton 1935 yılında bahsedilmiştir ve 2001'de Macar mimar Aron Losonczi tarafından geliştirilmiştir. Light Transmitting Concrete'in (LTC) öncüsü olan Losonczi, ilk şeffaf beton bloğunu geliştirmiş ve ona "LiTraCon" adını vermiştir. Aron Losonczi yaptığı çalışmalarda, opak ve mat beton üzerinden ışığın geçmesini sağlamayı ve aydınlatma için gereken enerji miktarını en aza indirmeyi amaçlamıştır. Işık geçiren beton, iç mekanlara gün ışığının girmesine izin vermek için yük taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan duvar bölmeleri olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. LiTraCon prefabrike blok uygulaması örneği Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Işık geçiren beton, ışığı yönlendirerek çevre dostu binaların inşasında kullanılabilir. Bu beton, çimento, ince kum ve binlerce optik fiberden oluşur.

Optik fiberler, betonun içinden geçen ışığı iletmek için kullanılır. Araştırmalar, LTC'nin ışık enerjisi kullanımını %50'ye kadar azaltabildiğini doğrulamıştır (Sharma ve Gupta, 2018; Luhar vd., 2021; Chiew vd. 2021).



Şekil 2.1. LiTraCon Duvar Uygulaması (URL-1).

Yüksek sayısal açıklığa sahip Plastik Optik Fiberler (POF) veya büyük çaplı cam optik fiberlerin beton içine yerleştirilmesiyle, ışık kaybı minimum düzeyde kalarak betonun ışığı iletmesini sağlamalıdır (Shen ve Zhou,2013).

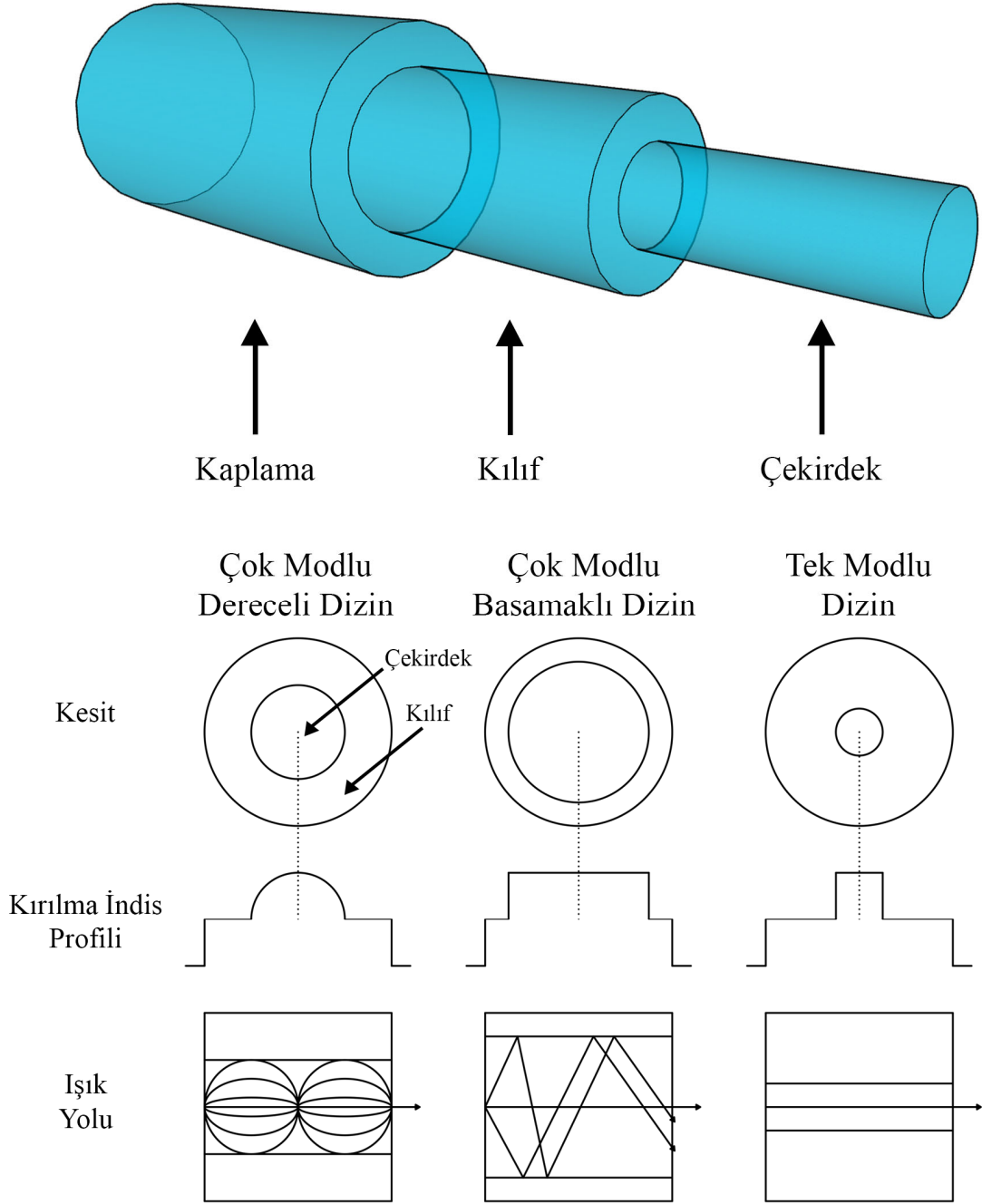
Işık geçiren betonun en önemli özelliği şeffaflığı olmasına karşın uygulama alanlarında çevre dostu ve sanatsal görünümde olması da önemli özellikleridir. Işık geçiren beton yarı saydam beton olarak da adlandırılmakta ve mimarların anıtsal ve sanatsal yapı üretme taleplerine daha fazla çözümler sunmaktadır. Işık geçiren betonun en büyük dezavantajı yüksek maliyetidir (Shen ve Zhou,2013) (Kashiyani vd., 2013).

Işık geçiren beton ile ilgili araştırmalarda ışık geçiren betonun özelliklerini doğrudan etkileyen ve ışık geçiren betonun üretiminde kullanılan hammaddelerde çeşitlilik göze çarpmaktadır. Işık geçiren beton üretiminde yarı geçirgen malzemeler kullanılabilir. Işık geçiren beton üretiminde en çok kullanılan malzemeler atık cam ve polimer reçineden elde edilen optik fiberlerdir. Optik fiberler ışık geçiriminde en az kayba neden olan malzemeler olduğundan yapılar içinde ışığın iletilmesi için iyi bir çözümdür (Luhar vd., 2021).

Yüksek dekoratif özellikler basınç ve eğilime dayanımın yeterli düzeyde olması, farklı şekil ve boyutlarda üretilmesi ışık geçiren betonun en önemli avantajlarıdır. Ancak yüksek maliyetli olması ve yerinde dökülememesi, yetenekli personel gerektirmesi ışık geçiren betonlarda dezavantaj olarak görülmektedir (Pilipenko vd., 2018).

Optik fiber, cam veya polimetil metakrilat (PMMA)'tan üretilen bir malzemedir. Optik fiberler genellikle fiberin iki ucunda ışığı iletmek için kullanılır. Optik fiberin kalınlığı, ihtiyaca bağlı olarak 2 mikron ile 5 mm arasında değişmektedir. Beton içerisine hacim olarak %4 veya %5 eklenmektedir.

Her optik fiber demetinin içinde üç bileşen bulunur; bunlar çekirdek, kılıf ve kaplama olarak adlandırılır. Şekil 2.2. çeşitlerini ve katmanlarını göstermektedir.



Şekil 2.2. Optik Fiber Çeşitleri ve Katmanları (Luhar vd., 2021).

Çekirdek, yüksek bir kırılma indisine sahip iç ışık taşıyıcı bileşen olup silindirik bir dielektrik malzeme çubuğudur. Çekirdek kısmı genellikle camdan yapılır ve ışık fiberin çekirdeği boyunca ilerler. Çekirdek ne kadar büyükse, ışık iletimi o kadar kolay olur. Çekirdek, kılıf adı verilen bir malzeme tabakasıyla çevrilidir. Kılıf genellikle cam veya PMMA'dan yapılmıştır. Kılıf çekirdeğe kıyasla daha düşük bir kırılma indisine sahip olan ve ışığı çekirdek içinde tutmaya yarayan orta katmandır. Kılıf katmanı, çekirdekten ışık kaybını azaltır ve mekanik dayanıklılık sağlar. Fiberin dış etkilerden

koruma için çekirdek ve kılıf üzerine kaplama tabakası yapılır. Kaplama tabakası optik fiberi fiziksel hasarlardan korur. Kaplama, ekstra koruma için, kılıf bir ek tabaka olan kaplama veya tamponla çevrenir. Ayrıca kaplama fiberin mikro bükülmesini önleyerek iletilen ışık miktarının kaybını önler (Poornima vd., 2019).

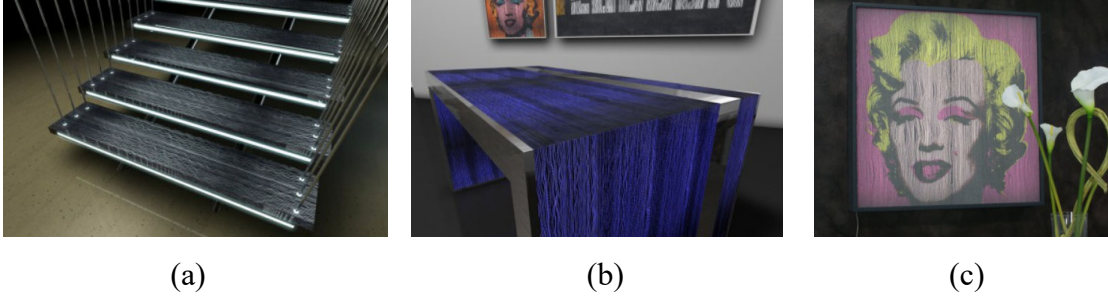
2.3.1. Işık geçiren beton uygulamaları

Işık geçiren beton, mimari yapılarda iç ve dış duvar elemanları olarak kullanılabilir. Yapıda ışık ileten beton ile bir duvar uygulandığında gündüz saatlerinde daha az ışık kullanılacaktır. Sonuç olarak ışığı ileten beton, doğal ışığı kullanarak enerji tasarrufu sağlayabilir, böylece yapay ışıklardan oluşan ısı miktarı azalacaktır. Duvar uygulaması örneği Şekil 2.3.'de gösterilmiştir (Sawant vd., 2014).



Şekil 2.3. Işık geçiren duvar uygulaması. (URL-2)

Sawant vd. yaptıkları çalışmada ışık ileten betondan geçen ortalama ışık geçirgenlik değerinin, yapıların içinde yaşam alanlarında, yapıların merdivenlerinde, ofislerde, vb. alanlarda günlük faaliyetler için yeterli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Işık geçiren beton, yapılara estetik görünüm vermek için mimari için özellik kazandırmaktadır. Ayrıca ışık geçiren beton mimarinin tamamlayıcı parçaları olan mimari öğelerden masa, tablo vb. objelerin üretiminde de kullanılmaktadır (Sawant vd., 2014). Bunun örneğini Şekil 2.4.'de görülmektedir.



