

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

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

**ÇİMENTO HARÇLARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN
BAZALT LİF-KİMYASAL KATKI UYUMU ETKİSİ**

Zirve TURAN

**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 MALZEMESİ BİLİM DALI**

**ÇİMENTO HARÇLARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN
BAZALT LİF-KİMYASAL KATKI UYUMU ETKİSİ**

Zirve TURAN

**Danışman
Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Zirve TURAN tarafından hazırlanan " ÇİMENTO HARÇLARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN BAZALT LİF KİMYASAL KATKI UYUMU ETKİSİ"adlı tez çalışması 17/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Engin GÜCÜYEN Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Gökhan ŞAKAR 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.

Zirve TURAN



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.....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1 Beton Üretiminde Kullanılan Lifler.....	7
2.1.1 Çelik Lif.....	9
2.1.2 Cam Lifler.....	10
2.1.3 Propilen Lifler.....	11
2.1.4 Bazalt lif.....	12
2.2. Kimyasal Katkılar.....	13
2.2.1 Kimyasal Katkıların Tanımı.....	14
2.2.2 Kimyasal Katkıların Olumlu ve Olumsuz Yönleri.....	15
2.2.3 Kimyasal Katkı Çeşitleri.....	17
2.2.3.1 Süperakışkanlaştırıcı Katkılar.....	17
2.2.3.2 Priz Geciktirici Katkılar.....	17
2.2.3.3 Hava Sürükleyici Katkılar.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Agregası.....	19
3.1.2 Çimento.....	19
3.1.3 Bazalt Lif.....	20
3.1.4. Süperakışkanlaştırıcı.....	21
3.1.5. Karışım Hesapları.....	21
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Elek Analizi.....	22
3.2.2. Bazalt Lif Katkılı Harçların Üretilmesi.....	22
3.2.3 Donma-Çözülme Deneyi.....	23
3.2.4 Böhme Aşınma Deneyi.....	25
4. BULGULAR.....	27
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	28
KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al_2O_3	Alüminyum Oksit
AR	Alkali Resistant (Alkaliye Dayanıklı)
BLKH	Bazalt Lif Katkılı Harç
CaO	Kalsiyum Oksit
$Ca(OH)_2$	Kalsiyum Hidroksit
Fe_2O_3	Demir (III) Oksit
K_2O	Potasyum Oksit
LiO_2	Lityum Süperoksit
MgO	Magnezyum Oksit
Na_2O	Sodyum Oksit
SO_3	Kükürt Trioksit (Sülfür Trioksit)
SiO_2	Silisyum Dioksit (Silika)
TiO_2	Titanyum Dioksit
ZrO_2	Zirkonyum Dioksit

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Çelik lif türleri.....	10
Şekil 2.2. Bazalt lif.....	13
Şekil 3.1. Deney numunelerinde kullanılan agregaların granülometri eğrisi.....	19
Şekil 3.2. Deney numunelerinde kullanılan bazalt lif.....	20
Şekil 3.3. Kullanılan kalıplar ve kalıpları yağlama işlemi.....	22
Şekil 3.4. Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri.....	23
Şekil 3.5. İklimlendirme kabini.....	24
Şekil 3.6. Basınç deneyi.....	24
Şekil 3.7. Böhme aşındırma cihazı.....	26
Şekil 3.8. Böhme aşındırma deneyinin yapılışı.....	26
Şekil 5.1. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği.....	29
Şekil 5.2. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği.....	29
Şekil 5.3. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği.....	30
Şekil 5.4. 7 ve 28 günlük basınç dayanım karşılaştırma grafiği.....	30
Şekil 5.5. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği.....	31
Şekil 5.6. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği.....	32
Şekil 5.7. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği.....	32
Şekil 5.8. 7 ve 28 günlük hacim kaybı karşılaştırma grafiği.....	33
Şekil 5.9. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği.....	33
Şekil 5.10. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği.....	34
Şekil 5.11. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği.....	34
Şekil 5.12. 7 ve 28 günlük hacim kaybı % karşılaştırma grafiği.....	35
Şekil 5.13. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği.....	35
Şekil 5.14. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği.....	36
Şekil 5.15. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği.....	36
Şekil 5.16. 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı karşılaştırma grafiği.....	37
Şekil 5.17. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % grafiği.....	37
Şekil 5.18. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % grafiği.....	38
Şekil 5.19. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % grafiği.....	38
Şekil 5.20. 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % karşılaştırma grafiği.....	39

