



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAM LİF TAKVİYELİ BETONUN YANGIN
DAYANIMLARININ ÇEŞİTLİ
PARAMETRELER AÇISINDAN
İRDELENMESİ**

ALİ MURTADHA ALİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

AĞUSTOS-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Murtadha Ali tarafından hazırlanan "Cam Lif Takviyeli Betonun Yangın Dayanımlarının Çeşitli Parametreler Açısından İrdelenmesi" adlı tez çalışması 23/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ALTIN

Üye

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK

Üye

Yrd. Doç. Dr. Nebi ÖZDÖNER

İmza

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından BAP-17201039 nolu proje ile desteklenmiştir.

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.



Ali Murtadha Ali

23/08/2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAM LİF TAKVİYELİ BETONUN YANGIN DAYANIMLARININ ÇEŞİTLİ PARAMETRELER AÇISINDAN İRDELENMESİ

Ali Murtadha Ali

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. M. Hakan ARSLAN
Yardımcı Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ALTIN
2017, 67 Sayfa**

Jüri

**Prof. Dr. M. Hakan ARSLAN
Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK
Yrd. Doç. Dr. Nebi ÖZDÖNER**

Betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla beton karışımına çeşitli malzemeler eklenerek literatürde araştırmalar yapılmıştır. Cam lifi de taze beton karışımına eklenen malzemelerden birisidir. Cam lifi eklenmiş “Cam Lif Takviyeli Beton (CTB)” uygulamada da kullanılmaktadır. Beton içine cam lifi eklenerek özellikle betonun eğilme ve çekme dayanımında hatırı sayılır artışlar meydana gelmekte, bu şekilde üretilmiş olan betonlar daha ince kesitli oldukları için de uygulamada tercih edilmektedirler. Bu çalışmada; çeşitli yangın sürelerine CTB elemanlarının mekanik özellikleri deneysel olarak ölçerek, yangının CTB elemanlarına ve içindeki cam lif etkisini mekanik özelliklerine ve dış etkenlere bağlı olarak incelenmiştir. Bu motivasyondan hareketle; farklı oranlardaki cam elyaf katkısının betonun dayanımı üzerindeki etkisi, farklı sürelerde yangına maruz bırakılarak CTB elemanlarının mekanik özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton, Cam Lif Takviyeli Beton, Mekanik Özellik, Yangın.

ABSTRACT

MS THESIS

**EVALUATION OF FIRE RESISTANCE OF GLASS FIBRE REINFORCED
CONCRETE IN TERMS OF VARIOUS PARAMETERS**

Ali Murtadha Ali

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. M. Hakan ARSLAN

Consultant Advisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa ALTIN

2017, 67 Pages

Jury

Prof. Dr. M. Hakan ARSLAN

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Asst. Prof. Dr. Nebi ÖZDÖNER

In order to improve the mechanical properties of concrete, various materials are added to the concrete mixture and researches are done in the literature. Glass fiber is one of the materials added to the fresh concrete mixture. Glass Fiber Reinforced Concrete (GFR) with glass fiber added is also used in practice. By adding glass fiber into the concrete, there are considerable increases in the bending and tensile strength of the concrete, Concretes produced in this way are preferred in practice because they are thinner. In this study; By experimentally measuring the mechanical properties of GFR elements for various fire durations, The GFR elements of the temperature and the effect of the glass fiber in the interior depends on their mechanical properties and external factors. Moving from this motivation; Effect of glass fiber admixture at different ratios on concrete strength, the mechanical properties of the GFR elements will be investigated experimentally by exposure to fire for different durations.

Keywords: Concrete, Glass Fiber Reinforced Concrete, Mechanical Property, Fire.

ÖNSÖZ

Bu tezi yöneten ve çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve yardımları ile yanımda olan ve tecrübesi ile bana yol gösteren, karşılaştığım her zorlukta yardımlarını esirgemeyerek ve her zaman destek olan başta saygı değer danışman hocam: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN olmak üzere, katkısını ve yardımını esirgemeyen saygıdeğer yardımcı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa ALTIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Gösterdikleri sonsuz sevgi, hoşgörü ve destekleri için çok sevgili aileme, teşekkür ederim.

ALİ MURTADHA ALİ

KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Tezin Önemi	2
1.3. Tezin Kapsamı	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. BETON İÇERİSİNDE KULLANILAN LİF ÇEŞİTLERİ	17
3.1. Doğal Olarak Elde Edilen Lifler	17
3.2. Yapay Lifler	17
3.2.1. Madensel lifler	18
3.2.2. Polimer lifler	18
3.2.3. Cam lifler	19
4. YANGIN KAVRAMI	20
4.1. Testlerde Kullanılan Yangın Eğrisi	21
4.2. Yangının Gelişim Aşamaları	22
4.2.1. Tutuşma aşaması.....	22
4.2.2. Gelişme aşaması	22
4.2.3. Büyüme aşaması	23
4.2.4. Tam büyüme aşaması.....	23
4.2.5. Sönme aşaması.....	23
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
5.1. CTB Numunelerinin Hazırlanmasında Kullanılan Malzemeler	24
5.2. Numunelerin Üretimi	26
5.2.1. Numunelerin kodlarının belirlenmesi	28
5.2.2. Numunelerin boyutları ve şekilleri	28
5.3. Numunelerin Karışım Oranları	29
5.4. CTB Numunelerinin Üzerinde Yapılan Deneyler	29
5.4.1. Yangın dayanımı deneyleri	30
5.4.2. Basınç dayanımı deneyleri (silindir numune).....	38
5.4.3. Çekme dayanımı deneyleri (yarmada çekme) (silindir numune).....	38
5.4.4. Çekme dayanımı deneyleri (eğilmede çekme) (prizmatik).....	39

5.4.5. Çekme dayanımı deneyleri (eğilmede çekme (çift noktadan)) (prizmatik)..	40
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	41
6.1. CTB Numunelerin Basınç Dayanımı Deney Sonuçları	41
6.2. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Yarmada Çekme) Deney Sonuçları	43
6.3. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Eğilmede Çekme) Deneyleri Sonuçları ..	45
6.4. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)) Deneyleri Sonuçları	47
7. SONUÇLAR.....	50
7.1. CTB Numunelerin Yangından Önce Sonuçlar	51
7.2. CTB Numunelerin Yangından Sonra Sonuçlar	52
7.3. Yanmış ve Yanmamış Numunelerin Çekme ve Basınç Dayanımının Karşılaştırılması.....	53
8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Cm	:	Santimetre
m	:	Metre
mm	:	Milimetre
Mpa	:	Megapaskal
N	:	Newton
TS	:	Türk Standardı
μ	:	Mikron
μm	:	Mikrometre
$^{\circ}\text{F}$:	Fahrenhayt Derece
$^{\circ}\text{C}$:	Santigrat Derece
%	:	Yüzde
f_c	:	Basınç Dayanımı
f_{ct}	:	Çekme Dayanımı
f_{ctf1}	:	Eğilmede Çekme Dayanımı
f_{ctf2}	:	Eğilmede Çekme (Çift Noktadan) Dayanımı
ξ	:	Katsayısı

Kısaltmalar

CTB	:	Cam Lif Takviyeli Beton
GRF	:	Glass Fibre Reinforced Concrete - Cam Lifi Takviyeli Beton
HPC	:	High Performance Concrete - Yüksek Performanslı Beton
ÇTDB	:	Çelik Tellerle Donatılı Beton
AR-Cam Lifler	:	Alkali Dayanıklı Cam Elyafı
ASTM	:	Amerikan Test ve Malzeme Kuruluşu (American Society for Testing and Materials)

1. GİRİŞ

Beton yapı kullanımdan geniş kullanım alanına sahip bir malzemedir. Bu geniş kullanımdan dolayı betonun özelliklerini iyileştirebilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Betona ilave edilen farklı türdeki lifler ile elde edilen “Lif Takviyeli Beton”lar yapılan bu çalışmalardan biridir. Cam Lif takviyeli beton (CTB); çimento, agrega ve süreksiz dağılmış liflerin suyla karıştırılmasıyla elde edilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir (Kurt, 2006).

Yapı elemanları için önemli özelliklerden birisi, yangın ya da yüksek sıcaklıklara göstermiş oldukları dayanıklılıktır. Yangın ya da yüksek sıcaklık etkisi yapıların tasarımı aşamasında pek dikkate alınmamakla birlikte sadece özel amaçlı yapılarda, fabrika, termik santraller, yüksek sıcaklıklı bacalar vb. gibi yapılarda irdelenmektedir. Normal bir yapının yüksek sıcaklığa maruz kalma durumu pek fazla önemsenmemektedir. Fakat özellikle endüstriyel gelişim, daha çok enerji kullanımını, yangın riskini beraberinde getirmektedir.

Beton bir bütün olarak düşünüldüğünde, içindeki sertleşmiş çimento hamuru ve agrega gibi bileşenlerin termal genleşmelerinin birbirinden farklı olduğu bilinir. Bu nedenle, betondaki sıcaklık değişimleri, içerisindeki bileşenlerde birbirinden farklı hacim değişmelerine, çatlak oluşumuna ve betonun dayanımının azalmasına neden olur. Bu olay “betondaki bileşenlerin termal uyumsuzluğu” olarak bilinmektedir (Şimşek & Sancak, 2005). Sertleşmiş çimento hamuru oda sıcaklığından yaklaşık 150 °C ye ısıtıldığında maksimum %0,2 oranında genişir (Cruz & Gillen, 1980). Sıcaklık 150 °C den 300 °C’ ye arttırıldığı zaman sertleşmiş çimento hamuru büzölmeye başlar. Sıcaklık 800 °C’ ye arttırıldığında ise çimento hamurundaki büzölme %2,2 ye kadar çıkabilir. Genellikle, 150 °C’nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda agregalar genişip dağılmaya başlarken, hidratasyon ürünlerinin dehidratasyonu sonucu çimento pastası büzöür. Bu nedenle, yüksek sıcaklık şartları altında termal genleşmeler ve çatlamlar gelişir (Anwar Hossain, 2006). Bu açıdan bakıldığı zaman betonun yüksek sıcaklık altındaki davranışı merak uyandırmaktadır.

Beton içerisine lifler katılmakla betona yeni özellikler kazandırmak ve belli özellikleri arttırılmaktadır. (Arslan & Ulucan, 1997). Günümüzde betonda yaygın olarak kullanılan lifler; çelik, polimer (polipropilen, PVA), cam ve karbon esaslıdır. Betona liflerin eklenmesi; Betonun çekme ve eğilme mukavemetini, enerji tüketim kapasitesini ve çatlak büyüme özelliklerini iyileştirmek için en etkili yöntemlerden biridir.

Üstün katkılarının yanında CTB yangın performansını ne kadar geliştireceği / iyileştireceği tartışmaya açık bir boşluk olarak değerlendirilmiştir. Literatürde cam lif katkılı betonun yüksek sıcaklık altındaki mekanik özelliklerini inceleyen detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, farklı oranlarda cam lif eklenmiş beton numunelerinin çeşitli sürelerde yangına maruz kaldıktan sonra meydana gelen mekanik değişimler incelenecektir.

1.1.Tezin Amacı

Bu yüksek lisans tezinin amacı; çeşitli yangın sürelerine tabi tutulmuş (çeşitli sıcaklık seviyelerinde test edilmiş) CTB elemanlarının mekanik özellikleri deneysel olarak ölçerek, yangının CTB elemanlarına ve içindeki cam lif etkisini mekanik özelliklerine ve dış etkenlere bağlı olarak incelemektir. Bu motivasyondan hareketle; farklı oranlardaki cam elyaf katkısının betonun dayanımı üzerindeki etkisi, farklı sürelerde yangına maruz bırakılarak CTB elemanlarının mekanik özellikleri deneysel olarak araştırılacaktır.

Öncelikle, CTB bileşimleri, imalatı, bileşik davranışı ve uygulamaları ile ilgili temel bilgileri içeren literatür taraması sunulmaktadır. Yaygın olarak mimari cephe kaplaması alanında kullanılan ince tabaka ürünler üzerine odaklanılmıştır. CTB'yi oluşturan malzemeler ve özelliklerinden, cam elyaf takviyeli beton panellerin üretim yöntemleri ve sürecinden, malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik, termik özelliklerinden, montaj sistemlerinden ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

1.2.Tezin Önemi

Yangın, gerekli önlemler alınmadığı takdirde can ve mal kaybına sebep olan önemli bir afettir. Gelişen teknoloji ve sanayileşmenin artması, nüfusun giderek çoğalmasına paralel olarak toplu yerleşim bölgelerinin fazlalaşması, yangın riskinin ve buna bağlı olarak yangının maddi ve manevi zararlarının artışına sebep olmaktadır. Yapı elemanları için önemli özelliklerden birisi de yüksek sıcaklıklara göstermiş olduğu dayanıklılıktır. Fakat bu özellik yapı tasarımı aşamasına pek dikkate alınmamakta, sadece, fabrika termik santraller, yüksek sıcaklıklı bacalar vb. gibi özel amaçlı yapılarda incelenmektedir. Betonarme yapıların yangın güvenliği ahşap ve çelik yapılara göre daha iyidir. Betonun yanıcılık açısından, yapılan sınıflandırmalarda A1 sınıfı "hiç

yanmaz" malzemeler gurubuna girerler. Bunun yangındaki hasarları malzeme kaybı değildir. Hasar; dayanım, akma sınırı ve elastisite modülündeki azalmalar ve içyapı değişiklikleri olarak ortaya çıkar.

Yüksek sıcaklık etkisinde kalan beton başlangıç basınç mukavemetinin bir kısmını kaybeder. Basınç mukavemetindeki azalma miktarı, kullanılan malzemelerin özelliklerine ve ulaşılan en yüksek sıcaklık, ısıtma hızı, ısıtma süresi, soğutma şekilleri gibi değişkenlere göre farklılık gösterir. 300 °C'nin üzerinde sıcaklıklarda betonun basınç dayanımında belirgin kayıplar olduğu literatürde belirtilmektedir.

CTB özellikle prestij binaları başta olmak üzere birçok kamu ve devlet binasında kullanım alanı artan bir malzemedir. Bu malzemelerin yangın performansı ile ilgili yapılacak olan bu çalışma gerek üretici gerekse uygulayıcılar açısından temel bir kaynak niteliğinde olacaktır. Bu konuda yapılmış bir çalışma olmadığı için her türlü sonuç lüteratür için önem arz etmektedir.

1.3.Tezin Kapsamı

Bu tez çalışma kapsamında; öncelikle, lif çeşitleri ve özelliklerini tanıtılmıştır ve beton numuneleri çeşitli oranlarda cam lifi eklenerek üretilmiştir, 0, 5, 10, 15, 20 kg/m³ ve bu numuneleri çeşitli sürede yangına bırakılmıştır, 0, 30, 60, 90 ve 120 dakika yangın süresi, numuneler soğuduktan sonra yangın odasından çıkarılarak, Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına alınmış ve cam lif katkısının betonun mekanik davranışları üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla numunelerin üzerinde yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında olmak üzere basınç dayanımı deneyi, çekme deneyleri (yarmada çekme), çekme deneyleri (eğilmede çekme) ve çekme deneyleri (eğilme deneyi (Çift Noktadan)) gerçekleştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kurt, (2006), yaptığı çalışmada, cam elyaf içeriği ve su / çimento oranı, sekiz farklı CTB karışımı üretmek üzere değiştirilmiştir. Tüm karışımlar için elastisite modülü standart basınç testleri için 100 mm çaplı ve 200 mm yüksekliğinde silindirler hazırlanmıştır. Yarmada çekme deneyleri için 150 mm çapında ve 60 mm yüksekliğinde disk numuneler ve kırılma enerjisi deneyleri için de 280 mm uzunluğunda 50 mm x10 mm kesitinde kirişler hazırlanmıştır. Mekanik davranışlar ve özellikler, basınç oranları, elastisite modülleri, yarmada çekme dayanımları, kırılma enerjileri, değişik oranlarda cam elyaf içeren betonlar ve farklı su / çimento oranına sahip ve cam lifi içermeyen betonlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Su/çimento oranı 0,34 olan yalın betonun (matris) kırılma enerjisi, cam liflerinin eklenmesiyle 109 katına kadar ulaşmıştır. Su/çimento oranı 0,36 olan fibrobetonda ise matrise kıyasla kırılma enerjisi 66 kat artmıştır. Böylece, cam lifi takviyeli kompozitler yalın olanlara kıyasla daha tok ve sünek davranış sergilemiştir.

Tuna, (2010), yaptığı çalışmada, yapı kabuğunu oluşturan CTB cephe panellerinin kompozisyon özelliklerine, tasarım düzenine, üretim yöntemlerine ve dış faktörlere bağlı olarak dayanıklılığını incelemek amaçlanmıştır. CTB'nin fiziksel, kimyasal, mekanik, termik özellikleri ve montaj sistemlerinden bahsedilmiştir.

Diğer taraftan, mimari, yapısal ve mühendislik alanlarındaki kullanımının, malzemelerin çeşitliliği vurgulanmıştır. CTB'nin uygulandığı kalite kontrol testleri standartlara dayanarak anlatılmıştır. Yapılan literatür araştırması doğrultusunda deneysel çalışma programlanmıştır. İlk olarak, su emme, boşluk yapısı ve geçirimsizlik deneyleriyle malzemenin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Daha sonra, tekrarlı hava şartlarında yıpranma, don tesirlerine dayanıklılık ve rutubet nedeniyle en büyük boyutsal değişimlerin ölçülmesi deneyleriyle malzemenin durabilite özellikleri üzerinde durulmuştur. Son olarak, tekrarlı hava şartlarında yıpranma deneyi numunelerine, tabii don tesirlerine dayanıklılık deneyi numunelerine ve kontrol numunelerine eğilme deneyi yapılmış ve malzemenin mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Bölükbaş, (2011), tarafından yapılan çalışmada, su/çimento oranları 0.45, 0.50 ve 0.55 olan 300, 350 ve 400 dozlu ve 5, 10, 15, 20 kg/m³ oranlarında CTB numunelerin porozite, kapiler su emme katsayısı, ultra ses geçiş hızı tayinleri yapılmıştır. Ayrıca basınç ve yarmada çekme dayanımları test edilmiştir. Numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanımlarını tahmin eden yapay sinir ağı (Uysal)

modellenmiştir. Çalışma sonucunda, cam lif içeriğinin artması ile porozite değerinde ve kapiler su emme katsayısında artış meydana gelmiştir, bunun yanı sıra ultra ses geçiş hızlarında azalma meydana gelmiştir. Ayrıca numunelerin basınç dayanımları düşük lif oranlarında küçük artışlar göstermesine rağmen yüksek lif miktarlarında düşüşler göstermiştir. Benzer şekilde yarmada çekme dayanımları düşük cam lif oranlarında artış göstermiştir ancak 20 kg/m^3 cam lif içeren numunelerde yarmada çekme dayanımlarında azalma meydana gelmiştir.

Durmaz, (2007), yaptığı çalışmada, Betonarme sistemlerde; eksenel taşıyıcı olan kolon elemanının temel pabucu üzerine oturduğu durumlarda, kolon ile temel arasındaki etkileşim sonucu oluşan bu gerilme yatak gerilmesi olarak tanımlanır. Yatak gerilmesi özellikle yüksek dayanımlı betonların elde edilmesiyle daha fazla önem kazanmıştır. Yüksek dayanımlı betonlarla birlikte temel üzerine gelen yapı yükleri de artmaktadır. Temel elemanı düşük dayanımlı olduğu zaman üzerine gelen yük sonucunda oluşan enine gerilmeler temelin çökmesine sebep olmaktadır. Şartnameler, yatak çökmesini önlemek için iki yol önermektedir: birincisi, temel gövdesinde enine gerilmeler sonucu oluşan eksenel çatlağın oluştuğu bölgeye çekme gerilmelerini karşılamak için donatı yerleştirmek, ikincisi ise içsel çatlağın meydana gelmemesi için yatak gerilmelerini sınırlamaktır. Yaptığı tez çalışmasındaki amaç, beton/betonarme yapılarda yatak çökmesini engellemek için kullanılan iki yöntemin bir arada temin edebilecek lifli beton kullanımının performansını tespit etmektir. Çünkü betonda lif kullanımı malzemenin basınç dayanımının aşırı miktarda arttırmamakla beraber, eğilme çekme mukavemetini arttırmakta ve çatlak oluşuktan sonra çatlak gelişim hızını yavaşlatmaktadır. Bu sebeple, özellikle eksenel basınca maruz lifli beton bloklardaki liflerin, gövdede oluşan enine çekme çatlak oluşumundan, toptan göçmeyi geciktirmesi beklenen bir sonuçtur.

Altınay, (2011), yaptığı çalışmada, beton esaslı prekast cephe panellerinin bileşenlerinin ve birleşim derzlerinin tanımı ve cephe panellerinin çeşitli farklılıklara göre sınıflandırılması ve üretim ve uygulama süreçleri literatür ve alan çalışmasına temel alınarak incelenmiştir ve beton esaslı prekast cephe panellerinden beklenen performans gereksinimleri yapı malzemeleri yönetmeliği kapsamında ele alınarak irdelenmiştir.

Türkiye 'de giderek yaygınlaşan cam elyaf takviyeli prekast beton paneller, alan çalışmalarına göre bileşenleri ve uygulama şekillerine göre sınıflandırılmış ve hem inşaat alanlarında hem de bitmiş binalarda performans değerlendirmesi

gerçekleştirilmiştir ve son olarak elde edilen bilgiler ve veriler ışığında cephe panellerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsedilerek sonuçlar genel olarak özetlenmiştir.

Can, Durmuş, Subaşı, Yıldız, & Arslan, (2009), çalışmalarında, Çelik ve polipropilen elyaf eklenerek aşınmaya maruz kalan beton yol kaplamaları için normal betonlara göre aşınma direncinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada 100*200*20 cm boyutlarında hazırlanmış kalıplara dökülmek üzere, referans, çelik ve polipropilen lifli olmak üzere üç tip beton hazırlanmıştır. Beton bloklar üzerinden alınan 10*20 cm boyutlarında karot numuneleri üzerinde ASTM C 944-99'a göre aşınma dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Sonuçta olarak, en fazla aşınma dencini sırayla çelik lifli, polipropilen lifli ve lif katkısız referans betonda olduğu görülmüştür.

S. Yıldız, Bölükbaş, & Keleştemur, (2010), çalışmalarında farklı oranlardaki cam elyaf katkısının beton basınç ve çekme dayanımına etkisini belirlemek için, C30 beton sınıfında sabit su / çimento oranına sahip 300 ve 350 dozluk beton numuneleri hazırlanmıştır bu numunelerin ultrases geçiş hızı, basınç ve yarmada çekme mukavemetleri dayanımları incelenmiştir. Özellikle 5 ve 10 kg/m³ cam elyaf katkısı beton basınç mukavemeti üzerinde olumlu etkisi gözlenmiştir. Ayrıca, cam elyaf oranındaki artış nedeniyle, betonların yarmada çekme mukavemetinde artış meydana gelirken, ultrases geçiş hızları azalmıştır.