Şekil 2.4. Işık geçiren beton ile üretilen (a) merdiven, (b) masa ve (c) tablo örneği. (URL-3)

Işık geçiren beton, alttan aydınlatılan geçilebilir bir yüzeyin döşemesi olarak da kullanılabilir. Gelecekte geceleri daha görünür olmaları için aşağıdan aydınlatılabilen hız tümsekleri, bir elektrik kesintisinde veya yangın anında iç mekânda yangın merdivenlerini aydınlatmak gibi estetik dışında güvenlik uygulamaları da sağlayabilir. Örneğin Şekil 2.5.'te görüldüğü üzere gündüz tipik beton yol gibi görünmekte olan gün batımından sonra ise farklı renklerde görülebilen yol ve yaya geçitleri yer almaktadır.



Şekil 2.5. Işık geçiren beton yol ve yaya geçiti örneği (Han vd., 2017).

Işık geçiren beton gündüz gün ışığını içeri alırken dışarıdaki aşırı sıcaklara karşı koruma sağlayan bir yalıtım malzemesidir. Bu özelliği ile ışık geçiren beton gün ışığını kesinti yaşanmadan yapının içerisine alırken sıcak havayı veya soğuk havayı dışarda bırakması gereken sert iklim koşullarında mimari açıdan önemli malzemedir. Örneğin Şekil 2.6.'da gösterilen Birleşik Arap Emirliklerinin Abu Dabi kentinde de yapımı gerçekleştirilen ve dış cephesinde 515 m²'lik alanında ışık geçiren beton ile dış

cephe yapımı gerçekleştirilen Al Aziz Camii başarı ile uygulanan örneklerinden biridir (Han vd., 2017).



Şekil 2.6. Işık geçiren beton ile dış cephe yapımı gerçekleştirilen Al Aziz Camii – Abu Dabi – Birleşik Arap Emirlikleri (URL-4)

Işık geçiren betonun ilk maliyeti geleneksel betona göre 12 kat daha fazladır. Işık geçiren betonun maliyeti ve enerji tasarrufu hesaplandığında, geri dönme süresi evsel tüketim için 3.5 yıl, ticari ve endüstriyel tüketim için 2.1 yıldır (Sawant vd., 2014).

2.3.1. Işık geçiren betonun avantajları ve dezavantajları

Işık geçiren betonun ana avantajı, büyük ölçekli nesnelere dokunun görünebilirliğini arttırmasıdır. Daha ince yarı saydam beton dokusu uzak mesafede belirsiz hale gelecektir. Bir ev için göz önüne alındığında yapının duvarlarının ışık geçen betondan üretilmesi ile evin gündüz saatlerinde daha az aydınlatma işlemi için enerji tüketimini az gerçekleştireceği anlamına gelmektedir. Yapılarda iyi bir estetik görünüm vermek için çok iyi mimari özelliklere sahiptir. Işık geçiren beton ışığın tam gelmediği yerlerde kullanılarak aydınlatma sağlamaya yardımcı olur. Enerji tüketiminin

azalmasıyla, betonun ışık iletme özelliği sayesinde tamamen evre dostudur (Sawant vd., 2014; Han vd., 2017; Kashiyani vd. 2013).

İşık geçiren betonun ana dezavantajı beton üretiminde kullanılanı yüksek teknoloji olarak kabul edilen optik fiberlerin maliyetinin yüksek olmasıdır. İşık geçiren beton üretimi işçilik açısından zordur. Döküm işlemlerinin gerçekleştirilmesi açısından özel vasıflı personel ihtiyacı gerekmektedir (Sawant vd., 2014; Han vd., 2017; Kashiyani vd. 2013).



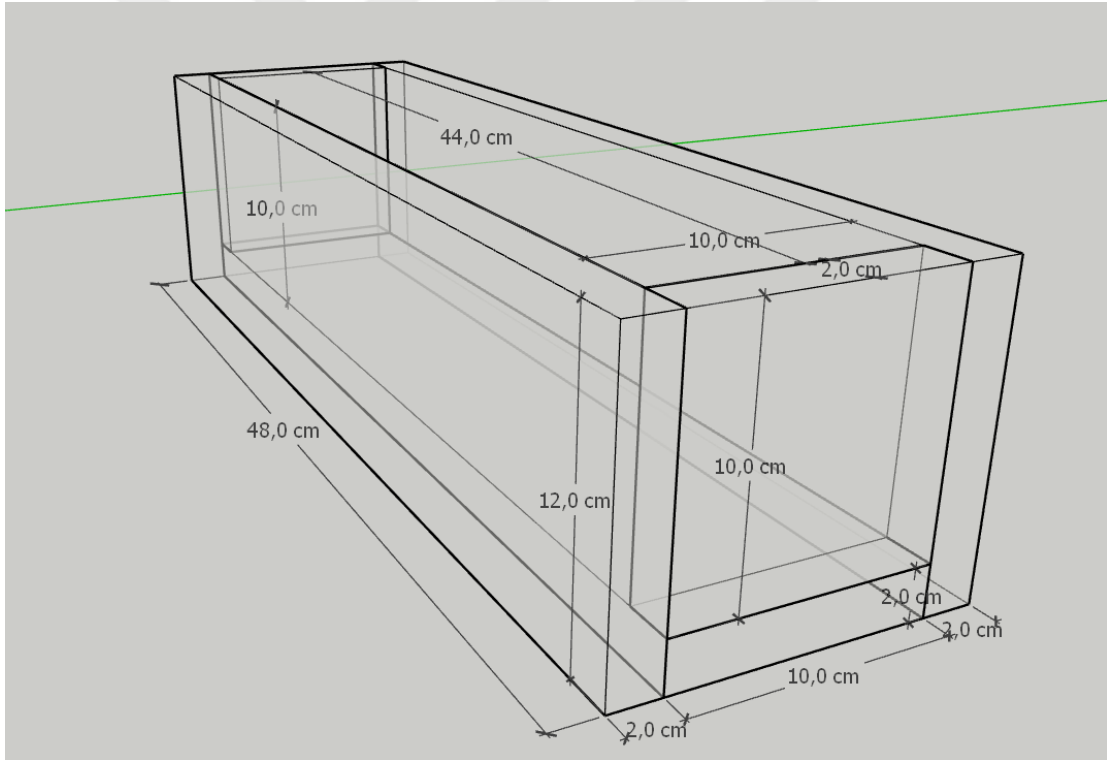
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde ışık geçiren beton üretiminde kullanılan malzeme, üretim yöntemleri ve testleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3.1. Işık Geçiren Beton Numunelerinin Üretimi

Işık geçiren beton numunelerinin üretimi için önce kalıplar hazırlanmış, beton reçetesi oluşturulmuş ve optik fiberler uygun boylarda kesilerek kullanım için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra hazırlanmış olan kalıplara beton dökülmüş ve optik fiberler dökülen betonun içerisine yerleştirilmiştir.

Işık geçiren beton üretimi için 44x10x10 cm boyutlarında prizmatik kalıplar imal edilmiştir. Şekil 3.1. ışık geçiren beton üretiminde kullanılan kalıbın boyutlarını ve şeklini göstermektedir



Şekil 3.1. Kullanılan ahşap kalıp modeli teknik çizimi.

Işık geçiren beton üretimi için ahşaptan imal edilen kalıplar ahşap ayırıcı kalıp yağı ile yağlanarak beton dökümüne hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.2. beton dökümüne hazır hale getirilen kalıpları göstermektedir.



Şekil 3.2. Ahşap kalıpların kalıp yağı ile yağlanması.

Işık geçiren beton üretiminde kullanılan betonun reçetesi (1 m³ betonda kullanılan malzeme miktarları) Tablo 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Beton Karışım Tasarımı.

Malzeme	kg/m ³
Çimento (Portland)	550
Su	180
İnce Agrega (0-5 mm)	886
Kaba Agrega (5-15 mm)	678
Kimyasal Katkı (Kendinden Yerleştirme Özellikli)	7,15

Çizelge 3.1.'de verilen reçeteye göre hazırlanan agrega, çimento, su ve kimyasal katkı Şekil 3.3.'de gösterilen beton mikseri yardımıyla karıştırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.3. Beton karışımı yapılan mikser.

Işık geçiren beton üretimi için beton, katmanlar halinde hazırlanmış olan kalıplara yerleştirilmiştir. Her katmanın yerleştirilmesinden sonra hazırlanmış olan optik fiberler kalıpların içerisine serilmiştir. Şekil 3.4. betonun katmanlar halinde yerleştirilmesini ve katmanlar arasına optik fiberlerin serilmesini göstermektedir.



Şekil 3.4. Beton numunesi içerisine optik fiber yerleştirilmesi.

Bu deneysel çalışmada ışık geçiren beton üretimi için %0.2, %1 ve %2 (optik fiber alanın beton yüzey alanına oranı) olmak üzere 3 farklı optik fiber oranı kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan optik fiberlerin özellikleri Çizelge 3.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan Orijinal Mitsubishi FiberESKA CK20 0.5 mm optik fiberlerin özellikleri (URL-2).

Ürün Kodu	Ürün No	Optik Fiber Çapı (mm)	İletim Kaybı (dB/km)	Sıcaklık Aralığı (°C)	Uzunluk (m)	Net Ağırlık (kg)	Makara Ağırlığı (kg)	Kutu Boyutu (mm)	Brüt Ağırlık (optik fiber+ makara + kutu) (kg)
CK Lighting	CK20	0.5	250,00	-55 ~ +70	6,00	1,44	0.66	286 x 286 x 130	2,70

Beton dökümü tamamlandıktan sonra 7 gün boyunca kalıpta bekleyen beton numuneleri kalıptan çıkarılarak hava kürüne bırakılmıştır. Şekil 3.5. kalıptan çıkarılan beton numunelerini göstermektedir.



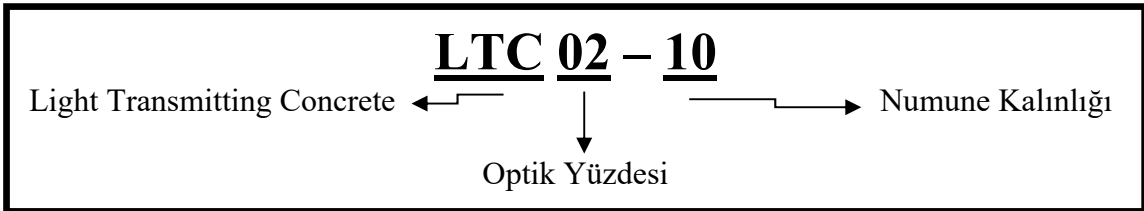
Şekil 3.5. Hava kürüne maruz bırakılan beton numuneleri.

Bu çalışmada beton kalınlığının ışık geçirme değerine etkisini araştırmak amacıyla 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 cm olmak üzere 8 farklı kalınlıkta beton numunesi hazırlanmıştır. Bu amaçla kalıptan çıkarılan prizmatik beton numuneleri yukarıda bahsedilen boyutlarda kesilmiştir. Şekil 3.6. farklı boyutlar oluşturabilmek için kesilerek hazırlanan ışık geçiren betonları göstermektedir.



Şekil 3.6. Numunelerin kendi içlerinde sınıflandırılarak gruplandırılması.

Şekil 3.6. da gösterilen numunelerin isimlendirilmesi optik fiber oranına ve kalınlığına göre yapılmıştır. Şekil 3.7. numune isimlendirme yöntemini göstermektedir. Örneğin LTC02-10 olarak isimlendirilen ışık geçiren beton %0.2 optik fiber içeren 10 cm kalınlığındaki numuneyi ifade etmektedir.



Şekil 3.7. Numune isimlendirme yöntemi.

