

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**BAZALT LİF KATKILI ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Cemre ATEŞLİ

**Danışman
Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK**



MANİSA-2019

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**BAZALT LİF KATKILI ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Cemre ATEŞLİ

**Danışman
Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Cemre ATEŞLİ tarafından hazırlanan " BAZALT LİF KATKILI ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" adlı tez çalışması/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuŐtur.

Danışman **Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK**

Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Engin GÜCÜYEN**

Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Gökhan ŐAKAR**

Dokuz Eylül Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Cemre ATEŞLİ



| | |
|--|-----|
| İÇİNDEKİLER | |
| İÇİNDEKİLER | I |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | II |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | III |
| TABLO DİZİNİ | IV |
| TEŞEKKÜR..... | V |
| ÖZET..... | VI |
| ABSTRACT | VII |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Literatür | 5 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 11 |
| 2.1 Lif Çeşitleri..... | 11 |
| 2.1.1 Çelik Lif..... | 12 |
| 2.1.2 Polipropilen Lif..... | 13 |
| 2.1.3 Bazalt lif..... | 13 |
| 2.2. Kimyasal Katkılar..... | 15 |
| 2.2.1 Süperakışkanlaştırıcı Katkılar..... | 17 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER..... | 19 |
| 3.1. Materyal..... | 19 |
| 3.1.1. Agrega..... | 19 |
| 3.1.2 Çimento..... | 20 |
| 3.1.3 Bazalt Lif | 20 |
| 3.1.4. Süperakışkanlaştırıcı..... | 21 |
| 3.2. Yöntem | 21 |
| 3.2.1. Elek Analizi | 21 |
| 3.2.2. Bazalt Lif Katkılı Harçların Üretilmesi | 21 |
| 3.2.3 Basınç Dayanımı..... | 22 |
| 3.2.4 Eğilme Dayanımı | 23 |
| 4. SONUÇ VE ÖNERİLER | 25 |
| KAYNAKLAR | 31 |
| ÖZGEÇMİŞ | 38 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|--------|------------------------------|
| BLKH-1 | %0,3 Bazalt lif katkılı harç |
| BLKH-2 | %0,4 Bazalt lif katkılı harç |
| BLKH-3 | %0,5 Bazalt lif katkılı harç |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 2.1. Bazalt lif..... | 14 |
| Şekil 3.1. Deney numunelerinde kullanılan agregaların granülometri eğrisi..... | 19 |
| Şekil 3.2. Deney numunelerinde kullanılan bazalt lif..... | 20 |
| Şekil 3.3. Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri | 22 |
| Şekil 3.4. Beton numunelerinin basınç dayanımı tayini | 23 |
| Şekil 3.5. Beton numunelerin eğilme dayanımı tayini..... | 24 |
| Şekil 4.1. Şahit ve %0,3 katkılı çimento harcının basınç dayanımı..... | 25 |
| Şekil 4.2. Şahit ve %0,4 katkılı çimento harcının basınç dayanımı..... | 26 |
| Şekil 4.3. Şahit ve %0,5 katkılı çimento harcının basınç dayanımı..... | 26 |
| Şekil 4.4. Şahit ve %0,3 katkılı çimento harcının eğilme dayanımı | 27 |
| Şekil 4.5. Şahit ve %0,4 katkılı çimento harcının eğilme dayanımı | 28 |
| Şekil 4.6. Şahit ve %0,5 katkılı çimento harcının eğilme dayanımı | 28 |
| Şekil 4.7. Bazalt lif katkılı çimento harçlarının basınç dayanımları..... | 29 |
| Şekil 4.8. Bazalt lif katkılı çimento harçlarının eğilme dayanımları | 29 |

TABLO DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Tablo 3.1. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin fiziksel ve mekanik özellikleri..... | 20 |
| Tablo 3.2. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin kimyasal özellikleri..... | 20 |
| Tablo 3.3. Bazalt liflerin kimyasal kompozisyonu..... | 21 |
| Tablo 3.4. Bazalt lifin fiziksel ve mekanik özellikleri..... | 21 |
| Tablo 3.5. Süperakışkanlaştırıcı kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri..... | 21 |
| Tablo 3.6. 1m3 beton üretimi için malzeme miktarları | 22 |



TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın yşrştşlmesi sırasında bilgi ve deneyimi ile bana destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. A. Uğur ŐZTŐRK' e, lisans ve lisansşstş eğitimim boyunca bana maddi manevi tşm desteğini veren, annem Nuray ATEŞLİ, babam Yşksel ATEŞLİ ve kardeőim Ceyla Doğa ATEŞLİ'ye yşrekten teőekkřr ederim.

Cemre ATEŞLİ
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZALT LİF KATKILI ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Cemre ATEŞLİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK

Beton teknolojisinin tarihi ancak 1850 yıllarına, betonda ilk teçhizatın kullanılmasına kadar gitmektedir. Daha sonraki yıllarda betonun uzun süredeki davranışı, döküm tekniği, ekipman, kalitesinin devamlılığı, kalite kontrolü deneyleri, betonda ekonomiyi artırma, daha zor şartlarda beton yapıların inşası, yeni malzemeler, katkı maddeleri, iş programlaması, yönetimi ve ekonomisi konularında büyük gelişmeler olmuştur. Yapılan çalışmaların sonucunda ortaya çıkan bu gelişmeler neticesinde betonun sünekliğini artırabilmek adına beton içerisinde farklı mekanik ve fiziksel özelliklere sahip lifler kullanılmaktadır. Betonda rastgele dağılmış liflerin kullanımı, çekme dayanımını, enerji yutma kapasitesini ve çatlak gelişim karakteristiklerini iyileştirmek için kullanılan en etkin yöntemlerden birisidir.

Bu tez çalışmasında Bazalt lifler çimento harçlarına ikame edilerek elde edilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımları incelenmiştir. Üretilen çimento harçlarında bazalt lifler %0,3-%0,4-%0,5 oranlarında kullanılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde bazalt liflerin çimento harçlarının basınç ve eğilme dayanımları üzerinde olumlu etkisi gözlemlenerek ikame malzemesi olarak bazalt lifin kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, çimento harcı, bazalt lif, mekanik özellikler

2019, 38 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF BASALT FIBER ADDED CEMENT MORTARS

Cemre ATEŞLİ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK

The history of concrete technology goes back to 1850, when the first equipment in concrete was used. In the following years, there have been major developments in the long-term behavior of concrete, casting techniques, equipment, continuity of quality, quality control experiments, increasing the economy in concrete, the construction of concrete structures under more difficult conditions, new materials, additives, work programming, management and economy. As a result of these developments as a result of the studies carried out, fibers with different mechanical and physical properties are used in the concrete to increase the ductility of the concrete. The use of randomly dispersed fibers in concrete is one of the most effective methods used to improve tensile strength, energy absorption capacity and crack development characteristics.

In this thesis, compressive and bending strengths of samples obtained by substituting basalt fibers to cement mortars were investigated. Basalt fibers were used in the cement mortars in the ratio of 0.3% - 0.4% - 0.5%. As a result of this study, it has been observed that basalt fiber has a positive effect on compressive and bending strength of cement mortars.

Keywords: Concrete, cement mortar, basalt fibers, mechanical properties

2019, 38 page

1. GİRİŞ

Beton; çimento, agrega ve su ana bileşenlerinin yanı sıra gerekli durumlarda, gerekli oranlarda katkı maddeleri de ilave edilerek meydana gelen bir yapı elemanıdır.[1]. Uzun yıllardır dünya genelinde ana yapı malzemesi olarak kullanılmakta ve kullanım alanı her geçen gün artarak devam etmektedir. [2]. Kullanım alanlarına göre farklı tarzlarda beton elde etmek mümkün olmakla beraber, beton yapı taşı olan hammaddeler de doğada kolaylıkla bulunmaktadır. Betonun kolay şekil alması, dış etkenlere dayanım göstermesi ve uygun maliyeti tüm dünyada yaygınlaşmasının en önemli sebepleri arasında yer almaktadır. [1].

Gün geçtikçe artan beton teknolojisinin başlangıcı, çimento patentinin alındığı yıl olan 1824 yılının yaklaşık 26 yıl sonrasında dayanır. Betonarme yapılar ise 19. Yüzyılın başlarında önem kazanmaya başlamıştır. Beton malzemeleri ve priz almış betona dair özelliklerle ilgili detaylı araştırmalar ve karışım hesaplarına dair gerçeklerin dile getirilmesi 1950'li yıllara tekabül etmektedir. İlerleyen yıllarda ise betonun davranışı, döküm tekniği ve ekipmanları, kalite-kontrol deneyleri, zor koşullar altında beton yapılarının inşaa edilmesi, katkı maddelerinin kullanılması, iş yönetimi ve programı hakkında önemli gelişmelerin yaşanmıştır. Ancak; tüm bu gelişmelere rağmen betona dair temel özellikler hakkında kayda değer bir ilerleme meydana gelmemiştir [3].

Portland çimentosunun üretilmesi ile inşaatlarda kullanılmaya başlayan beton sektörü gün geçtikçe daha ileriye gitmektedir. Çekme dayanımına betonun en kötü özelliği diyebiliriz [2]. Yirmi yıl kadar önce, homojen dağılı ve ultra incelikteki taneler içeren yoğunlaştırılmış sistemler (DSP) ve büyük boşluklarından arındırılmış (MDF) çimento gibi malzemeler üretilmiştir. (DSP) sıkıştırılmış tanecikli bir yapıya sahip bir beton çeşidi olup, çimento, süperakışkanlaştırıcı, silis dumanı ve kalsine olmuş boksit veya granit gibi sert agregalar kullanılarak elde edilmektedir. (MDF) çimento ise 150 MPa ve üzerinde çekme dayanımına sahip alüminli çimentolardan elde edilen bir polimer hamurudur [4].

Çimento esaslı malzemelerin yaygın olarak kullanılmasının başlıca sebepleri; ekonomik oluşu, yüksek basınçta dayanım göstermesi, düşük çekme dayanımının

çelik donatılar ile desteklenmesi, yangına dayanıklılık göstermesi, şekil verilebilmesinin kolay olması ve üretim şartlarının hemen hemen her ortama elverişli olması gibi şekillerde sıralanabilir [5].

Son zamanlarda çoğu alanda tercih sebebi olan çimento esaslı yapı malzemeleri, gün geçtikçe artan teknoloji sayesinde istenilen özellikte ve kalitede üretilebilmekte olup aynı zamanda üretilen betonun sevkiyat ve yerleştirme olanakları artmaktadır. Bütün bu gelişmeler hazır beton kullanımını cazip hale getirmektedir. Bu avantajlara ek olarak, gerekli üretim prosedürlerine uygun olarak üretilen malzemelerin kullanım ömürleri boyunca yüksek dayanıma sahip olması ve çevresel etkilere karşı dayanım göstermesi yine betonun kayda değer özellikleri arasında yer almaktadır. [6].

Betonun yarı gevrek bir malzeme olması ve çekme dayanımının çok düşük olması, betonarme yapıların projelendirilmesinde hesaba katılmamaktadır. Geçmişten günümüze kadar geçen süre zarfında betonun basınç altındaki davranışı ile ilgili birçok araştırmalar yapılmıştır. Ancak betonun kırılma davranışının daha iyi anlaşılabilmesi ve çekme dayanımı ile ilgili özelliklerinin ve kırılma parametrelerinin belirlenebilmesi için daha detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır [6].