Kavas T. & Sabah E., (2001), tarafından yapılan çalışmada Betona dayanım kazandırmak ve esnekliğini arttırmak suretiyle kırılma gücünü geliştirmek için betonun içine çeşitli hammaddeler eklenmiştir. Bu çalışmada, sözü edilen amaca ulaşmak için Portland çimentosu klinkeri ve alçı taşından oluşan karışıma %3, %5, %10, %15, %20 ve %30 oranlarında sepiyolit eklenerek çimentonun özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen karışıma kimyasal testler, elek analizleri, blaine testleri, genleşme deneyleri, donma başlangıcı ve donma sonu, basma dayanımı ve eğilme dayanımı gibi fiziksel ve mekanik testler yapılarak, çimentoya ilave edilen sepiyolit oranına göre hangi özelliklerin geliştirildiği, tespit edilmiştir. Yapılan testler ve deneyler sonucunda, betona %10 sepiyolit katkısının klinker miktarındaki azalmaya karşın çimentonun basma dayanımını ve eğilme dayanımını geliştirdiği, ayrıca çimentonun diğer özelliklerinde de herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığı tespiti edilmiştir.

Sarı, (2014), yaptığı çalışmada, 4 farklı lif ile 5 farklı karışım üretilmiştir. Bütün karışımlar için standart basınç ve elastisite modülü deneyleri için 150 mm çapında ve

300 mm yüksekliğinde silindir numuneler üretilmiştir. Yarma çekme deneyleri için 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğindeki silindir numuneler 2' ye kesilerek 150 mm çapında 150 mm yüksekliğinde numuneler hazırlanmıştır. Kırılma enerjisi ve eğilme dayanımlarını belirlemek için üç noktalı eğilme deneyi uygulanmak üzere 600 mm uzunluğunda 150x150 mm kesite sahip kiriş numuneler üretilmiştir. Üç noktalı eğilme deneyinde kiriş numuneler üzerinde sehim ve çatlak ağzı açılma deplasman değerleri ölçülmüştür. Sehim değerleri, çatlak ağzı açılma deplasmanları ise "Çatlak ağzı açılma deplasmanı ölçer" ile ölçülmüştür. Farklı oranlarda ve özellikte lif içeren betonların basınç dayanımları, elastisite modülleri, yarma çekme dayanımları, kırılma enerjileri ve eğilme dayanımları hesaplanarak yalın betonlarla kıyaslanmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen değerler Alman Beton Birliği Yöntemi' nede (ABBY) belirtilen kullanılabilirlik ve taşıma gücü sınır durumu değerlerine göre hesaplandı ve karışımların ABBY' ne göre mekanik davranış ve özellikleri değerlendirilmiştir.

Çelik lif kullanılarak üretilen betonların kırılma enerjileri ve eğilme dayanımlarının hacimce aynı oranda kullanılan iki farklı makro sentetik ve bazalt lifli betonlara kıyasla daha yüksek değerler aldığı belirlenmiştir. Çelik lif oranının artması ile betonun tüm mekanik özelliklerinde iyileşme görülmüştür. Makro sentetik liflerin ise numunelerde ayrı ayrı kullanılmasının kırılma enerjisine ve eğilme dayanımına etkisi aynı seviyelerde olmuştur. Sonuçların Alman Beton Birliği' ne göre değerlendirilmesi sonucunda bazalt lifli ve yalın betonların taşıma gücü sınır durumu için öngörülen sehim değerlerine erişemediği gözlenmiştir. Makro sentetik liflerde kullanılabilirlik sınır durumundaki eş değer eğilme dayanımlarının taşıma gücü sınır durumundaki eş değer eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler aldığı belirlenmiştir. Çelik lifli betonlarda ise makro sentetik liflerin tersine kullanılabilir sınır durumundaki eş değer eğilme dayanımları, taşıma gücü sınır durumundaki eş değer eğilme dayanımlarına göre daha düşük değerler almıştır.

S. Yıldız, Keleştemur, & Gökçer, (2013), tarafından yapılan çalışmada, cam elyaf takviyeli harç numunelerine farklı miktarlarda ilave edilerek ağırlıkça ve dolgu malzemesi ile %10, %20 ve %30 oranında yer değiştirilerek atık mermer tozu ilave edilmiştir. Elde edilen numunelerin, mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine yüksek sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, hazırlanan numuneler üzerinde porozite, kılcal su emme, ultra ses geçiş hızı, basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı

deneyleri yapılarak yüksek sıcaklık sonrası numunelerde meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Demirel & Gönen, (2008), tarafından yapılan çalışmada, silis dumanı katkılı karbon lif takviyeli hafif betonun mekanik özellikleri üzerine yüksek sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, çimento ağırlığının %10'u oranında silis dumanı, CEM I 42,5 N tipi çimento, Elâzığ yöresi bazik karakterli pomza agregası ve çimento ağırlığının %0,5 oranında karbon lif kullanılarak hafif beton numuneler hazırlanmıştır. Yüksek sıcaklığın hem silis dumanlı hem de karbon lifli hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yaptığı etkileri gözlemek için, silis dumansız hafif beton, silis dumansız karbon lifli hafif beton, silis dumanlı hafif beton ve silis dumanlı lifli hafif beton olmak üzere 4 farklı seri hazırlanmıştır. 365 günlük yasa erisen numuneler 1saat süreyle 250, 500, 750 ve 1000 °C sıcaklıklara maruz bırakılmışlardır. Numuneler oda sıcaklığında soğutulduktan sonra, porozite ve basınç dayanımı değerleri kaydedilmiştir. Sonuç olarak, silis dumanı içeren serilerde basınç dayanımı kayıpları silis dumansız serilere göre daha yüksek çıkmıştır. Basınç dayanımı ve porozite arasındaki ilişki 500 ve 750 °C dışında yüksektir.

Ataman, (1979), yaptığı çalışmada yangından etkilenen betonun mekanik özelliklerini belirleyerek yüksek sıcaklık ve soğutma tiplerinin betonun eğilme ve basınç dayanımı üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. Agregaların genleşmesi, çimentonun büzülmesi, beton boşluklarındaki ve çimento birleşimindeki suyun dehidratasyonu gibi fiziksel ve kimyasal olaylar sonucu beton mukavemetinin azaldığı tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonun hava ve su ortamlarında soğutulmaları sonucu elde edilen dayanımındaki azalmaların, su ortamında soğutulanlarda daha küçük olduğu ifade edilmiş ve bu durum beton numunelerinin su içerisinde iken yeniden hidratasyon yapabilecek ortamı bulması ve bunun sonucunda dayanımındaki bir kısmının geri kazanılmasıyla açıklanmıştır.

Lau & Anson, (2006), çalışmalarında %1 oranında çelik fiber içeren betonların 105⁰C-1200⁰C arasında değişen yüksek sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra basınç, eğilme mukavemetleri, elastisite modülleri ve porozitelerini incelemiştir. Çalışmada 10 cm boyutlu küp ve 10x20 cm boyutlu silindir numuneler kullanılmıştır. 400⁰C'nin altındaki sıcaklıklarda basınç mukavemeti kaybının çok az olduğu görülmüştür. Bütün beton grupları için 400⁰C sıcaklıktan itibaren basınç mukavemetlerinde büyük azalmalar başlamıştır. 600⁰C'den itibaren yüksek dayanımlı betonların normal betona göre daha fazla mukavemet kaybı göstermiştir. Fiber kullanımının ısıtılmış betonda 1200⁰C'ye

kadar olumsuz bir etkisi olmadığı aksine betonun mekanik özelliklerini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

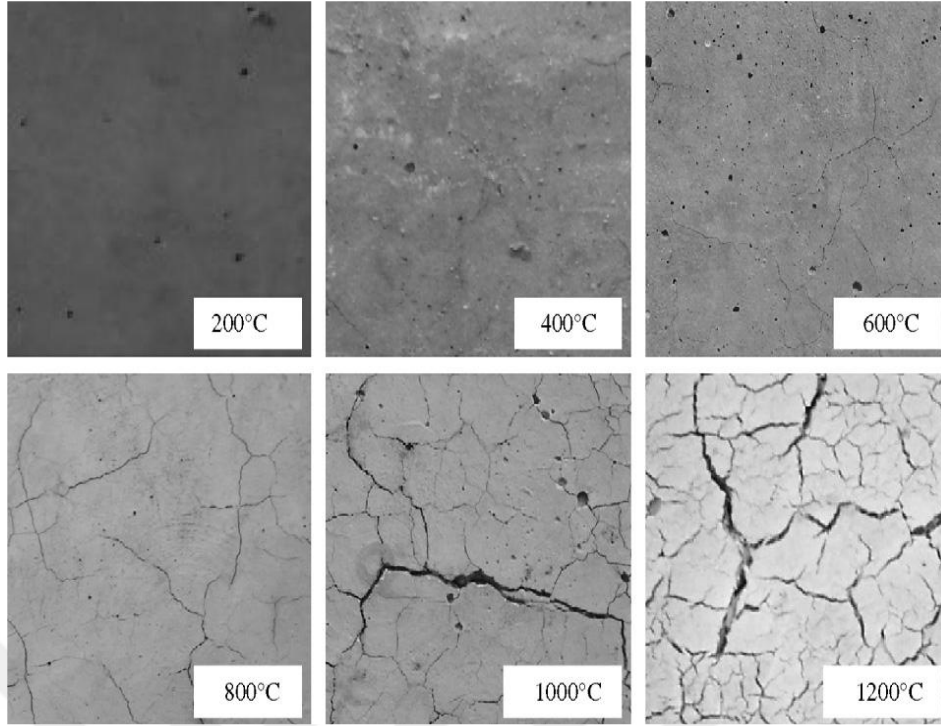
Peng ve ark., (2008), tarafından; 200⁰C -800⁰C arasında yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmış fiberli betonların soğutulması esnasında termal şokun betonların mekanik özelliklerine etkisi üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Doğal soğutma, 5 ile 60 dakika arasında değişen sürelerde su püskürtme ve su içinde tutma gibi farklı soğutma şekilleri uygulanmıştır. Su içinde tutma ve 30 dakikadan fazla sürelerde su püskürtme gibi hızlı soğutma tekniklerinin termal şoka sebep olduğu belirlenmiştir. Hızlı soğutma yöntemlerinin daha fazla hasara sebebiyet verdiği ve betonun basınç mukavemeti, çekme mukavemeti ve kırılma enerjisi özelliklerinde, doğal soğutmaya kıyasla daha fazla kayıplara yol açtığı belirtilmiştir. 30 dakika ve üzerinde su püskürtmenin suda bekletme ile eşdeğer hasara yol açtığı, ayrıca çelik ve polipropilen fiber kullanımının hem mukavemet hem de kırılma enerjisi özelliklerine olumlu etki yaptığı açıklanmıştır.

Şimşek & Sancak, (2005), tarafından yapılan bims agregası ile üretilen taşıyıcı hafif beton (HB) ve normal yoğunluklu agrega ile üretilen normal betonların (NB) karşılaştırmalı olarak 1000⁰C'ye kadar yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra ağırlık kaybı ve yangın sonrası basınç dayanımları araştırılmıştır. Çalışmada silis dumanı (SD), mineral katkı olarak %0, %5 ve %10 oranlarında çimento ile ağırlıkça yer değiştirilerek kullanılmıştır. HB'ların birim ağırlıkları, NB'lara göre %23 daha düşüktür. Çalışma sonucunda 20⁰C, 100⁰C ve 400⁰C sıcaklıklara maruz bırakıldıklarında, NB'ların HB'lara kıyasla daha dayanıklı oldukları görülmüştür. 800⁰C ve üstündeki sıcaklıklarda, SD kullanım oranına bağlı olarak basınç dayanımı kaybının arttığı belirtilmiştir. Hafif betonlardaki ağırlık kaybı değerlerinin; 400⁰C -800⁰C'lerde normal betonlardan fazla iken, 100⁰C'de düşük kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca hafif ve normal betonların basınç dayanımlarının 100⁰C'ye kadar önemli oranda azalma göstermediği, hatta bir miktar arttığı bildirilmiştir.

Uysal, (2004), tarafından yapılan bu çalışmada binanın çeşitli yapısal elemanlarının ısı iletkenliği incelenmiştir. Öncelikle, Yapı elemanları için matematiksel bir model oluşturulmuş ve daha sonra uygun sınır koşulları için özel çözümler elde edilmiştir. Hesaplamalar için perde, kolon, döşeme ve kiriş betonarme elemanlar kullanılmıştır. Perde elemanı her iki taraftan ve kolon elemanı dört yüzden yangına maruz kaldığı düşünülmüştür. Döşeme elemanları için $y_1 > y_2$ olmak üzere; alt yüzeyinden y_1 ve üst yüzeyinden y_2 yangın değerinin etkilendiği durumlarda çözümler

üretimiştir. Kiriş elemanlarının sıcaklığı kontrol etmek için alınan üç yüzeyden tesir ettiği düşünölmüştür. Yapılan testler sonucunda betonarme yapının boyutları artışının ve yangın direncinin fiziksel özellikleri iyileşmiştir. Kolon, kiriş, döşeme ve perdelerde. Elemanın boyutları arttıkça eleman içindeki bir x uzaklığındaki sıcaklık yangının t inci dakikasında daha düşük olmuştur. Bunun anlamı, elemanın boyutları arttıkça yangından görölen hasarın azalması demektir. Sonuç olarak, taşıyıcı sistemli bir binanın yangın güvenliği yalnızca perdelerden oluşur ve büyük kolonlarla içeren bir binanın yangın dayanımı aynı olmayacaktır. Taşıyıcı sistemde, yangın sırasında ve sonrasında, perdelerden oluşun bir sistem yerine, kaplanmış alçı levhalarla korunan geniş kolonlar veya kolonlar ve perdeler içeren bir sistemin kullanılması önerilir. Binanın üst katta çıktıkça yangın hasarı artar. Bina üzerindeki yüklere göre, üst katlarda kolon boyutları daha küçüktür ve daha fazla kolonun boyutlamasında yangın etkisi daha az olur. Yangın hasarının kolonun alt bölümünde daha az olacağı, üst bölümle daha büyük olacağı düşünölmüştür, kirişlerin yakınında ve döşemelerin altında meydana gelmektedir.

Arioz, (2007), tarafından yapılan çalışmada normal portland çimentosu, kırılmış kalker ve dere agregaları ile üretilen farklı beton karışımların 200⁰C-1200⁰C arası yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. 7x7x7 cm boyutlu küp numuneler 20⁰C /dakika artış hızıyla hedef sıcaklıklara kadar ısıtılmış, bu sıcaklıklarda 2 saat süreyle bekletildikten sonra oda sıcaklığına soğutularak ağırlık kayıpları ve basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Sıcaklığın 600⁰C'ye ulaşmasıyla yüzey çatlaklarının görünür hale geldiği, 800⁰C'de daha da arttığı, 1000⁰C'de ise iyice arttığı görölmüştür. 1200⁰C'de betonlar tamamen bozulmuştur. Betonların ağırlıklarının, sıcaklığın artmasıyla 800⁰C'ye kadar kademeli olarak azaldığı bu sıcaklıktan itibaren ise çok keskin düşüşler gösterdiği belirtilmiştir. Sıcaklığın etkisinin dere agregası ile üretilen betonlarda daha belirgin olduğu bunun sebebinin ise silis içeriği olabileceği belirtilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Arıöz'ün çalışmasından bir görüntü.

S. Yıldız, Keleştemur, & Bölükbaş, (2010), tarafından yapılan çalışmada beton yapılar da çok geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Ancak gevrekliği nedeniyle zaman zaman farklı malzemelerle desteklenmesi gereği doğabilir. Daha sünek bir yapı kazandırabilmek amacıyla betona cam elyaf katılmaktadır. Cam elyaf katkısı, betonda oluşan çatlakların ani olarak yayılmasını engelleyerek beton dayanımının artışı sağlanmaktadır. Yapılan çalışmada, farklı oranlardaki cam elyaf katkısının betonun dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla, sabit su/çimento oranına sahip 300 ve 350 dozlu beton numuneler hazırlanarak bu numunelerin mekanik dayanımları incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, cam lif oranındaki artışa bağlı olarak, farklı dozajlara sahip olan betonların çekme dayanımlarında artış meydana geldiği gözlenmiştir.

Chen & Liu, (2004), tarafından yapılan yüksek dayanımlı ve fiberli yüksek dayanımlı betonların yüksek sıcaklık etkilerinden sonra arta kalan mukavemetleri incelenmiştir. Hazırlanan numuneler 200⁰C, 400⁰C, 600⁰C ve 800⁰C sıcaklıklara üçer saat süreyle maruz bırakılmıştır. Numuneler doğal yolla oda sıcaklığına soğutulmuş ve basınç mukavemeti ve çekme mukavemeti belirlenmiştir. Yüksek dayanımlı betonda yüksek sıcaklıklarda patlayarak parçalanma görülmüştür. Karbon ve çelik fiber kullanımının patlama zamanını geciktirdiği, polipropilen fiberin ise bu olayı ortadan

kaldırıldığı belirtilmiştir. Fiberli yüksek dayanımlı betonların arta kalan basınç ve çekme mukavemetlerinin lifsiz yüksek dayanımlı betonlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yüksek erime noktalı (karbon veya çelik gibi) fiberlerin, düşük erime noktalı (polipropilen gibi) fiberler ile karıştırılarak kullanılmasının yüksek dayanımlı betonların yüksek sıcaklık etkilerinden sonraki özellikleri üzerinde belirgin iyileştirici katkı sağladığı vurgulanmıştır.

Sertbaş, (2015), yaptığı çalışmada kendiliğinden yerleşen beton (KYB), işlenebilirlik özellikleri, dayanım ve dayanıklılık özellikleri açısından özel bir beton tipidir ve yüksek performanslı beton sınıfına girmektedir. Özellikle rötreten kaynaklanan mikro çatlakların önlenmesi kaçınılmazdır ve bu nedenle beton geçirgenliğini azaltmak ve durabiliteyi arttırmak amacıyla kullanılan polipropilen liflerin işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilenmiştir. Polipropilen lif kullanımının betonun işlenebilirliği üzerindeki etkisini araştırmak için sabit 0.47 su/toplam bağlayıcı oranı olan üç farklı beton serisi üretilmiştir. Her üç seride de polikarboksilat esaslı yeni nesil süperakışkanlaştırıcı kullanılmış ancak kullanılan katkıları üç farklı firmadan temin edilmiştir. Her seride kullanılan polipropilen lif miktarı, tanıklardan 3.5, 5.0, 7.0 kg/m³ olacak şekilde hacimce % 3.68, 5.26, 7.37 olarak kullanılıp 12 karışım yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda karışımda kullanılan lif miktarı arttıkça betonun işlenebilirliğinin ne derece etkilendiği, kullanılan süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin miktarı arttırıldığında, işlenebilirliğin korunmasının ne derece mümkün olduğu incelenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda betonda polipropilen lif kullanılmasıyla işlenebilirliğin olumsuz etkilendiği belirlenmiş, bu nedenle kullanılan katkı miktarı lif miktarına bağlı olarak arttırılarak bütün numunelerde 60-70 cm arası yayılma değeri elde edilmiştir. L-kutusu ve U-kutusu deneylerinde ise her üç seride üretilen betonlarda hacimce %3,68 (3,5 kg/m³) lif kullanılması durumunda işlenebilirliğin korunduğu, bu değerden daha yüksek miktarda lif kullanılması ile betonun kendiliğinden yerleşen özelliği göstermediği görülmüştür. Sertleşmiş beton deneylerinde ise sabit su/çimento oranına sahip bütün numunelerde polipropilen lif kullanılması basınç dayanımı ve elastisite modülü üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bunun yanında bütün serilerde hacimce %7.37 (TS EN ISO/IEC17025) lif kullanılması eğilme mukavemetini ortalama %20 arttırarak betona daha sünek bir yapı kazandırdığı görülmüştür.

T. Yıldız, Yıldız, & Keleştemur, (2011), tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda cam elyafı içeren betonlara filler malzeme olarak atık mermer tozunun ilave edilmesi sonucu elde edilen numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, 300 ve 350 dozlu olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında karışıma 5, 10, 15 ve 20 kg/m³ oranlarında kesilmiş cam elyafı ilave edilerek elde edilen bu serilere filler malzeme ile hacimce %25, 50, 75 ve 100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edilmiştir. Elde edilen numuneler üzerinde porozite, sorptivite, ultrases geçiş hızı, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, cam elyafı katkılı betonlara atık mermer tozu ilavesi ile elde edilen numunelerin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve ultrases geçiş hızı artmış, porozite ve sorptivite değerleri de azalmıştır.

Riad, Genidi, Shoeib, & Elnaby, (2015), çalışmalarında, farklı cam elyafların farklı yangın ve soğuma koşullarında betonarme (Sertbaş) kirişlerin davranışına etkisini araştırılmıştır. Farklı beton basınç dayanımlarına sahip on sekiz kiriş, farklı yangın ve soğuma koşullarına maruz bırakıldığında, ayrı cam elyafları içeren betonarme (Sertbaş) kirişlerin davranışını incelemek üzere test edilmiştir. Dokuz kiriş, 35 MPa'ya eşit basınç dayanımına sahip normal dayanımlı beton (NSC), diğer kirişler ise 60 MPa'ya eşit basınç dayanımına sahip yüksek dayanımlı betondan (HSC) hazırlanmıştır. Işınlar farklı cam fiberlerden farklı içerikler içeriyordu. Test edilen numunelerin arıza modları, çatlak modellerinin yangın durumuna ve lif içeriğine göre değiştiğini göstermiştir. Test sonuçlarının analizi, NSC'ye ayrı cam fiberlerinin eklenmesinin, test edilen numunelerin fırınlama sonrası kalıcı sertliğini artırdığını ve fırınlama esnasında sapma kazancının oranını azalttığını gösterilmiş. Ayrıca betonlara lif eklenmesi, numunelerin kontrol numunelerine kıyasla nihai dayanımı üzerinde sınırlı bir olumlu etki yapılmıştır. Yangından dolayı sapma üzerindeki etkisi daha belirgindir. Son olarak, ayrık cam elyaflarının önerilen optimum oranı, toplam beton ağırlığının %0,5'inden fazla değildir.