Buna göre oluşturulan numune isimleri ile ilgili kalınlık değerleri ve optik fiber oranları Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Oluşturulan numunelerin beton içerikleri ve optik yüzdeleri.

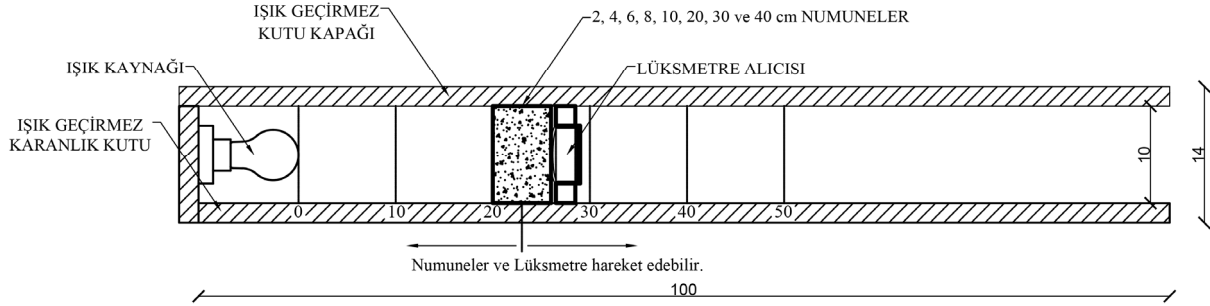
Numune İsimleri	Kalınlık (cm)	Optik Fiber Oranları
LTC2-2	2	
LTC2-4	4	
LTC2-6	6	
LTC2-8	8	
LTC2-10	10	% 2
LTC2-20	20	
LTC2-30	30	
LTC2-40	40	
LTC1-2	2	
LTC1-4	4	
LTC1-6	6	
LTC1-8	8	
LTC1-10	10	% 1
LTC1-20	20	
LTC1-30	30	
LTC1-40	40	
LTC02-2	2	
LTC02-4	4	
LTC02-6	6	
LTC02-8	8	
LTC02-10	10	% 0.2
LTC02-20	20	
LTC02-30	30	
LTC02-40	40	

3.2. Beton Numunelerin Işık Geçirgenliği Ölçümü

Beton numunelerin ışık geçirgenliği ölçümü, numunelerin ışık geçirme yeteneklerini değerlendirmek ve niceliksel veriler elde etmek amacıyla gerçekleştirilir. Bu çalışmada beton numunelerinin içinden geçen ışık miktarı ölçülerek numunenin ışık geçirme değerleri hesaplanmıştır.

Işık geçirgenliği ölçümü için bir ışık kaynağı ve lüksmetre kullanılmıştır. Işık kaynağı, numunenin üzerine belirli bir açıyla yerleştirilmiş ve numuneden geçen ışık miktarı lüksmetre aracılığıyla ölçülmüştür. Böylece numunenin ışık geçirgenlik özelliği ve sayısal olarak ifade edilir.

Işık kaynağının numuneye uzaklığının ışık geçirgenliği üzerindeki etkiyi araştırmak için ölçüm kutusu üretilmiştir. Bu ölçüm kutusu kullanılarak ışık kaynağına 10, 20, 30, 40, 50 cm olmak üzere 5 farklı uzaklıkta ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.8 üretilen kutunun teknik çizimini ve deney düzenini göstermektedir.



Şekil 3.8. Üretilen kutunun teknik çizimini ve deney düzeni.

Hazırlanan kutu üzerine duy ve elektrik tesisatı yerleştirilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan ampul 60 wattlık klasik akkor flamanlı ampuldür. Kullanılan elektrik tesisatında bir adet açma kapama anahtarı ve 220 volt girişi için priz başlığı bulunmaktadır.

Kesilerek hazırlanan farklı kalınlıklardaki numuneler kutu içerisine yerleştirilerek ışık geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Extech HD450 Dijital Lüksmetre ile gerçekleştirilmiştir. Lüksmetreye ait özellikler Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Extech HD450 Dijital Lüksmetre özellikleri.

Marka ve Ürün	Ölçüm Aralığı (Lux)	Ölçüm Aralığı Foot Candles (Fc)	Hassasiyet (\pm %)	Boyutu (mm)	Maksimum Çözünürlük Fc / Lux	Ağırlık (gr)	Kayıt Hafızası (Adet)	PC Arayüz (Bağlantı)
Extech HD450 Dijital Luxmetre Kayıt Cihazı	40, 400, 4000, 40000	40, 400, 4.000, 40.000	5	170 x 80 x 40	0,01/ 0,1	390 gr	16000	USB

Ölçümden önce lüksmetrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Tüm numunelerin ışık geçirgenlik değerleri ölçüm için imal edilen kutu yardımıyla tek tek gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

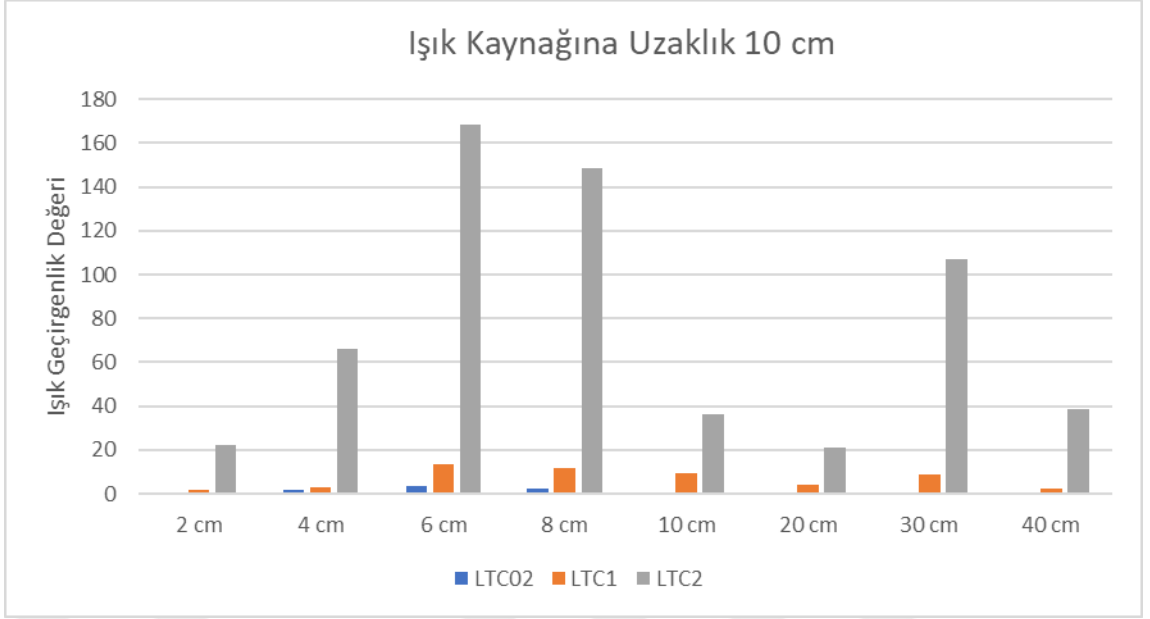
Bu bölüm, beton numunelerinin ışık geçirgenliği üzerine yapılan deneysel çalışmaların bulgularını ve analizini içermektedir. Bu deneysel çalışmada, betonun kalınlığının, betonun ışık kaynağına olan uzaklığının ve beton içerisinde yer alan optik fiber oranının ışık geçirgenliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Bu deneysel çalışmada, optik fiber içeren betonların verilen bir ışığı bir ucundan diğer ucuna ne kadar geçirdiğinin ölçüsü ışık geçirgenlik değeri (IGD) olarak tanımlanmıştır. Işık geçirme değeri, beton numunesinin ışık geçirme lüks değerinin ışık kaynağının arada engel olmadan ölçülen lüks değerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Örnek vermek gerekirse, LTC2-2 numunesi için ışık kaynağına olan uzaklık 10 cm olduğunda, beton numunesinin ölçüm değeri 31,02 lüks ölçülmüştür. Arada beton numunesi olmadığında ölçülen değer ise 13.860 lükstür. Beton numune lüks ölçüm değeri olan 31,02 ışık kaynağının lüks ölçüm değerine bölündüğünde 0,00224 değeri elde edilmiştir. Sonuçların karşılaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla elde edilen tüm değerler 10.000 ile çarpılmıştır. Böylelikle örneğimizdeki ışık geçirgenlik değeri 22,38 olarak kaydedilmiştir.

4.1. Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi

Bu çalışmada numune kalınlığının ışık geçirgenliğine etkisini incelemek amacıyla 8 farklı numune kalınlığı test edilmiştir. Bunlar 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 ve 40 cm'lik numunelerdir.

Işık kaynağına 10 cm uzaklıkta test edilen farklı kalınlıktaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

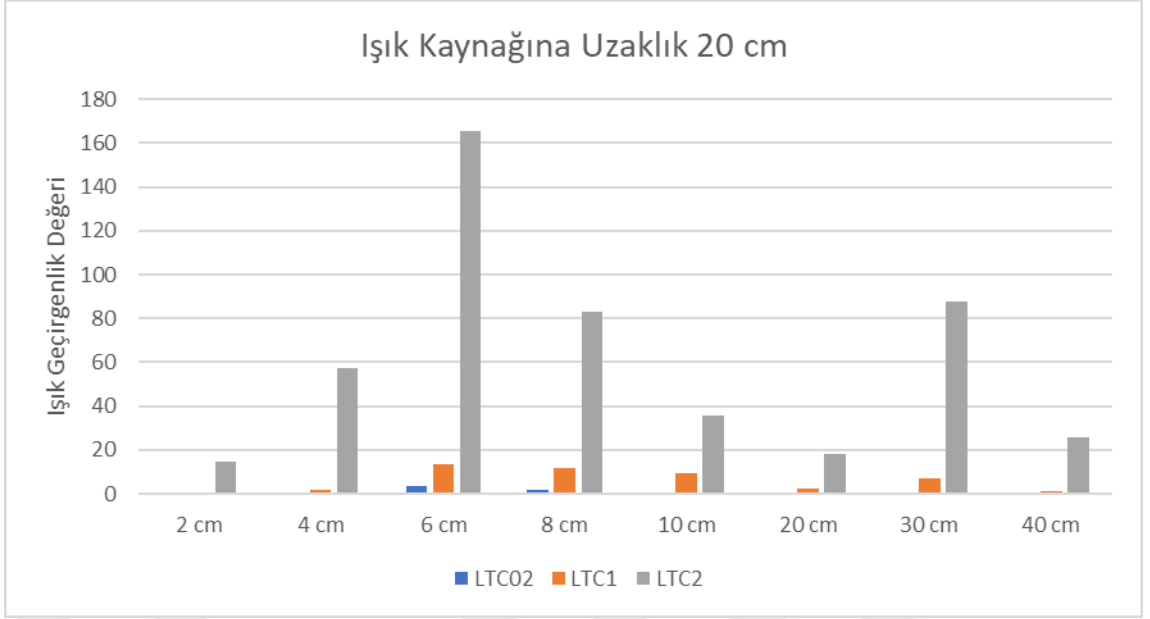


Şekil 4.1. Işık kaynağına uzaklık 10 cm olduğunda numune kalınlığının ışık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre numune kalınlığı arttığında 6 cm kalınlığa kadar ışık geçirme miktarı artmaktadır. Bu artış %2 optik fiber içeren LTC2 numuneleri için daha belirgindir. Örneğin %2 optik fiber içeren ve 2 cm kalınlığında olan LTC2-2 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 22.38 olurken 6 cm kalınlığında olan LTC2-6 numunesi için yaklaşık olarak 8 kat artış göstererek 168.23 olmuştur.