Betonun enerji yutabilme kapasitesi gevrek yapısı nedeniyle düşük seviyelerde yer almaktadır. Sönümlenen enerji miktarlarının az olması, betonun göçme sürecini hızlandırmaktadır ve betonda ani kırılmaları oluşmasına sebep olmaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde inşaa edilecek olan yapılarda betondan beklenen özellikler arasında göçme meydana gelmeden önce deformasyonların ortaya çıkması ve meydana gelen enerjiyi sönümlemesi, yani sünek (düktil) bir davranış göstermesi yer almaktadır [7]. Betonun çekme dayanımı basınç dayanımının %10'una tekabül etmektedir [8]. Betonun bu özelliği gevrek yapıda olmasına sebebiyet vermektedir. Farklı bir tabirle beton, plastik şekil değiştirme özelliğine sahip olmayan bir yapı malzemesidir. Tüm bu olumsuz sebeplerin önüne geçmek amacıyla betonun içerisine meydana gelecek olan ani kırılmaları önlemek amacıyla çeşitli malzemeler ilave edilmektedir. Üretilen betonların içerisine, betonun gevrek yapısının önüne geçebilmek için betonun ana malzemelerinin dışında olan çelik donatılar konulsada akma dayanımına ulaşan çeliğin kopması ile birlikte gevrek

davranış sergilenmesinin önüne geçilememektedir. Çeliğin akma dayanımına ulaşması ile betonda meydana gelen ani kırılmayı önleyebilmek ve betona süneklik kazandırabilmek amacıyla üretilen betonların içerisine sünekliği arttıracak mekanik ve fiziksel özelliklere sahip birtakım lifler ilave edilmektedir. Bu liflerin beton içerisinde rastgele dağılması betonun olumsuz özelliklerinden olan, çekme dayanımını, enerji yutabilme kapasitesini ve çatlak gelişimini iyileştirmek adına kullanılan en etkin yöntemler arasında yer almaktadır [7].

Geçmiş 3500 yıldan daha fazlaya dayanan lifler, saman lifleriyle güçlendirilmiş pişmiş tuğlaların kullanılmasıyla inşa edilmiş olan Bağdat yakınlarında yer alan ve 57 m yükseklikteki Aqar Quf'un yapımında kullanılmıştır. Bundan yaklaşık bir asır öncesine bakıldığında, asbest lifler çimento bazlı ürünlerin geliştirilebilmesi amacıyla kullanılmaktaydı, yarım asır öncesine bakıldığında ise selüloz lifler, 30 yıl öncesine kadar ise polipropilen ve cam lifleri güçlendirme materyali olarak kullanılmıştır [9].

Kullanılmaya başlanan cam, asbest, karbon, polimer gibi yapay lifler ile bambu, hint keneviri benzeri doğal yapıya sahip lifler betonun içerisinde katılarak betonun özellikleri incelenmiş ve kullanılan liflerin herbirinin değişik işlev ve üstünlüğe sahip olduğu görülmüştür. Günümüzde çelik lifler, yeni tip sentetik lifler, özellikle poliolefin, polipropilen ve plovinil alkol (PVA) farklı projelerde kullanılmaktadır [10].

Polipropilen liflerin betona katılması 1960'larda askeri araştırmalarda bu ürünlerin betonda sınırlı sayıda çatlaklara izin vererek darbe ve aşınmalara karşı direnç sağladığının ispatlanmasıyla başlanılmıştır [11].

Harç ve betonların donatılmasında, yaygın olarak kullanılan çelik ve polipropilen liflerin yanında, asbest lifi, özel cam lifleri, karbon lifleri ve selüloz, sisal, hindistancevizi lifleri gibi değişik bitkisel liflerden de yararlanılmaktadır [11]. Beton teknolojisinde kullanılan lifler sayesinde betonun çekme dayanımının arttırılabileceği görülmüştür[12].

Bunun yanı sıra üretilen betonların nerede kullanılacağına veya kullanılması planlanan yapılara göre değişik performanslar sergilemesi beklenir. Betonun değişik performanslar sergilemesi sadece özel beton üretimleriyle mümkün olabilmektedir. Bu beklentiyi karşılayacak özel üretimlerden biriside lifli betondur. Lifli beton üretimi betonun içerisine farklı özelliklere sahip liflerin katılmasıyla yapılmaktadır [2].

Lif kullanılarak üretilen betonlar, lifli kompozitler kategorisinde olup, ortamı saran malzeme çimento hamurudur. Burada çimento hamuru lifleri birbirine bağlı tutarak onları korumak ve liflerin gerilmesine uygun ortamı sağlamakla görevlidir [7].

Lif kullanılarak üretilen betonlarda, kullanılan lif çeşidi ne olursa olsun homojen dağılım sağlanmalı ve beton üretimi bittikten sonrada bu özellik korunmalıdır. Liflerin betonun içerisinde homojen dağılması betona süneklik kazandırmasının yanı sıra beton içerisinde oluşan kılcal çatlakları da doldurmakta ve kılcal çatlakların azalması ile beton daha sağlam yapıya bürünmektedir.

Lif katkılı betonları, diğer özelliklerine göre öne çıkan mekanik özelliklerinden birisi enerji yutabilme kapasitesidir. Kılcal çatlaklara karşı ortaya koyduğu direnç, dış etkenlerin etkisi altında yük taşıma kapasitesinde azalma olmadan kırılacağını belli edebilme özelliği, darbelere karşı gösterdiği mukavemet gibi özellikleri enerji yutabilme kapasitesi ile ilişkilidir [13, 14].

Lif katkısı kullanılan beton örneklerinde basınç dayanımında önemli bir artış gözlenmezken, eğilme dayanımı incelendiğinde sünek davranış sergileyebilmektedir. Basınç dayanımının tayininde beton numunesine uygulanan yük, liflerin bulunduğu düzleme dik olduğu için basınç dayanımına katkı sağlamaz fakat liflerin bulunduğu düzleme paralel olan yüklerin etkisi altında betonun sünekliği artar [12].

ACI544'e göre lif boyunun eşdeğer lif çapına bölünmesiyle elde edilen "boy/çap" oranı narinlik (aspect ratio) olarak kabul edilmektedir. Narinlik oranları genellikle 30-150 arasındadır. Beton içerisinde kullanılan liflerin, yükün etkisiyle

kopmadan matrizen sıyrılarak ayrıldıkları bilinmesine rağmen, beton içerisinde kullanılan liflerin yüksek çekme dayanıma sahip olmaları istenmektedir.[15]

Kısa süre öncesine kadar lifli betonların üretilmesinde, betona süneklik davranışı kazandırma amacı ile çelik ve polimer liflerin diğer lif çeşitlerine göre daha fazla kullanıldığı gözlemlenmiştir. Fakat günümüze bakıldığında doğal liflerinde betonda istenilen özellikleri sağlayabilecek kapasitede olduğu anlaşılmış olup, yapılan deneysel çalışmalarda doğal lif katkılı betonların kullanımı artmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde bazalt lif kullanımının yapılan deneysel çalışmalarda artış gösterdiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanımında artış olduğu belirgin olan bazalt liflerin inşaat sektöründe de kullanımı artış göstermektedir [16].

Bazalt liflerin kullanım alanları volkanik kayalardan elde edilmesi sebebi ile sıcaklığa direnç göstermesi gereken alanlar, dış etkilerin olumsuz özelliklerine karşı direnç göstermesi beklenen yerler olarak gösterilebilir. Bazalt kayacının eritilmesi ile elde edilen bazalt liflere, erime işleminden başka bir işlem uygulanmaması yada herhangi bir kimyasala ihtiyaç duyulmaması ekonomik olmasını sağlamaktadır. [18].

1.1. Literatür

Borhan (2012), tarafından yapılan çalışmada hacimce %0,1, %0,3 ve %0,5 oranlarında bazalt lif katkılı ince agrega olarak cam kırıklarının kullanıldığı betonlar üretilmiş, %0,3'e kadar artan lif hacmiyle birlikte betonun basınç dayanımının arttığı, %0,5 lif katkılı betonlarda ise basınç dayanımının azaldığı tespit edilmiştir. Benzer durum yarmada çekme dayanımları için de geçerlidir. Lif oranı hacimce %0,3'e kadar yarmada çekme dayanımları artarken, bu orandan sonra çekme dayanımlarının azaldığı belirlenmiştir [34]. Aynı çalışmada bazalt lif katkılı betonun elastisite modülü de yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı ile paralellik göstermiş, %0,3 lif oranına kadar artış, sonrasında azalma görülmüştür [47].

Bazalt liflerin 2kg/m³ (hacimce %0,07) ve 4kg/m³ (hacimce %0,14) miktarlarında kullanıldığı bir diğer çalışmada [17], 350 dozlu betonun basınç dayanımının 0,45 ve 0,60 su/bağlayıcı oranlarında sırası ile %8-18 ve %4-9 oranlarında azaldığı bildirilmiştir. Bunun yanı sıra düşük oranlarda kullanılsa dahi lifsiz betonla kıyaslandığında bazalt liflerin betonun eğilme dayanımı ve kırılma

enerjisi gibi parametrelerini belirgin bir şekilde arttırdığı, kullanılan lif uzunluğunun da bu parametrelere etki ettiği belirtilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışma sonucunda 24 mm uzunluğunda bazalt lifler betona 4kg/m³ kadar ilave edildiğinde düşük su/çimento oranına sahip yüksek dayanımlı betonda kırılma enerjisinin %126, yüksek su/çimento oranına sahip normal dayanımlı betonda ise %140 oranında arttığı görülmüştür.

Jiang ve ark. (2014), tarafından yapılan çalışmada yukarıda verilen örneklerin aksine hacimce %0,5'e kadar kullanılan bazalt lifin normal dayanımlı betonların basınç dayanımlarına olumsuz bir etkisi olmadığı rapor edilmiştir. Hatta bazalt lif ilavesi ile betonların basınç dayanımlarının erken yaşlarda arttığı, bu artışın 7. günde 22 mm uzunluğunda hacimce %0,3 oranında lif kullanılması halinde yaklaşık %10 kadar olduğu tespit edilmiştir. İlerleyen yaşlarda yapılan basınç deneylerinde ise lif katkısız betona göre bazalt lif katkılı betonların basınç dayanımında gösterdiği bu olumlu etkinin nispeten azaldığı, hatta dayanımları olumsuz yönde etkilediği görülmüştür [48].

Ayub ve ark. (2014), tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada hacimce %1, %2 ve %3 oranlarında bazalt lif katkılı yüksek performanslı betonların mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre betonun basınç dayanımının %2 oranında bazalt lif ilavesine kadar arttığı, lif oranı %3 olduğunda ise basınç dayanımının, artan lif hacmi betonda boşluk oranının artmasına neden olduğundan, %2,37 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Elastisite modülü artan lif hacmiyle birlikte azalsa da bazalt lif kullanımının betonun elastisite modülüne önemli ölçüde etki etmediği sonucuna varılmıştır. Benzer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da bazalt liflerin betonun yarmada çekme dayanımını arttırdığı, gerek çekme gerekse basınç kuvvetlerine maruz kalındığında maksimum yük etkisi altındaki şekil değiştirmelerin daha fazla olduğu ve bu durumun betonun daha sünek bir davranış göstermesine olanak sağladığı belirtilmiştir [49].