Li, Qian, & Sun, (2004), tarafından yapılan çalışmada, Sıkıştırma mukavemeti sınıfı C40, C60 ve C70 ile, normal dayanımlı beton (NSC) ve yüksek dayanımlı beton (HSC), yüksek sıcaklığın ardından basınç dayanımı, yarıлма gerilimi mukavemeti ve bükülme mukavemetini araştırmak için kullanılmış. Bu çalışmada yağ ocağı kullanılmıştır. Sıcaklık-zaman eğrisi, Çin standardı GB / T 9978-1999'a uygun olan standart eğrisine yakındır. Sırasıyla 200, 400, 600, 800 ve 1000 ° C sıcaklıklara ısıtıldıktan sonra, HSC'nin mekanik özellikleri test edilmiş. HSC'nin mekanik

özelliklerine sıcaklık, su içeriği, numune boyutu, mukavemet derecesi ve sıcaklık profillerinin etkisi tartışılmıştır.

Kizilkanat, Kabay, Akyüncü, Chowdhury, & Akça, (2015), tarafından yapılan çalışmada yüksek mukavemetli betonda bazalt ve cam elyaflarının fiber takviyeli olarak nispeten analizini yapılmış. Test sonuçlarına göre, fiber eklenmesinin betonun basınç dayanımına ve esneklik modülüne anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bazalt lif takviyeli betona (BFRC) ayrılma gerilimi mukavemeti fiber doz arttıkça artarken, cam elyaf takviyeli betona (GFRC) %0.50 fiber dozajının ötesinde mukavemet artışı gözlenmemiştir. Çekme mukavemetine benzer bir eğilimde, BFRC'nin eğilme mukavemeti kademeli bir şekilde lif içeriği arttıkça artmış ancak %0,50'lik lif içeriğinden sonra GFRC'de böyle bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Kırılma enerjisi hem bazalt hem de cam betonarme için %0.25 dozaj'dan sonra önemli ölçüde artmıştır. BFRC'nin KIC ve CTODC sonuçları, çatlak direnci ve süneklik açısından BF kaplamanın GF'ye kıyasla betonun performansını daha fazla arttırdığını göstermiştir.

Tassew & Lubell, (2014), tarafından yapılan çalışmada, kıyılmış cam elyaflarının bir fosfat çimento bağlayıcı kullanılarak üretilen seramik betonun mekanik ve Akış özelliklerine etkisini belirlemek için yapılan testleri rapor edilmiştir. Kum ya da hafif genişletilmiş kil agregaları içeren iki farklı seramik beton kalıbı çalışılmıştır. %0 ile %2 arasındaki lif hacmi fraksiyonları incelenmiş. Seramik beton içine cam elyaf ilavesi, basınç dayanımı ve esneklik modülü üzerinde çok az etkiye sahipti, fakat kalıp tipi veya lif uzunluğuna bakılmaksızın eğilme mukavemetinde ve doğrudan kayma mukavemetinde önemli artışlara neden oldu. Elde edilen sonuçlar ayrıca fiber içeriğindeki artış ile birlikte sıkıştırma, eğilme ve kesme tokluğunun arttığını, elyaf içeriğinde bir artış ile işlenebilirliğin azaldığını gösterilmiştir. Genel olarak, sonuçlar, cam elyaf takviyeli seramik betonların, yapı elemanlarında kullanım için uygun olan işlenebilirlik ve mekanik özelliklerle üretilebileceğini gösterilmiştir.

Chandramouli, Srinivasa Rao, Pannirselvam, Seshadri Sekhar, & Sravana, (2010), tarafından yapılan çalışmada, çok zorlu ve zorlu inşaat mühendisliği yapılarının yapımına tanık oluyor. Çoğu zaman, betonun en önemli ve yaygın olarak kullanılan malzeme olması, çok yüksek mukavemet ve yeterli işlenebilirlik özelliklerine sahip olmaya çağırılır. Özel özelliklere sahip bu tür betonların geliştirilmesi için somut teknoloji alanında çaba sarf edilmektedir. Dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar belirli oranlara kadar lifler ve diğer katkıları kullanarak betonda yüksek performanslı betonlar geliştirmeye çalışıyorlar. Küresel sürdürülebilir gelişmeler ışığında, cam,

karbon, polipropilen ve aramid elyaf gibi liflerin çekme mukavemetinde, yorulma özelliklerinde, dayanıklılıkta, büzülme özelliklerinde, darbelerde, kavitasyonda, erozyon direncinde ve betonun servis edilebilirliklerinde iyileştirmeler sağlaması zorunludur. Lifler, fiber betonarme malzemeye enerji emme, tokluk ve darbe direnç özellikleri kazandırır ve bu özellikler, cam elyaf takviyeli betonda fiber betonarme araştırmalarının kırılma ve yorulma özelliklerini iyileştirir ve sonuçta, Uzun süreli dayanıklılık. Bu sistem, alkali dirençli cam elyaf takviyeli beton olarak adlandırıldı. Mevcut deneysel araştırmada, M20, M30, M40 ve M50 beton sınıflarında basınç direnci, bölünme gerilimi ve eğilme mukavemeti üzerindeki etkisini incelemek için alkali dirençli cam elyaf kullanılmıştır.

Ibrahim, (2016), tarafından yapılan çalışmada, Beton dünyada en çok kullanılan yapı malzemesidir. Fiber Betonarme (FRC), küçük ve kesintili elyafların düzgün şekilde dağıtıldığı bir betondur. FRC'de kullanılan elyaflar çelik, karbon, cam, aramid, asbest, polipropilen vb. Gibi farklı malzemelerden olabilir. Bu elyafların beton kütlesi içerisine eklenmesi, betonun basınç dayanımını, gerilme dayanımını, eğilme dayanımını ve darbe dayanımını önemli ölçüde artırabilir. FRC, inşaat mühendisliği alanında birçok uygulama bulmuştur. Fiber betonarme (FRC) laboratuvarı deneyine dayanarak, küp, silindir ve kiriş numuneleri % 0, % 0,1, % 0,3 ve % 0,5 hacim fraksiyonu içeren cam elyafı içeren cam elyaf takviyeli beton (GFRC) ile tasarlanmıştır. GFRC'nin sonuçlarını sade beton ile karşılaştırarak, 7 ve 28 günlük örneklerde kompresyon, bölme ve bükülme gelişiminde yüzde artış ile cam elyaflarının olumlu etkisini doğrulamıştır.

Mirza & Soroushian, (2002), tarafından yapılan çalışmada, Alkali dirençli cam elyaf takviyesinin hafif betonun bükülme mukavemeti ve sünekliği, kısıtlanmalı çekme kırılması ve sıcaklık dayanımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Hafif betonun tüm bu özellikleri alkaliye dirençli cam elyaflarının kullanımından fayda sağladı. %0.5-3.0 (hacim fraksiyonları %0.125-0.75) olan fiber kütle fraksiyonları araştırıldı; %1.0-2.0 (hacim fraksiyonları %0.25-0.5) lif kütle fraksiyonları, bükülmüş büzülme çatlaklarının kontrolü ve hafif betonun eğilme tokluğunun ve sıcaklık direncinin artırılması için yeterlimiştir.

Keleştemur, Arıcı, Yıldız, & Gökçer, (2014), tarafından yapılan çalışmada mermer tozunun ve cam elyafın, yüksek sıcaklığa maruz kalmış çimento harçlarının mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine deneysel ve istatistiksel olarak etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, mermer tozunu (hacimce%0, %20, %40 ve %50) ve cam elyafı (0 kg/m³, 0.25 kg/m³, 0.50 kg/m³, 0.75 kg/m³) içeren karışımlar hazırlanmıştır.

Çimento harçlarının basınç dayanımı ve gözeneklilik değerleri, yüksek sıcaklıklara (400, 600 ve 800 ° C) maruz bırakıldıktan sonra tespit edilmiştir. Deney sayısını azaltmak için, L₁₆ (4³) Taguchi dikgen dizisi çalışmaya alındı. Mermer tozunun yüzdesi, cam elyaf miktarı ve sıcaklık derecesi, numunelerin basınç dayanımları ve porozite değerleri üzerindeki etkilerini araştırmak için değiştirilmiştir. Faktörlerin istatistiksel olarak etkileri de varyans analizi (ANOVA) yöntemiyle belirlendi. Son olarak, deneysel bulgular istatistiksel sonuçlar ile karşılaştırıldı ve aralarındaki iyi bir anlaşmaya varılmıştır.

İplikçi, (2006), yaptığı çalışmada Yangın güvenlik önlemlerinin genel çerçevede incelemesinin yaptığı çalışmada; planlama aşamasında yangın güvenliği ile ilgili alınacak kararların belirlenmesi amaçlanmıştır. Tezde öncelikle yanma ve yangın kavramları analiz edilerek temel bilgilerin oluşması sağlanmıştır. Daha sonra, yangının bina üzerindeki etkileri ve binalarda tasarım aşamasında alınması gereken önlemler incelenmiştir. Binalarda alınacak yangın güvenlik önlemleri tezde; yapı malzemesi, yapı elemanları, bina ölçeği ve yerleşim ölçeğinde ele alınmıştır. Ayrıca tezde; Tasarım için tasarım aşamasında mimarın yangın güvenliği ile ilgili kararlar vermesi için BYKHY (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik) doğrultusunda hazırlanan kontrol listeleri oluşturulmuştur. Sonuç ve öneriler bölümünde ise; tasarımcıya yangın güvenli bina tasarım kararlarına ilişkin bir akış şeması verilmiştir.

Çalışma kapsamında, yapılan literatür araştırması sonuçlarına göre cam lif katkılı betonun yüksek sıcaklık altındaki mekanik özelliklerini inceleyen detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yüzden, bu çalışmada, farklı oranlarda cam elyaf ile hazırlanmış CTB elemanlarının farklı sürelerde yangına maruz bırakılması sonucunda mekanik özelliklerindeki değişim deneysel olarak araştırılacaktır.

3. BETON İÇERİSİNDE KULLANILAN LİF ÇEŞİTLERİ

Lifler esneklik ve dayanıklılık özelliklerine sahip olan bir malzemedir, çeşitli şekil ve boyutlarda materyalden üretilen malzemelerdir. Düşük yoğunluğuna ek olarak, elastisite modülüne ve sertliğe sahip olan malzemelerdir, elyaflar korozyona ve çeşitli kimyasallara karşı dirençlidir. Amerikan Test ve Malzeme Kuruluşu (ASTM) 'ye göre, bir malzemenin lif olarak adlandırılabilmesi için (Aran, 1990).

- Uzunluğunun enine oranı en az 10/1,
- En büyük kesit $\leq 0.05 \text{ mm}^2$,
- En büyük genişlik $\leq 0.25 \text{ mm}$ olmalıdır.

Liflerin ince üretimi ile büyük kütle yapılarına kıyasla daha az yapısal kusura sahiptirler. Bu nedenle, aynı maddenin elyaf biçimi üstün mekanik özelliklere sahiptir. Lifler genel olarak doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılırlar. (Bölükbaş, 2011).

3.1. Doğal Olarak Elde Edilen Lifler

Doğadan elde edilen ve çok az işlem gören bu elyaflar ekonomiktir ve kolaylıkla elde edilebilir oldukları için tercih edilirler. Lif takviyeli kompozitleri yapmak için kullanılan en eski doğal elyaflar; Saman. Hatta günümüzde bile Osmanlılardan kalma alışkanlıkla bazı cami kubbelerinde saman kullanımına rastlanmaktadır. Çimentolu kompozitlerde kullanılan jüt ve bambu gibi çeşitli bitkilerden modern teknoloji elyaflarını daha ekonomik bir şekilde elde etmek mümkündür. Bu liflerin en önemli özelliği, elde etmenin çok kolay olmasıdır. Ancak, bu elyafların kullanımında karşılaştığımız en büyük sorun, alkali ortamda özelliklerini kaybetme eğiliminde olmalıdır. Doğal lifler bitkisel ve hayvansal lifler olarak iki gruba ayrılırlar (Aran, 1990).

3.2. Yapay Lifler

Yapay lifler doğal hammaddelerin çeşitli işlemler ile lif haline dönüştürülmesi ile üretilmektedir. Üretim yöntemleri lif türüne göre değişir. Yapay lifler üç gruba ayrılmaktadır (Aran, 1990).

3.2.1.Madensal lifler

Madensal lifler, yeraltı kaynaklı hammaddelerin elyaf haline getirilmesiyle elde edilir. Madensal lif çeşitlerinden biri olan metal lifler günlük hayatımızda çok uzun zamandır kullanılan malzemelerdir. Örneğin: tunç lifler lambalarda, elektrik uygulamalarında bakır ve alüminyum elyaf, çelik lifler ön gerilmeli yapılarda ve asma köprülerde kullanılmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çelik elyafi şekli

3.2.2.Polimer lifler

Petrokimya ve tekstil endüstrilerindeki araştırma ve gelişmeler, sentetik polimer elyafların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sentetik elyaf olarak adlandırılan bu elyafların çekme mukavemeti çok yüksektir. Bu lifler düşük ve yüksek elastisite modülüne sahip lifler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Polipropilen, polyester, polietilen ve naylon gibi birçok elyafların elastisite modülü düşüktür. Çapları mikron düzeyindedir. Bu lifler tekil ya da lif hamuru halinde bulunurlar. Alkalin ortamdan etkilenmeyen, yüksek çekme mukavemeti ve yüksek erime sıcaklığı (165 °C'nin üstünde) polimer liflerin iyi yönlerindedir. Düşük yangın dayanımı, oksijen ve güneş ışığından etkilenme özellikleri polimer liflerin dezavantajlarından (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Polimer elyafı şekli

3.2.3. Cam lifler

Cam lifler, camların elektrikli fırında yaklaşık 1200-1500 °C'de eritilmesi ve ergimiş camların platin alaşımli bir potanın altındaki binlerce delikten geçerek ve bir soğutma bölgesinin içinden geçerek üretilir. Daha sonra, liflere kaplamalar uygulayarak ve onları demet halinde sararak depolanırlar. (Şekil 3.3).

Cam elyafların bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

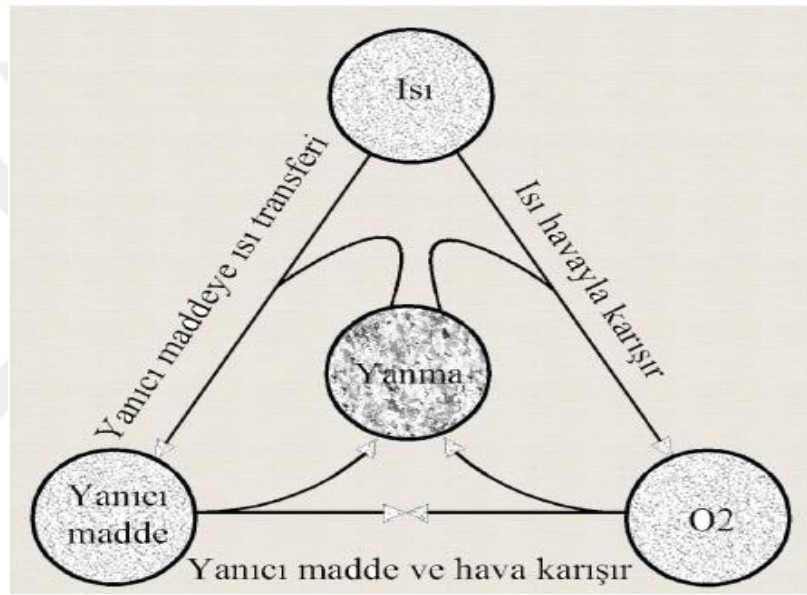
- Çekme mukavemetleri yüksektir.
- Isıl dirençleri düşüktür. Yanmazlar ancak yüksek sıcaklıklarda yumuşama eğilimi gösterir, kimyasal etkilere karşı dirençlidirler.
- Nem emme özellikleri yoktur.
- Elektriği iletmezler.



Şekil 3.3. Cam elyafı şekli

4. YANGIN KAVRAMI

Bir yangının çıkması ve gelişmesi için üç bileşenin bir arada bulunması gerekir. Yanıcı bir malzeme, oksijen ve ısıdır ve bunlar, yangın üçgeni olarak adlandırılır. (Şekil 4.1) Bu üç bileşen olmadan yangın meydana gelemez. Isı, sıcaklıkla ölçülebilen bir enerji olarak tanımlanmaktadır. Yanıcı maddeler incelendiğinde, en önemli özellikleri hangi sıcaklıkta tutuştuğlarıdır. Tüm yanıcı maddeler bir tutuşma kaynağı (alev, kıvılcım, elektrik) ile karşılaştığında bir süre sonra tutuşacaktır. Bunun yanında bazı yanıcı maddeler belirli bir sıcaklığa ulaştıklarında da tutuşabilmektedirler.



Şekil 4.1. Yangın üçgeni (İplikçi, 2006)

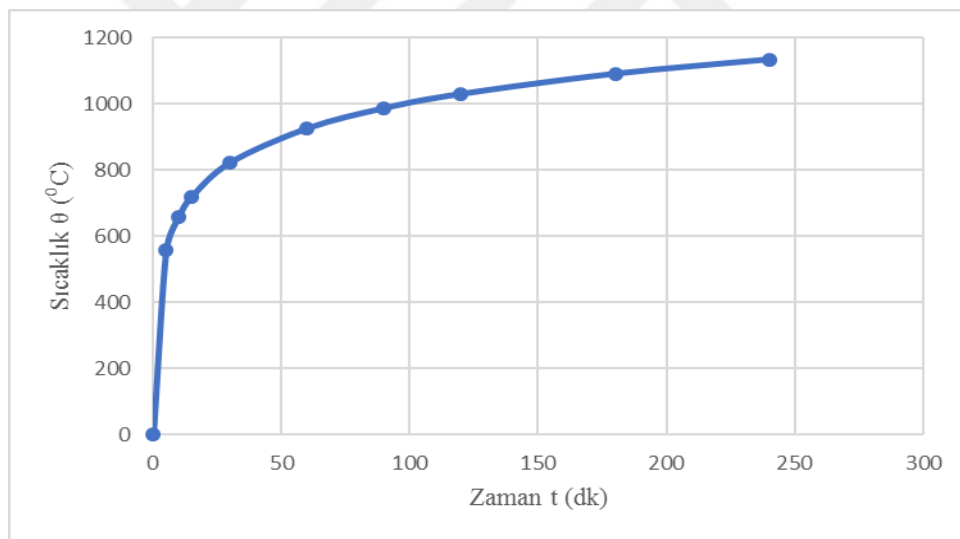
Tutuşma sıcaklığı; yanıcı maddenin tutuşması için gereken havadaki minimum sıcaklığı ve ısınmış olarak tutuşma kaynağı olmaksızın tutuşmaya başlaması ve devam ettirmesi olarak tanımlanmaktadır. Yanıcı madde, yangın durumunu çeşitli şekillerde etkiler. Yanıcı maddenin yangın çevresinde davranışını etkileyen ana parametreler, yanıcı maddenin durumu ve formudur (biçimi, kalınlığı, yüzeysel karakteri, dağılımı, yoğunluğu, v.b). Yanış hızı ise, yanma bölgesinde oksijenin yenilenme olanaklarıyla orantılıdır. (Uysal, 2004).

4.1. Testlerde Kullanılan Yangın Eğrisi

Betonarme binalarda yangın dayanımını belirlemek için yapılan deney çalışmalarında, test edilen betonarme elemanlar ISO 834 standart yangın eğrisine göre tanımlanan yangına maruz bırakılmıştır. Bu standarda göre, eleman, gazla çevrili kapalı bir alanda ısı değişiminden etkilenir. Bu gazın sıcaklığının, ISO-834 yönetmeliğindeki formüle uygun olarak (denklem 4.1) sıcaklık-zaman bağıntısına göre değiştiği kabul edilir.

$$\theta_t - \theta_0 = 345 \log_{10} (8t + 1) \dots \dots \dots (4.1)$$

Burada, t dakika olarak yangın süresini, θ_t °C olarak yangında erişilen sıcaklığı, θ_0 ise genel olarak 20 °C kabul edilen başlangıç sıcaklığını göstermektedirler. Bu formülden elde edilen eğri Şekil 4.2’te gösterilen ISO 834 standart yangın eğrisidir.



Şekil 4.2. ISO-834 Standart yangın eğrisi

Dünyanın birçok ülkesinde yapılan deney ve çalışmalarda yangın davranışlarının belirlenmesi için birebir ölçekli ya da ölçekli numuneler üzerinde yangın deneyleri yapılmaktadır. Bu deneylerde kullanılan sıcaklık-zaman eğrileri standart yangın eğrileridir. Bu yangın modellerinde odanın gaz sıcaklığı uniform olarak alınmaktadır. Duman hareketi ve alev sıçraması dikkate alınmaz. Genel tutuşma sonrası yangınlar için daha uygundur. (Zeybek, 2008).

4.2. Yangının Gelişim Aşamaları

Yangının gelişimi için, daha önce bahsedilen (yangın üçgeni)'nin bileşenleri (yanıcı madde, ısı, oksijen) ortamda bulunması gerekir. Birçok binada çok miktarda tutuşabilir malzeme bulunmaktadır. Bununla birlikte havadaki oksijen de bu malzemelerle temas halindedir. Bu nedenle, yanma noktasındaki ısı kaynağı yanıcı maddelere temas olduğunda yangın çıkabilir. Yangın olayı beş aşamaya ayrılır (İplikçi, 2006).

4.2.1. Tutuşma aşaması

Yanıcı maddelerin ilk tutuştukları anda yangın küçük ve sınırlı olmaktadır. Başlangıç aşaması olarak da bilinen bu aşamada, alevler henüz büyümemiştir. Fakat, çok kısa bir sürede, tavadan başlayarak dumanla dolmaya başlar. Kaynaktaki alevler büyüdükçe ve ortam sıcaklığı arttıkça yangın, gelişme aşamasına doğru ilerler. Yangın sonucunda oluşan duman yükselir. Ateşleme aşamasında oksijen yeterlidir. Sıcaklık henüz yeterli seviyeye çıkmadığı için yanıcı maddeler tamamen yanmamıştır. Dumanın içinde hala yanmamış gazlar yer almaktadır. Ortam sıcaklığı arttıkça yanmamış gazlar ısınır ve tutuşma noktalarına ulaşır. Bu aşamada, odanın yüksek seviyelerindeki kısmi alevlenmeler, tutuşmalar meydana gelir.

4.2.2. Gelişme aşaması

Fazla miktarda yanıcı malzeme ateşin gelişmesine neden olur. Yangın hacminin büyüklüğü, geniş alanlar ve ısınmanın yayılması ateşin gelişmesine neden olur. Küçük mekanlarda ise ışınma ile ısı, mekanın duvar ve tavanlarından tekrar yangına katılarak yangının hızla gelişimine neden olmaktadır. Yangının yayılımını etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır (İplikçi, 2006).

- Ortamdaki yanabilir malzemeler arasındaki mesafe.
- Ortamdaki yanabilir malzemelerin kütle ve yüzey alanının dağılımı.
- Tutuşma kaynağının yeri ve büyüklüğü.
- Ortam sınırları içerisindeki açıklıkların yeri ve büyüklüğü.
- Ortamın geometrisidir.