Numune kalınlığı 6cm 'den büyük olduğunda numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Örneğin 8 cm kalınlığında %2 optik fiber içeren LTC 2-8 numunesi için ışık geçirgenlik değeri 148.86 olurken, 20 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC 2-20 numunesi için 21.37 olmuştur. Numune kalınlığının ışık geçirgenliğinin üzerine etkisinin incelenmesinde dikkat çeken bir nokta 30 cm kalınlığındaki numunelerin yüksek miktarda ışık geçirmesidir. Örneğin 30 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-30 numunesi ışık geçirgenlik değeri için 107.16 olarak hesaplanmıştır.

Işık kaynağına 20 cm uzaklıkta test edilen farklı kalınlıktaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

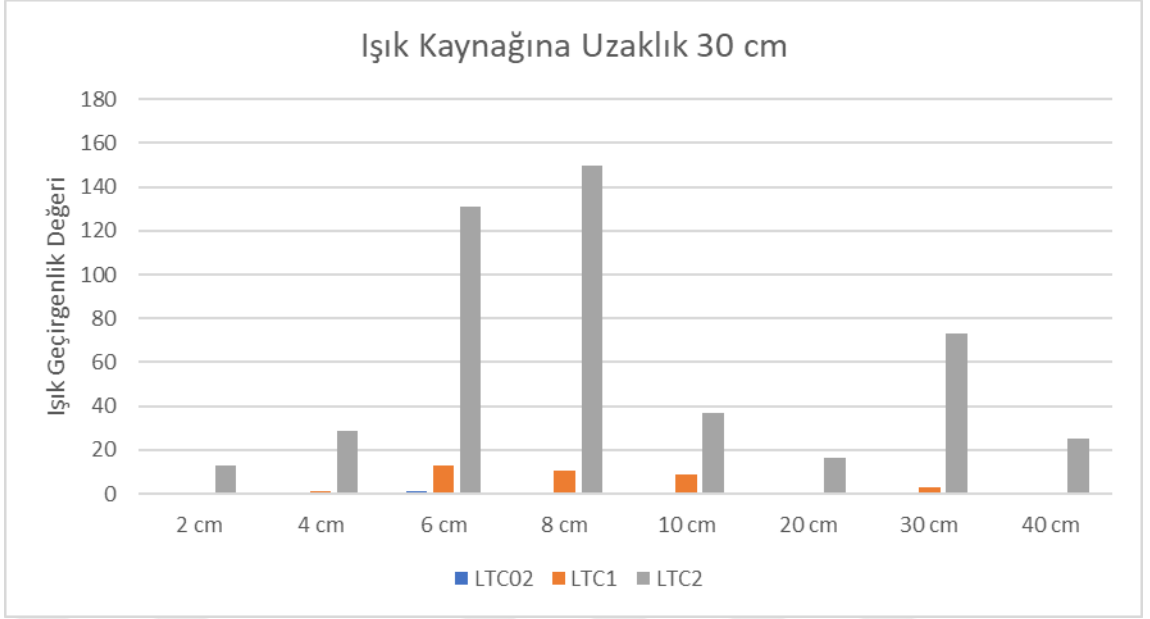


Şekil 4.2. 20 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi

Buna göre numune kalınlığı arttığında 6 cm kalınlığa kadar ışık geçirme miktarı artmaktadır. Bu artış %2 optik fiber içeren LTC2 numuneleri için daha belirgindir. Örneğin %2 optik fiber içeren ve 2 cm kalınlığında olan LTC2-2 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 14.59 olurken 6 cm kalınlığında olan LTC2-6 numunesi için yaklaşık olarak 11 kat artış göstererek 165.37 olmuştur.

Numune kalınlığı 6 cm'den büyük olduğunda numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Örneğin 8 cm kalınlığında %2 optik fiber içeren LTC 2-8 numunesi için ışık geçirgenlik değeri 80.91 olurken, 20 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC 2-20 numunesi için 18.28 olmuştur. Numune kalınlığının ışık geçirgenliğinin üzerine etkisinin incelenmesinde dikkat çeken bir nokta 30 cm kalınlığındaki numunelerin yüksek miktarda ışık geçirmesidir. Örneğin 30 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-30 numunesi ışık geçirgenlik değeri için 87.71 olarak hesaplanmıştır.

Işık kaynağına 30 cm uzaklıkta test edilen farklı kalınlıktaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.

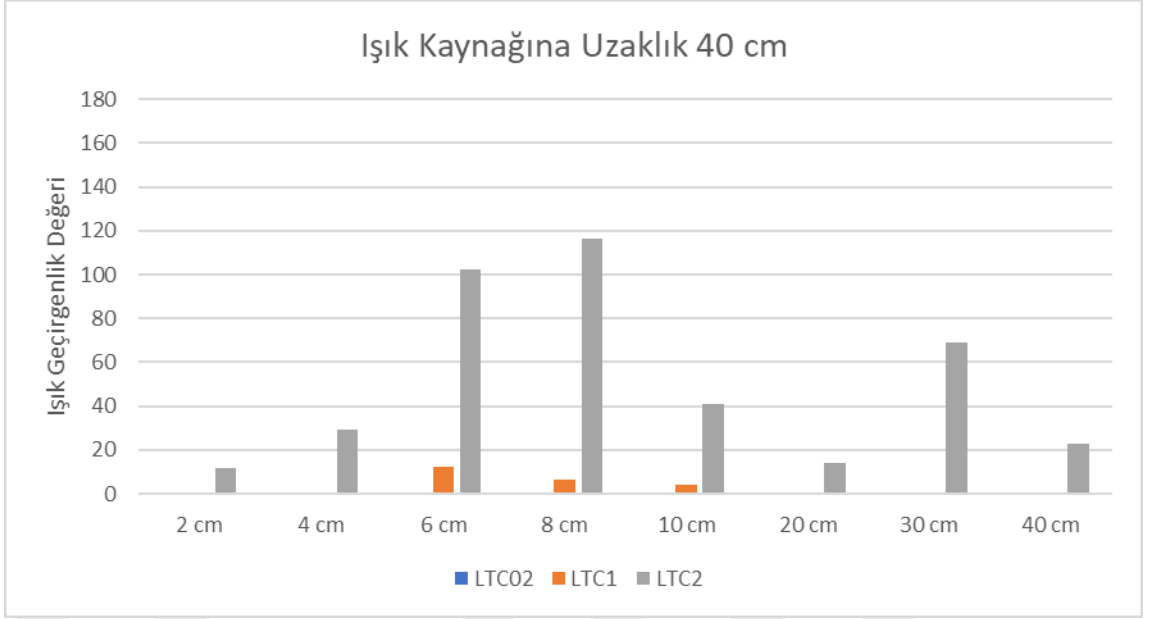


Şekil 4.3. 30 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi

Buna göre numune kalınlığı arttığında 8 cm kalınlığa kadar ışık geçirme miktarı artmaktadır. Bu artış %2 optik fiber içeren LTC2 numuneleri için daha belirgindir. Örneğin %2 optik fiber içeren ve 2 cm kalınlığında olan LTC2-2 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 14.59 olurken 6 cm kalınlığında olan LTC2-6 numunesi için yaklaşık olarak 11 kat artış göstererek 149.87 olmuştur.

Numune kalınlığı 6 cm'den büyük olduğunda numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Örneğin 8 cm kalınlığında %2 optik fiber içeren LTC2-8 numunesi için ışık geçirgenlik değeri 80.91 olurken, 20 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-20 numunesi için 18.28 olmuştur. Numune kalınlığının ışık geçirgenliğinin üzerine etkisinin incelenmesinde dikkat çeken bir nokta 30 cm kalınlığındaki numunelerin yüksek miktarda ışık geçirmesidir. Örneğin 30 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-30 numunesi için 87.71 olarak ölçülmüştür.

Işık kaynağına 40 cm uzaklıkta test edilen farklı kalınlıktaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.

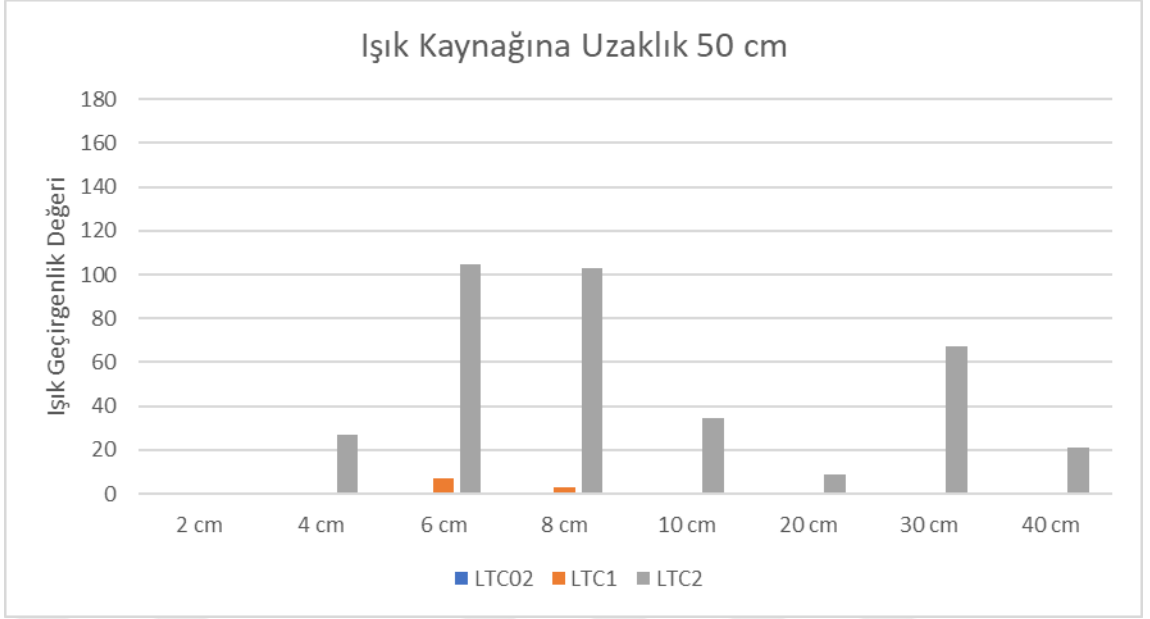


Şekil 4.4. 40 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi

Buna göre numune kalınlığı arttığında 8 cm kalınlığa kadar ışık geçirme miktarı artmaktadır. Bu artış %2 optik fiber içeren LTC2 numuneleri için daha belirgindir. Örneğin %2 optik fiber içeren ve 2 cm kalınlığında olan LTC2-2 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 11.96 olurken 8 cm kalınlığında olan LTC2-8 numunesi için yaklaşık olarak 9 kat artış göstererek 116.54 olmuştur.

Numune kalınlığı 6 cm'den büyük olduğunda numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Örneğin 8 cm kalınlığında %2 optik fiber içeren LTC2-8 numunesi için ışık geçirgenlik değeri 11.96 olurken, 20 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-20 numunesi için 14.29 olmuştur. Numune kalınlığının ışık geçirgenliğinin üzerine etkisinin incelenmesinde dikkat çeken bir nokta 30 cm kalınlığındaki numunelerin yüksek miktarda ışık geçirmesidir. Örneğin 30 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-30 numunesi için 69.08 olarak ölçülmüştür.