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Kullanılan lif türlerinin önemli fiziksel ve mekanik özellikleri	8
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.....	20
Tablo 3.4. Bazalt lifin fiziksel ve mekanik özellikleri.....	21
Tablo 3.5. Süperakışkanlaştırıcı kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.	21
Tablo 3.6. 1m ³ beton üretimi için malzeme miktarları	21
Tablo 5.1. Basınç dayanımı sonuçları.....	28



TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi sırasında bilgi ve deneyimi ile bana destek olan danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Ali Uęur ŐZTŪRK' e, lisans ve lisansűstű eęitimim boyunca bana maddi manevi tűm desteęini veren annem Aygűl TURAN, babam Cemal TURAN, kardeőim Doruk TURAN' a yűrekten teőekkűr ederim.

Zirve TURAN
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇİMENTO HARÇLARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN BAZALT LİF-KİMYASAL KATKI UYUMU ETKİSİ

Zirve TURAN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. A. Uğur ÖZTÜRK

Beton inşaat sektöründe en çok kullanılan taşıyıcı yapı malzemesidir. Fakat betonun çevre şartlarına uzun yıllar karşı koyabilmesi; üretim kalitesi, dayanım ve durabilitesinin artırılması ile mümkün olabilir. Uzun yıllar boyunca tecrübe edilen ve deneylerle de kanıtlanan bazı etkenlerin beton dayanıklılığını olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir. Bunlara örnek sülfat ve tuzlu su etkisi, yüksek sıcaklıklar, alkali agrega reaksiyonları, aşınma, donma ve çözülme olarak verilebilir. Bu yüzden bu yapı malzemesinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin maksimum düzeye çekilmesi yapı güvenliği için çok önemlidir. Bunun da en kolay yolu katkı maddelerini kullanmaktır. Beton katkıları, betonun içine karıştırma öncesi veya karıştırma sırasında düşük miktarlarda ilave edilen organik veya inorganik malzemelerdir.

Bazalt lif ve kimyasal katkı betonun basınç dayanımını, çekme dayanımını, eğilme dayanımını, aşınma dayanımını arttırmak için kullanılır. Bu amaçla şahit numuneler üretilmiş, beton numunelerin bir kısmına %0,3 bazalt lif bir kısmına %0,4 bazalt lif bir kısmına ise %0,5 bazalt life ek olarak herbir numuneye 2,4 l/m³ süper akışkanlaştırıcı eklenmiştir. 7 ve 28 günlük herbir numune donma ve çözülme deneyine tabi tutulmuş ardından basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. %0,3 oranlı bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımının şahit numuneye göre %4 arttığı, %0,4 oranlı bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımının şahit numuneye göre %9 arttığı fakat %0,5 oranlı bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımının şahit numuneye göre %1 arttığı %0,3 ve %0,4 oranlı bazalt life göre basınç dayanımının azaldığı görülmüştür. Aynı katkı oranları ile hazırlanan diğer numunelere de Böhme aşındırma deneyi yapılmıştır. Bu deney sonucunda şahit numuneye göre %0,3 bazalt lif oranlı numunede aşınma miktarının daha az olduğu, %0,4 bazalt lif oranlı numunede aşınma miktarının %0,3 oranlı numuneye göre dahada az olduğu fakat %0,5 bazalt lif oranlı numunede aşınma miktarının şahit numuneye göre az olmasına rağmen %0,3 ve %0,4 oranlı numuneye göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

2019, 45 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

EFFECTS OF BASALT FIBER-CHEMICAL ADMIXTURE CONFORMITY ON DURABILITY PROPERTIES OF CEMENT MORTARS

Zirve TURAN

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

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

Concrete is the most widely used building material in the construction sector. But the concrete's ability to withstand environmental conditions for many years; production quality, strength and durability. It has been shown that some factors, which have been experienced for many years and which are also proven by experiments, affect the concrete durability negatively. Examples include sulphate and brine effects, high temperatures, alkali aggregate reactions, abrasion, freezing and thawing. Therefore, maximizing the physical, chemical and mechanical properties of this building material is very important for building safety. The easiest way to do this is to use additives. Concrete admixtures are organic or inorganic materials that are added to the concrete in small amounts before or during mixing.