4.2.3. Büyüme aşaması

Yangının gelişme aşamasından büyüme aşamasına geçişidir. Alevler bütün mekanı sardığı durumda büyüme aşaması meydana gelir. Bu duruma, yangının kendi kendine sıcaklığı artırması neden olmaktadır. Büyüme aşaması genellikle ortamdaki yanıcı maddelerin ve gazların eş zamanlı olarak ateşlenmesi olarak tanımlanır. Bu aşamada, odanın tavanı yakınında sıcaklık 420-650 °C hızla yükselir. Odadaki ateşin başlaması ile büyüme aşaması arasındaki zaman; İnsanların tahliye etmeleri ve yangına müdahale edenlerin kurtarması ve yangını söndürmeleri için en kritik zamandır. Büyüme aşaması, alandaki yangının gelişiminde yeterli yanıcı malzeme ve havalandırmanın olduğu bir aşamadır.

4.2.4. Tam büyüme aşaması

Bu aşamada, yangın meydana gelen yerin havalandırması sınırlı olduğunda, yanma yetersiz oksijen ile kısa süre devam edebilir. Bu aşamada, yangın söndürülebilir. Bununla birlikte, odanın sıcaklığı, yanıcı maddenin buharlaşmasına ve yanıcı maddenin alevsiz yanması için yeterli olabilir. Bu ortamda yüksek yoğunlukta tutuşabilir gazların oluşmasına neden olabilir. Bu koşullar altında, havalandırmanın değişmesi ile (bir kapı veya pencere açma gibi) içeriye hava girmesine izin verilerek, havanın ortamda oluşan gazlarla karışmasına neden olunmaktadır. Eğer, başlangıçtaki yangında parlayan alev gibi yeterli tutuşma kaynağı olursa, bu gazları tutuşturacaktır. Yeni bir açıklığın genişlenmesi, içeriye giren hava nedeniyle alevlenmeye neden olacaktır. Bu durum patlamaya neden olur.

4.2.5. Sönme aşaması

Bu aşamada, yanıcı madde tükenme noktasına gelir. Daha önceki alevler yok olur. Bununla birlikte çok küçük miktarlarda sürekli azalan alevler bulunur. Bu alevler yerini zaman içinde korlamaya bırakmaktadır. Eğer, yangına müdahale edenler yangını kontrol altına tutmadan ayrılmazlarsa, yangın korlanma aşamasına doğru ilerleyip sönmeyle son bulmaktadır (İplikçi, 2006).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler, karışım oranları ve deney metotları hakkında bilgiler verilmektedir.

5.1. CTB Numunelerinin Hazırlanmasında Kullanılan Malzemeler

CTB numunelerin hazırlanması amacıyla, çalışmada çimento olarak, CEM I tipi PÇ 42,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5.1. Kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (%)		Fiziksel Özellikler	
SO ₃	2,69	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	3,12
MgO	2,1	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3749
Cl	0,005	Priz Başlangıcı (Dakika)	161
Serbest Kireç	0,5	Priz Sonu (Saat)	04,20
Çözünmeyen Kalıntı	0,26	Su İhtiyacı (Vicat Suyu) (%)	29,6
Kızdırma Kaybı	1,58	Hacim Sabitliği (mm)	0,4
Eşdeğer Alkali (Na ₂ O+0,658K ₂ O)	-	2Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22,4
		7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39,4
		28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51

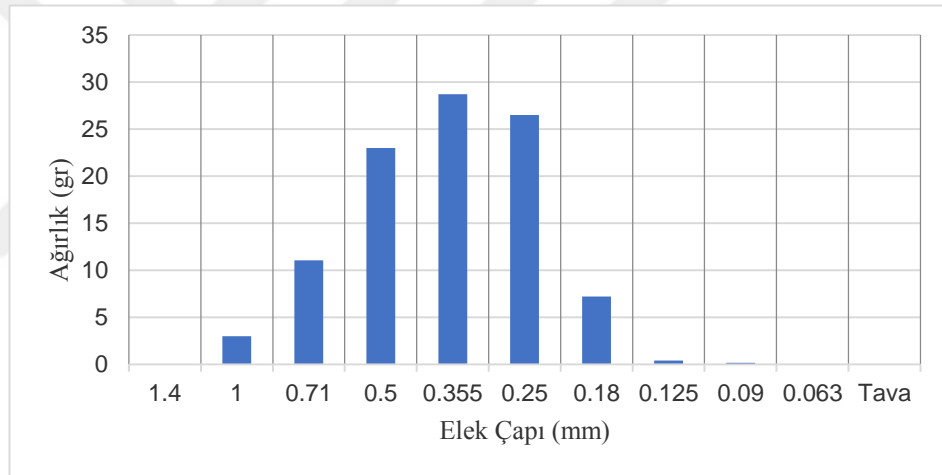
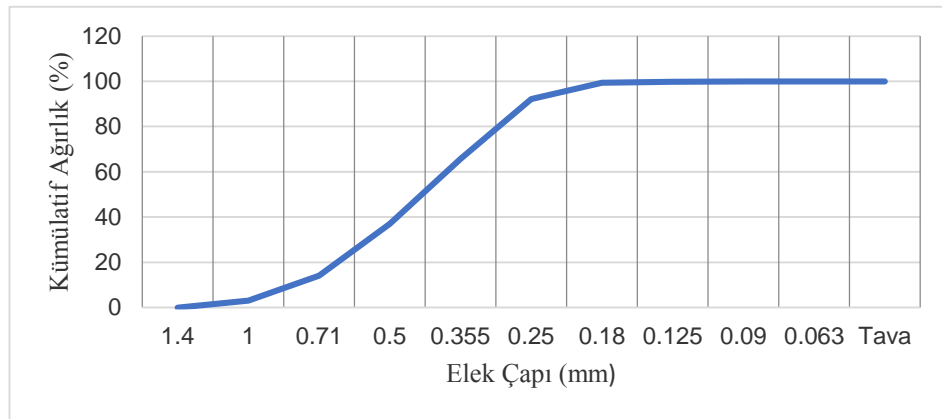
CTB numunelerinde kullanılan kuru silis kumu dane boyutu 0.063-1.400 mm arasındadır. Kullanılan silis kumuna ait özellikler Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’ de verilmiştir. Kullanılan kuru silis kumunun en büyük dane boyutu 1.4 mm seçilmiş ve bu silis kumuna ait granülometri eğrisi Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Kullanılan kuru silis kumunun içerik değerleri

İçerik	Standartlar	İçerik Değerleri	İçerik	Standartlar	İçerik Değerleri
%- Loi (KK)	TS 2980-3245	0.24	%- K ₂ O	EN 15039	0.03
%- SiO ₂	EN 15039	98.86	Sinterleşme C ⁰	TS 5426	> 1600
%- Al ₂ O ₃	EN 15039	0.245	Elek Dağılımı (AFS)	TS 5425/5426	34.48
%- Fe ₂ O ₃	EN 15039	0.148	Elek Dağılımı (o.T.i.)	TS 5425/5426	482.62
%- TiO ₂	EN 15039	0.129	%- Nem	TS 3084	0.06
%- CaO	EN 15039	0.01	%- Kil	TS 5425/5426	0.14
%- MgO	EN 15039	0.1	PH	-	6.50 – 7.00
%- Na ₂ O	EN 15039	0.02			

Tablo 5.3. Kullanılan kuru silis kumunun elek dağılım tablosu

Elek Çapı (mm)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif Ağırlık (%)
1.400	0.00	0.00	0.00
1.000	3.00	3.00	3.00
0.710	11.05	11.05	14.05
0.500	22.98	22.98	37.03
0.355	28.70	28.70	65.73
0.250	26.50	26.50	92.23
0.180	7.21	7.21	99.44
0.125	0.40	0.40	99.84
0.090	0.16	0.16	100.00
0.063	0.00	0.00	100.00
Tava	0.00	0.00	100.00
Toplam	100.00	100.00	

**Şekil 5.1.** Kullanılan silis kumunun tane dağılımı**Şekil 5.2.** Kullanılan silis kumunun toplam dağılımı

Beton numunelerde cam lif katkısı olarak, boyu 24 mm, çapı ise 15 μ m cam lif kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Tablo 5.4' de verilmiştir.

Tablo 5.4. Kullanılan cam life ait özellikler

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (μ m)	Özgül Ağırlık (mg/m^3)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	24	15	2,68	72000	1700

CTB numunelerin üretimi esnasında, lif takviyesi ile birlikte artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla çimento ağırlığının %1'i oranında süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi de kullanılmıştır.

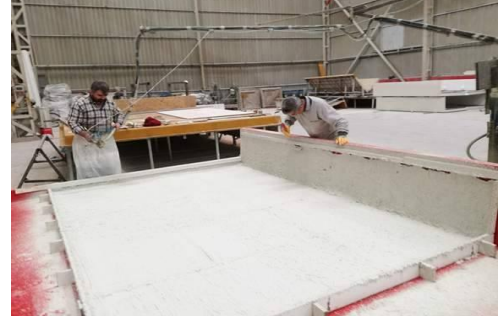
5.2. Numunelerin Üretimi

Bu çalışmada; CTB Numuneler (TS 802, 2009)' de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Numunelerin üretimi Bursa GRAND PRECAST YAPI ELEMANLARI firmasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.3). Numunelerin üretim için, dane boyutu 0.063-1.400 mm arasında olan ($630 \text{ kg}/\text{m}^3$) kuru silis kumu alınmıştır ve ($700 \text{ kg}/\text{m}^3$) CEM I tipi PÇ 42,5 Portland Çimentosu eklenmiştir ve ($420 \text{ kg}/\text{m}^3$) su eklenmiştir ve iyice karıştırılmıştır. Hazırlanacak olan beton numunelerin üretimi sırasında, karışıma 0, 5, 10, 15, 20 kg/m^3 oranlarında cam lif ilave edilmiştir, lif takviyesi ile birlikte artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla çimento ağırlığının %1'i oranında süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi de kullanılmıştır ve iyice karıştırılmıştır. Bu arada kalıplar hazır ve iyice yağlanmıştır. Deneylerde kullanılan kalıplar Ø15/30 cm silindir ve 4x4x16 cm prizmadır. Her bir beton karışımından; 30 adet silindir ve 30 adet prizma numuneleri üretilmiştir. CTB beton bileşiği kalıplara üç tabaka halinde dökülmüştür her bir tabaka iyi sıkıştırılmıştır. Dökülen kalıpların yüzün düzeltiltikten sonra kullanılan cam lif miktarı ve döküm tarihi tesbit edilmiştir. 24 saat sonunda kalıptan çıkarılan CTB numuneler 28 gün boyunca 20 ± 2 °C kirece doymun suda kür edilmiştir (Şekil 5.3). Cam lif miktarı artıkça taze betonun işlenebilirliğini azalmıştır. Özellikle 15 kg/m^3 lif oranından sonra taze betonun işlenebilirliği önemli ölçüde azalmıştır. Kür süresini tamamlayan CTB numunelerini Bursa'dan Konya'ya nakliye edilmiştir. Numuneler ilk olarak Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İnşaat laboratuvarına götürülüp yangın deneyi

yapılmıştır. Daha sonra Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem laboratuvarına getirilerek, üzerinde, basınç dayanımı deneyi, çekme deneyleri (yarmada çekme, eğilmede çekme tek ve çift noktadan) deneyleri yapılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Şekil 5.3. Numunelerin üretim aşamaları

5.2.1. Numunelerin kodlarının belirlenmesi

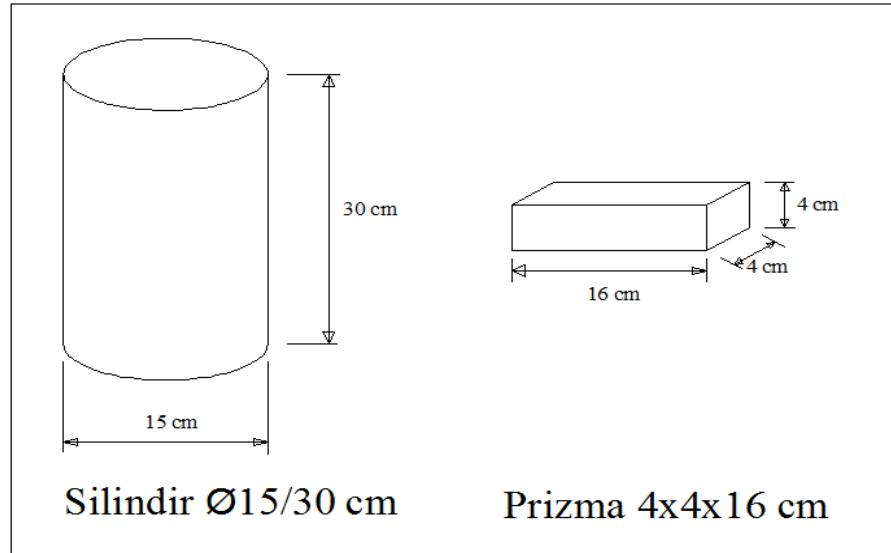
Bu çalışmada; cam lifi dozlarını değiştirilerek 10 farklı CTB numunesi üretilmiştir. Numune kodlarının belirlenirken kullanılan liflerin oranları ve numunelerin şekilleri esas alınmıştır. Bu şekilde üretilen betonlara lifsiz beton için (Cam-0) kodu, 5 kg/m³ cam lifi kullanılan numunelere (Cam-5), 10 kg/m³ cam lifi kullanılan numunelere (Cam-10), 15 kg/m³ cam lifi kullanılan numunelere (Cam-15), 20 kg/m³ cam lifi kullanılan numunelere ise (Cam-20) kodu verilmiştir. Silindir şekli için S kodları ve prizma şekli için P kodları verilmiştir. Üretilen numunelerin kodları ve karışımlardaki lif oranı Tablo 5.5’de verilmiştir.

Tablo 5.5. Deney için üretilen CTB numunelerin kodları

No	Numunelerin Kodu	Numunelerin Cam Oranları	Numunelerin Şekilleri	Numunelerin Sayısı
1	Cam-0S	0	Silindir	30
2	Cam-5S	5	Silindir	30
3	Cam-10S	10	Silindir	30
4	Cam-15S	15	Silindir	30
5	Cam-20S	20	Silindir	30
6	Cam-0P	0	Prizmatik	30
7	Cam-5P	5	Prizmatik	30
8	Cam-10P	10	Prizmatik	30
9	Cam-15P	15	Prizmatik	30
10	Cam-20P	20	Prizmatik	30

5.2.2. Numunelerin boyutları ve şekilleri

Her bir beton karışımından; 30 adet silindir ve 30 adet prizma numuneleri üretilmiştir. Silindir numuneleri (TS EN 12390-3, 2003) ve (TS EN 12390-6, 2002) standartlarına göre Ø15/30 cm olarak üretilmiştir. Prizma numuneleri (TS EN 12390-5, 2002) standartlarına göre 4x4x16 cm olarak üretilmiştir. Numune boyutları ve şekilleri Şekil 5.4 de verilmiştir.



Şekil 5.4. Numunelerin boyutları ve şekilleri

5.3. Numunelerin Karışım Oranları

Hazırlanan CTB numunelerin karışım oranları Tablo 5.6' de verilmiştir. Karışım oranlarından görüleceği üzere tek değişken cam lif (kg/m^3) oranlardır

Tablo 5.6. Deney için üretilen CTB numunelere ait karışım oranları (1m^3 beton için)

No	Numunelerin Kodu	Numunelerin Geometrisi	Çimento (kg)	Su (kg)	Kuru Silis Kumu (kg)	Cam Lif Oranları (kg/m^3)	Numunelerin Adedi	Katkının Çimentoya Ağırlıkça Oranı
1	Cam-0S	Silindir	700	420	630	0	30	1%
2	Cam-5S	Silindir	700	420	630	5	30	1%
3	Cam-10S	Silindir	700	420	630	10	30	1%
4	Cam-15S	Silindir	700	420	630	15	30	1%
5	Cam-20S	Silindir	700	420	630	20	30	1%
6	Cam-0P	Prizmatik	700	420	630	0	30	1%
7	Cam-5P	Prizmatik	700	420	630	5	30	1%
8	Cam-10P	Prizmatik	700	420	630	10	30	1%
9	Cam-15P	Prizmatik	700	420	630	15	30	1%
10	Cam-20P	Prizmatik	700	420	630	20	30	1%

5.4. CTB Numunelerinin Üzerinde Yapılan Deneyler

Farklı oranlardaki cam lif katkısının betonun mekanik davranışları üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla, hazırlanan CTB numunelerin üzerinde yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında olmak üzere basınç dayanımı deneyi, çekme deneyleri (yarmada çekme), çekme deneyleri (eğilmede çekme) ve çekme deneyleri (eğilme deneyi (Çift Noktadan)) gerçekleştirilmiştir. Yangına Dayanıklık Deneyleri (TS EN 1363-2)' ye uygun olarak yapılmıştır.

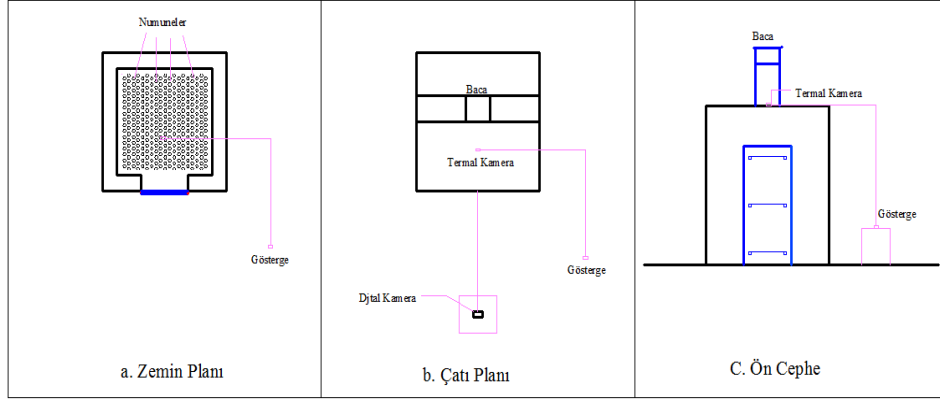
5.4.1. Yangın dayanımı deneyleri

Beton numunelerin yangın dayanımını tespiti için, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı Laboratuvarında hazırlanan yangın odası kullanılmıştır. Söz konusu yangın odası ve deney düzeneği Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'de verilmiştir.

Deneylerde yangınların gerçekleştirileceği yangın odası, ana taşıyıcı duvarı yığma tuğlası olan ve iç kısımları ateş tuğlasından örülmüş ve dış yüzeyi sıvandiktan sonra taş yünü ile yangın yalıtımı yapılmış olan yangın odası esasen doğal bir yangını modellemek için tasarlanmıştır. Bu odada oksijen girişiyle yangının sürekliliğini ve duman tahliyesini sağlamak içinde ayrıca üst kısmına saç baca yapılmıştır. Baca düzenli olarak ortama oksijen girişini sağladığından dolayı odaya ayrıca pencere boşluğu açmaya gerek duyulmamıştır. Yangın odası kapısı için (EN 1363-1, 2012) ve (EN 1634-4, 2009) standartlarına uygun özel bir firmaya ait bir yangın kapısı kullanılmıştır.

Doğal yangını oluşturmak için kullanılacak yakıt, ahşap artıkları, talaş, kaput, bez gibi günlük hayatta sıkça karşılaşılan yanıcı malzemelerdir. Numuneler ızgara planlı bir şekilde odaya yerleştirilerek homojen bir şekilde yakıt ve yanıcı malzemeler aralara dağıtılmıştır. Bir malzemenin yanıcılık sınıfları için belirleyici kriter olan F0, F30, F60, F90 ve F120 dakika yangının süresi olarak saptanmış olup bu sürenin sonunda itfaiye ekipleri tarafından yangın söndürülmüştür. Numuneler soğuduktan sonra yangın odasından çıkarılarak laboratuvara alınmış ve yangın süresi ve dereceleri kayıt altına alınmıştır. Yangın sırasında termal kamera ile farklı görüntüler kayıt altına alınmış, deney sonunda ise numune yüzeyindeki değişimler hakkında değerlendirme yapılmıştır.

Çeşitli sürelerde yanmış 240 ve yanmamış 60 toplamda 300 adet CTB numunelerinin mekanik özellikleri Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem Laboratuvarında deneysel olarak test edilmiştir. 300 adet numunede; Basınç dayanımı, Çekme dayanımı (yarmada çekme- eğilmede çekme) bulunarak yangın süresinin CTB'ların mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



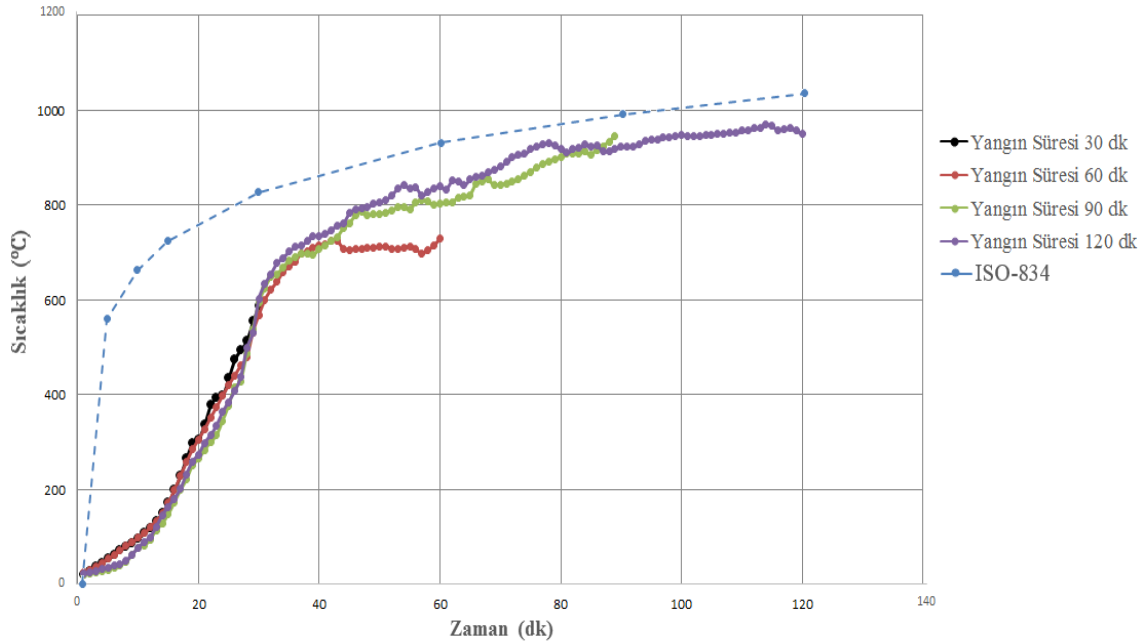
(e)



(f)

Şekil 5.6. Yangın odası ve deney numuneleri

Bu çalışmada, deneysel çalışmalar için bir test düzeneği hazırlanmış ve doğal yangını betimlemek üzere 4 ayrı yangın süresi (30dk, 60dk, 90dk, 120dk) dikkate alınmıştır. Yangın deneyinin sıcaklık-zaman eğrisi Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Yangın deneyin sıcaklık-zaman eğrisi

Aynı zamanda deney esnasında infrared termografi ile yangın odasından termal görüntüler alınarak deney düzeneğinde kullanılan thermocouples alınan verilerle 360 °C kadar karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçlar irdelenmiş infrared termografi tekniği ile alınan görüntülerin yangın odası ve içindeki numunelerin incelenmesine olanak verdiği ve istenilen bölgedeki kusurları sürekli izlenebildiğinden güvenle kullanılacak bir teknik olduğu söylenebilir.