Işık kaynağına 50 cm uzaklıkta test edilen farklı kalınlıktaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 50 cm Uzaklık için Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi.

Buna göre numune kalınlığı arttığında 6 cm kalınlığa kadar ışık geçirme miktarı artmaktadır. Bu artış %2 optik fiber içeren LTC2 numuneleri için daha belirgindir. Örneğin %2 optik fiber içeren ve 4 cm kalınlığında olan LTC2-4 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 22.99 olurken 6 cm kalınlığında olan LTC2-6 numunesi için yaklaşık olarak 4 kat artış göstererek 104.93 olmuştur.

Numune kalınlığı 6 cm'den büyük olduğunda numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Örneğin 8 cm kalınlığında %2 optik fiber içeren LTC2-8 numunesi için ışık geçirgenlik değeri 102.81 olurken, 20 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-20 numunesi için 8.84 olmuştur. Numune kalınlığının ışık geçirgenliğinin üzerine etkisinin incelenmesinde dikkat çeken bir nokta 30 cm kalınlığındaki numunelerin yüksek miktarda ışık geçirmesidir. Örneğin 30 cm kalınlığındaki %2 optik fiber içeren LTC2-30 numunesi için 67.40 olarak ölçülmüştür.

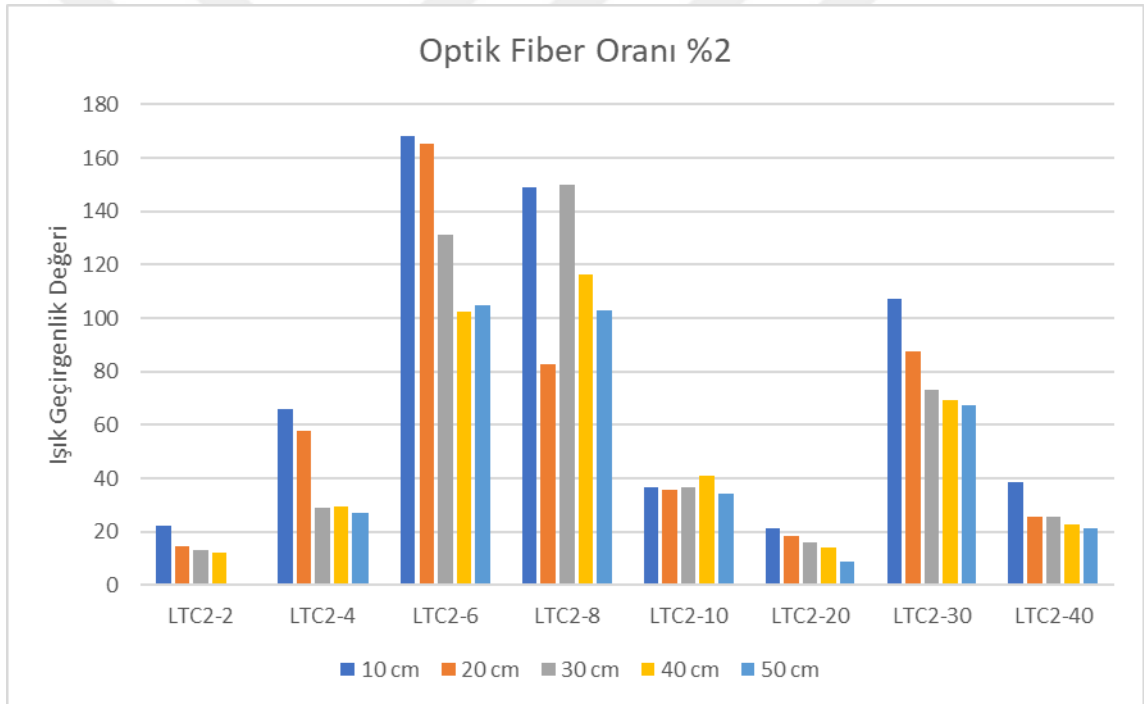
Çolak vd. yaptıkları çalışmada optik fiberlerin kesit alanları ve çaplarının arttıkça ışık geçirme değerlerinin de arttığını gözlemlemektedir (Çolak vd., 2019). Tuaum vd. yaptıkları çalışmada ışık geçirgenlik değerlerinin beton içerisindeki optik fiber değeri arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada ışık geçiren betonların ışık geçirgenlik değerlerinin fiber çapının artmasıyla azaldığı belirtilmiştir. Bunun nedeni olarak daha büyük çaplı optik fiberlere kıyasla aynı boyuttaki numunelerde daha küçük çaplı optik fiberlerin yerleştirilmesinden kaynaklandığı ifade edilmektedir. (Tuaum vd., 2018).

Chiew vd. tarafından yapılan çalışmada ışık kaynağı ile numune arasındaki mesafenin de ışık geçirgenliği değerini etkilediğini vurgulamıştır. Işık kaynağı ile numune arasındaki mesafe arttığında ışık geçirgenliği değeri azalmaktadır. (Chiew, 2021).

4.2. Numunenin Işık Kaynağına Uzaklığının Işık Geçirgenliğine Etkisi

Bu çalışmada numunenin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisini incelemek amacıyla 5 farklı uzaklık kullanılmıştır. Bunlar 10, 20, 30, 40 ve 50 cm'lik uzaklıklardır.

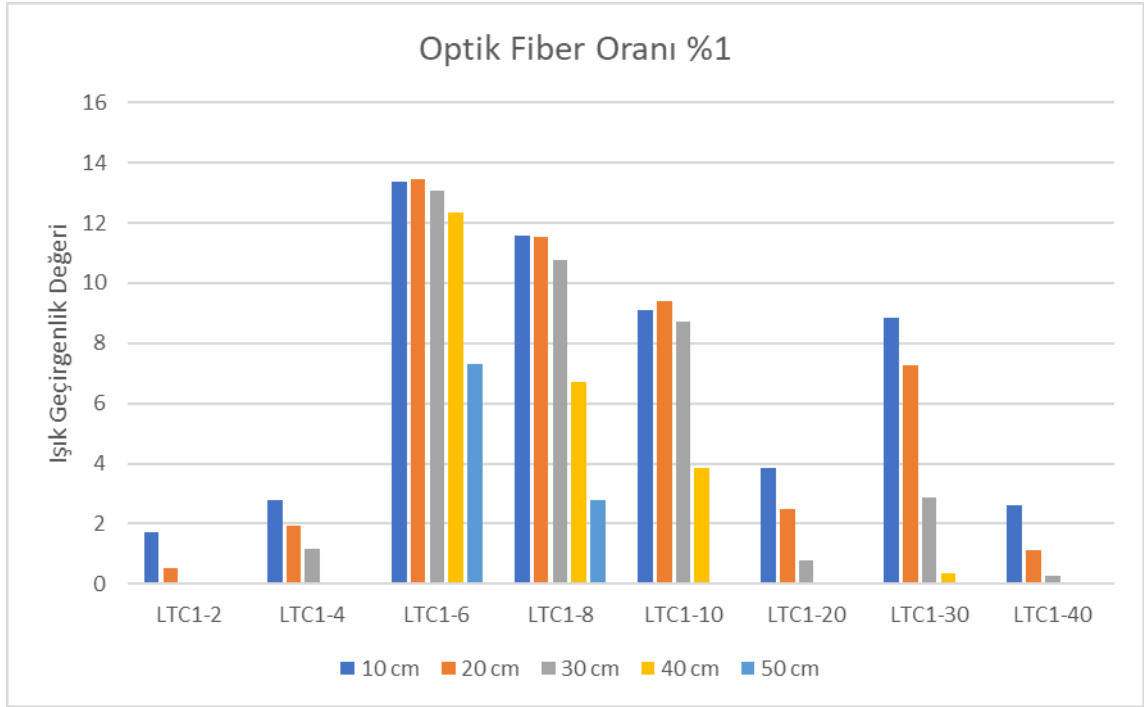
Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığının farklı kalınlıklara sahip %2 optik fiber içeren LTC2 numunelerinin ışık geçirgenliği değerine etkisi şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Optik fiber oranı %2 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.

Işık kaynağına olan uzaklık arttığında ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlenmektedir. Örneğin %2 optik fiber içeren 4 cm kalınlığındaki LTC2-4 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 10 cm için 66.02 olurken, 50 cm için 26.99 olmaktadır. %2 optik fiber içeren numune kalınlığı 30 cm olduğunda ışık kaynağına uzaklık 10 cm iken ışık geçirgenlik değeri 107.16 ışık kaynağına olan uzaklık 50 cm iken ışık geçirgenlik değeri 67.40 olarak hesaplanmıştır.

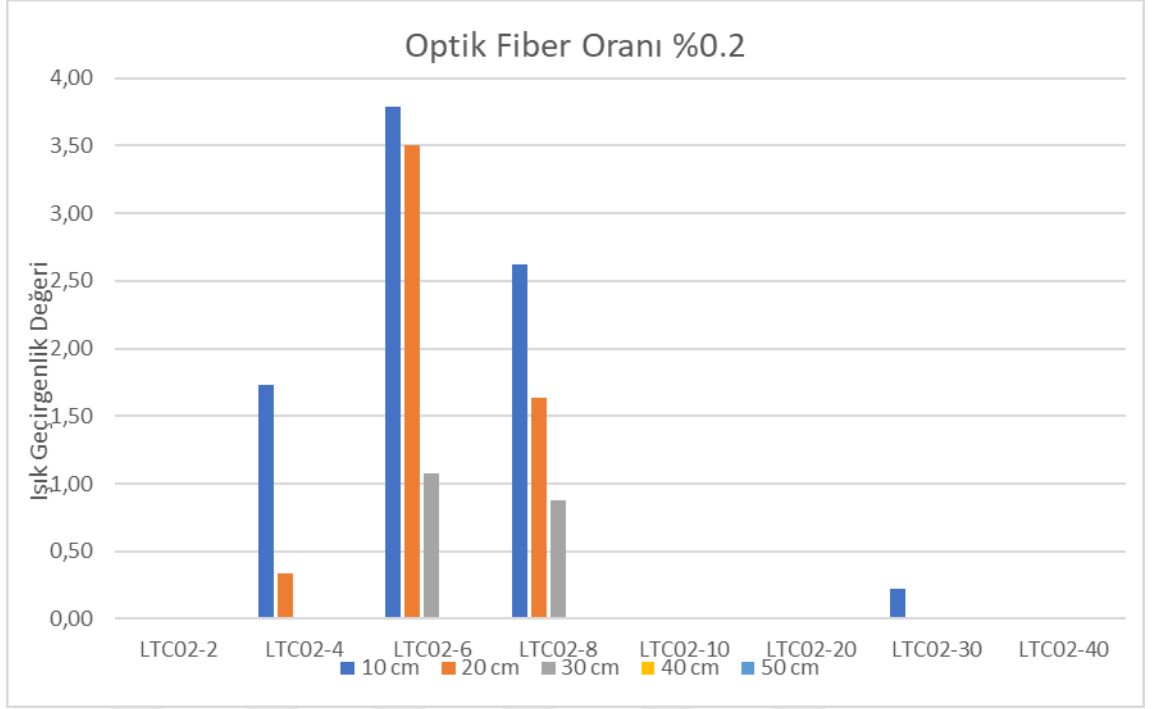
Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığının farklı kalınlıklara sahip %1 optik fiber içeren LTC1 numunelerinin ışık geçirgenliği değerine etkisi Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Optik fiber oranı %1 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.