Dias ve ark., tarafından yapılan çalışmalarda lifsiz taze beton numunenin 28 günlük basınç dayanımını yaklaşık olarak 23 MPa olarak ölçülmüş ve bu referans numunesine % 1 oranında bazalt lif eklendiğinde basınç dayanımının %26,5 azaldığı tespit etmişlerdir [50].

Deb (2012), hacimce %0,30, %0,80, %1,30, %1,80 oranlarında bazalt lif katkılı numune üreterek bu numunelerin referans numunesine göre basınç dayanımını, eğilme dayanımını ve işlenebilirlik gibi özelliklerini kıyaslamıştır. Yapılan çalışma sonucunda betonun basınç dayanımında genel olarak artış olduğunu (28. kür sonunda %1,8 lif oranına sahip numune hariç) ve en yüksek basınç dayanımına 28 günlük kür sonunda %0,3- 0,80 aralığındaki lif içeriğinde ulaşıldığını, eğilme dayanımında ise lif katkılı numunelerin referans numunesine kıyasla daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu ve en yüksek eğilme dayanımı ise 7 günlük kür sonunda %0,8'lik bazalt lif içeriğine sahip numunede meydana geldiği görülmektedir [51].

Ünal ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada iki farklı çelik lif tipini betona 15, 30, 45 ve 60 kg/m³ oranında katarak betonun basınç ve eğilme özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Betonun kıvamının ayarlanabilmesi amacı ile oluşturdukları beton numunelerine %1 oranında süperakışkanlaştırıcı ilave etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda kullanılan çelik liflerin betonun basınç dayanımı üzerinde bir etkisi olmadığı hatta kullanılan lif tipi ve miktarına göre basınç dayanımını olumsuz yönde etkileyebileceği fakat eğilme dayanımlarının gözle görülür bir artışın meydana geldiği sonucuna varmışlardır [52].

Yorulmaz B. (2014), çalışmasında kısa ve uzun geometrilerdeki poliolefin liflerin farklı oranlarda kullanılmasının betonun mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Üretilen beton numunelerinin slump değerlerini sabit tutmak amacı ile süperakışkanlaştırıcı katkı kullanmıştır. Kullanılan uzun liflerin basınç dayanımını düşürdüğünü gözlemlemiştir. %1 oranında katılan liflerin eğilme dayanımını olumsuz etkilediği fakat %1'in üzerindeki serilerde eğilme dayanımının arttığını sonucuna ulaşmıştır [53].

Caf M. (2012), çalışmasında polipropilen ve çelik lif olmak üzere 2 farklı tipte lif kullanılmıştır. 1 m³ betonda %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında çelik lif ve 300 g, 600 g, 900 g, 1200 g ağırlığında polipropilen lif kullanmıştır. Yaptığı deneyler sonucunda geleneksel betona çelik lif katılması durumunda basınç dayanımı %1 lif oranına kadar artış gösterdiği çelik lif oranı arttıkça basınç dayanımında düşüş olduğunu gözlemlemiştir. Polipropilen lif katkılı beton numunelerinde ise en yüksek

basınç dayanımı 1 m³ te 300 g katılması durumunda elde etmiştir. Darbe ve eğilme dayanımlarında ise lif ilavesi ile doğru orantılı bir şekilde artış olduğunu gözlemlemiştir [24].

Yıldırım S.T. (2002), çalışmasında çelik, cam ve propilen liflerin beton üzerindeki etkilerini incelemiştir. %0,5-0,75-1 oranında çelik lif ilavesi yapmasına karşın diğer liflerden sadece %1 oranında ilave etmiştir. Elde ettiği deney sonuçlarından basınç dayanımı değerleri sadece %0,5 çelik lif katkılı betonların erken yaşlarında iyileşme gösterirken beton yaşı ilerledikçe basınç dayanımında düşme gözlemlemiştir. Basınç dayanımının lif oranının artmasıyla düştüğünü gözlemlemiştir. Deney sonuçlarına bakarak liflerin, özellikle çelik liflerin eğilme dayanımı üzerindeki olumlu etkisi ilk günden gösterdiğini gözlemlemiştir [54].

Ünal (1994), tarafından yapılan çalışmada, 0 dm/m³ 2,50 dm/m³, 50 dm/m³, 80 dm/m³, 100 dm/m³ oranlarında, uzunluğu 30 mm olan çelik lif kullanılmıştır. Dozajı 350 kg ve s/ç oranı da 0,63 olarak alınmıştır. Beton numuneler ısıtılma maruz bırakılmış ve numunelerin basınç dayanımları, eğilme dayanımları ve ultrases hızları ölçülmüştür. Numuneler yapılan deney sonucunda çevrim sıcaklığı arttıkça, 1 günlük numunelerin basınç ve eğilme dayanımlarının, ultrases hızı ve matris ile lif arasındaki aderansın arttığı tespit edilmiştir [55].

Bedirhanoğlu ve ark. (2006), tarafından yapılan çalışmada, sıcak kür uygulamasının, çelik liflerin önceden suda ayrıştırılması, çelik liflerin kısa süre ile nemli ortamda saklanması sonucu korozyona uğramasının ve çelik lif içeriğinin yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Monoton artan ve tekrarlı aksel basınç deneyleri sonucunda gerilme-Sekil değiştirme ilişkileri elde edilmiştir. Bu verilerden yararlanılarak numunelerin basınç dayanımları, elastisite modülleri ve süneklikleri sayısal olarak belirlenip deney değişkenlerinin çekme dayanımlarına olan etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, sıcak kürün çekme dayanımını önemli derecede artırdığı, karışımda çelik lif oranının %6 ya kadar artmasının, %1 çelik lif karışımı göre süneklikte ortalama %25, çekme dayanımında ise ortalama %145 artış sağladığı, çelik liflerin hafif şekilde korozyona uğramasının ise mekanik özellikleri

pratik düzeyde etkilemediği, basınç dayanımının ve elastiklik modülünün çelik lif içeriğinden etkilenmediği gözlemlenmiştir [56].

Düğenci (2008), tarafından yapılan çalışmada, %0, %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında, Dramix RC-80/60-BN tipi çelik lif betona ilave edilmiştir. Üretilen numuneler 12000C ye kadar ısıtılabilen fırında 9000C, 10000C, 11000C, 12000C sıcaklıklarına maruz bırakılmıştır. Yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılmadan 105±50C deki etüvde 6 saat bekletilmiştir. Maksimum tane çapı 25 mm, s/ç oranı 0,6 olarak seçilmiştir. Üretilen silindir numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre 7 günlük numunelerde en yüksek basınç dayanım kaybı %0, %0,5 çelik katkılı numunelerde gerçekleşmiştir. En yüksek dayanım kaybı katkısız betonlara gözlenmiştir. 11000C ve 12000C sıcaklıklarda dayanım kayıpları birbirine çok yakın çıkmıştır. Dolayısıyla 10000C den yüksek sıcaklıklarda çelik lifin katkısının etkisi tamamen ortadan kalkmaktadır. 9000C ile 10000C sıcaklıklarında en az dayanım kaybı %1 çelik lif katkılı numunelerde gözlenmiştir. Aynı sıcaklıklarda katkısız numunelere oranla 9000C için %10, 10000C için %15 lik dayanım katkısı sağladığı gözlemlenmiştir [57].

Karahan (2006), tarafından yapılan çalışmada, uçucu kül katkılı betonlar ile polipropilen lif ve çelik lif ile güçlendirilmiş normal ve uçucu küllü betonların özellikleri araştırılmıştır. Çimento dozajı 400 kg, s/ç oranı 0,35 olarak belirlenmiştir. Uçucu kül çimento ile kütlece %15, %20, %25, %30, %45 oranlarında yer değiştirilmiştir. Numunelere 19 mm uzunluğunda, polipropilen lif hacimce %0,05, %0,1 ve %0,2 oranlarında katılmıştır. Çelik lif ise 35 mm uzunluğunda ve 0,55 mm çapında kullanılmıştır. Betona hacimce %0,25, %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında, normal ve %15 ve %30 uçucu kül, katkılı betonlara ilave edilmiştir. Betonlar üzerinde puzolanik aktivite, birim ağırlık, işlenebilme, basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilme dayanımı, tokluk, aşınma gibi deneyler yürütülmüştür. Sonuç olarak, polipropilen lif miktarının artışı taze ve sertleşmiş betonda birim ağırlıkta düşüşe sebep olmuştur. Çelik lif ise aksine birim ağırlıkta çok fazla artışa sebep olmuştur. Polipropilen liflerin çelik liflere kıyasla betonun işlenebilirlik özelliklerini daha iyi yönde etkilemekte olduğu görülmüştür. Polipropilen lifler beton kıvamı fazla derecede etkilememiştir. Liflerin beton işlenebilirliğini düşürmesine nazaran uçucu kül tekrar akışkanlığı artırmıştır. Polipropilen liflerin basınç dayanımına pek

etkisinin olmadığı hatta %0,05 oranın üzerine çıkıldığında basınç dayanımını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Çelik lif ise belli bir orana kadar basınç dayanımını artırmıştır. Polipropilen lifin %0,05 oranında betona ilavesinin, betonun elastisite modülünü biraz artırdığı, daha fazla oranda polipropilen lif artışının ise betonların elastisite modülünü düşürdüğü tespit edilmiştir. Özellikle %0,2 polipropilen lif oranında betonların elastisite modülleri azalmış, gerilme-birim deformasyon eğrilerinin kuyruk kısımları uzamış ve betonlar sünek davranış kazanmışlardır. Artan çelik lif miktarı ile betonların birim deformasyonları artması ve gerilme-birim deformasyon eğrilerinin kırılmadan önceki kısımlarının eğimlerinin azalmasından dolayı elastisite değerlerinin düştüğü belirtilmiştir [58].

Akkaş ve ark. (2010), tarafından yapılan çalışmada, polipropilen lifli yarı hafif beton üretilerek basınç dayanımı incelenmiştir. Bu çalışmada normal dayanımlı beton ile aynı karışıma çimento ağırlığının %6 sı oranında polimer ilave edilerek polipropilen lifli yarı hafif beton üretilmiştir. iri agrega olarak % 60 pomza, %40 normal ince agrega kullanılmıştır. Çimento dozajı 500 kg, s/ç oranı 0,375 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, lifsiz betonun basınç dayanımı belirlenirken parçalanma tespit edilmiş, lifli betonda bu parçalanma gözlenmemiştir. Çatlaklar meydana gelse de yük taşıdığı belirlenmiştir [59].

Bahadır (2010), tarafından yapılan çalışmada, polipropilen liflerin betonun mekanik özelliklerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada çimento dozajı 300 kg olarak seçilmiş, s/ç oranı 0,4, 0,5, 0,6 olacak şekilde belirlenmiştir. Hazırlanan karışımlara 0,9 kg/m³ ve 1,8 kg/m³ oranlarında 3 farklı polipropilen eklenmiştir. Sonuç olarak, monofilament polipropilen liflerin betonun çekme dayanımını önemli ölçüde artırdığı, elyafımsı polipropilen liflerin ise betonun dayanıklılığına katkıda bulunduğu gözlenmiştir [60].