Dijital termometre (thermocouples), termal kamera, kamera, yangın odası ve yanıcı ahşap malzemeler materyal olarak kullanılmıştır.

Deneysel çalışmada kullanılan Dijital termometre 1200°C sıcaklık duyarlı olup ELIMKO marka ve ENDA markalı göstergesi ile Türk Akreditasyon Kurumu tarafından (TS EN ISO/IEC17025)'e göre kalibrasyonları yapılmış H12S392 sayı ile Kalibrasyon sertifikası alınmıştır.

Deneyde Flir marka T200 modeli infrared termografi kullanılmıştır. Infrared termografiye ait özellikler Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7. Infrared termografinin özellikleri

Termografik Özellik	Sayısal Değerleri
IR çözünürlüğü	200 × 150 piksel
Spektral aralık	7.5- 13 µm
Nesne sıcaklık aralığı	-20°C to +120°C (-4°F to +248°F)- 0°C to +350°C (+32°F to +662°F)
Doğruluk	±2°C (±3.6°F) or ±2% Okuma
Termal duyarlılık / NETD	< 0.1°C @ +30°C (+86°F) / 100 mK
Ekran	Dahili dokunmatik ekran, 3.5 in. LCD, 320 × 240 piksel
Görüntü ayarı	Oto (Dakika aralığı 4°C / 7.2°F) Veya manuel (Dakika aralığı 2°C / 3.6°F)
Görüş alanı (FOV)/	25°x19°/0.4m (1.31ft)
Minimum odak mesafesi	
Radyometrik IR-video akışı	USB kullanarak bilgisayara tam dinamik
Çalışma sıcaklığı aralığı	-15°C to +50°C (+5°F to +122°F)

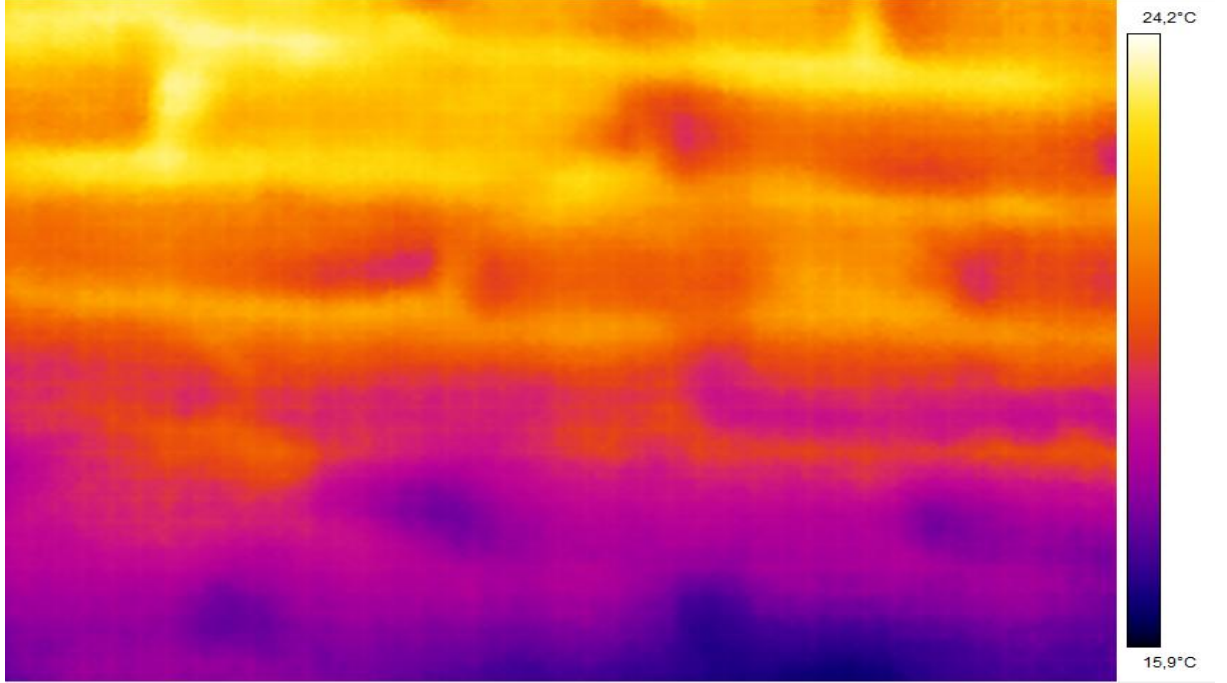
Duvar malzemesi olarak tam yığma tuğla ile taşıyıcı duvarlar oluşturulmuş, iç kısmında dolu harman tuğlası ile kaplanmış ve dış kısmında 5 cm kalınlığında ve 50dansite yoğunluğunda taş yünü mantolama yapılmış olan yangın odasında deneyler gerçekleştirilmiştir. Çatı kısmında Ytong firması tarafından üretilen ve imalatı yapılan gaz beton çatı malzemeleri kullanılmıştır. Gaz beton çatıya ait teknik özellikler Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8. Gaz beton çatıya ait teknik özellikler

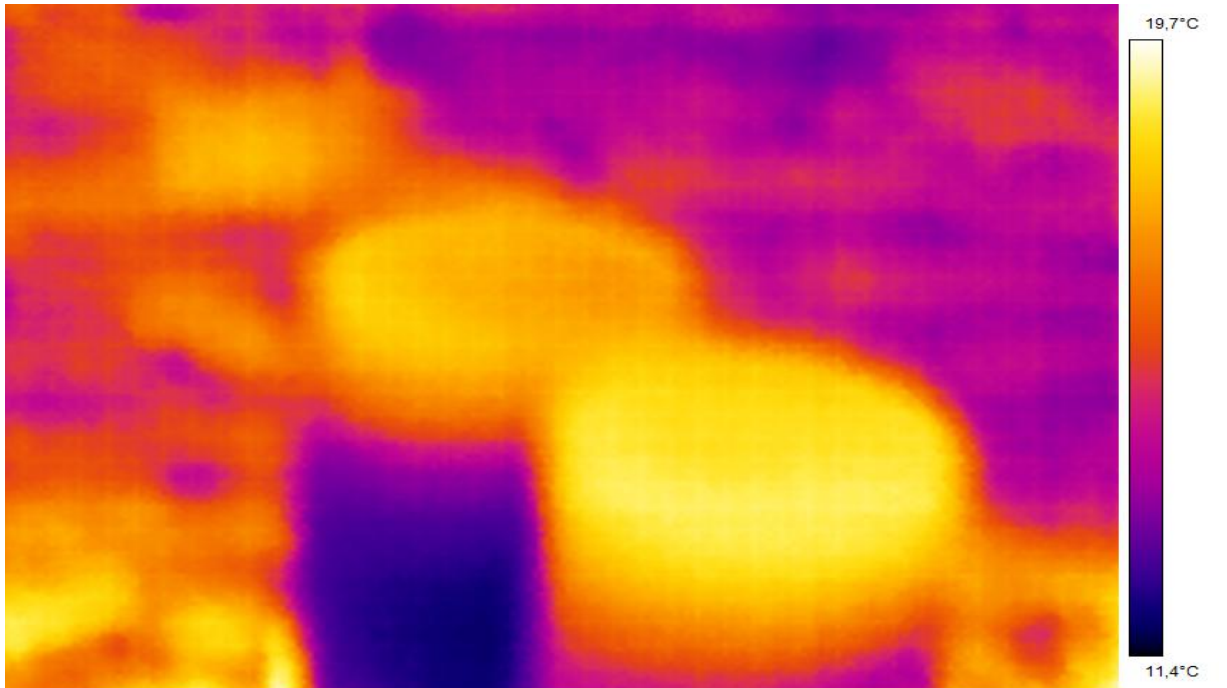
Teknik Özellik	Sayısal Değerleri
Boyut Toleransı	± 1,5 mm
Profil Yapısı	Düz ve Tek-Çift Lamba Zıvana Geçmeli
Derz	Gaz Örgü Tutkalı (1–3 mm kalınlık)
Alev / Yangın Direnci	Ateşe mukavim (F180-A)
Ses Direnci	45–65 dB
Ortalama Basınç Dayanımı	50 kgf/cm ²
Kuru birim hacim ağırlığı	600 kg/m ³
Duvarın Statik Hesap Ağırlığı	700 kg/m ³
Isı İletkenlik Hesap Değeri (λh)	0.19 (W/mK)

Yangın kapısı olarak, Konya merkezli ME-HA Çelik Kapı Sistemleri tarafından 1000/2200 mm ebatlarında imal edilmiş olan yangın kapısı kullanılmıştır. Deneyde doğal yangını betimlemek ve 120 dakika boyunca yangını devam ettirebilmek için yanıcı madde hesabı yapılmış ve yaklaşık 700 kg suntamla ve mobilya atölye atıkları malzeme ile eski lastikler kullanılarak deneyler tamamlanmıştır.

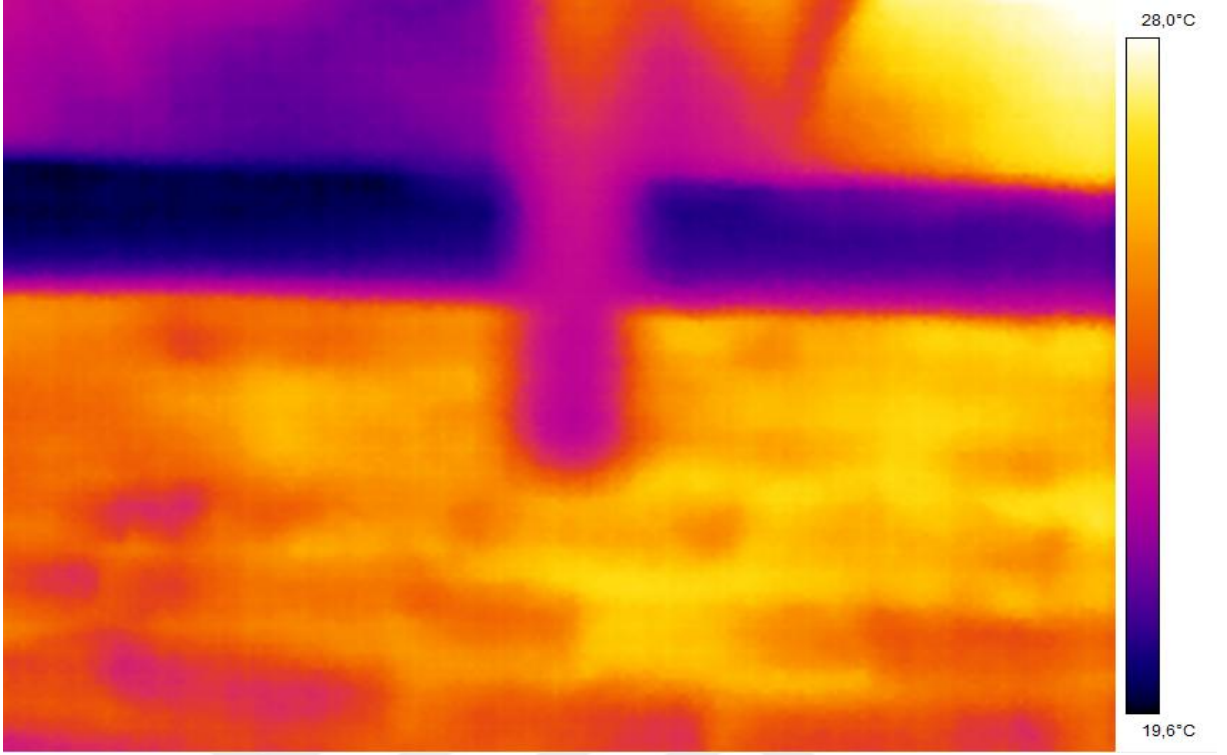
Yangın deney esnasında deney odasının, numunelerin ve termacouple sarkıtılmış ısısının alınan termal kamera görüntüsü Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15' de verilmiştir.



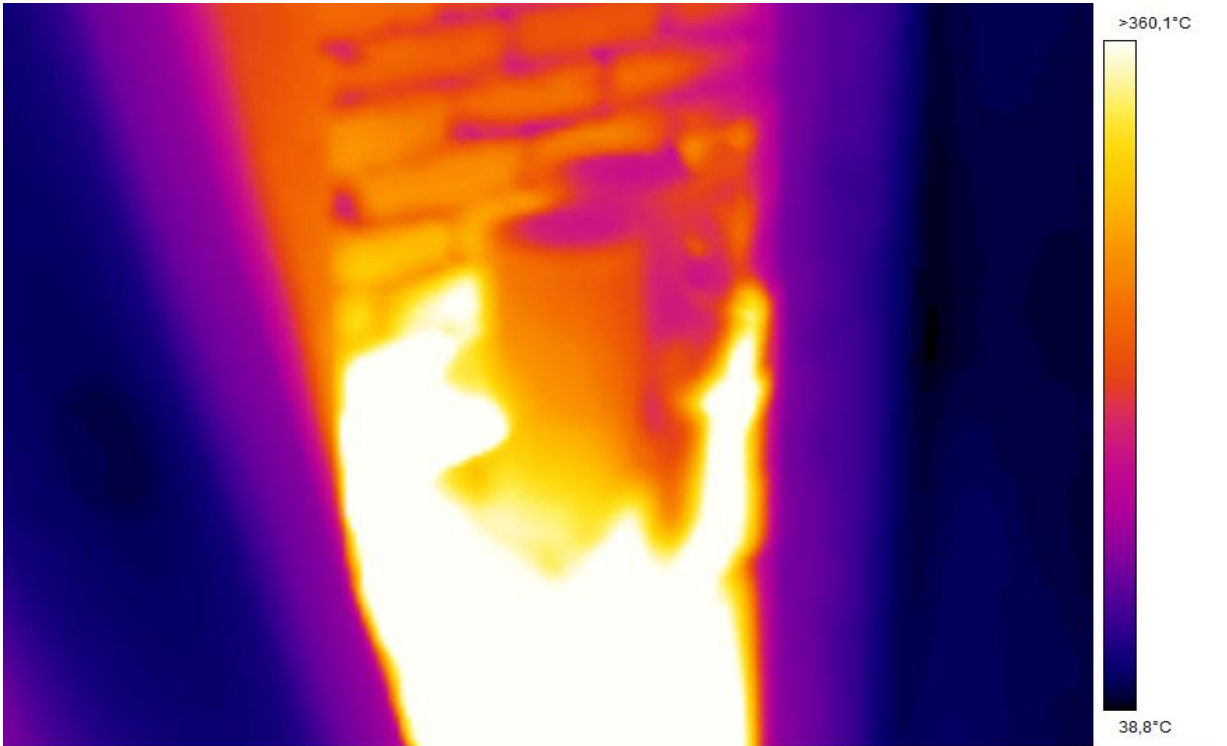
Şekil 5.8. Deney başlangıç anındaki (0 dakika) deney odası, duvarın termal görüntüsü



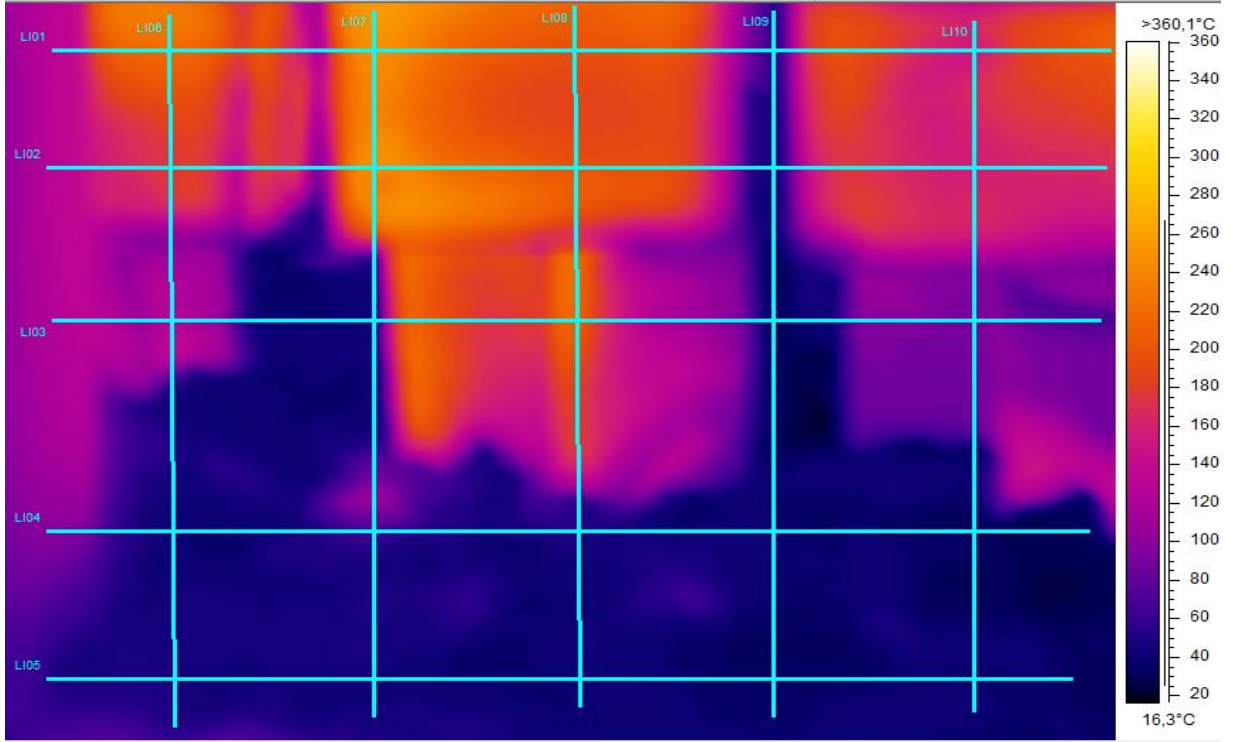
Şekil 5.9. Deney başlangıç anındaki (0 dakika) deney odası, numunelerin yerleştirildikten sonraki termal görüntüsü



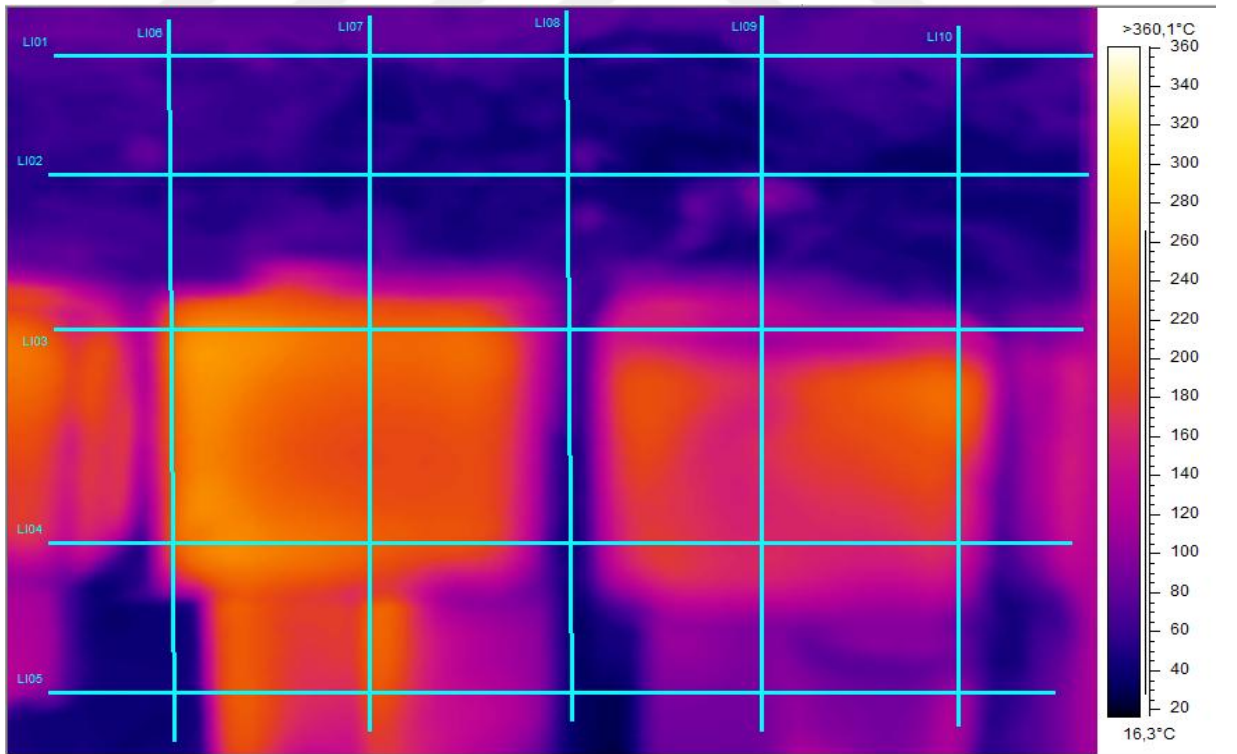
Şekil 5.10. Deney başlangıç anındaki (0 dakika) deney odası, termacouple sarkıtılmış ve deney başlamadan önceki termal görüntüsü