Işık kaynağına olan uzaklık arttığında ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlenmektedir. Örneğin %1 optik fiber içeren 6 cm kalınlığındaki LTC1-6 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 10 cm için 13.38 olurken, 50 cm için 7.33 olmaktadır. %1 optik fiber içeren numune kalınlığı 30 cm olduğunda ışık kaynağına uzaklık 10 cm iken ışık geçirgenlik değeri 8.85 ışık kaynağına olan uzaklık 50 cm iken ışık geçirgenlik değeri 0 olarak hesaplanmıştır.

Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığının farklı kalınlıklara sahip %0.2 optik fiber içeren LTC02 numunelerinin ışık geçirgenliği değerine etkisi Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Optik fiber oranı %0.2 olan numunelerin ışık kaynağına uzaklığının ışık geçirgenliğine etkisi.

Işık kaynağına olan uzaklık arttığında ışık geçirgenlik değerinin azaldığı gözlenmektedir. Örneğin %0.2 optik fiber içeren 6 cm kalınlığındaki LTC02-6 numunesinin ışık geçirgenlik değeri 10 cm için 3.79 olurken, 30 cm için 1.80 olmaktadır. %0.2 optik fiber içeren numune kalınlığı 30 cm olduğunda ışık kaynağına uzaklık 10 cm iken ışık geçirgenlik değeri 0.22 ışık kaynağına olan uzaklık 50 cm iken ışık geçirgenlik değeri 0 olarak hesaplanmıştır.

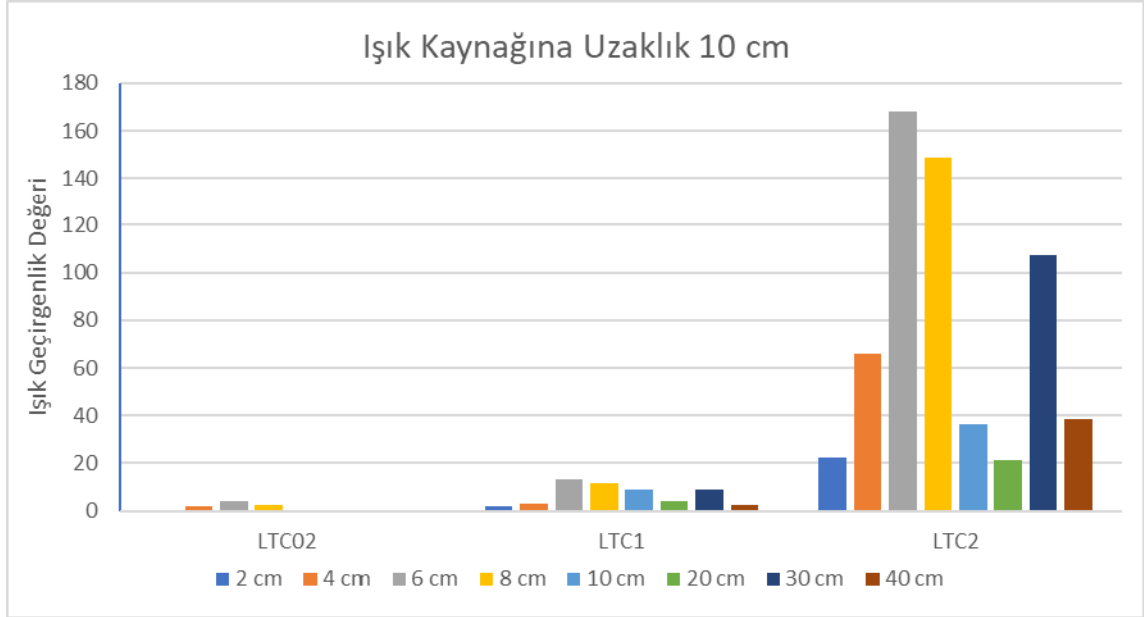
Hacıhasanoğlu vd. yaptıkları araştırmada deney ortamında noktasal bir ışık kaynağı ile deney gerçekleştirildiğinde numune ışık kaynağına yaklaştıkça ışık geçirgenliliği azalmakta, numune ışık kaynağından uzaklaştıkça ışık geçirgenlik değerinin arttığı gözlemlenmektedir (Hacıhasanoğlu vd., 2019).

Tuaum vd.'nin çalışmalarının sonuçlarına göre, numune ile ışık algılayıcı arasındaki mesafe arttıkça iletilen ışık miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu durum, ışık dalgasının mesafeyle birlikte kırılmasına ve bunun sonucunda ışık yoğunluğunun ve dalga boyunun azalmasına bağlanabilir. (Tuaum vd., 2018). Emanet tarafından yapılan çalışmada, ışık kaynağına olan uzaklık arttığında ışık geçirgenlik değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Emanet, 2022).

4.3. Optik Fiber İçeriğinin Işık Geçirgenliğine Etkisi

Bu çalışmada numunenin optik fiber miktarının ışık geçirgenliğine etkisini incelemek amacıyla 3 farklı oranda optik fiber içeren betonlar test edilmiştir. Bunlar %0.2 %1 ve %2 optik fiber içeren numunelerdir.

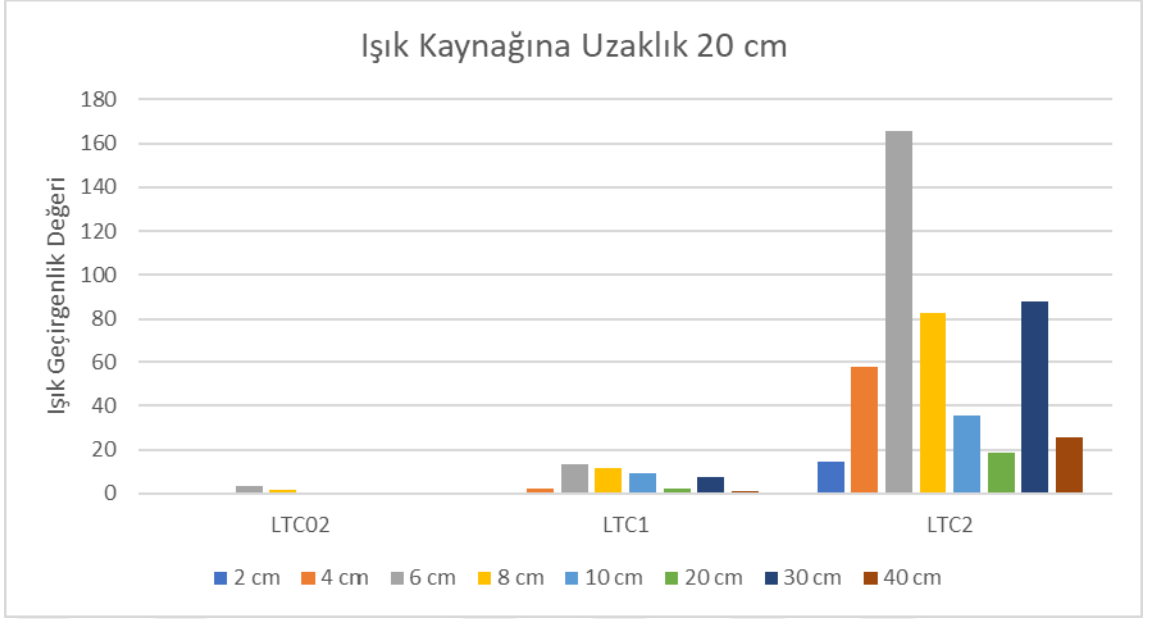
Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığı 10 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi Şekil 4.9. da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Işık kaynağına uzaklık 10 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre optik fiber oranı arttığında numunelerinin ışık geçirgenliği değerinin arttığı görülmektedir. Örneğin ışık kaynağına uzaklık 10 cm olduğunda 2 cm kalınlığındaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 1.72 ve 22.38 bulunmuştur. Numune kalınlığı 8 cm olduğunda ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0,2, %1 ve %2 için sırasıyla 2.36, 11.57 ve 148.86 olarak hesaplanmıştır.

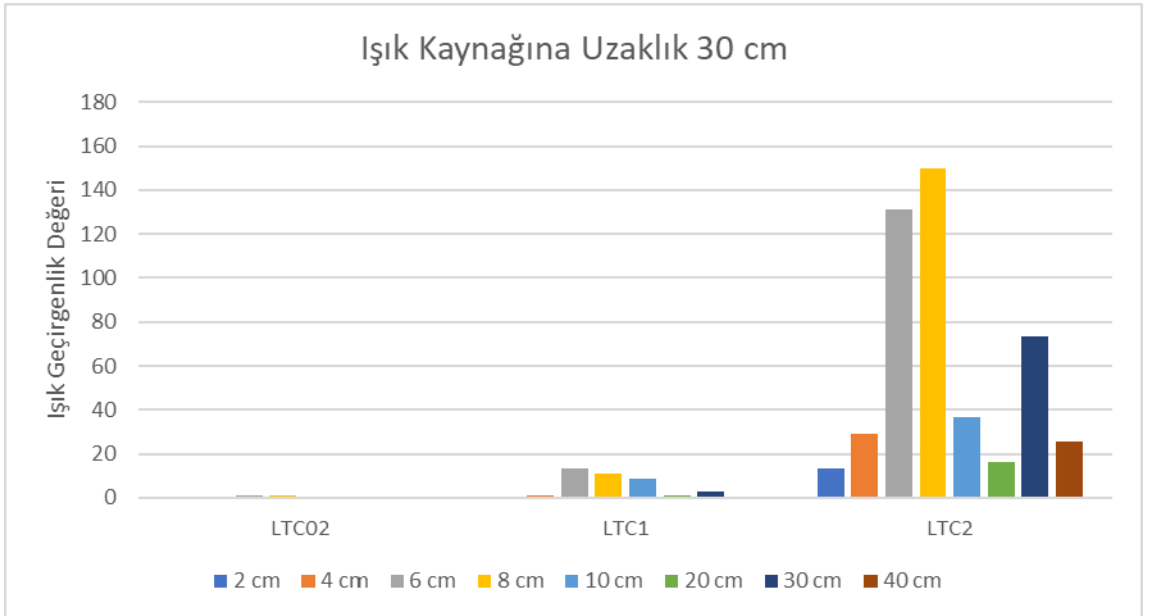
Optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi ışık kaynağına 20 cm uzaklık için Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Işık kaynağına uzaklık 20 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre optik fiber oranı arttığında numunelerinin ışık geçirgenliği değerinin arttığı görülmektedir. Örneğin ışık kaynağına uzaklık 20 cm olduğunda 6 cm kalınlığındaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0,2, %1 ve %2 için sırasıyla 3.50, 13.44 ve 165.37 bulunmuştur. Numune kalınlığı 30 cm olduğunda ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0,2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 7.25 ve 87.71 olarak hesaplanmıştır.