Basalt fiber and chemical additives are used to increase compressive strength, tensile strength, bending strength and abrasion resistance of concrete. For this purpose, blank samples were produced. In addition to 0.3% basalt fiber, 0.4% basalt fiber and 0.5% basalt fiber, 2.4 l / m³ super plasticizer was added to each sample. Each sample of 7 and 28 days was subjected to freezing and thawing tests followed by compression strength test. Basalt fiber with 0.3% basalt fiber and super plasticizer doped sample increased by 4% compared to the blank sample, 0.4% basalt fiber and super plasticizer doped sample increased by 9% compared to the blank sample but 0.5% basalt fiber and It was observed that the compressive strength of the sample with superplasticizer added increased by 1% compared to the witness sample and the compressive strength decreased by 0.3% and 0.4% basalt fiber. Böhme abrasion test was applied to the other samples prepared with the same contribution rates. As a result of this test, it is seen that the wear amount is less in the sample with 0.3% basalt fiber ratio compared to the witness sample, the wear amount in the sample with 0.4% basalt fiber ratio is less than that of the sample with 0.3% basalt fiber, but the wear in 0.5% basalt fiber ratio sample Although the amount of the sample is less than the 0.3% and 0.4% was observed to be higher than the sample.

2019, 45 page

1. GİRİŞ

Dış kuvvetlerin etkisi altında kalan yapı elemanlarında bazı deformasyon ve gerilmeler (iç kuvvetler) meydana gelir. Birim alana gelen iç kuvvet tanımına göre yapı elemanları normal gerilme, kayma gerilmesi, eğilme, burulma, burkulma gibi zorlanmalara uğrar. Taşıyıcı elemanlar sabit yük, hareketli yük, deprem ve rüzgar kuvvetlerinin tesirleri altındaki bu zorlanmalara göre hesaplanır, tahkik edilir ve boyutlandırılırlar. Yapıların dayanımları bu mekanik tesirlere göre sağlanır. Durabilite özelliği ise yapının kullanım sürecinde hava koşullarına, kimyasal etkenlere, aşınmaya ve diğer maruz kaldığı yıpratıcı faktörlere karşı dayanıklılık gösterme (dayanma) becerisidir.[1]

1970'li yılların ortalarına kadar betonarme yapıların çok dayanıklı ve uzun ömürlü bir yapı türü olduğuna dair bir inanış vardı. Bu inanışın sebebi ise betonun zamanla dayanımının artması ve çeliğin beton pas payı tabakası tarafından korozyona karşı korunması idi. Gerçekten beton teknolojisine uygun şekilde projelendirilmiş, imalatı yapılmış, geçirimsiz, yalıtımlı ve korunmuş yapılar için bu mefhum doğrudur. Ancak son 20-30 yıla kadar, betonarme yapıların kalıcılığı konusunda yeterince bir bilgi birikimi olmadığından, sadece dayanım göz önünde bulundurularak üretilen, değişik sanat yapılarının bilgi noksanlığı ve uygulama hataları sebebiyle önemli hasarlar gördüğü tespit edilmiştir.[2]

Nitekim, çimento bazlı malzemelerin makro yapısal özelliklerinden olan dayanım ve fiziksel, kimyasal, biyolojik agresif ortamlara karşı dayanıklılığını nitelendiren durabilite; gerek çevresel etkenler ile ilgili üretim koşulları gerekse kimyasal ve mineral katkıların kullanımı gibi üretim teknolojilerinden yüksek oranda etkilenir.[3]

Beton gibi çimento bazlı malzemeler çekme dayanımı ve çekme birim deformasyon kapasitesi çok düşük olan gevrek yapıda malzemelerdir. Yorulma dayanımı, çekme dayanımı, kayma dayanımı, kavitasyon ve aşınma dayanımı, deformasyon kapasitesi, çatlama sonrası yük taşıma dayanımı ve tokluk bakımından zayıf performans sergilemesi geleneksel betonun tipik özelliklerindedir. Betonun bu zayıf özelliklerinin belirgin olarak ortaya çıktığı durumlarda beton içerisine değişik malzemelerden üretilmiş ve teknik özellikleri yüksek olan liflerin katılması sonucu

betonun bu zayıf özellikleri iyileştirilerek beton ve beton gibi çimento esaslı malzemelere olan ilginin artmasına neden olmuştur. Böylelikle betonda da polipropilen lif, karbon lif, plastik-cam bazlı lif ve çelik liflerin kullanımına başlanılmıştır. Sağladığı kazanımlardan dolayı lifli betonların önemi inşaat mühendisliği alanında hızla artmaktadır ve kompozit malzemelerin özelliklerini geliştirmek için önemli adımlar atılmıştır.[4]