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Lif Çeşitleri

Lif, bir boyutu diğer boyutuna göre çok büyük olan, doğal yollarla bulunan veya insan eliyle üretilebilen, dayanımları ve elastisite modülleri aynı malzemenin büyük hacimli formuna göre çok yüksek olan malzemeleri tanımlar [19].

Liflerin büyük formasyondaki hallerine göre elastisite modülleri ve dayanımları çok yüksek olması lifleri malzemenin en gelişmiş hali kılar. Günümüzde kullanılan liflerin yanı sıra insanoğlu lifleri çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Eski zamanlarda yapılarda kullanılan kerpiç ve alçı gibi malzemelerde lif formatında keten, kenevir, at kuyruğu, keçi kılı gibi doğal lifler kullanılmıştır.

İnsan eliyle üretilen lifler ilk defa 19. Yüzyılın sonunda ortaya çıkmasına rağmen, bu liflerin geçmişi 60 yıldan fazla değildir. Ancak bu kadar kısa zamanda insan eliyle yapılmış (sentetik) lifler vazgeçilmez hale gelmiştir [20].

Beton agreganın çimento hamuru ile bağlanmasından meydana gelen heterojen bir malzemedir. Bu nedenle betonun kırılma süreci süresizliklerle doludur. Betonun kırılması da çimento agrega yüzeyindeki süresizliklerden meydana gelmektedir. Çimento agrega yüzeyindeki oluşan gerilmelerden ötürü oluşabilecek çatlaklar betona katılacak liflerin bu mikro çatlakların büyümesini engellemektedir. Bu sayede lif etkisi betonda başta süneklik olmak üzere diğer mekanik özellikleri geliştirir ve ani göçmelerin önüne geçer.

Lif donatılı betonlarda kullanılan lifler, yüksek çekme mukavemetleri sayesinde, betondaki çatlakların başlangıcını, yayılmasını ve birleşmesini önlerler [21]. Amacına uygun yeterli miktarlarda kullanılan lifler betonda oluşabilecek çatlaklardaki gerilmeleri betonda çatlak oluşmamış kısımlara iletirler. Lifler çatlak sonlarına bitişik olduklarından, matristeki gerilmelerin üzerlerinden geçmesini ve böylece, daha önce çatlamamış beton kesitlerinin de dayanımından yararlanılmasını sağlamaktadırlar [22]. Çatlakların oluştuğu bölgede taşıma gücü artırılarak, mühendislik özellikleri gelişmiş bir malzeme elde edilmektedir.

Liflerin betona verdiği katkılar kısaca şu şekilde sıralanabilir;

- Taze betonda çatlakların oluşmasını engeller,
- Çekme ve eğilme dayanımlarını artırır,
- Çarpma dayanımını ve tokluğu artırır,
- Gevrek kırılmayı engeller,
- Durabiliteyi artırır.

2.1.1 Çelik Lif

TS 10513 (1992) [23]'e göre çelik lifler sınıfları ve tipleri Şu Şekilde tanımlanmıştır.

A Sınıfı: Düz, pürüzsüz yüzeyli lifler

B Sınıfı: Bütün uzunluğu boyunca deforme olmuş lifler

- Tip 1: Üzerinde girintiler (çentikler) açılmış lifler
- Tip 2: Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) lifler
- Tip 3: Ay biçimi dalgalı lifler

C Sınıfı: Sonu kancalı lifler

- Tip 1: İki ucu kancalı lifler
- Tip 2: Tek ucu kancalı lifler

Çelik lifler TS 10513 [23]' e göre muayene edildiğinde, pas, yağ ve petrolden arınmış ve temiz olmalıdır. Çelik lifler düşük karbonlu çelikten soğuk çekme işlemi ile elde edilmiş olmalıdır. Çekme-kopma gerilmesi ortalaması 345 N/mm², her bir lif ise 310 N/mm² den az olmamalıdır.

Boyutlar açısından yapılan değerlendirmede, çelik liflerin çapları 0,13-1,0 mm arasında olup, narinlikleri ise (uzunluk/çap oranı) 30 ile 150 arasında değişmektedir. Lif boyları 13 mm den 70 mm' ye kadar, lif hacmi ise genellikle %0,5 ile %3 arasında değişmektedir.

Lifin boyunun çapına bölünmesi ile bulunan oran aynı zamanda lifin narinliğini ifade etmektedir. Betonlar da ise takviye olarak genellikle daire en kesitli ve dikdörtgen en kesitli çelik lifler kullanılmaktadır. Boyları 30–60 mm, çapları ise 0,5–1,0 mm arasında değişen çelik liflerin yük etkisiyle kopmadan, matrizen

sıyrılmalarına rağmen çekme dayanımlarının en az 345 N/mm² olması istenmektedir. Yapılan çalışmalarda görülmüştür ki, uçları kancalı üretilen çelik liflerin sıyrıлма davranışlarının düz olanlara oranla daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Karbon miktarı düşük olan çelikten üretilen çelik lifler genellikle;

- Soğukta çekilen liflerin kesilmesiyle,
- Çelik plakaların kesilmesiyle,
- Erimiş haldeki çelik potasından çıkarılması ile elde edilmektedir. Sert çekilmiş düşük karbonlu çelik C1008'den üretilen çelik liflerde, yüksek ve üniform çekme gerilmesiyle düşük uzama özelliği birleştirilmiştir. Beton içerisinde bulunan liflerin nihai yükleri kırılma ve kopma olmadan taşımaları gerekir. Çelik lifler 1100 N/mm² çekme mukavemeti ile bunu gerçekleştirir. Düşük elastik limitleri (%0,2), yüksek çekme gerilmesiyle birleştirilmiştir.

2.1.2 Polipropilen Lif

Eski yapılarda, dış sıvalarda ve zeminlerde kullanılan harçlarda, çatlamaya karşı saman, hayvan kılı vd. ürünler kullanıldığı bilinmektedir. Polipropilen elyafda günümüzün çatlamaya karşı kullanılan fakat taşıyıcı olmayan lifleri olarak düşünülebilir.

Polipropilen lifler:

- Rötne sebebiyle oluşan çatlakları azaltır.
- Taze betonun su tutma kapasitesini yükseltir.
- Betonun geçirimsizliğini artırır.
- Zemin betonunun basınç ve çekme mukavemetini artırır.
- Betona homojen dağılarak, üç boyutlu sekonder donatı görevi görür.
- Beton kalitesini yükseltir [24].

2.1.3 Bazalt lif

Volkanik bir kayaç türü olan bazalt, sert, yoğun ve termoplastik bir malzemedir. Yoğunluğu 2,7- 2,8 g/cm³, Moh's sertliği ise 5-9 arasındadır [25]. Bazaltın ana bileşenleri SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO ve demir oksitlerdir (Çizelge 1.). Kimyasal bileşenleri bazaltın menşesine ve türüne göre farklılıklar gösterebilir [26]. Bazalt lifler (Şekil 2.1.), bazaltın 1300-1700°C sıcaklıklarda eritilerek çok ince

parçalara ayrılıp lif formunda üretilmesi yolu ile elde edilirler [27, 28]. Üretimi esnasında herhangi bir ilave katkı malzemesi kullanılmadığından, bazalt lifler düşük maliyetle üretilebilirler.

Bazalt liflerin çekme dayanımı cam liflerden, kopma birim uzaması ise karbon liflerden daha yüksektir. Kimyasal etkilere karşı hemen hemen cam ve karbon lifler kadar iyi direnç gösterirler [29]. Bazalt lifin elastisite modülü 80-90 GPa ve çekme dayanımı ise 3.0 - 4.8 GPa arasındadır [26]. Bazalt lifler cam lifler ile kıyaslandığında, çekme dayanımı cam liflerin çekme dayanımının yaklaşık olarak iki katıdır. Elastisite modülü ise yaklaşık olarak %15-30 kadar daha fazladır. Korozyon riski söz konusu olduğunda bazalt lifli kompozitler çelik liflerin yerine kullanılabilir [30]. Bazalt lifin diğer bir avantajı ise çelik liflere göre yaklaşık 1/3 oranında daha hafif olmasıdır. Ayrıca bazalt lifin ısı genleşme katsayısı betonun ısı genleşme katsayısına çok yakındır [30]. Bağıl nemin %65 olduğu bir ortamda bazalt lifin nem adsorpsiyonu %0,1'in altındadır [25].



Şekil 2.1. Bazalt lif

Bazalt liflerin alkali ve UV direnci ile termal stabilitesinin, karbon ve cam liflerle karşılaştırmalı olarak belirlendiği deneysel çalışmada; karbon lifler, bazalt ve cam liflere göre alkalilere karşı daha iyi performans göstermiştir. 4000 saat UV etkisine maruz kalan karbon liflerde dayanımda neredeyse herhangi bir kayıp gözlenmezken, cam liflerdeki dayanım kaybı bazalt liflerin yaklaşık iki katı kadar

olduğu tespit edilmiştir. Bazalt lifin termal stabilitesi araştırıldığında, 600°C gibi yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakıldığında sadece bazalt lifin hacim sabitliğini koruduğu ve dayanımını %90 oranında muhafaza ettiği belirlenmiştir [31].

Bazalt lifin yüksek sıcaklık etkisi altındaki kararlılığı doğal bazalt kayaçlarının karakteristik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Diğer liflerde istenen sıcaklık stabilitesi, yapı minarelerine TiO_2 , ZrO_2 veya P_2O_3 gibi elementler eklenerek elde edilmektedir. Bazalt lifinde yardımcı elementler doğal olarak bulunduğundan sıcaklık stabilitesi oldukça yüksektir ve ekstra yardımcı bir elemente ihtiyaçı yoktur [26]. Wei vd. [32] tarafından yapılan deneysel çalışma sonucunda korozyon riskinin yüksek olduğu durumlarda diğer lifler yerine bazalt lifin kullanılabilereği, kimyasal etkilere maruz kalınması durumunda bazalt lif takviyeli kompozitler kullanılarak servis ömrünün uzatılabileceği belirtilmiştir.

Tüm bu özellikler bazalt lifin düşük maliyetli imalatıyla birleştirildiğinde karbon, lifli beton üretiminde, elik ve cam liflerine kıyasla daha uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır [33].

2.2. Kimyasal Katkılar

ACI 212 kimyasal katkıları ile ilgilidir. Kimyasal katkıları 5 kategoriye ayırır; hava sürükleyici katkıları, hızlandırıcı katkıları, su azaltıcı ve priz kontrol katkıları, akışkanlaştırıcı katkıları ve diğer katkıları.

Hava sürükleyici katkıları işlenebilirliği ve donma direncini arttıran katkılarıdır. Hava sürükleyici katkıları sodyum ve kalsiyum klorit gibi buzlanma önleyici tuzlara maruz kalmış betonlarda da kontrollü olarak kullanılır. Hava sürükleyici katkıları, ahşap reçine tuzlarını, sentetik deterjanları, sülfonat lignin tuzlarını, petrol asit tuzlarını ve sülfonat hidrokarbonların organik tuzlarını içerir.