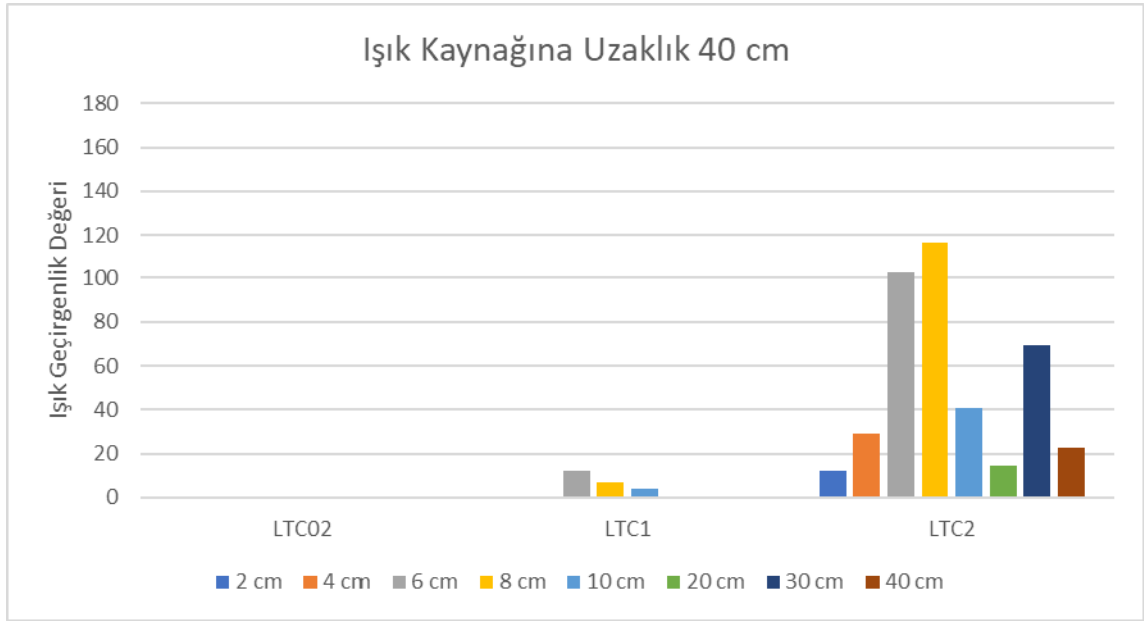
Optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi ışık kaynağına 30 cm uzaklık için Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Işık kaynağına uzaklık 30 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre optik fiber oranı arttığında numunelerinin ışık geçirgenliği değerinin arttığı görülmektedir. Örneğin ışık kaynağına uzaklık 30 cm olduğunda 8 cm kalınlığındaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0.87, 10.77 ve 149.87 bulunmuştur. Numune kalınlığı 40 cm olduğunda ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0,2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 0.28 ve 25.37 olarak hesaplanmıştır.

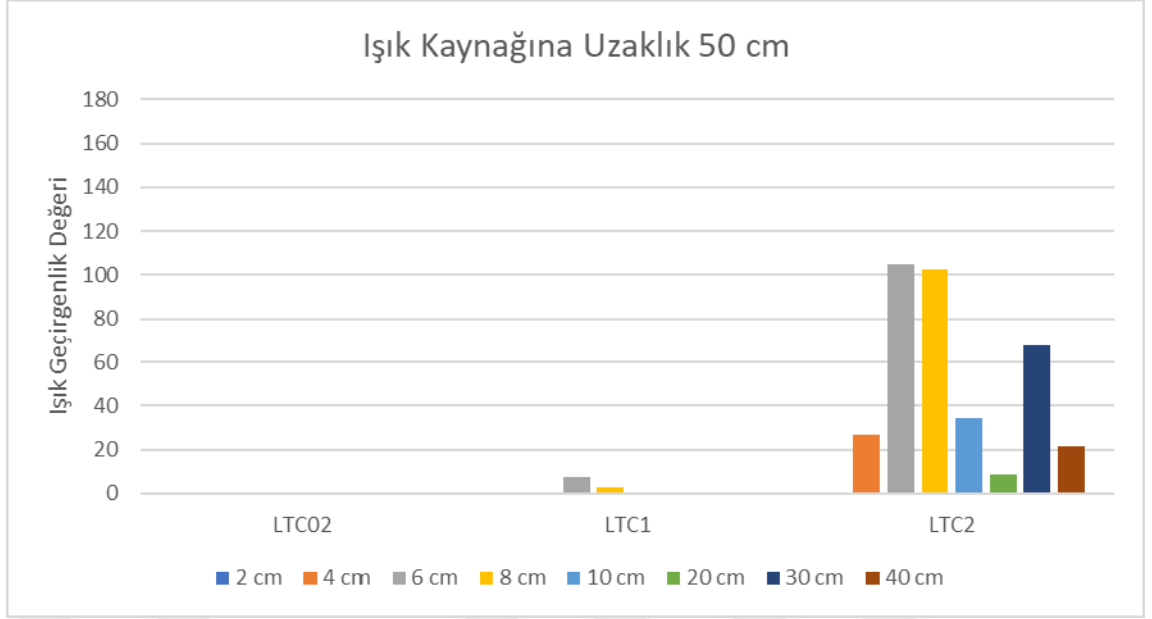
Optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi ışık kaynağına 40 cm uzaklık için Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Işık kaynağına uzaklık 40 cm olduğunda optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre optik fiber oranı arttığında numunelerinin ışık geçirgenliği değerinin arttığı görülmektedir. Örneğin ışık kaynağına uzaklık 40 cm olduğunda 6 cm kalınlığındaki numunelerin ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 12.33 ve 102.38 bulunmuştur. Numune kalınlığı 40 cm olduğunda ışık geçirgenlik değerleri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 0 ve 22.58 olarak hesaplanmıştır.

Optik fiber içeriğinin ışık geçirgenliğine etkisi ışık kaynağına 50 cm uzaklık için Şekil 4.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. İşık kaynağına uzaklık 50 cm olduğunda optik fiber içeriğinin işık geçirgenliğine etkisi.

Buna göre optik fiber oranı arttığında numunelerinin işık geçirgenliği değeri arttığı görülmektedir. Örneğın işık kaynağına uzaklık 50 cm olduğunda 2 cm kalınlığındaki numunelerin işık geçirgenlik değeri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 7.33 ve 104.93 bulunmuştur. Numune kalınlığı 40 cm olduğunda işık geçirgenlik değeri optik fiber oranı %0.2, %1 ve %2 için sırasıyla 0, 0 ve 21.23 olarak hesaplanmıştır.

Chiew vd. yaptıkları çalışmada optik fiberlerin birbirlerine yakın olmasının işık geçirgenliğinin arttığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedeninin fiberlerin birbirine yaklaşmasıyla işık dalgalarının birbiri üstüne binmesinin artması olarak göstermişlerdir (Chiew, 2021).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışmada, ışık geçiren beton numuneleri üretilmiş ve numune kalınlığının, numunenin ışık kaynağına uzaklığının ve numune optik fiber içeriğinin ışık geçirgenlik değeri üzerine etkileri araştırılmıştır. Optik fiber içeren beton numunelerin ışık geçirgenlik değeri optik fiber içeriğinin artmasıyla artmaktadır. Numunenin ışık kaynağına olan uzaklığı arttığında ışık geçirgenliği azalmaktadır. Numune kalınlığı ışık geçirgenlik değerlerini etkilemektedir. Bu çalışmada 6 – 8 cm kalınlığa kadar numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerleri artmıştır, ancak 6 – 8 cm kalınlıktan sonra numune kalınlığının artmasıyla ışık geçirgenlik değerleri azalmıştır.

Farklı güçlerde ışık kaynakları kullanılarak deneyler yapılırsa bilime katkıda bulunur. Çok düşük optik fiber oranlarında deneyler yapılırsa (%1 ve daha düşük) literatüre katkıda bulunacaktır. Farklı kalınlıklardaki optik fiber içeren betonlar imal edilmek yoluyla numune kalınlığının ışık geçirgenliğine etkisi detaylı olarak araştırılabilir. Beton numuneler için ışık geçiren farklı malzemelerde kullanılarak ışık geçiren malzeme türünün ışık geçirme etkisi üzerine araştırılabilir. Işık geçiren betonun maliyeti ve enerji verimliği, ekonomik açıdan geri dönüş süresi ve sektörel olarak uygulama faaliyetleri üzerine bilimsel olarak araştırılabilir.

KAYNAKÇA

Anton Pilipenko, Sofia Bazhenova, Anna Kryukova, Mukhamed Khapov, Decorative light transmitting concrete based on crushed concrete fines, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, C.365, S.3, 2018, (Doi:10.1088/1757-899X/365/3/032046)

Arıöz Ö. (2004). BETON DAYANIMIN STANDART TAHRİBATLI, YARI-TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 170727)

Bharti Sharma, Amarnath Gupta, An Overview on Transparent Concrete, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), C.5, S.7, 2021, s.2040

Bhavin K. Kashiyani, Varsha Raina, Jayeshkumar Pitroda, Dr. Bhavnaben K. Shah, A Study on Transparent Concrete: A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), C.2, S.8, 2013, s.83-87

Bozyel M.E. (2021). BETONARME KULLANICILARININ KERPIÇ YAPILAR HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİNİN BİLİMSEL VERİLER DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 682502)

Canan Taşdemir, Özkan Şengül, Gülenden Kara, Mehmet Aslan, Cüneyt Ertuğrul, Baskı Betonların Özellikleri, Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 10-13 Haziran 2004.

Çolak C., Gören B.E., Şengül Ö., Fiber Optik Lif Kullanımının Harcın Işık Geçirgenlik ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, 10th International Concrete Congress, s.474-479, Bursa, Türkiye, 02-04 Mayıs 2019.

Emanet S., (2022). Işık Geçiren Betonun Optik Fiber Oranları ve Yerleşimlerine Göre Özelliklerini İncelemeye Yönelik Deneysel Bir Çalışma, [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 517582)

Eriç, M. (2014). Yapı Fiziği ve Malzemesi (2.Baskı). Literatür Yayıncılık

Ersoy, H. Y., *Kompozit Malzeme*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2001.

Gerwick, B. C., Construction of Prestressed Concrete Structures, New York, Amerika, (2.Baskı), 1993

Gomasa Ramesh, Transparent Concrete: A Review, Indian Journal of Structure Engineering (IJSE), C.20, S.4, 2021, s.9

Hacıhasanoğlu Ş., Tekin İ., Optik Fiber Kullanım Oranının Yapısal Hafif Şeffaf Beton Duvar Elemanlarının Işık Geçirgenliğine Etkisi, Çimento ve Beton Dünyası, S.140, Temmuz – Ağustos 2019, s.63-74.

Han, B., Zhang, L., Ou, J. (2017). Light-Transmitting Concrete. In: Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures. Springer, Singapore. (https://doi.org/10.1007/978-981-10-4349-9_15)

Hegger, M., Drexler, H., Zeuer, M., (2022). Yapı Malzemeleri, (4.Baskı) (V. Atmaca, Çev.) YEM Yayın (2007).

Hewlett, PC. 1988. Cement Admixtures: uses and applications. London: Longman Scientific & Technical. s.166.

Ismail Luhar, Salmabanu Luhar, Pericles Savva, Antreas Theodosiou, Michael F. Petrou, Demetris Nicolaidis. Light Transmitting Concrete: A Review, Building, C.11, S.480, 2021.

İzgi, U., Mimarlıkta Süreç; Kavramlar-İlişkiler, Yem Yayınevi, İstanbul, 1999.

Juan Shen, Zhi Zhou, Some Progress on Smart Transparent Concrete, Pacific Science Review, C.15, S.1, 2013, s.51-55

Judite Miranda, Jónatas Valença, Eduardo Júlio,; “Colored concrete restoration method: For chromatic designand application of restoration mortars on smooth surfacesof colored concrete”, Structural Concrete, C.20, S.4, 2019, s.1392

Karagüler M., Terzi F., Kuloğlu Ş., Renklendirici Katkıların Mimari Beton Özelliklerine Etkisi, Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 10-13 Haziran 2004.