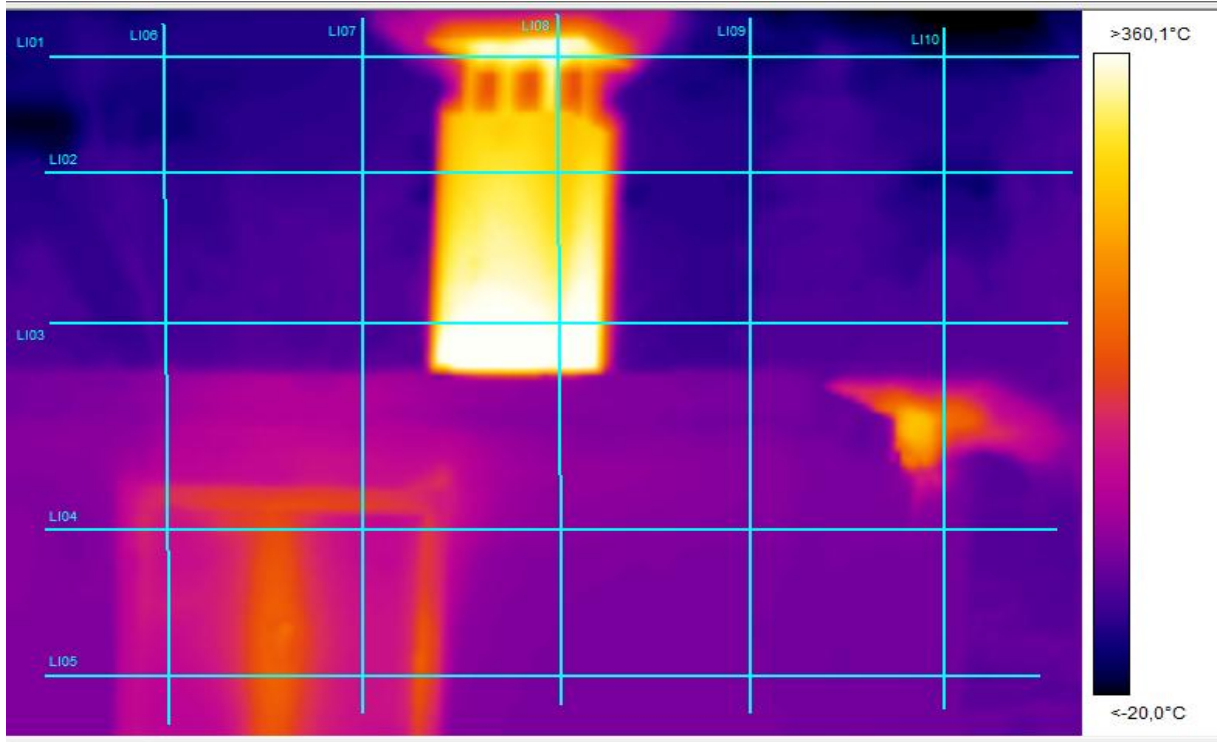
Şekil 5.11. Yangın devam ederken alınan termal kamera görüntüsü



Şekil 5.12. Yangın 28 dakikasında yangın odası içindeki numunelerin termal görüntüsü



Şekil 5.13. Yangın 30 dakikasında yangın odası içindeki numunelerin termal görüntüsü



Şekil 5.14. Deney 32 dakika yangın odası genel termal görüntüsü



Şekil 5.15. Deney sonunda yangın söndürüldükten sonra odanın soğumaya bırakıldığı anda yangın odası iç kısmının duvar ve termacouple ısının termal görüntüleri

5.4.2. Basınç dayanımı deneyleri (silindir numune)

Hazırlanan silindir numuneler üzerinde, Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem Laboratuvarında, yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında,(TS EN 12390-3, 2003)' ya uygun olarak basınç dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Hazırlanan silindir numunelerde basınç dayanımı tayini, ALFA TESTING GAGE (B001/EKD-PC) 200 ton kapasite cihazında yapılmış ve deney esnasında uygulanan yükleme hızı 3 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. Şekil 5.16' de gösterilen deney düzeneğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.16. Basınç dayanımı deneyi

5.4.3. Çekme dayanımı deneyleri (yarmada çekme) (silindir numune)

Hazırlanan silindir numuneler üzerinde, Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem Laboratuvarında, yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında, (TS EN 12390-6, 2002)' ya uygun olarak yarmada çekme dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Hazırlanan silindir numunelerde yarmada çekme dayanımı tayini, ALFA TESTING GAGE (B001/EKD-PC) 200 ton kapasite cihazında yapılmış ve deney esnasında uygulanan yükleme hızı 3 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. Şekil 5.17' de gösterilen deney düzeneğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.17. Yarmada çekme dayanımı deneyi

5.4.4. Çekme dayanımı deneyleri (eğilmede çekme) (prizmatik)

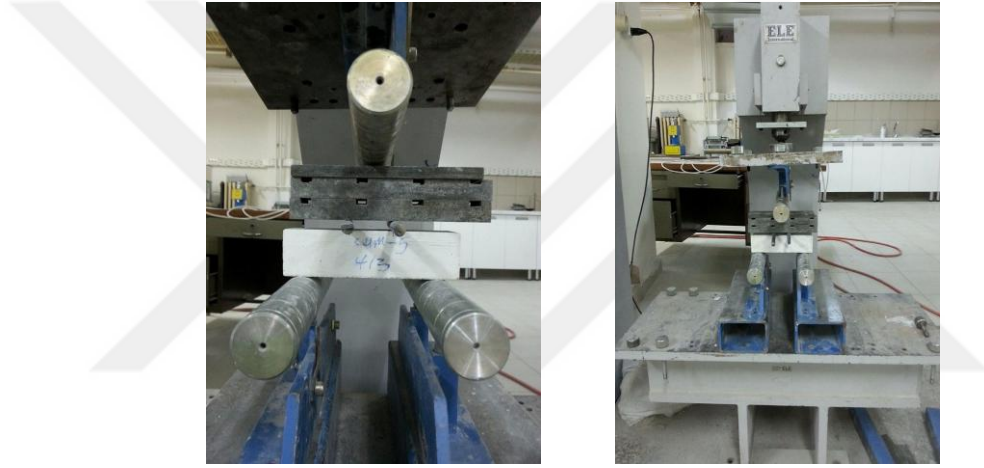
Hazırlanan prizmatik numuneler üzerinde, Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarında, yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında, (TS EN 12390-5, 2002)' ya uygun olarak eğilmede çekme dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Hazırlanan prizmatik numunelerde eğilmede çekme dayanımı tayini, ELE Autotest 300 ton kapasite cihazında yapılmış ve deney esnasında uygulanan yükleme hızı 3 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. (Şekil 5.18) de gösterilen deney düzeneğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.18. Eğilmede çekme dayanımı deneyi

5.4.5. Çekme dayanımı deneyleri (eğilmede çekme (çift noktadan)) (prizmatik)

Hazırlanan prizmatik numuneler üzerinde, Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarında, yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında, (TS EN 12390-5, 2002)' ya uygun olarak eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. Hazırlanan prizmatik numunelerde eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımı tayini, ELE Autotest 300 ton kapasite cihazında yapılmış ve deney esnasında uygulanan yükleme hızı 3 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. (Şekil 5.19) de gösterilen deney düzeneğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.19. Eğilmede çekme (çift Noktadan) dayanımı deneyi

Yapılan deney sonuçlarına göre cam lifi kullanılması betonda, numunelerin kırılma sırasında gevrek davranış göstermesini engellemektedir. Cam lifi kullanılmayan numunelerde gevrek bir şekilde kırılırken, cam lifi kullanılan numunelerde cam liflerin betonun ani kırılmasını engellediği ve uzun süre dayandığı gözlemlenmiştir.

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Çalışmalar sırasında hazırlanan CTB numunelerin üzerinde yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında olmak üzere yapılan deneylerin sonuçları bu bölümde verilmiştir.

6.1. CTB Numunelerin Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

DeneySEL çalışmalarda elde edilen CTB numunelere ait basınç dayanımı değerleri Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’ de verilmiştir.

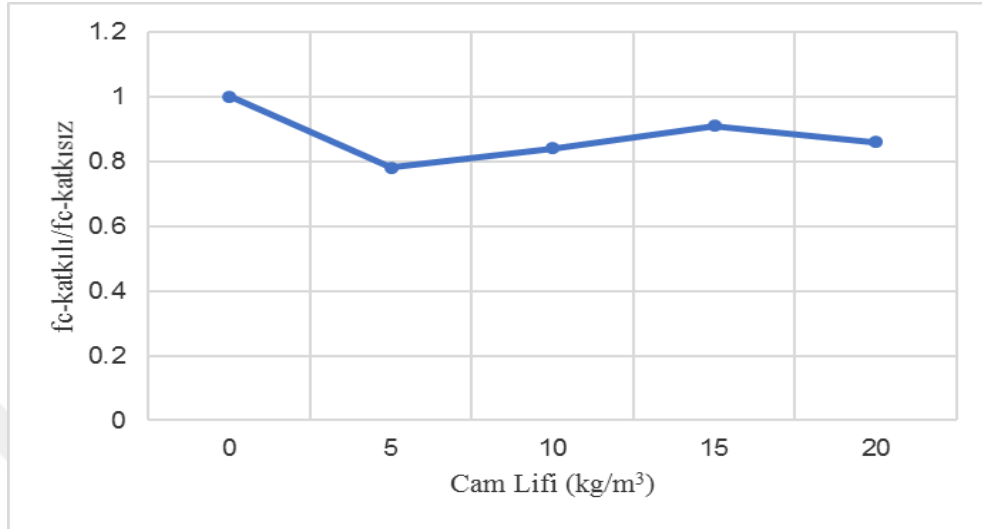
Tablo 6.1. CTB Numunelere ait basınç dayanımı değerleri

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Basınç Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{c-glass-referans}$	28 Gün Basınç Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{c-glass-yanmış}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0S-1	95.3	83.3	83.6	82.1	61.8
	Cam-0S-2	74.4	65.5	76.5	72.6	62.2
	Cam-0S-3	84.9	85.3	85.0	76.7	62.0
2	Cam-5S-1	75.0	77.4	83.7	77.7	39.0
	Cam-5S-2	62.5	53.0	53.8	41.0	50.6
	Cam-5S-3	61.5	75.7	73.1	47.0	78.3
3	Cam-10S-1	59.1	95.0	63.9	58.3	70.0
	Cam-10S-2	85.7	58.7	62.3	32.0	82.1
	Cam-10S-3	74.5	59.7	79.8	78.7	62.5
4	Cam-15S-1	77.0	74.7	55.8	69.5	74.0
	Cam-15S-2	66.0	87.4	48.5	67.4	97.6
	Cam-15S-3	88.0	83.3	74.2	75.4	55.8
5	Cam-20S-1	68.6	74.4	75.0	84.4	76.8
	Cam-20S-2	68.6	49.7	65.3	97.9	73.1
	Cam-20S-3	81.5	84.9	74.9	60.5	54.7

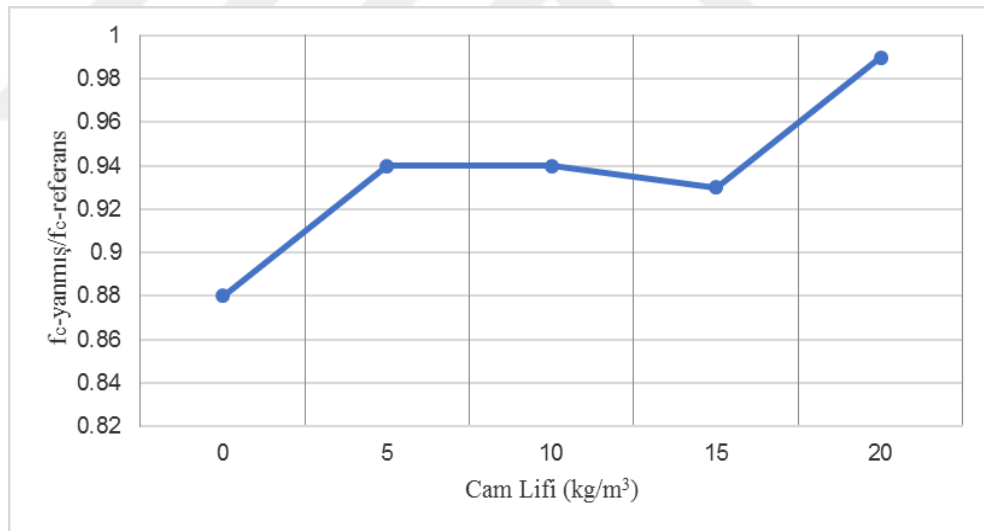
Tablo 6.2. CTB Numunelere ait basınç dayanımı değerleri ortalaması

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Basınç Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{c-glass-referans}$	28 Gün Basınç Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{c-glass-yanmış}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0S	84.8	78.0	81.7	77.1	62.0
2	Cam-5S	66.3	68.7	75 (%12 Kayıp)	55.2	56.0
				63 (%6 Kayıp)		
3	Cam-10S	71.5	71.1	68.7	56.3	73.5
				67 (%6 Kayıp)		
4	Cam-15S	77.0	81.8	59.5	70.8	75.8
				72 (%7 Kayıp)		
5	Cam-20S	72.9	69.6	71.7	80.9	68.2
				72.6 (%0,4 Kayıp)		

CTB numunelerin yangın öncesi ve sonrası basınç dayanımı değişim değerlerinin, cam lif oranlarına (ağırlıkça) göre grafikleri Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 de verilmiştir.



Şekil 6.1. Yangından önce basınç dayanımı değişim grafiği



Şekil 6.2. Yangından sonra basınç dayanımı değişim grafiği

Grafiklerde (referans) olarak anılan numune yangın öncesi basınç dayanımı, (yanmış) olarak anılan numune 4 farklı yangın süresinde test edilmiş numunelerin ortalamasının basınç dayanımı, (katkılı) olarak anılan numune cam lifi ekledikten sonra numunenin basınç dayanımı ve (katkısız) olarak anılan numune cam lifsiz numunenin basınç dayanımını göstermektedir.

Yangın öncesi grafikten cam lif oranının artmasının betonun basınç dayanımı üzerindeki olumsuz etkisinin olduğunu görülmüştür. Yangından sonrası grafikten cam lif oranının artması yangın sonrasındaki basınç dayanımını kaybını pozitif etkilemiştir (kayıp az olmuştur).

6.2. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Yarmada Çekme) Deney Sonuçları

Deneysel çalışmalarda elde edilen CTB numunelere ait çekme dayanımı (yarmada çekme) değerleri Tablo 6.3 ve Tablo 6.4' de verilmiştir.

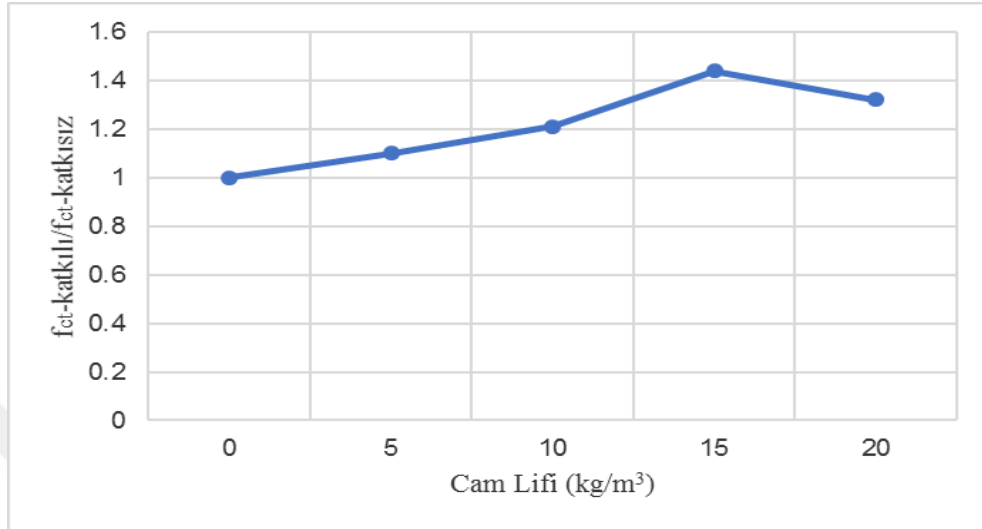
Tablo 6.3. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (yarmada çekme) dayanımı değerleri

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Yarmada Çekme Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ct-glass-referans}$	28 Gün Yarmada Çekme Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ct-glass-yanmış}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam 0S-1	17.2	11.0	17.6	9.5	19.3
	Cam 0S-2	29.8	17.0	12.0	30.5	22.1
	Cam 0S-3	14.6	15.5	20.5	14.6	-
2	Cam 5S-1	19.4	12.5	19.8	17.2	24.6
	Cam 5S-2	24.3	17.0	24.1	24.5	13.6
	Cam 5S-3	18.4	12.0	14.5	15.2	-
3	Cam 10S-1	25.0	18.8	25.3	24.3	24.0
	Cam 10S-2	27.1	11.5	19.0	17.5	11.2
	Cam 10S-3	22.5	17.5	15.5	17.2	13.8
4	Cam 15S-1	31.7	16.20	18.0	18.2	18.2
	Cam 15S-2	23.9	26.0	16.0	23.6	12.0
	Cam 15S-3	33.2	12.00	15.0	20.0	14.5
5	Cam 20S-1	29.8	17.70	28.8	24.5	26.0
	Cam 20S-2	28.5	12.90	21.7	20.5	22.3
	Cam 20S-3	22.8	17.20	17.5	16.6	22.0

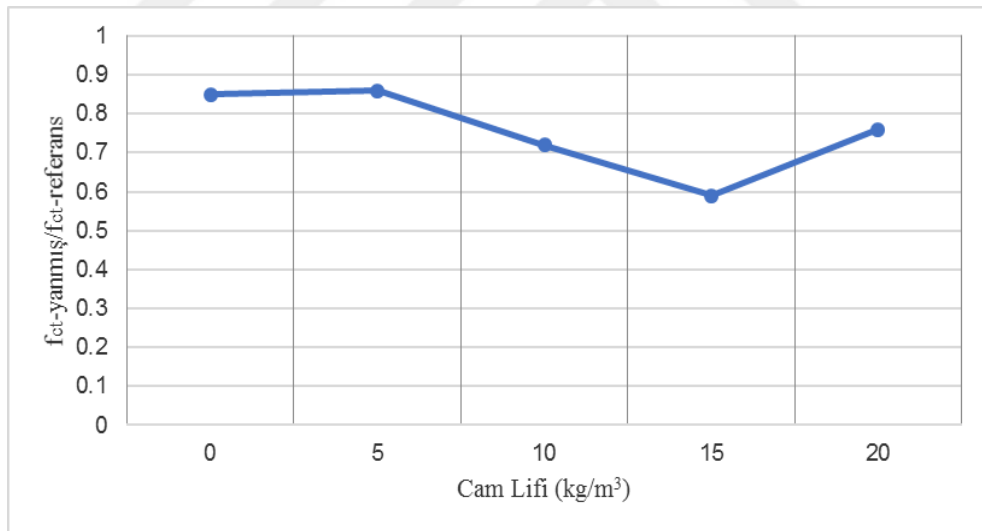
Tablo 6.4. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (yarmada çekme) dayanımı değerleri ortalaması

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Yarmada Çekme Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ct-glass-referans}$	28 Gün Yarmada Çekme Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ct-glass-yanmış}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0S	20.5	14.5	16.7	18.2	20.7
2	Cam-5S	20.7	13.8	19.5	19.0	19.1
3	Cam-10S	24.9	15.9	19.9	19.7	16.3
4	Cam-15S	29.6	18.1	16.3	20.6	14.9
5	Cam-20S	27.0	15.9	22.7	20.5	23.4

CTB numunelerin yangın öncesi ve sonrası çekme dayanımı (yarmada çekme) dayanımı değişim değerlerinin, cam lif oranlarına (ağırlıkça) göre grafikleri Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 de verilmiştir.



Şekil 6.3. Yangından önce yarmada çekme dayanımı değişim grafiği



Şekil 6.4. Yangından sonra yarmada çekme dayanımı değişim grafiği

Yangın öncesi grafikten cam lif oranının artmasının betonun çekme (yarmada çekme) dayanımı üzerindeki olumlu etkisi görülmüştür. Yangın sonrası grafikte ise cam lif oranının artmasının çekme dayanımı (yarmada çekme) kaybını negatif etkilediği görülmektedir (kayıp daha fazla olmuştur).

6.3. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Eğilmede Çekme) Deneyleri Sonuçları

Deneysel çalışmalarda elde edilen CTB numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme) değerleri Tablo 6.5 ve Tablo 6.6' de verilmiştir.

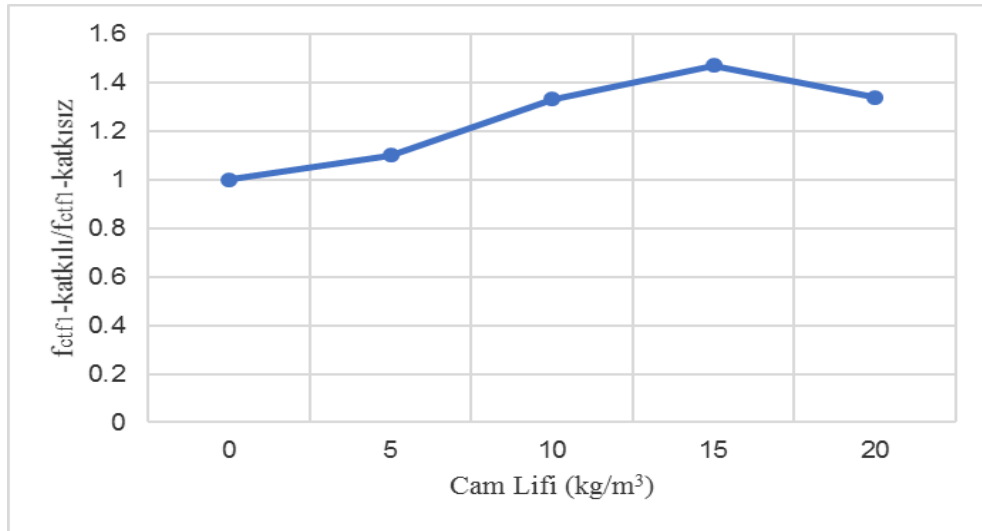
Tablo 6.5. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme) dayanımı değerleri

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Eğilmede Çekme Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ctf1-glass-referans}$	28 Gün Eğilmede Çekme Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ctf1-glass-yanmiş}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0P-1	28.5	16.8	17.2	28.5	23.8
	Cam-0P-2	22.8	20.6	22.3	17.6	19.6
	Cam-0P-3	28.5	21.2	24.6	21.2	22.7
2	Cam-5P-1	27.8	37.4	27.7	31.8	27.1
	Cam-5P-2	32.9	42.3	22.3	27.3	35.2
	Cam-5P-3	26.5	29.3	21.2	23.9	36.4
3	Cam-10P-1	36.9	32.3	24.0	27.9	31.8
	Cam-10P-2	35.5	22.9	44.3	16.5	38.3
	Cam-10P-3	33.5	36.3	20.5	29.4	31.2
4	Cam-15P-1	39.1	5.18	32.9	44.6	24.5
	Cam-15P-2	36.9	37.7	24.9	44.1	22.7
	Cam-15P-3	41.4	40.5	21.9	27.3	39.0
5	Cam-20P-1	36.8	32.8	39.4	29.4	17.2
	Cam-20P-2	37.0	39.5	38.0	26.5	15.7
	Cam-20P-3	33.0	35.3	34.0	35.3	-

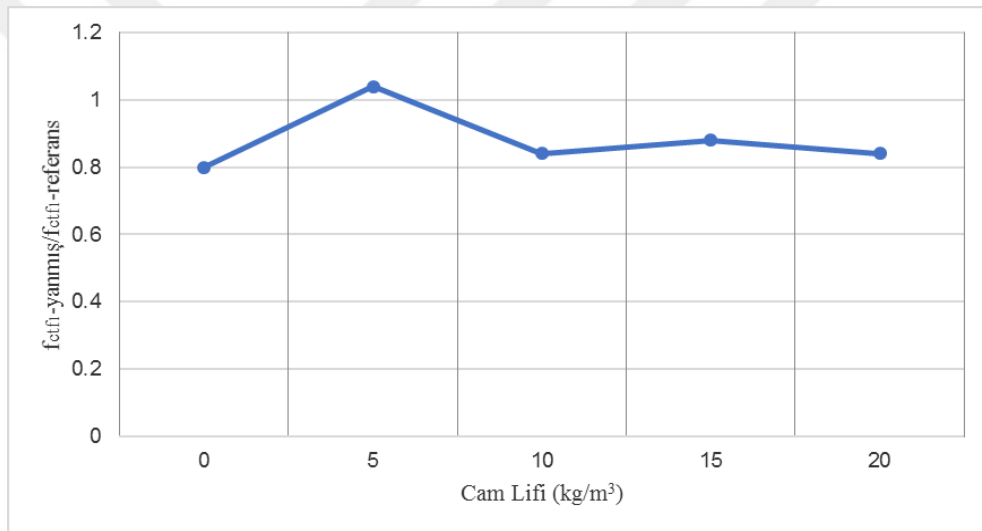
Tablo 6.6. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme) dayanımı değerleri ortalaması

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Eğilmede Çekme Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ctf1-glass-referans}$	28 Gün Eğilmede Çekme Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ctf1-glass-yanmiş}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0P	26.6	19.5	21.5	22.4	22.0
2	Cam-5P	29.0	36.3	23.7	27.7	32.9
				30.1 (%4 Artış)		
3	Cam-10P	35.3	30.5	29.6	24.6	33.8
				30 (%16 Kayıp)		
4	Cam-15P	39.1	43.3	26.6	38.7	28.7
				34(%12 Kayıp)		
5	Cam-20P	35.6	35.9	37.1	30.4	16.5
				30 (%16 Kayıp)		

CTB numunelerin yangından öncesi ve sonrası çekme dayanımı (eğilmede çekme) dayanımı değişim değerlerinin, cam lif oranlarına (ağırlıkça) göre grafikleri Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 de verilmiştir.