Soğuk havada beton dökümü boyunca, etkili dayanımı kısa sürede elde etmek amacıyla, priz hızlandırıcıların kullanılması gereklidir. Genel olarak priz kontrol katkıları küçük miktarlarda imento hamuruna katılır ve eklenmelerinin hidratasyonun nihai ürünleri üzerinde etkisi yoktur [34].

Priz hızlandırıcılar priz süresini kısaltmak ve erken dayanımı arttırmak amacıyla kullanılır. Birçok inorganik bileşen bu etkiye sahiptir. Kloritler, flüoritler, karbonatlar, silikatlar, alüminatlar, boratlar, nitratlar bunlardandır. Triethanolamin, diethanolamin, glioksal ve formik asit tuzları gibi organik bileşenler de hızlandırıcı etkiye sahiptirler. En iyi bilinen hızlandırıcı kalsiyum klorittir. Ancak, prefabrike beton ya da nemli ortama maruz kalan betonlar için kullanımı önerilmez [34].

Süperakışkanlaştırıcılar çimento esaslı malzemelerin üretimleri sırasında geniş olarak kullanılmaktadır. Süperakışkanlaştırıcılar gelişen üretim teknolojisi içerisinde çimento esaslı yapısal malzemelerin karışımlarının en önemli bileşenlerinden olmuştur. Bununla birlikte, çimento esaslı malzemelerin özellikleri süperakışkanlaştırıcı kullanımından önemli ölçüde etkilenir [35].

Genel olarak süperakışkanlaştırıcılar; karışım suyunu azaltmak, buna bağlı olarak su/çimento oranını azaltmak ve beton gibi çimento esaslı malzemelerin işlenebilirliğini arttırmak amacıyla kullanılır [36].

Özellikle yaz aylarında, sıcak havanın etkisini engellemek ve daha uzun yerleştirme süreçlerinin ihtiyaç olduğu üretim teknolojileri için priz geciktirici özelliğe sahip kimyasal katkıların kullanılması ihtiyacı doğar.

Geciktiriciler olarak tanımlanan bu kimyasal katkılar çimento esaslı malzemelerin hidrasyon sürecinin uyuma periyodunu genişletir ve priz süresini uzatıp işlenebilirliği artırır. Bu ileriki yaşlarda daha düzenli ve daha az boşluklu bir mikroyapının oluşmasını sağlar. Buna bağlı olarak, mikroyapı-özellik ilişkisi göz önüne alındığında bu iyileşme permeabilite ve dayanım gibi durabilite ve mekanik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [37].

Priz geciktirici katılara ek olarak su azaltıcı ve priz kontrol katkıları hava sürüklenmiş veya sürüklenmemiş betonlarda verilen işlenebilirlik veya priz süresinde iyileştirme için ya da her ikisi birlikte iyileştirmek amacıyla kullanılır. Su ihtiyacını azaltarak verilen işlenebilirlikte betonun dayanımını arttırlar. Yüksek oranda su azaltıcı katkıları(süperakışkanlaştırıcılar) konvansiyonel su azaltıcı katkıları ile aynıdır.

Yukarıda bahsedilen ana grupların dışında bazı değişik tip katkıları bulunmaktadır. Örnek olarak, sertleşmeden önce ve dökümü sırasında gaz kabarcıkları oluşturan katkıları oturmaya ve terlemeye önlemek için kullanılır ve betonun ilk döküldüğü andaki hacmi ile aynı miktarda hacimde kalmasını sağlar. Eklenen bazı malzemeler hidrojen peroksit ve oksijen üretir. Metalik alüminyum hidrojen oluşturur ve aktive edilmiş karbon adsorbe edilmiş havayı serbest bırakır [38].

2.2.1 Süperakışkanlaştırıcı Katkıları

Akışkanlaştırıcıları kimyasal katkıları içerisinde uygulamada en çok kullanılan ve en çok bilinen katkıları grubunu oluştururlar. Son yıllarda yüksek performanslı betonlar genelde süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılarak üretilmektedirler. Beton üretiminde kullanılan süper akışkanlaştırıcıları kimyasal içerikleri ise melamin folmaldehid sülfonatlar, modifiye edilmiş lignosülfonatlar, naftalin sülfonatlarıdır. Akışkanlaştırıcıları hava sürükleyerek, çimento tanelerinin topaklaşmasını önleyerek ve taneleri beton içine dağıtarak etkili olurlar [39, 40, 41]. Böylece çimento tanelerinin bütünüyle hidrate olmasına sebep olurlar ve suyun yüzey gerilimi azaltır ıslatma gücünü artırır. Betoniyerde çeperlere yapışma olmaz, betonda agrega tanelerinin ayrışması minimum düzeye iner. Çimento hamuru ve agrega bağlantısı düzelir [39]. Bu katkıları, taze betonda çimento taneleri-su ara yüzeyinde var olan fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin etkisinin değişmesine yol açarlar. Bunun nedeni, çimento tanelerini kaplayan yüzey aktif maddelerin, çimento tanelerinin negatif elektrikle yüklenmesini ve birbirlerini iterek taze beton içinde kolayca yayılmalarını sağlamalarıdır. Çimento taneleri arasındaki bu negatif elektrik yükü çimento tanelerinin bir su tabakasıyla kaplanmasını sağlar ve böylece bu oluşum beton karışımında çimento tanelerinin homojen dağılmasına neden olur. Çimento tanelerinin bu şekildeki hareketi, taze betonun işlenebilirliğinde önemli bir iyileşmeyle sonuçlanır [42, 43].

Akışkanlaştırıcıları genelde üç amaç için kullanılırlar [44]:

- Katkısız betonla aynı işlenebilmede olmak şartıyla su/çimento oranını azaltıp daha yüksek dayanımlı beton elde etmek,
- Kütle betonlarda hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması durumunda aynı işlenebilirliği kazanmak (Katkının bu şekilde diğer beton türleri

içinde kullanılması aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlaması anlamına gelmektedir).

- Kolay yerleşmeyi sağlamak için (özellikle ulaşılamayan köşelerde) işlenebilmeyi arttırmak,

Süperakışkanlaştırıcıların genel olarak betondaki;

Olumlu etkileri:

- Su azaltıcı olarak kullanımda, sabit işlenebilmede % 12-16.dan fazla su azaltma, basınç dayanımında %15.i aşan artış, daha sıkı bir beton elde ederek donma-çözülmeye, dış ortam şartlarına karşı dayanıklılık artar, geçirimsizlik sağlanır, yüzey görünümü düzelir. Süper akışkanlaştırıcı olarak kullanımında işlenebilmede büyük artış sağlanır.

Olumsuz etkileri:

- İşlenebilme kaybı, sıcaklığın bu kayıpta etkili oluşu, hidrolik rötrede artış, bazı hava sürükleyici katkılarla uyumsuzluk, segregasyona yol açma [39].

Süper akışkanlaştırıcı katkıların yanı sıra son yıllarda ülkemizde de ticari olarak pazarlanan kendiliğinden yerleşen beton uygulamalarında hiper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılmaktadır. Polikarboksilik eter bazlı yeni kuşak hiper akışkanlaştırıcılar olarak adlandırılan bu katkılarda yüksek akışkanlık ve yüksek segregasyon direnci bulunduğu, ayrıca işlenebilmeyi daha uzun süre devam ettirerek kıvam kaybını azalttığı görülmektedir. Karışım suyunu %35'e varan oranda azaltan bu katkıların, özellikle çimento ve mineral katkıca zengin, maksimum tane boyutunun küçük olduğu, ince agregalı karışımlarda kullanıldığında oldukça başarılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir [45].

Yeni yüksek performanslı hiper akışkanlaştırıcılar, düşük çimento dozlarına rağmen, çok düşük su/çimento (S/C) oranlarını (<0.4) ve çok akıcı kıvamları (22 cm.den yüksek çökmeli) mümkün kılar [46].

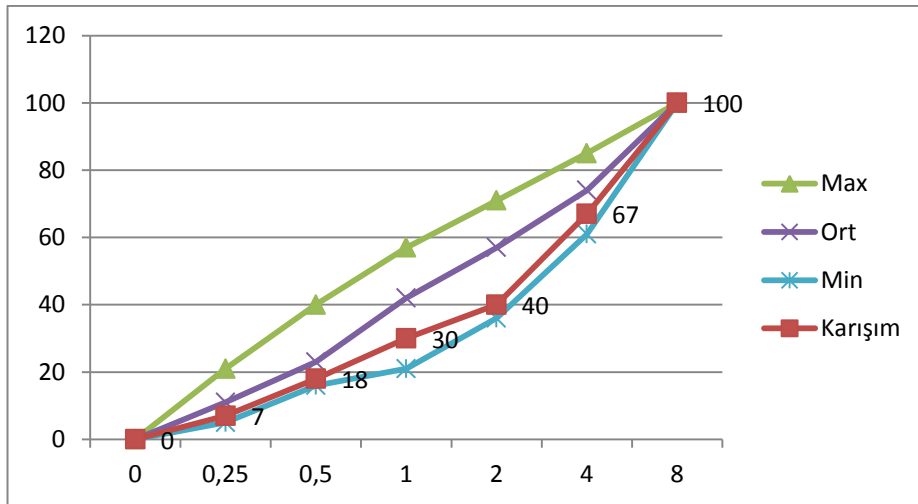
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Çalışma kapsamında Bazalt liflerin çimento harcı üzerindeki etkileri araştırılmış olup çimento harcı üretiminde 0-8mm arasında dane dağılımına sahip agregaya kullanılmıştır. Üretilen harçların üretiminde, bağlayıcı olarak portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R), karışım suyu olarak ise şebeke suyu kullanılmakla beraber s/ç oranı (0,45) olarak karışım hesapları yapılmış olup süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında elde edilen çimento harçlarında hacimce %0,3, %0,4, % 0,5 oranlarında bazalt lif katkıli numunelerin referans numunesine göre basınç dayanımını ve eğilme dayanımını özellikleri kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma sırasında beton isimlerinin tekrarları ve kolay akılda kalması amacı %0,3 bazalt lif katkıli harçlar BLKH-1, %0,4 bazalt lif katkıli harçlar BLKH-2, %0,5 bazalt lif katkıli harçlar BLKH-3 olarak adlandırılarak çalışmaya devam edilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Agregaya

Üretilen karışımlarda Manisa bölgesinde bulunan ocaklardan alınan malzeme kullanılmıştır. Beton bileşimlerinde agregaya granülometrisi sabit tutulmuştur. Kullanılan agregaya dağılımı Şekil 3.1.' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deney numunelerinde kullanılan agregaların granülometri eğrisi

3.1.2 Çimento

Çalışma numunelerinin hazırlanmasında Cem I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimento alındıktan sonra deney süresince uygun koşullarda saklanarak tüm seriler için aynı koşullarda kullanılmıştır. Bu çimentoya ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3.1.'de, kimyasal özellikler Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin fiziksel ve mekanik özellikleri