Kosmatka, SH., Kerkhoff, B., Panarese, WC. 2002. Design and control of concrete mixtures. Baskı:14. IL: Skokie , Portland Cement Association. s.358

Lyons A., Materials for Architects and Builders, Leicester, İngiltere, (4.Baskı), 2008

Mamlouk MS., Zaniwski JP. 1999. Materials for Civil and Construction Engineers. California: Addison Wesley Longman Inc.

Nihal Arıoğlu, Seden Acun, Erol Gürdal, “Çimento Esaslı Malzemelerin Mekân Oluşturulmasında Kullanım Yerlerinin Analizi”, Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 10-13 Haziran 2004.

Nihan ENGİN, Nilhan VURAL,; “Brüt Betonun Mimaride Kullanımı”, Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 10-13 Haziran 2004.

Ömer Arıöz, Bahadır Özçelik, Berkay Kurucu, “Hazır Betonda Operasyonel Kalite Kontrolü ve Hammadde Optimizasyonları”, Beton 2013 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 21-23 Şubat 2013.

Önder Kırca, Mehmet Şahin, “Hazır Beyaz Beton ve Uygulamaları”, Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul, 10-13 Haziran 2004.

Özelmacı Ö.Ç., (2018). An Experimental Investigation On The Effect Of Water/Cement Ratio On The Compressive Strength Of Ready Mixed Concrete Designed By Chemical Admixture And Different Cements. [Doktora Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 517582)

Pitroda, J. Kashiyani, B.K., Raina, V., & Dr. Shah, B.K, (2013). A Study on Transparent Concrete: A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2(8), 83-87.

Poornima D., Shailaja T., Pooja H. P., Santosh G., Sachidananda B., Rashmi M. P., An Experimental Study On Light Transmitting Concrete, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), C.06, S.05, 2019, s.7207-7212.

Prestressed Concrete Institute (PCI), Architectural Precast Concrete, Prestressed Concrete Institute, Kanada, (3.Baskı), 2007, s.100

Prof. Dr. Turhan Y. ERDOĞAN, Beton, METU Pres, 2003

Roth, M.L., 2002. Mimarlığın Öyküsü, (2.Basım), Kabalcı Yayınevi.

Salgın B., (2007). *Brüt Beton, Brütalizm ve Türkiye Örnekleri* (Yükseklisans Tezi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 177712)

Sawant A.B., Jugdar R., Chougule V.P., Experimental work on light transmitting concrete by using optical fiber, Int. J. Adv. Technol. Eng. Sci., C.2, S.12,, 2014, s.636-645.

Shing Mei Chiew, Izni Syahrizal Ibrahim, Mohd Azreen Mohd Ariffin, Han-Seung Lee, Jitendra Kumar Singh, Development and properties of light-transmitting concrete (LTC) – A review, Journal of Cleaner Production, C.284, S.480, 2021, 124780, (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124780>)

Sözen, M., Tanyeli, U., *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü*, Remzi Kitabevi, İstanbul, 2011.

Şener, A. (1996) Architecture Technology- Architectonics, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 55494)

TS EN 197-1 Türk Standartları Enstitüsü , Genel çimentolar Bölüm 1: – Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Ankara, 2012.

Tuaum A., Shitote S.M., Oyawa W.O., Experimental Evaluation on Light Transmittance Performance of Translucent Concrete, International Journal of Applied Engineering Research, C.13, S.02, 2018, s.1209-1218.

Tümer AKAKIN, Yasin ENGİN, Yeni Yüzyılda Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği

Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Birliği Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, Mimarlıkta Malzeme, İstanbul, Mayıs 2006

Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Birliği Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, Mimarlıkta Malzeme, İstanbul, Kasım 2007

URL-1 LiTraCon, <<http://www.litracon.hu/en/products/litracon-blokk>> erişim tarihi: 16.05.2023.

URL-2 GharPedia, <<https://gharpedia.com/blog/transparent-concrete>> erişim tarihi: 20.07.2023..

URL-2, Orijinal Mitsubishi FiberESKA CK20 0.5 mm optik fiber, <<https://www.pofeska.com/pofeskae/product/01/index.html>>, erişim tarihi: 18.05.2023.

URL-3 National Design Academy, <<https://www.nda.ac.uk/blog/translucent-concrete/>> erişim tarihi : 20.07.2023.

URL-4 Arch Daily < <https://www.archdaily.com/775354/a-translucent-concrete-animates-the-facade-of-this-abu-dhabi-mosque> > erişim tarihi : 20.07.2023.

Ünal, O., Yurtçu, Ş. Betonarme Yapılarda Hazır Beton Kullanımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1), (2007). s51-64

Yıldız B., Seçkin P. N., Mimaride Malzemelerin Algısal Farklılıklarının Değerlendirilmesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C.1, S:1, 2019, s.6.



EKLER

EK-1 Numune Kalınlığının Işık Geçirgenliğine Etkisi Işık Geçirgenlik Değerleri Verisi

10 CM UZAKLIK GRAFIĞİ			
Numune Boyutu	LTC02	LTC1	LTC2
2 cm	0,00	1,72	22,38
4 cm	1,73	2,79	66,02
6 cm	3,79	13,38	168,23
8 cm	2,63	11,57	148,86
10 cm	0,00	9,10	36,54
20 cm	0,00	3,85	21,37
30 cm	0,22	8,85	107,16
40 cm	0,00	2,63	38,48

20 CM UZAKLIK GRAFIĞİ			
Numune Boyutu	LTC02	LTC1	LTC2
2 cm	0,00	0,53	14,59
4 cm	0,33	1,95	57,53
6 cm	3,50	13,44	165,37
8 cm	1,63	11,52	82,91
10 cm	0,00	9,41	35,48
20 cm	0,00	2,50	18,28
30 cm	0,00	7,25	87,71
40 cm	0,00	1,13	25,68

30 CM UZAKLIK GRAFIĞİ			
Numune Boyutu	LTC02	LTC1	LTC2
2 cm	0,00	0,00	13,11
4 cm	0,00	1,18	28,82
6 cm	1,08	13,06	131,11
8 cm	0,87	10,77	149,87
10 cm	0,00	8,71	36,61
20 cm	0,00	0,77	16,12
30 cm	0,00	2,88	73,16
40 cm	0,00	0,28	25,37

40 CM UZAKLIK GRAFiği			
Numune Boyutu	LTC02	LTC1	LTC2
2 cm	0,00	0,00	11,96
4 cm	0,00	0,00	29,29
6 cm	0,00	12,33	102,38
8 cm	0,00	6,71	116,54
10 cm	0,00	3,88	41,00
20 cm	0,00	0,00	14,29
30 cm	0,00	0,38	69,08
40 cm	0,00	0,00	22,58

50 CM UZAKLIK GRAFiği			
Numune Boyutu	LTC02	LTC1	LTC2
2 cm	0,00	0,00	0,00
4 cm	0,00	0,00	26,99
6 cm	0,00	7,33	104,93
8 cm	0,00	2,81	102,81
10 cm	0,00	0,00	34,25
20 cm	0,00	0,00	8,84
30 cm	0,00	0,00	67,40
40 cm	0,00	0,00	21,23

EK-2 Numunenin Işık Kaynağına Uzaklığının Işık Geçirgenliğine Etkisi Işık Geçirgenlik Değerleri Verisi

LTC02 LİK ÖLÇÜM GRAFİĞİ								
	LTC02-2	LTC02-4	LTC02-6	LTC02-8	LTC02-10	LTC02-20	LTC02-30	LTC02-40
10 cm	0,00	1,73	3,79	2,63	0,00	0,00	0,22	0,00
20 cm	0,00	0,33	3,50	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00
30 cm	0,00	0,00	1,08	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00
40 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LTC1 LİK ÖLÇÜM GRAFİĞİ								
	LTC1-2	LTC1-4	LTC1-6	LTC1-8	LTC1-10	LTC1-20	LTC1-30	LTC1-40
10 cm	1,72	2,79	13,38	11,57	9,10	3,85	8,85	2,63
20 cm	0,53	1,95	13,44	11,52	9,41	2,50	7,25	1,13
30 cm	0,00	1,18	13,06	10,77	8,71	0,77	2,88	0,28
40 cm	0,00	0,00	12,33	6,71	3,88	0,00	0,38	0,00
50 cm	0,00	0,00	7,33	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00

LTC2 LİK ÖLÇÜM GRAFİĞİ								
	LTC2-2	LTC2-4	LTC2-6	LTC2-8	LTC2-10	LTC2-20	LTC2-30	LTC2-40
10 cm	22,38	66,02	168,23	148,86	36,54	21,37	107,16	38,48
20 cm	14,59	57,53	165,37	82,91	35,48	18,28	87,71	25,68
30 cm	13,11	28,82	131,11	149,87	36,61	16,12	73,16	25,37
40 cm	11,96	29,29	102,38	116,54	41,00	14,29	69,08	22,58
50 cm	0,00	26,99	104,93	102,81	34,25	8,84	67,40	21,23

EK-3 Optik Fiber İçeriğinin Işık Geçirgenliğine Etkisi Işık Geçirgenlik Değerleri Verisi

Işık Kaynağına Uzaklık 10 cm								
Numune	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
LTC02	0,00	1,73	3,79	2,63	0,00	0,00	0,22	0,00
LTC1	1,72	2,79	13,38	11,57	9,10	3,85	8,85	2,63
LTC2	22,38	66,02	168,23	148,86	36,54	21,37	107,16	38,48

Işık Kaynağına Uzaklık 20 cm								
Numune	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
LTC02	0,00	0,33	3,50	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00
LTC1	0,53	1,95	13,44	11,52	9,41	2,50	7,25	1,13
LTC2	14,59	57,53	165,37	82,91	35,48	18,28	87,71	25,68

Işık Kaynağına Uzaklık 30 cm								
Numune	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
LTC02	0,00	0,00	1,08	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00
LTC1	0,00	1,18	13,06	10,77	8,71	0,77	2,88	0,28
LTC2	13,11	28,82	131,11	149,87	36,61	16,12	73,16	25,37

Işık Kaynağına Uzaklık 40 cm								
Numune	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
LTC02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LTC1	0,00	0,00	12,33	6,71	3,88	0,00	0,38	0,00
LTC2	11,96	29,29	102,38	116,54	41,00	14,29	69,08	22,58

Işık Kaynağına Uzaklık 50 cm								
Numune	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
LTC02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LTC1	0,00	0,00	7,33	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00
LTC2	0,00	26,99	104,93	102,81	34,25	8,84	67,40	21,23

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Oğuz Kağan BİLİCİ

Uyruğu : Türk

EĞİTİM

Derece	Adı	Bitirme Yılı
Lisans	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	2017
Önlisans	Anadolu Üniversitesi	2020
Yüksek Lisans	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	2023

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017 - 2018	Denge Ahşap İnşaat Mad. San. Ve Tic. A.Ş.	Şantiye Şefi
2018 - 2019	Arşın Danışmanlık İnş. Nak. Mad. Enrj. San. ve Tic. A.Ş	Şantiye Şefi
2020 – Devam	Toros Üniversitesi	Mimar

UZMANLIK ALANI

Yönetim Organizasyonu

Şantiye Yönetimi

Proje Yönetimi

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

YABANCI DİLLER

Dil	Okuma	Yazma	Konuşma
İngilizce	B2	B2	B1
İtalyanca	A1	A1	A1

YAYINLAR

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

B1. Structural Property of Adobe House in Kahramanmaraş. Kerpic'18 6 th International Conference; 1-2 June 2018 Gaziantep. Türkiye.