Şekil 6.5. yangından önce eğilmede çekme dayanımı değişim grafiği



Şekil 6.6. yangından sonra eğilmede çekme dayanımı değişim grafiği

Yangın öncesi grafikten cam lif oranının artması betonun çekme dayanımı (eğilmede çekme) dayanımı üzerindeki olumlu görülmüştür. Yangın sonrası grafikten cam lif oranının artması yangın sonrasındaki çekme dayanımını (eğilmede çekme) olumlu etkilemiştir. Cam lifi miktarının 5 kg/m^3 olduğu numunelerde yangın sonrasında eğilmede çekme dayanımının yanmış numuneye göre %4 daha fazla olduğu görülmüştür. Diğer numunelerde ise belirgin bir artış meydana gelmemiştir.

6.4. CTB Numunelerin Çekme Dayanımı (Eğilmede Çekme (Çift Noktadan))

Deneyleri Sonuçları

Deneysel çalışmalarda elde edilen CTB numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme (çift noktadan)) değerleri Tablo 6.7 ve Tablo 6.8’ de verilmiştir.

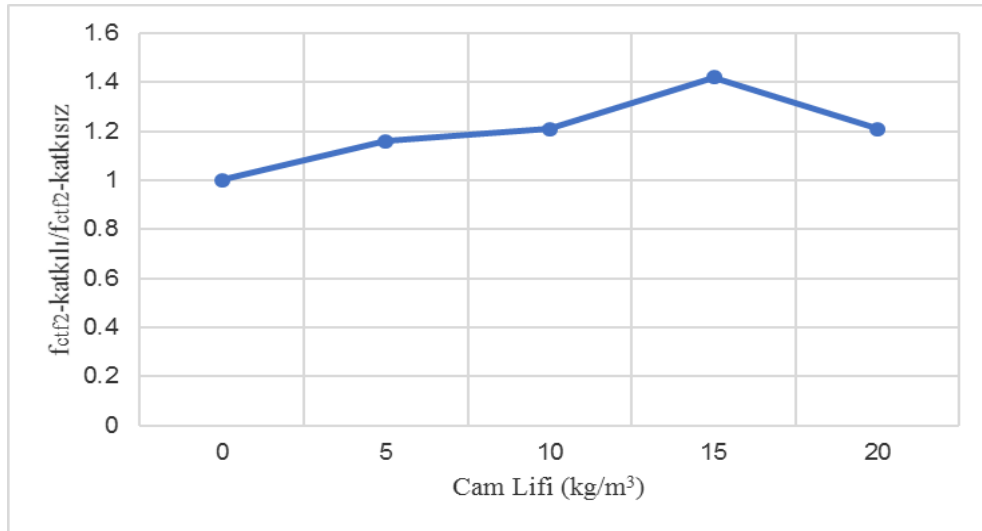
CTB numunelerin yangından öncesi ve sonrası çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı değişim değerlerinin, cam lif oranlarına (ağırlıkça) göre grafikleri Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 de verilmiştir.

Tablo 6.7. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme (çift noktadan)) dayanımı değerleri

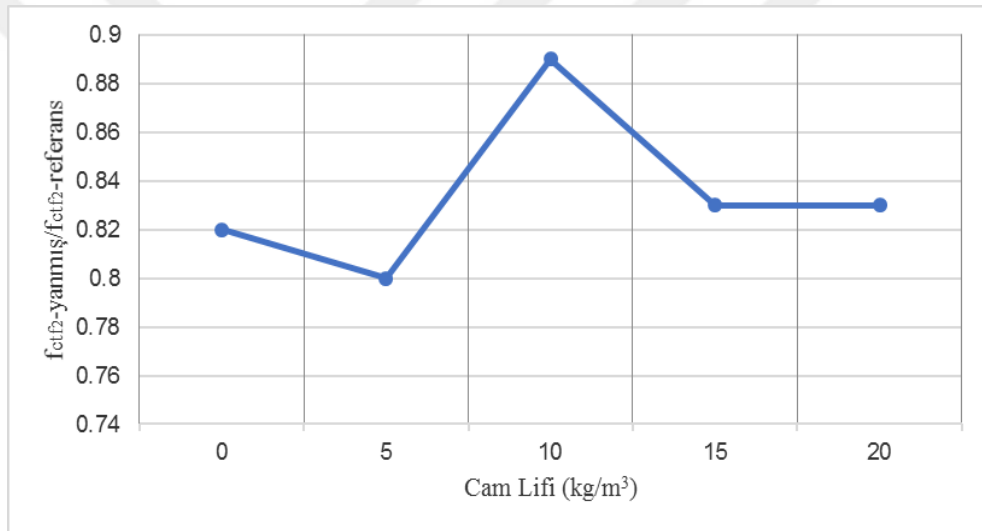
No	Numunelerin Kodu	28 Gün Eğilmede Çekme (Çift Noktadan) Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ctf2-glass-referans}$	28 Gün Eğilmede Çekme (Çift Noktadan) Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ctf2-glass-yanmiş}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0P-1	27.0	27.6	27.9	28.7	27.4
	Cam-0P-2	39.2	28.7	28.8	24.9	23.4
	Cam-0P-3	28.5	25.4	19.8	25.4	23.4
2	Cam-5P-1	33.3	34.1	29.7	13.4	32.5
	Cam-5P-2	35.6	34.0	35.3	27.6	29.8
	Cam-5P-3	41.0	39.0	25.2	26.3	25.7
3	Cam-10P-1	34.4	49.2	30.8	16.5	29.8
	Cam-10P-2	42.2	45.9	32.6	24.2	42.7
	Cam-10P-3	38.3	38.6	31.7	33.5	35.9
4	Cam-15P-1	47.3	48.8	32.7	19.9	43.3
	Cam-15P-2	48.6	43.4	26.1	24.9	51.4
	Cam-15P-3	39.0	45.7	30.9	38.9	39.6
5	Cam-20P-1	33.9	42.8	31.2	24.7	-
	Cam-20P-2	44.4	36.2	40.7	34.4	20.7
	Cam-20P-3	36.3	47.9	29.3	29.8	-

Tablo 6.8. CTB Numunelere ait çekme dayanımı (eğilmede çekme (çift noktadan)) dayanımı değerleri ortalaması

No	Numunelerin Kodu	28 Gün Eğilmede Çekme (Çift Noktadan) Dayanımı (Yangından Önce) (Mpa) $f_{ctf2-glass-referans}$	28 Gün Eğilmede Çekme (Çift Noktadan) Dayanımı (Yangından Sonra) (Mpa) $f_{ctf2-glass-yanmiş}$			
			Yangın Süresi 30 dk	Yangın Süresi 60 dk	Yangın Süresi 90 dk	Yangın Süresi 120 dk
1	Cam-0P	31.6	27.2	25.5	26.3	24.7
2	Cam-5P	36.6	35.7	30.1	22.4	29.3
				26 (%18 Kayıp)	29 (%20 Kayıp)	
3	Cam-10P	38.3	44.6	31.7	24.7	36.1
				34 (%11 Kayıp)	37 (%17 Kayıp)	
4	Cam-15P	45.0	46.0	29.9	27.9	44.8
				37 (%17 Kayıp)	32 (%17 Kayıp)	
5	Cam-20P	38.2	42.3	33.7	29.6	20.7
				32 (%17 Kayıp)		



Şekil 6.7. Yangından önce eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımı değişim grafiği



Şekil 6.8. Yangından sonra eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımı değişim grafiği

Grafiklerde (referans) olarak anılan numune yangından öncesi çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı ve (yanmış) olarak anılan numune 4 farklı yangın süresinde test edilmiş numunelerin ortalamasının çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı ve (katkılı) olarak anılan numune cam lifi ekledikten sonra numunenin çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı, ve (katksız) olarak anılan numune cam lifsiz numunenin çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı.

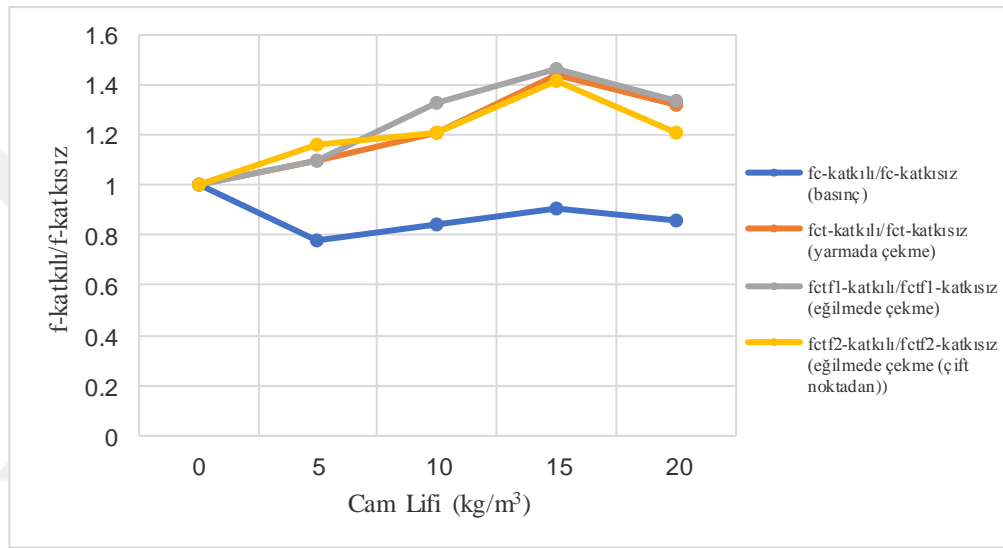
Yangından öncesi grafikten cam lif oranının artmasının betonun çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı üzerindeki olumlu etkisini görülmüştür.

Yangından sonrası grafikten cam lif oranının artmasının yangın sonrasındaki çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımını olumlu etkilemiştir sadece 5 kg/m³ 'de biraz düşüş görülmüştür. En az düşüş 10 kg/m³ numunelerde meydana gelmiştir.

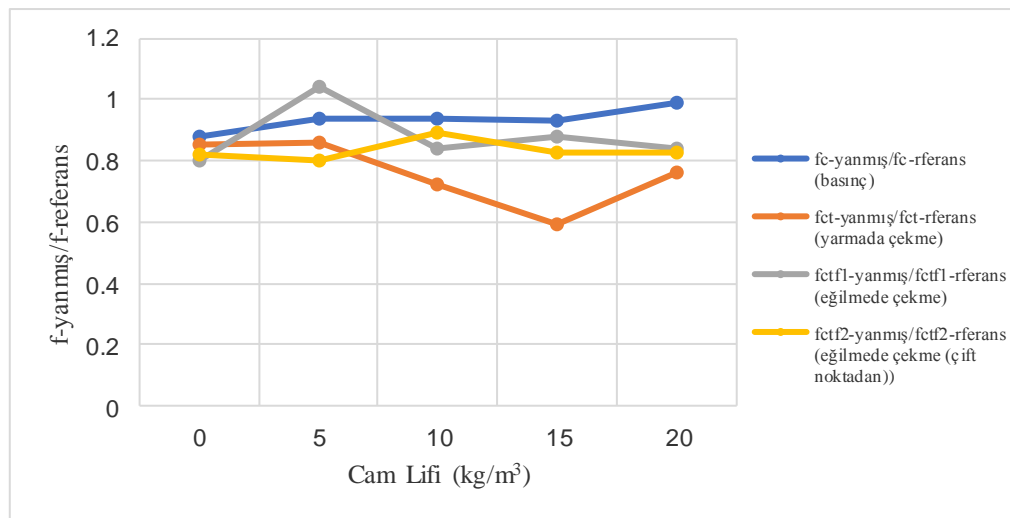


7. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, CTB numuneleri üzerinde farklı oranlardaki cam lif katkısının betonun mekanik özelliklerine etkisini belirlemek için yapılan, yangın deneyi öncesinde ve yangın deneyi sonrasında, elde edilen sonuçlarla ilgili sonuçlar iki bölümde incelenebilir. Yangından öncesi ve yangından sonrası, CTB numunelerin dayanımının değişim değerlerinin, cam lif oranlarına (ağırlıkça) göre grafikleri Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 de verilmiştir:



Şekil 7.1. Yangından önce CTB dayanımının değişim grafikleri



Şekil 7.2. Yangından sonra CTB dayanımının değişim grafikleri

7.1. CTB Numunelerin Yangından Önce Sonuçlar

- Cam lif miktarı artıkça taze betonun işlenebilirliğini azalmıştır. Özellikle 15 kg/m³ lif oranından sonra taze betonun işlenebilirliği önemli ölçüde azalmıştır.
- Yapılan deney sonuçlarına göre cam lifi kullanılması betonda, numunelerin kırılma sırasında gevrek davranış göstermesini engellemektedir. Cam lifi kullanılmayan numuneler gevrek bir şekilde kırılırken, cam lifi kullanılan numuneler cam liflerin betonun bir anda kırılmasını engellemesinden dolayı uzun süre dayandığı gözlemlenmiştir.
- Yangın öncesi grafikten cam lif katkısının betonun basınç dayanımı üzerindeki olumsuz etkisinin olduğunu görülmüştür. Fakat cam lif miktarı artmasıyla bu olumsuz etkinin azaldığını görülmüştür. Cam lifli katkılı numune katkısız numuneye göre cam lif oranı 5 kg/m³ 'de basınç dayanımı %22 düşmüş, 10 kg/m³ 'de basınç dayanımı %17 düşmüş, 15 kg/m³ 'de basınç dayanımı %9 düşmüş, 20 kg/m³ 'de basınç dayanımı %14 bir düşüş meydana gelmiştir.
- Yangın öncesi grafikten cam lif katkısının artması betonun çekme dayanımı (yarmada çekme) dayanımı üzerinde olumlu etkisi görülmüştür. Cam lifli katkılı numune katkısız numuneye göre cam lif oranı 5 kg/m³ 'de (yarmada çekme) dayanımı %1 artmış, 10 kg/m³ 'de (yarmada çekme) dayanımı %21 artmış, 15 kg/m³ 'de (yarmada çekme) dayanımı %44 artmış, 20 kg/m³ 'de (yarmada çekme) dayanımı %32 bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle özellikle 15kg/m³ cam lifin yarmada çekme için en optimum değer olduğu düşünülebilir.
- Yangın öncesi grafikten cam lif oranının artması betonun çekme dayanımı (eğilmede çekme) dayanımı üzerindeki pozitif görülmüştür. Cam lifli katkılı numune katkısız numuneye göre cam lif oranı 5 kg/m³ 'de (eğilmede çekme) dayanımı %9 artmış, 10 kg/m³ 'de (eğilmede çekme) dayanımı %33 artmış, 15 kg/m³ 'de (eğilmede çekme) dayanımı %47 artmış, 20 kg/m³ 'de (eğilmede çekme) dayanımı %34 bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle özellikle 15 kg/m³ cam lifin eğilmede çekme için en optimum değer olduğu düşünülebilir.

- Yangın öncesi grafikten cam lif oranının artması betonun çekme dayanımı (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı üzerindeki olumlu etkisini görülmüştür. Cam lifli katkılı numune katkısız numuneye göre cam lif oranı 5 kg/m³ 'de (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı %16 artmış, 10 kg/m³ 'de (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı %21 artmış, 15 kg/m³ 'de (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı %42 artmış, 20 kg/m³ 'de (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) dayanımı %21 bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle özellikle 15kg/m³ cam lifin eğilmede çekme (Çift Noktadan) için en optimum değer olduğu düşünülebilir.

7.2. CTB Numunelerin Yangından Sonra Sonuçlar

- Yangın sonrası grafiklerde cam lif oranının artması yangın sonrasındaki basınç dayanım kaybını pozitif etkilemiştir. Cam lif oranı artıkça kayıp miktarı %12'den %0,4'e kadar düşmüştür.
- Yangın sonrası grafiklerden cam lif oranının artması yangın sonrasındaki çekme dayanıma (yarmada çekme) kaybını negatif etkilemiştir. Cam lif oranı artıkça %15 kayıp %24 oranına çıkmıştır, bununla beraber cam lifi 15 kg/m³ kayıp %41 olarak en fazla görülmüştür.
- Yangın sonrası grafiklerden cam lif oranının artması yangın sonrasındaki çekme dayanıma (eğilmede çekme) kaybını olumlu etkilemiştir. Cam lif oranı artıkça %20 kayıp %16 oranına düşmüştür, fakat cam lifinin 5 kg/m³ olduğu numunelerde %4 bir artış meydana gelmiştir.
- Yangın sonrası grafiklerden cam lif oranının artmasının yangın sonrasındaki çekme dayanıma (eğilmede çekme (Çift Noktadan)) kaybını olumlu etkilemiştir. Cam lif oranı artıkça %18 kayıp %17 oranına düşmüştür, sadece 5 kg/m³ 'de %20 biraz fazla görülmüştür.

7.3. Yanmış ve Yanmamış Numunelerin Çekme ve Basınç Dayanımının Karşılaştırılması

Beton malzemesinin çekme dayanımının basınç dayanıma oranı literatürde belirli katsayılarla verilmiştir. Çekme dayanımı eksenel çekme, yarmada çekme ve eğilmede çekme olarak elde edilebilmektedir ve her birinin basınç dayanımı ile olan ilişkisi farklı katsayılarla gösterilmiştir. Normal dayanımlı betonda basınç dayanımı ile çekme dayanımı arasındaki ilişki (TS 500-2000, 2000)'de denklem 7.1, 7.2 ve 7.3'de gösterdiği gibi verilmiştir. Bu tez çalışmasında CTB'lar için yarmada çekme ve eğilmede çekme (tek ve çift noktalardan) elde edildiği için sadece söz konusu çekme dayanımları ile basınç dayanımları arasındaki ilişki yangın öncesinde ve yangın sonrasında ayrı ayrı irdelenmiştir.

$$f_{ct} = 0.50\sqrt{f_c} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.1)$$

$$f_{ctf1} = 0.70\sqrt{f_c} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.2)$$

$$f_{ctf2} = 0.64\sqrt{f_c} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.3)$$

Normal beton için verilen basınç dayanımı-çekme dayanımı ilişkilerinin CTB'larda bir miktar farklı olması beklenmektedir. Bu tez kapsamında cam lif katkılı (5, 10, 15, 20 kg/m³) yada katkısız (0 kg/m³) betonlarda normal betondan farklı olarak kuru silis kumu kullanmıştır. Ayrıca kullanılan agrega normal betonda kullanılanlara göre daha incedir. Çimentonun dozajı ise 700 kg/m³'dür. Numunelerin karışım detayları ve oranları Bölüm 5.3'de verilmiştir. Bu nedenle normal betonun basınç ve çekme dayanımı arasındaki literatürde verilen söz konusu ilişkilerin bu tez çalışmasında değerlendirilen betonlarda çok daha farklı olması beklenmelidir.

CTB'larda basınç ve çekme dayanımları arasındaki ilişkilerin de elde edilmesi amacıyla yangın öncesi ve sonrası (30, 60, 90 ve 120 dk yangın geçirmiş) numuneler için çeşitli tablolar hazırlanmış ve aşağıda sunulmuştur. CTB'ların basınç ve yarmada çekme dayanımları arasındaki ilişki Tablo 7.1-Tablo 7.5'de gösterilmiştir. Tabloda verilen ξ katsayısı basınç ve yarmada çekme dayanımı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Normal betonda yarmada çekme dayanımının bulunmasında 0.5 olarak önerilen değer bu çalışmada kullanılan betonlarda yangın öncesi durumda ortalama 2.84 olarak edilmiştir. Yangın sonrasında ise bu oran ortalama 2.2 olarak bulunmuştur. Bu

değerlerin normal betondaki değerden yüksek olmasının temel nedeni yukarıda açıklandığı gibi beton içeriğinin ve kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerinin birbirinden tamamen farklı olmasıdır.