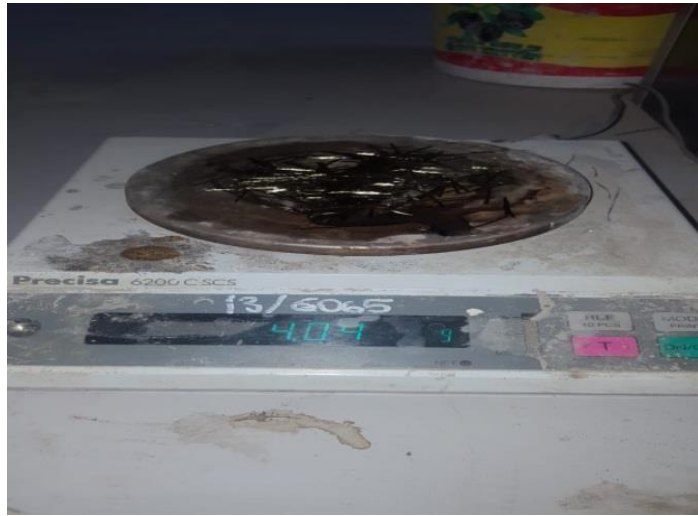
| İncelik 90 μ | Blaine cm^2/g | Özgül Ağırlık | Eğilme Dayanımı | Priz Başlama süresi (Dk) | Basınç Dayanımı (MPa) |
|---------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 0.1 | 2919 | 3.12 | 7.88 | 186 | 55.8 |

Tablo 3.2. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin kimyasal özellikleri

| Bileşen (%) | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | SO ₃ |
|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-----------------|
| Çimento | 19,17 | 5,32 | 3,78 | 63,13 | 2,31 | 0,43 | 2,81 |

3.1.3 Bazalt Lif

Üretilen numunelerde kullanılan bazalt lif Şekil 3.2.'de gösterilmiş olup mineral kökenlidir. Kullanılan bazalt life ait kimyasal fiziksel ve mekaik özellikleri ile ilgili bilgiler Tablo 3.3. ve Tablo 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Deney numunelerinde kullanılan bazalt lif

Tablo 3.3. Bazalt liflerin kimyasal kompozisyonu [26]

| Bileşenler | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O+K ₂ O | TiO ₂ | Fe ₂ O ₃ |
|------------|------------------|--------------------------------|------|------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| % | 49-54 | 12-17 | 7-10 | 5-11 | 3-5 | <3 | 10-14 |

Tablo 3.4. Bazalt lifin fiziksel ve mekanik özellikleri

| Kullanılan Lif | Boy (mm) | Çap (mm) | Çekme Dayanımı (MPa) | Elastisite Modülü (GPa) | Birim Hacim Ağırlık (Kg/m ³) |
|----------------|----------|----------|----------------------|-------------------------|--|
| Bazalt | 24 | 0,015 | 4840 | 89 | 2800 |

3.1.4. Süperakışkanlaştırıcı

Numunelerin üretiminde kullanılan süperakışkanlaştırıcı kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.5.' de verilmiştir.

Tablo 3.5. Süperakışkanlaştırıcı kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Süperakışkanlaştırıcı | Özgül Ağırlık (g/cm ³) | Katı madde (%) | Alkali içeriği (%) |
|-----------------------|------------------------------------|----------------|--------------------|
| | 1,07 | 23 | 3,04 |

3.2. Yöntem

3.2.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi, beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların tane büyüklüğü dağılımını (granülometrik bileşimini) ve tane sınıflarını belirleyebilmek karışım hesabına ve agrega granülometrik eğrisindeki dayılıma uygun olacak şekilde elenerek hazırlanmıştır.

3.2.2. Bazalt Lif Katkılı Harçların Üretilmesi

Üretilen numunelerde çimento dozajı 450 kg seçilmiş ve katkı malzemesi olarak süper akışkanlaştırıcı ve bazalt lif kullanılmıştır. 1 m³ beton için malzeme miktarları Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. 1m³ beton üretimi için malzeme miktarları

| Kullanılan Malzeme | Şahit | 0,3% | 0,4% | 0,5% |
|---------------------------------|-------|--------|--------|------|
| Agrega (kg/m ³) | 1706 | 1698,8 | 1696,4 | 1694 |
| Çimento (kg/m ³) | 450 | 450 | 450 | 450 |
| Su (L/m ³) | 225 | 225 | 225 | 225 |
| Bazalt Lif (kg/m ³) | - | 7,2 | 9,6 | 12 |
| S.A (L/m ³) | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |

Üretilecek bazalt lif katkılı harçlarda kullanılacak malzemeler karışım hesabında bulunan değerler doğrultusunda tartılmalarının ardından çimento mikserinde harç haline getirilmiştir.

Karıştırma işleminin ardından elde edilen harç örnekleri yapışmayı engellemek amacıyla önceden iç yüzeyi yağlanmış olan küp ve prizma kalıplar içerisine yerleştirildi. Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri

3.2.3 Basınç Dayanımı

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için Ø 50 x 50 x 50 mm ebatlarında küp numuneler üretilmiştir. Numunelerin zamanla göstereceği dayanım

artışları için 7, 28, günlük dayanımları ölçülmüştür. Kalıptan çıkartılan beton örnekleri kür havuzunda bekletilmiştir. Sertleşmiş beton örnekleri tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır (Şekil 3.4.). Numunelerin basınç dayanımları Denklem (3.8.)’de yerine konularak hesaplanmıştır.

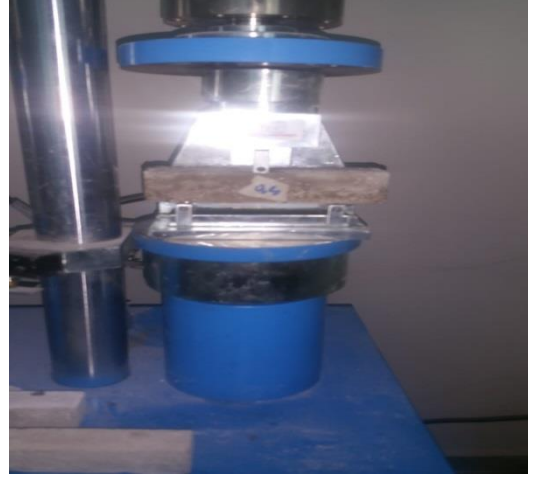
$$F_c = F / A_c \quad (\text{Denklem 3.8})$$



Şekil 3.4. Beton numunelerinin basınç dayanımı tayini

3.2.4 Eğilme Dayanımı

Her bir karışımın eğilme dayanımının tayini için Ø 160 x 40 x 40 mm ebatlarında numuneler üretilmiştir. Numunelerin zamanla göstereceği dayanım artışları için 7, 28, günlük dayanımları ölçülmüştür. Kalıptan çıkartılan beton örnekleri kür havuzunda bekletilmiştir. Sertleşmiş beton örnekleri (Şekil 3.5.)’de görüldüğü üzere kırılmıştır.



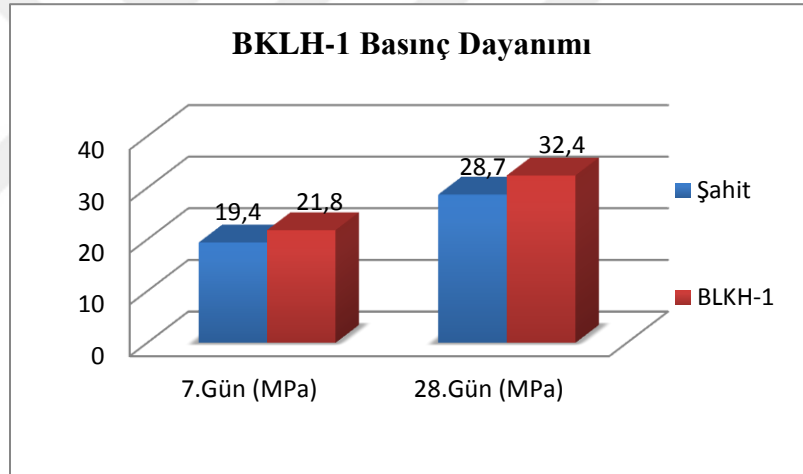
Şekil 3.5. Beton numunelerin eğilme dayanımı tayini



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

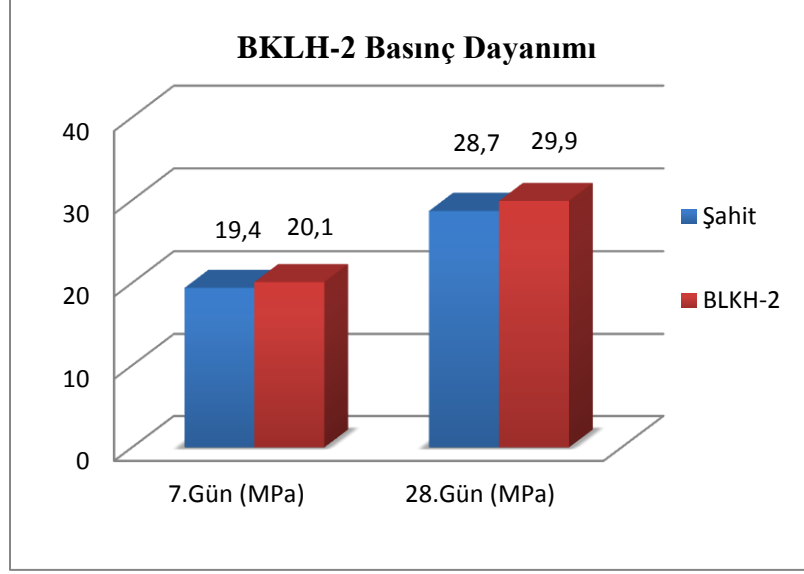
Üretilen çimento harçları üzerinde yapılan deneyler sonuçlarında görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri şahit numuneyle kıyaslandığında %0,3 bazalt lif katkılı numunelerin 7. Gün sonunda %12,37 ve 28. Gün sonunda %12,89 artış göstermiştir. Şahit numuneyle %0,4'lük bazalt lif katkılı numuneler incelendiğinde 7. Gün sonunda %3,6, 28. Gün sonunda ise %4,18'lik bir artış meydana gelmektedir. Şahit numunelerle %5 bazalt lif katkılı numuneler kıyaslandığı zaman ise 7. Gün sonunda %3,6 ve 28. Gün sonunda ise %5,57 oranında basınç dayanımında azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

Yapılan Basınç Dayanımı deneyinden sonra elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



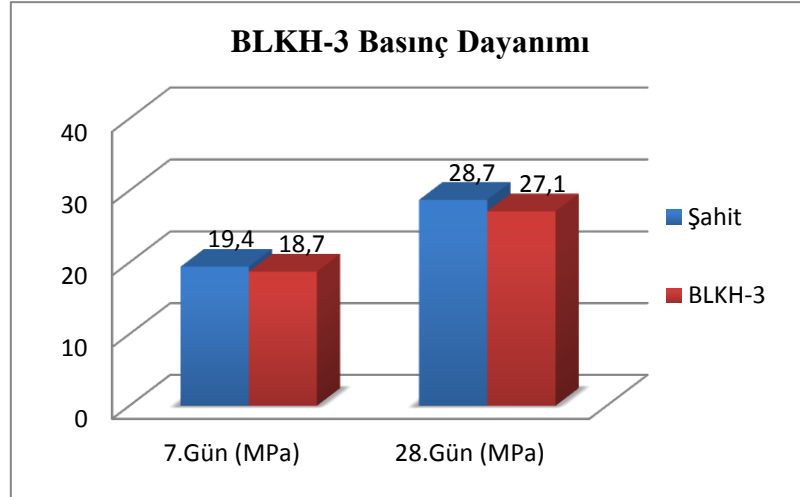
Şekil 4.1. Şahit ve %0,3 katkılı çimento harcının basınç dayanımı

Elde edilen sonuçlar neticesine şahit numune 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 19,4 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 28,7 MPa 'lık dayanıma ulaşmıştır. BLKH-1 serisinde ise 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 21,8 MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 32,4 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.



Şekil 4.2. Şahit ve %0,4 katkılı çimento harcının basınç dayanımı

Yapılan basınç dayanımı deneyine göre şahit numune 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 19,4 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 28,7 MPa 'lık dayanıma ulaşmıştır. BLKH-2 serisinde ise 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 20,1 MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 29,9 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.



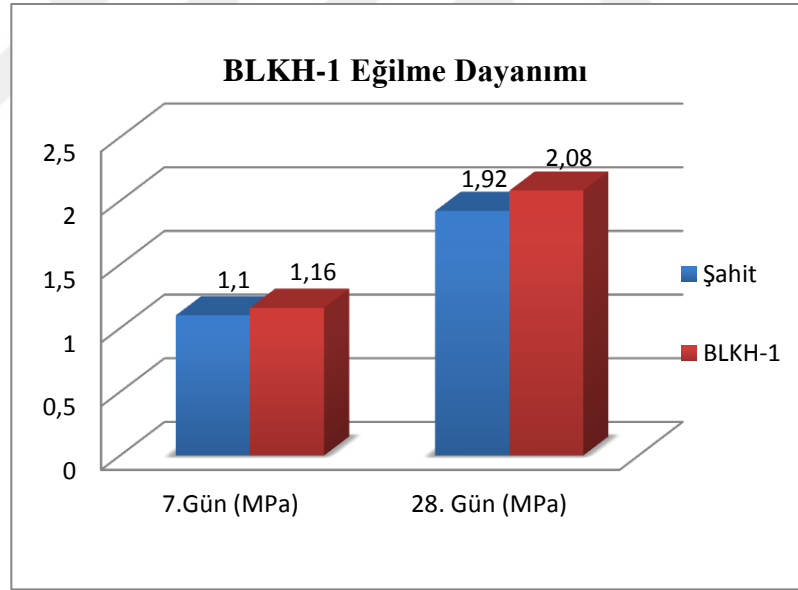
Şekil 4.3. Şahit ve %0,5 katkılı çimento harcının basınç dayanımı

Elde edilen sonuçlar neticesine şahit numune 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 19,4 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 28,7 MPa 'lık dayanıma ulaşmıştır. BLKH-1 serisinde ise 7 günlük basınç dayanımı deneyinde 18,7

MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 27,1 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.

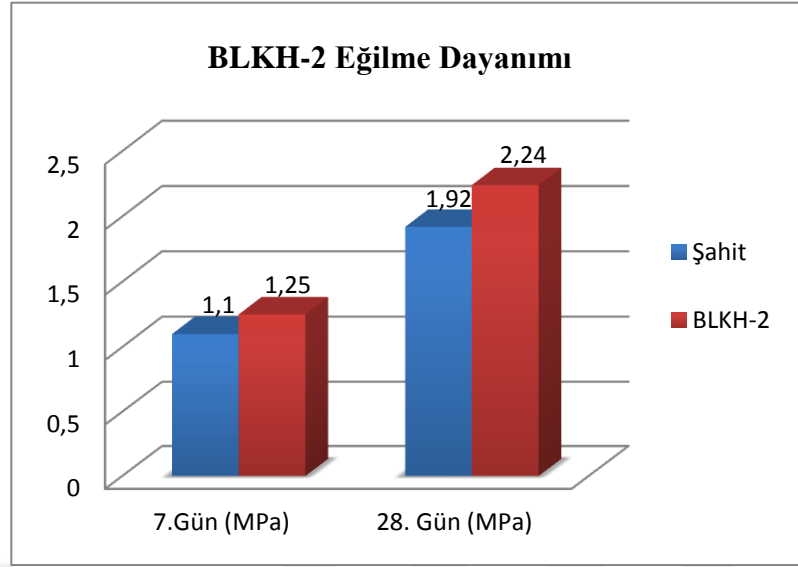
Üretilen çimento harçları üzerinde yapılan deneyler sonuçlarında görüldüğü üzere eğilme dayanımı değerleri şahit numuneyle kıyaslandığında %0,3 bazalt lif katkıli numunelerin 7. Gün sonunda %5,45 ve 28. Gün sonunda %8,33 artış göstermiştir. Şahit numuneyle %0,4'lük bazalt lif katkıli numuneler incelendiğinde 7. Gün sonunda %13,63 ve 28. Gün sonunda ise % 16,66'lık bir artış meydana gelmektedir. Şahit numunelerle %5 bazalt lif katkıli numuneler kıyaslandığı zaman ise 7. Gün sonunda %20 ve 28. Gün sonunda ise %25,52 oranında eğilme dayanımında artış meydana geldiği gözlenmiştir.

Yapılan Eğilme Dayanımı deneyinden sonra elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



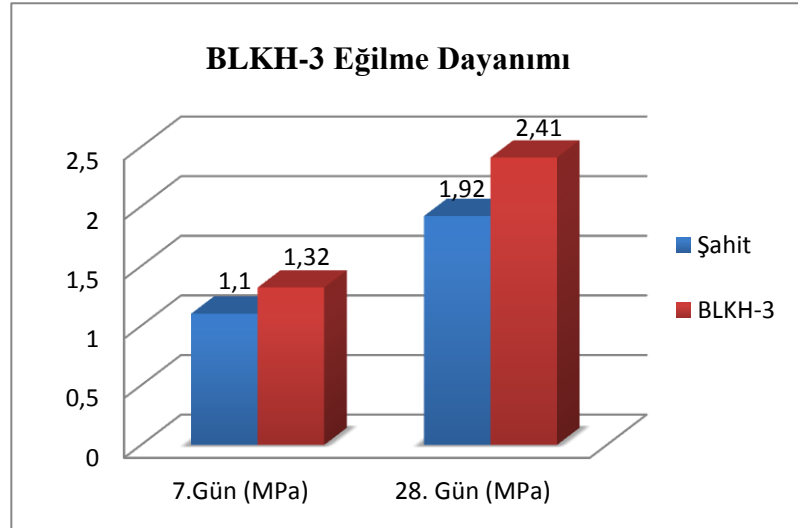
Şekil 4.4. Şahit ve %0,3 katkıli çimento harcının eğilme dayanımı

Elde edilen sonuçlar neticesine şahit numune 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,1 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 1,92 MPa 'lık dayanıma ulaşmıştır. BLKH-1 serisinde ise 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,16 MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 2,08 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.



Şekil 4.5. Şahit ve %0,4 katkılı çimento harcının eğilme dayanımı

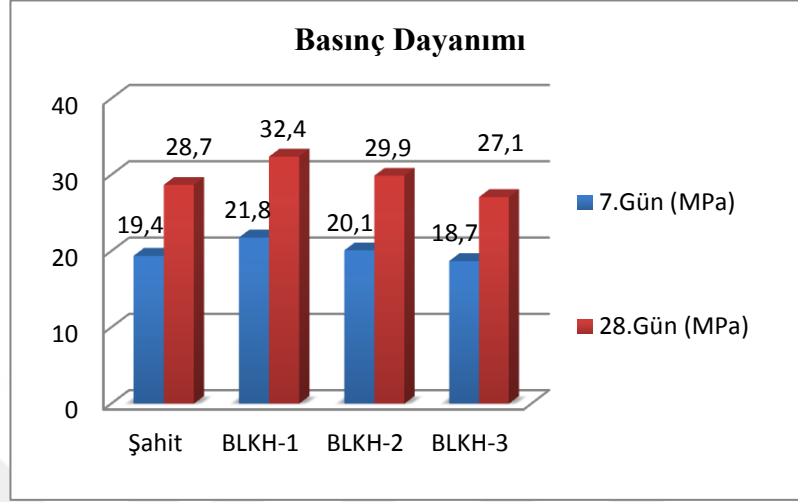
Elde edilen sonuçlar neticesine şahit numune 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,1 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 1,92 MPa 'lık dayanıma ulaşmıştır. BLKH-2 serisinde ise 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,25 MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 2,24 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.



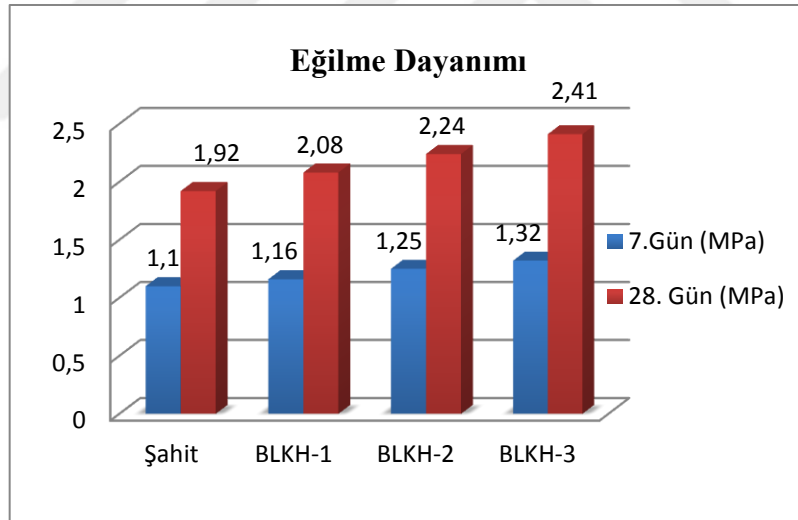
Şekil 4.6. Şahit ve %0,5 katkılı çimento harcının eğilme dayanımı

Elde edilen sonuçlar neticesine şahit numune 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,1 MPa dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 1,92 MPa 'lık

dayanıma ulaşmıştır. BLKH-3 serisinde ise 7 günlük eğilme dayanımı deneyinde 1,32 MPa'lık dayanım göstermiş olup 28. Gün sonunda ise 2,41 MPa'lık dayanıma ulaşmıştır.



Şekil 4.7. Bazalt lif katkılı çimento harçlarının basınç dayanımları



Şekil 4.8. Bazalt lif katkılı çimento harçlarının eğilme dayanımları

Yapılan deneysel çalışmalar basınç dayanımı açısından incelendiğinde bazalt lif ve kimyasal katkılı olarak üretilen çimento harçlarında, %0.3 bazalt lif katkılı çimento harçlarının basınç dayanımı açısından hem 7. gün sonunda hemde 28. gün sonunda şahit numuneye oranla en iyi sonucu verdiği görülmüştür. %0.5 bazalt lif katkılı çimento harçlarında ise şahit numuneye nazaran he 7. gün hemde 28. gün sonunda basınç dayanımında azalda olduğu görülmüştür.

Yapılan deneysel çalışmalar eğilme dayanımı açısından incelendiğinde ise hazırlanan bütün serilerin şahit numuneye oranla hem 7. Gün hemde 28. Gün sonunda şahit numuneye oranla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Hazırlanan numunelerden %0.5 bazalt lif katkılı harçlar eğilme dayanımı sonuçları açısından şahit numune ve diğer üretilen serilere nazaran hem 7. Günde hemde 28. Günde daha iyi sonuçlar vermiştir.