Tablo 7.1. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve yarmada çekme dayanımının (Yangın Öncesi) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	ξ
	Yangın Öncesi	Yangın Öncesi	Katsayı
0	84.8	20.5	2.22
5	66.3	20.7	2.54
10	71.5	24.9	2.94
15	77.0	29.6	3.37
20	72.9	27.0	3.16
	Ortalama (ξ)		2.84

$$f_{ct}^{\text{Yangın Öncesi}} = 2.84 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Öncesi}}} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.4)$$

Tablo 7.2. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve yarmada çekme dayanımının (yangın süresi 30) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 30	Yangın Süresi 30	Katsayı
0	78.0	14.5	1.64
5	68.7	13.8	1.66
10	71.1	15.9	1.88
15	81.8	18.1	2.00
20	69.6	15.9	1.90
	Ortalama (ξ)		1.81

$$f_{ct}^{\text{Yangın Süresi 30}} = 1.81 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 30}}} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.5)$$

Tablo 7.3. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve yarmada çekme dayanımının (yangın süresi 60) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 60	Yangın Süresi 60	Katsayı
0	81.7	16.7	1.84
5	70.2	19.5	2.32
10	68.7	19.9	2.40
15	59.5	16.3	2.11
20	71.7	22.7	2.68
	Ortalama (ξ)		2.27

$$f_{ct}^{\text{Yangın Süresi 60}} = 2.27 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 60}}} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.6)$$

Tablo 7.4. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve yarmada çekme dayanımının (yangın süresi 90) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 90	Yangın Süresi 90	Katsayı
0	77.1	18.9	2.15
5	55.2	19.0	2.55
10	56.3	19.7	2.62
15	70.8	20.6	2.44
20	80.9	20.5	2.27
	Ortalama (ξ)		2.40

$$f_{ct}^{\text{Yangın Süresi 90}} = 2.40 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 90}}} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.7)$$

Tablo 7.5. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve yarmada çekme dayanımının (yangın süresi 120) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 120	Yangın Süresi 120	Katsayı
0	62.0	20.7	2.62
5	56.0	19.1	2.55
10	73.5	16.3	1.90
15	75.8	14.9	1.71
20	68.2	23.4	2.83
	Ortalama (ξ)		2.32

$$f_{ct}^{\text{Yangın Süresi 120}} = 2.32 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 120}}} \quad (\text{Yarmada Çekme}) \dots\dots\dots(7.8)$$

CTB'ların basınç ve eğilmede çekme dayanımları (tek nokta) arasındaki ilişki Tablo 7.6-Tablo 7.10'da gösterilmiştir. Tabloda verilen ξ katsayısı basınç ve eğilmede çekme dayanımı (tek nokta) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Normal betonda 0.7 olan değer bu çalışmada kullanılan betonlarda yangın öncesi durumda ortalama 3.84 olarak edilmiştir. Yangın sonrasında ise bu oran ortalama 3.46 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin normal betondaki değerden yüksek olmasının temel nedeni yukarıda açıklandığı gibi beton içeriğinin ve kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerinin birbirinden tamamen farklı olmasıdır.

Tablo 7.6. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme dayanımının (yangın öncesi) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf1} (MPa)	ξ
	Yangın Öncesi	Yangın Öncesi	Katsayı
0	84.8	26.6	2.88
5	66.3	29.0	3.56
10	71.5	35.3	4.17
15	77.0	39.1	4.45
20	72.9	35.6	4.16
	Ortalama (ξ)		3.84

$$f_{ctf1}^{\text{Yangın Öncesi}} = 3.84 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Öncesi}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.9)$$

Tablo 7.7. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme dayanımının (yangın süresi 30) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf1} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 30	Yangın Süresi 30	Katsayı
0	78.0	19.5	2.20
5	68.7	36.3	4.37
10	71.1	30.5	3.61
15	81.8	43.3	4.78
20	69.6	35.9	4.30
	Ortalama (ξ)		3.85

$$f_{ctf1}^{\text{Yangın Süresi 30}} = 3.85 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 30}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.10)$$

Tablo 7.8. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme dayanımının (yangın süresi 60) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf1} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 60	Yangın Süresi 60	Katsayı
0	81.7	21.5	2.37
5	70.2	23.7	2.82
10	68.7	29.6	3.57
15	59.5	26.6	3.44
20	71.7	37.1	4.38
	Ortalama (ξ)		3.31

$$f_{ctf1}^{\text{Yangın Süresi 60}} = 3.31 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 60}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.11)$$

Tablo 7.9. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme dayanımının (yangın süresi 90) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa) Yangın Süresi 90	f_{ctf1} (MPa) Yangın Süresi 90	ξ Katsayı
0	77.1	22.4	2.55
5	55.2	27.7	3.72
10	56.3	24.6	3.27
15	70.8	38.7	4.59
20	80.9	30.4	3.37
	Ortalama (ξ)		3.50

$$f_{ctf1}^{\text{Yangın Süresi 90}} = 3.50 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 90}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.12)$$

Tablo 7.10. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme dayanımının (yangın süresi 120) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa) Yangın Süresi 120	f_{ctf1} (MPa) Yangın Süresi 120	ξ Katsayı
0	62.0	22.0	2.79
5	56.0	32.9	4.39
10	73.5	33.8	3.94
15	75.8	28.7	3.29
20	68.2	16.5	1.99
	Ortalama (ξ)		3.21

$$f_{ctf1}^{\text{Yangın Süresi 120}} = 3.21 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 120}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme}) \dots\dots\dots(7.13)$$

CTB'ların basınç ve eğilmede çekme dayanımları (çift nokta) arasındaki ilişki Tablo 7.11-Tablo 7.15'de gösterilmiştir. Tabloda verilen ξ katsayısı basınç ve eğilmede çekme dayanımı (çift nokta) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Normal betonda 0.64 olan değer bu çalışmada kullanılan betonlarda yangın öncesi durumda ortalama 4.40 olarak edilmiştir. Yangın sonrasında ise bu oran ortalama 3.77 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin normal betondaki değerden yüksek olmasının temel nedeni yukarıda açıklandığı gibi beton içeriğinin ve kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerinin birbirinden tamamen farklı olmasıdır.

Tablo 7.11. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımının (yangın öncesi) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf2} (MPa)	ξ
	Yangın Öncesi	Yangın Öncesi	Katsayı
0	84.8	31.6	3.43
5	66.3	36.6	4.49
10	71.5	38.3	4.52
15	77.0	45.0	5.12
20	72.9	38.2	4.47
	Ortalama (ξ)		4.40

$$f_{ctf2}^{\text{Yangın Öncesi}} = 4.40 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Öncesi}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.14)$$

Tablo 7.12. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımının (yangın süresi 30) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf2} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 30	Yangın Süresi 30	Katsayı
0	78.0	27.2	3.07
5	68.7	35.7	4.31
10	71.1	44.6	5.28
15	81.8	46.0	5.08
20	69.6	42.3	5.07
	Ortalama (ξ)		4.56

$$f_{ctf2}^{\text{Yangın Süresi 30}} = 4.56 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 30}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.15)$$

Tablo 7.13. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımının (yangın süresi 60) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf2} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 60	Yangın Süresi 60	Katsayı
0	81.7	25.5	2.82
5	70.2	30.1	3.59
10	68.7	31.7	3.82
15	59.5	29.9	3.87
20	71.7	33.7	3.97
	Ortalama (ξ)		3.61

$$f_{ctf2}^{\text{Yangın Süresi 60}} = 3.61 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 60}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.16)$$

Tablo 7.14. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımının (yangın süresi 90) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf2} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 90	Yangın Süresi 90	Katsayı
0	77.1	26.3	2.99
5	55.2	22.4	3.01
10	56.3	24.7	3.29
15	70.8	27.9	3.31
20	80.9	29.6	3.29
	Ortalama (ξ)		3.17

$$f_{ctf2}^{\text{Yangın Süresi 90}} = 3.17 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 90}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.17)$$

Tablo 7.15. CTB Numunelerin basınç dayanımının ve eğilmede çekme (çift noktadan) dayanımının (yangın süresi 120) arasındaki kat sayısı

Cam Lif Miktarı	f_c (MPa)	f_{ctf2} (MPa)	ξ
	Yangın Süresi 3120	Yangın Süresi 120	Katsayı
0	62.0	24.7	3.13
5	56.0	29.3	3.91
10	73.5	36.1	4.21
15	75.8	44.8	5.14
20	68.2	20.7	2.50
	Ortalama (ξ)		3.77

$$f_{ctf2}^{\text{Yangın Süresi 120}} = 3.77 \sqrt{f_c^{\text{Yangın Süresi 120}}} \quad (\text{Eğilmede Çekme (Çift Noktadan)}) \dots\dots\dots(7.18)$$

8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Cam lif katkılı betonlar üzerinde literatürde ilk kez yapılan bu çalışmada, cam lifin miktarlarına bağlı olarak betonun en önemli mühendislik özelliklerinden olan basınç ve çekme dayanımlarına değişik oranlarda etkiler yaptığı görülmüştür. Özellikle yangın geçirmemiş numunelerde basınç dayanımına bir katkıda bulunmazken çekme dayanımında önemli oranlarda katkısı olmuştur. Bu katkı özellikle eğilmede çekme dayanımında daha bariz hissedilmiştir. Burada temel etken cam lif yönü ile eksenel çekme gerilmesinin yönü arasındaki ilişki olabilir.

Cam lif miktarının artması tıpkı çelik liflerde olduğu gibi cam liflerinde topraklanarak beton içinde homojen dağılmaması problemleri oluşturabilmektedir. Bu nedenle yüksek cam lif oranlarında karışımın mümkün olduğunca homojen olması yerinde olacaktır.

Çekme / basınç dayanımı malzemenin yük altındaki gevreklik ölçütünü ortaya koymaktadır. Gevrek malzemede bu oran küçülmekteyken sünek malzemede bu oran yükselir. Normal dayanımlı bir betonda bu oran 0.06 ile 0.12 arasında değişebilmektedir. Betonarme literatüründe bu oran pratik olarak 0.1 olarak da kabul edilmektedir. CTB numunelerinde bu oranının cam lifi miktarına bağlı olarak 0.55'lere kadar yükseldiği görülmektedir. Başka bir ifade ile cam lifi betonun sünekliğini normal betona göre yaklaşık 5.5 kat artırmıştır. Yangın geçirmiş CTB numunelerinde ise bu oranın 0.55'lerde olduğu özellikle 30 dakikalık yangında bu oranın arttığı görülmektedir.

Yapılan karşılaştırmalarda özellikle 30 dakikalık yangın sonrasında numunelerin tek ve çift noktadan eğilme deneylerinden elde edilen çekme dayanımlarında yangın öncesine göre bir artış görülmüştür. Daha uzun süreli yangınlarda ise bu oranda bir artış meydana gelmemiştir. Yapılan olan bu çalışmada, sonuçlardan gördüğümüze gibi cam lifi kullanılan numuneler ve yangına bırakıldığı zaman numunede olumsuz bir etki olmadığı aksine betonun mekanik özelliklerini iyileştirdiği katkısız numuneye göre görülmüştür, literatürde bunun gibi pozitif sonuçlar, (Chen & Liu, 2004), (Peng et al., 2008), (Lau & Anson, 2006), tarafından bulunmuştur.

CTB numunelerinde eğilmede çekme deneyinde elde edilen çekme dayanımı değerleri yarmada çekme deneyinden elde edilen çekme dayanımı değerlerine göre daha fazla bulunmuştur. Normal betonda da benzer bir ilişki vardır. Bunun nedeni numunenin

gerçekten çekme gerilmesine zorlanan kesitinin hacmi toplam numune hacmine göre daha küçüktür. Bu nedenle eğilmede çekme dayanım değeri yarmada çekme dayanımına göre daha fazladır. Cam lif katkısı olan örneklerde ortalama $f_{ct \text{ yarma}} / f_{ct \text{ eğilme}}$ oranı 0.64-0.74 aralığında değişirken yanmış numunelerde bu oran 0.58-0.63 aralığında değişmektedir. Normal betonlarda ise $f_{ct \text{ yarma}} / f_{ct \text{ eğilme}}$ oranı 0.71-0.78 aralığında değişmektedir. Bu durum özellikle CTB numunelerinde liflerin yönüne bağlı olarak yarmada çekme ve eğilmede çekme değerleri arasındaki farkın daha fazla elde edilmesiyle açıklanabilir.

Bu çalışmada cam liflerin yanmamış betonun çekme dayanımını %42-%47 arasında artırabildiği görülmüştür. Halbuki, (Çivici & Eren, 2004) cam lif kullanılmış betondaki çekme dayanımı artışının çelik lif kullanılmış betondaki kadar fazla olmadığını söylemektedir. Araştırmacılar bunun temel sebebini cam liflerin ince ve düz olması sonucu lif ile beton arasında oluşan aderansın daha az olması ile açıklamaktadırlar.

Betonun çekme / basınç dayanım oranı su/çimento, agrega tane çapı ve agrega özellikleri, çimento dozajı gibi parametrelere bağlıdır. Literatürde özellikle sabit su/çimento oranında artan agrega çapı ile çekme / basınç dayanımının düştüğü söylenmektedir (Arıoğlu, Girgin, & Arıoğlu, 2002). Bu sonuç CTB numuneler içinde geçerli olmuştur. CTB'nun içeriğine bakıldığında agrega tane çapının normal betona göre oldukça küçük olduğu ve kullanılan çimento dozajının normal betona göre çok yüksek olmasından dolayı çekme dayanımları normal betona göre oldukça büyük elde edilmiştir. Bununla beraber basınç dayanımını artması ile çekme dayanımı da artmaktadır.

(Yaprak ve ark., 2004)'a göre cam liflerin düşük katkı oranlarında kullanılması ile (örneğin $0-1 \text{ kg/m}^3$ 'ün altında) beton içerisine dağılan binlerce lif, erken dönemde oluşan iç gerilmelerden dolayı meydana gelebilecek çatlakları, geçirgenliği azaltacak, uzun dönemde betonun atmosfer etkilerine ve dış aşındırıcı kuvvetlere karşı direncini artıracaktır. Cam lifin 5 kg /m^3 ve daha fazla kullanılması durumunda ise karıştırma ve pompalama sırasında işlenebilirlik problemleri ortadan kalkacaktır denilmektedir. Halbuki bu çalışmada cam lif oranının artması ile karıştırma ve işlenebilirlik problemlerinin daha fazla olduğu bu çalışmada gözlemlenmiştir.

Literatürde (Uysal, 2004) standart olarak imal edilen normal betonun yangın testlerinde basınç dayanım kayıpları %40, eğilmede çekme dayanım kayıpları ise %74 oranlarında bulunmuştur. Bu kayıpların CTB numuneleri ile kıyaslandığı zaman çok

fazla olduğu gör÷lmektedir. Literatürde özellikle pomza kumu, tuğla kırığı ve uçucu külle beton üretimi yapılarak yangın sonrası dayanım kayıpları %15-20'lere kadar düşür÷lmüştür. Eğilme dayanımları yüksek sıcaklık etkisiyle basınç dayanımına kıyasla daha fazla azalmaktadır. Eğilme dayanımı yüksek sıcaklık sonucu oluşan hasara basınç dayanımından fazla duyarlıdır. Basınç halinde çatlakların bir bölümü kapanmaktadır.

Yangın testlerinin yapıldığı çalışmalarda yangın süresi bir parametre olarak baz alınmaktadır. Bununla beraber sabit sıcaklık altında yapılan çalışmalarda bulunmaktadır. Bazı güncel çalışmalarda basınç ve çekme testleri ile yangın testleri iç içe geçmiş düzenekler içinde yapılabilmektedir. İleri projeksiyonlu çalışmalarda yangın düzeneğinin değiştirilmesi ile sabit sıcaklık altında testler benzer numuneler için tekrarlanabilir.



KAYNAKLAR

- Altınay, G. 2011. Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretimi, uygulaması, yapısal performansının değerlendirilmesi ve bir alan araştırması ile incelenmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ*.
- Anwar Hossain, K. M. 2006. Macro-and microstructural investigations on strength and durability of pumice concrete at high temperature. *Journal of materials in civil engineering, 18(4), 527-536*.
- Aran, A. 1990. Elyaf takviyeli karma malzemeler. *İstanbul Teknik Üniversitesi. Yayını, İstanbul*.
- Arioğlu, E., Girgin, C., & Arioğlu, N. 2002. Betonda çekme/basınç dayanımı oranının irdelenmesi. *Hazır Beton Dergisi*.
- Arioz, O. 2007. Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire safety journal, 42(8), 516-522*.
- Arslan, A., & Ulucan, Z. Ç. 1997. Çelik liflerin erken yaştaki betonarme kirişlerin göçmesine etkisi. *Teknik Dergi, 8(39)*.
- Ataman, R. 1979. Beton Yapıların Yangın Dayanımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. *KT Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 20-24*.
- Bölükbaş, Y. 2011. Cam elyaf katkılı beton numunelerin mekanik davranışlarının incelenmesi ve yapay sinir ağları ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi. *Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Can, O., Durmuş, G., Subaşı, S., Yıldız, K., & Arslan, M. 2009. Lif katkılı betonların aşınma direnci üzerindeki etkileri. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*.
- Chandramouli, K., Srinivasa Rao, P., Pannirselvam, N., Seshadri Sekhar, T., & Sravana, P. 2010. Strength properties of glass fiber concrete. *ARPJ journal of Engineering and Applied sciences, 5(4), 1-6*.
- Chen, B., & Liu, J. 2004. Residual strength of hybrid-fiber-reinforced high-strength concrete after exposure to high temperatures. *Cement and Concrete Research, 34(6), 1065-1069*.
- Cruz, C. R., & Gillen, M. 1980. Thermal expansion of Portland cement paste, mortar and concrete at high temperatures. *Fire and materials, 4(2), 66-70*.
- Çivici, F., & Eren, İ. 2004. Çelik lifli betonun direkt çekme dayanımının ölçülmesi üzerine deneysel bir çalışma. *Türkiye mühendislik haberleri sayı 434 - 2004/6*.
- Demirel, B., & Gönen, T. 2008. Yüksek sıcaklığın karbon lif takviyeli hafif betonda basınç dayanımı ve poroziteye etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.

- Durmaz, B. 2007. Bölgesel basınca maruz lifli betonlarda yatak mukavemeti, Yüksek Lisans Tezi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- EN 1363-1. 2012. Fire resistance tests, Part-1.
- EN 1634-4. 2009. Fire resistance tests, Part-4.
- İbrahim, K. 2016. Mechanical properties of glass fiber reinforced concrete (GFRC). *International Journal of Civil and Structural Engineering Research ISSN 2348-7607 (Online)*.
- İplikçi, E. 2006. Binalarda yangın güvenlik önlemlerinin analizi ve yangın güvenli bina tasarımına ilişkin performans kriterlerinin ortaya konulması, Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Kavas T., & Sabah E. 2001. Sepiyolitin lif takviyeli çimento üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye*.
- Keleştemur, O., Arıcı, E., Yıldız, S., & Gökçer, B. 2014. Performance evaluation of cement mortars containing marble dust and glass fiber exposed to high temperature by using Taguchi method. *Construction and Building Materials, 60*, 17-24.
- Kizilkanat, A. B., Kabay, N., Akyüncü, V., Chowdhury, S., & Akça, A. H. 2015. Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials, 100*, 218-224.
- Kurt, G. 2006. Lif içeriği ve su/çimento oranının fibrobetonun mekanik davranışına etkileri, Yüksek Lisans Tezi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ*.
- Lau, A., & Anson, M. 2006. Effect of high temperatures on high performance steel fibre reinforced concrete. *Cement and Concrete Research, 36(9)*, 1698-1707.
- Li, M., Qian, C., & Sun, W. 2004. Mechanical properties of high-strength concrete after fire. *Cement and Concrete Research, 34(6)*, 1001-1005.
- Mirza, F. A., & Soroushian, P. 2002. Effects of alkali-resistant glass fiber reinforcement on crack and temperature resistance of lightweight concrete. *Cement and Concrete Composites, 24(2)*, 223-227.
- Peng, G.-F., Bian, S.-H., Guo, Z.-Q., Zhao, J., Peng, X.-L., & Jiang, Y.-C. 2008. Effect of thermal shock due to rapid cooling on residual mechanical properties of fiber concrete exposed to high temperatures. *Construction and Building Materials, 22(5)*, 948-955.
- Riad, M., Genidi, M., Shoeib, A. E.-k., & Elnaby, S. F. A. 2015. Effect of discrete glass fibers on the behavior of RC Beams exposed to fire. *HBRC Journal*.
- Sarı, M. 2014. Farklı tipteki liflerin betonun mekanik davranışına etkisi, Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Sertbaş, B. 2015. Kendiliğinden yerleşen betonlarda polipropilen lif kullanımının işlenebilirliğe etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ*.
- Şimşek, O., & Sancak, E. 2005. Yüksek sıcaklığın silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkıli hafif betona etkileri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 443-450.
- Tassew, S., & Lubell, A. 2014. Mechanical properties of glass fiber reinforced ceramic concrete. *Construction and Building Materials*, 51, 215-224.
- TS 500-2000. 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802. 2009. Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1363-2. Yangına Dayanıklık Deneyleri-Bölüm 2: Alternatif ve ilave işlemler, Ankara.
- TS EN 12390-3. 2003. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3 :Deney numunelerinde basınç dayanımının tayin, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-5. 2002. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5 :Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, Türk Standardı.
- TS EN 12390-6. 2002. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6 :Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, Türk Standardı.
- TS EN ISO/IEC17025. Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Tuna, Ş. 2010. Dış cephede kullanılan cam elyaf takviyeli beton panellerin Durabilitesi, Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Uysal, A. 2004. Yüksek sıcaklığın beton üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Yaprak, H., Şimşek, O., & Aydın, Ö. 2004. Cam ve çelik liflerin bazı beton özelliklerine etkisi *Politeknik Dergisi*, 7(4).
- Yıldız, S., Bölükbaş, Y., & Keleştemur, O. 2010. Cam elyaf katkısının betonun basınç ve çekme dayanımı üzerindeki etkisi. *Politeknik Dergisi*, 13(3).
- Yıldız, S., Keleştemur, O., & Bölükbaş, Y. 2010. Cam elyaf katkısının betonun mekanik dayanımı üzerindeki etkisi. *Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*.
- Yıldız, S., Keleştemur, O., & Gökçer, B. 2013. Atık mermer tozu ve cam lif katkıli harç numunelerinin yüksek sıcaklık altındaki davranışları. *Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*.
- Yıldız, T., Yıldız, S., & Keleştemur, O. 2011. Cam lif katkıli betonda filler malzemesi olarak atık mermer tozunun kullanılabilirliğinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*.

Zeybek, A. 2008. Betonarme kolonların yangın koşullarında tasarımı ve kontrolü. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.*



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : ALİ MURTADHA ALİ
Uyruğu : IRAK Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : KERKUK, 01.01.1975
Telefon : 5389516225
Faks : -
e-mail : gulali832@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Bagdad Üniversitesi, Bagdad	2001
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	-

UZMANLIK ALANI : İnşaat Mühendisliği

YABANCI DİLLER : Arabca, İngilizce, Türkçe