Hazırlanan tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde bazalt lif ikamesinin kimyasal katkılı harçların üretiminde kullanılabileceği görülmüştür. Üretilecek kimyasal katkılı çimento harçlarının kullanım alanlarına göre farklı oranlarda bazalt lif katkılı kullanılması olumlu sonuçlar doğuracağı kanatine varılmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde basınç dayanımındaki en yüksek değer BLKH-1'de görüldüğünden dolayı, %0,3 oranından daha düşük değerlerde bazalt lif katkısının çimento harçları üzerinden olumlu etkilerinin olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca eğilme dayanımında bazalt lif katkısı arttıkça eğilme dayanımında artış gözlenmiş olması eğilme dayanımı açısından daha yüksek bazalt lif oranlarının denenebilirliğine imkan vermektedir. Bu açılardan bakıldığında çalışmada kullanılan oranların alt ve üst değerlerinin denenmesi de bazalt lifin çimento harçlarında dayanım etkilerini daha açıkça ortaya koyabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Baradan, B., 2000. Yapı Malzemesi-II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- [2] Arazsu, U. (2012). “Polipropilen Lifli Betonların Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri” Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, sayfa 63.
- [3] Cilason, N., 1982. Beton, Sezai Türkeş-Fevzi Akkaya İnşaat A.Ş. Yayınları No:21.
- [4] Bache, H. H. (1981). “Densified Cement Ultra-fine Particle-Based materials”, Report 40, 35p, Aalborg Portland, Denmark.
- [5] Erdem R.T., Öztürk A.U. 2012. Mermer Tozu Katkısının Çimento Harcı DonmaÇözünme Özellikleri Üzerine Etkisi.
- [6] Taşdemir, M. A., Lydon, F. D. ve Barr, B. I. G. (1996). The Tensile Strain Capacity of Concrete, Magazine of Concrete Research, 48, 211-218.
- [7] Baradan, B. , Yazıcı, H. ve Aydın, S., (2012). Beton, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, No:334, Altındağ Grafik Matbaacılık, İzmir.
- [8] Ersoy , U., (1985) .Betonarme –Temel ilkeler ve Taşıma Gücü, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- [9] Nevman, J., Cho, B., ve D.J, Hannant ., (2003). Advanced Concrete Technology, İngiltere.
- [10] Ural, F., (1999). Beton Dayanımında Katkı ve Fiberlerin Rolü Hazır Beton Dergisi, 65-66.

- [11] Ersoy, H.Y. (2005). Kompozit Malzemeler, Birinci Basım, Literatür Yayınları, İstanbul.
- [12] Erdoğan G 2014. “Bazalt Lif Katkılı Betonların Mekanik ve Geçirimsizlik Özelliklerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, sayfa 10
- [13] F. Çivici. Çelik lif donatılı betonun eğilme tokluğu. Pamukkale J Eng Sci, 12(2), 183-188, 2006.
- [14] M.C. Nataraja, N. Dhang, A.P. Gupta. Toughness characterization of steel fiberreinforced concrete by JSCE approach. Cem Concr Res, 30:593–597, 2000.
- [15] ACI 544.1R-96 (2002). State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete. American concrete Institute Committee 544 report, 66.
- [16] Kızıllkanat A.B, Kabayı N., Akyüncü V. ve Erdoğan G. “Basalt Fibers and Mechanical Properties Of Basalt Fiber Reinforced Concrete” Journal of Engineering and Natural Sciences, 444-452, 2014.
- [17] N. Kabay. Abrasion resistance and fracture energy of concretes with basalt fiber. Construction and Building Materials, 50:95-101, 2014.
- [18] G.H. Hong, Y.S. Shin. Structural performance evaluation of reinforced concrete beams with externally bonded FRP sheets. J Korean Conc Inst, 15(1):78–86, 2003.
- [19] Ekincioglu, Ö. , (2003). Karma lif içeren çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı bir optimum tasarım, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [20] Sahmaran, M., Yurtseven, A., Yaman, I.O., Workability of Hybrid Fiber Reinforced Self-Compacting Concrete, *Building and Environment*, 40, 1672- 1677.
- [21] Fırat, M.T., (1996). Silis dumanı içeren yüksek mukavemetli betonların enerji tutma kapasitelerinin artırılmasında çelik lif kullanımının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [22] Hannant, D.J., (2003). *Advanced Concrete technology*, Elsevier Ltd.
- [23] TS 10513, 1992. Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [24] Caf M., “Çelik ve Polipropilen Lifli Betonların Darbe Dayanımı” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 77s.
- [25] M. Ludovico, A. Prota, G. Manfredi. Structural upgrade using basalt fibers for concrete confinement. *Journal of Composites for Construction ASCE*, September/October, 2010.
- [26] V.B. Brik, V. Ramakrishnan, N. Tolmare. Performance evaluation of 3-D basalt fiber reinforced concrete & basalt rod reinforced concrete. *Idea Program Final Report*, Contract No. NCHRP-45, November, 1998.
- [27] J. Sim, C. Park, D.Y. Moon. Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures. *Composites Part B: Engineering*, 36:504-512, 2005.
- [28] J. Militky, V. Kovacic, J. Rubnerova. Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers. *Engineering Fracture Mechanics*, 69:1025-1033, 2002.

- [29] T. Förster, R. Plonka, C. Scheffler, E. Mäder. Challenges for fibre and interphase design of basalt fibre reinforced concrete. International RILEM Conference on Material Science, Aachen, 2010.
- [30] Y.T. Lee, J.H. Lee, H.S. Hwang, Y.D. Kim. Performance of concrete structures retrofitted with fiber reinforced polymers. *Mag Korean Conc Inst*, 14(4):89–96, 2002.
- [31] V.B. Brik. Advanced concept concrete using basalt fiber/BF composite rebar reinforcement, Final Report for Highway-IDEA Project 86, 2003.
- [32] B. Weib, H. Caoa, S. Songb. Environmental resistance and mechanical performance of basalt and glass fibers. *Materials Science and Engineering A*, 527:4708-4715, 2010.
- [33] S. Deb. The Impact of basaltic fibre on selected physical and mechanical properties of cement mortar. *Composite Materials*, 286-290, July, 2012.
- [34] Ramachandran, V.S. (1995). *Concrete admixtures handbook*. New Jersey: Noyes Publications,
- [35] Lian-zhen, X., Zong-jin, Li., ve Xiao-sheng W., (2007). Selection of superplasticizer in concrete mix design by measuring the early electrical resistivities of pastes. *Cement and Concrete Composites*, 29, 350–356.
- [36] Collepardi, M., (1998). Admixtures used to enhance placing characteristics of concrete. *Cement and Concrete Composites*. 20,103–12.
- [37] Mindess, S., Young J.F., ve Darwin, D. (2002). *Concrete (second edition)*. New York: Prentice Hall.
- [38] ACI 212.R-04. (2004). *Chemical Admixtures for Concrete*, American Concrete Institute, ACI.

- [39] Akman, M.S., 1996. Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması. 4. Ulusal Beton Kongresi. (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 1-11, Maya Basın Yayın, İstanbul.
- [40] Uyan, M., Yıldırım, H., Süvari, Y., 1996. Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği. 4. Ulusal Beton Kongresi. (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 13-23, Maya Basın Yayın, İstanbul.
- [41] Erdoğan, T.Y., 1997. Admixtures for Concrete, Middle East Technical University, 188 s Ankara.
- [42] Uchikawa, H., Hanehara, S., Sawaki, D., 1997. The Role of Steric Repulsive Force in the Dispersion of Cement Particles in Fresh Paste Prepared with Organic Admixture. Cement and Concrete Research, 27, 37-50.
- [43] Erdoğan, Ş., Kurbetci, Ş., 2003. Farklı Firma Ürünü Su İndirgeyici Katkı Maddelerinin Normal Dayanımlı Beton Üretiminde Etkin Kullanımı. Çimento ve Beton Dünyası, Yıl:7, Sayı:42, 40-47, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara.
- [44] Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987. Concrete Technology, Longman Scientific and Technical, 155p.
- [45] Yılmaz, K., 2002. Normal ve Süper Akışkanlaştırıcıların Betona Kazandırdıkları. Hazır Beton Dergisi, Yıl:9, Sayı:50, 54-59, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
- [46] Yılmaz, A.D., 2003. Yeni Kuşak Hiper Akışkanlaştırıcı Beton Katkıları. Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl:48/2003-4, Sayı:426, 125-129
- [47] M.T. Borhan. Properties of glass concrete reinforced with short basalt fibre. Materials and Design, 42:265-271, 2012.

- [48] C. Jiang, K. Fan, F. Wu, D. Chen. Experimental study on the mechanical properties and microstructure of chopped basalt fibre reinforced concrete. *Materials and Design*, 58:187-193, 2014.
- [49] T. Ayub, N. Shafiq, M.F. Nuruddin. Mechanical properties of high-performance concrete reinforced with basalt fibers. *Procedia Engineering*, 77:131-139, 2014.
- [50] Dias DP ve Thaumaturgo C. (2005). "Fracture Toughness of Geopolymeric Concretes Reinforced with Basalt Fiber.", *Cem Concr Compos*, 27:49–54.
- [51] Deb S. (2012). "The Impact of Basaltic Fibre on Selected Physical and Mechanical Properties of Cement Mortar", 286-290.
- [52] Ünal O., Uygunoğlu T., Gençel O., "Çelik Liflerin Beton Basınç ve Eğilme Özelliklerine Etkisi" *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sf. 23-30, 2007.
- [53] Yorulmaz B., "Farklı Tipteki Poliolefin Liflerin Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 67 s.
- [54] Yıldırım S.T., "Lif Takviyeli Betonların Performans Özelliklerinin Araştırılması" Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 193s.
- [55] Ünal. O., 1994. Isıl Gçlem Uygulamasının Lifli Beton Özelliklerine Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 129s.
- [56] Bedirhanoğlu, İ., İlki, A., Candan, Y., Taşdemir, M., A., Çelik Lif İçeriği, Sıcak Kür ve Lif Korozyonunun Çimento Esaslı Yüksek Performanslı Kompozitlerin Mekanik Davranışına Etkisi

- [57] Düğenci, O., 2008 Çelik Lifli Betonların Bazı Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklık Etkisinin Deneysel Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi.
- [58] Karahan, O., 2006, Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu küllü Betonların Özellikleri, Adana, Doktora Tezi.
- [59] Akkaş, A., Alpaslan, L., Arabacı, S., Başyigit, C., 2010. Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanım Özellikleri.
- [60] Bahadır, F., 2010. Polipropilen Lifli Betonların Mekanik Özellikleri, Eskişehir, Y. Lisans Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cemre ATEŞLİ
Doğum Yeri ve Yılı : İZMİR, 1991
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cemre.atesli@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Fatma Saygın Anadolu Lisesi, 2009
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, 2013

Mesleki Deneyim

MTS Çelik / Pınar Et Entegre Tesisi (Saha Mühendisi) 2014-2015
Özel Yapı İnşaat / Yüksek Vadi Evleri (Saha Mühendisi) 2015-2015
Manisa Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Kontrol Mühendisi) 2015-...