Her lif çeşidi için lifli betonlarda sağlanması gereken en önemli husus; liflerin beton içerisinde homojen bir dağılım göstermesi ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmamasıdır. Homojen dağılan lifler, beton içerisinde oluşan çatlakları önlemekte ve oluşan çatlakların ise beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha sağlam hale getirmektedir. Lifli betonun en önemli mekanik özelliklerinden birisi, enerji yutabilme kapasitesi olarak da adlandırılan tokluktur. Çatlak direnci, duktilite, darbe direnci gibi malzeme özelliklerinin birçoğu tokluk ile ilişkilidir.[5,6]

Günümüzde lifli beton üretiminde, çelik ve polimer lifler, ulaşılmak istenilen hedef doğrultusunda, daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Şu var ki son yıllarda yapılan çalışmalarda ise bu liflere alternatif olabileceği düşünülen doğal liflerle ilgili yapılan çalışmaların sayısında artış meydana gelmiştir. Doğal bir lif cinsi olan bazalt lifler ile ilgili yapılan çalışmaların sayısında da artış söz konusu olmuştur. Bununla beraber bazalt liflerin inşaat sektöründe de kullanımı giderek daha yaygın bir hale gelmektedir.[7]

Beton kalitesindeki bu artış büyük ölçüde; çimento, agrega, su ve mineral katkıları gibi betonu oluşturan ana malzemelerin yanında katılan kimyasal katkı maddeleriyle sağlanmıştır. Katkı, “betonun veya harcın ana bileşenlerini oluşturan su, agrega, hidrolik çimento ve fiber takviye malzemeleri haricinde betonun üretim aşamasında veya öncesinde katılan malzemeler” [8] olarak tarif edilmektedir. Kimyasal katkıların temel niteliği betonun veya harcın taze ve sertleşmiş durumdaki özelliklerini iyileştiren, suda çözünebilen maddeler olmasıdır. Değişik niteliklerdeki kimyasal katkıların betonun özellikleri üzerinde sağladığı iyileştirmeler örneklendirilecek olunursa; basınç ve eğilme dayanımları üzerindeki artış, geçirimsizlik özellikleri ve bununla ilintili olarak durabilite özellikleri üzerindeki

iyileştirmeler, rötre (büzülme) azaltma, korozyon önleme, ayrışmadan yüksek kıvam artırma gibi işlenebilirlik özellikleri üzerindeki iyileştirmeler, yüksek pompalanabilirlik, priz süresinin ayarlanması, amaca yönelik düzenlenebilir reolojik özellikler, çimentonun etkinliğinin artırılması ve alkali silika reaksiyon riskinin azaltılması gibi performans artırıcı etkiler sayılabilir[9].

Günümüzde bilhassa hazır beton sektöründe akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımını oldukça artmıştır. 90'lı yılların başında hazır beton sektöründe kimyasal katkı kullanım oranı %20' ye varmazken şimdilerde hazır betonda katkı kullanımını vazgeçilemez bir faktör olarak kabul görmüştür. Ramachandran ve Malhotra'ya göre;

“Akışkanlaştırıcılar 3 amaç için kullanılabilirler:

- a) Katkısız kontrol betonu ile aynı çimento dozajı ve işlenebilirliğe sahip, düşük su/çimento oranı ile beton üretiminde su kesme amaçlı olarak kullanılabilirler. Böylece betonda dayanım artışı sağlar.
- b) Hem su hem de çimento miktarını azaltarak katkısız kontrol betonu ile aynı işlenebilirlikte ve aynı dayanıma sahip beton üretiminde kullanılabilirler. Böylece çimentodan tasarruf edilmesini sağlar.
- c) Katkısız kontrol betonu ile aynı bileşenlere sahip katkılı betonun işlenebilirliğini artırma amacıyla kullanılabilirler.”[10]

1.1. Literatür

Yazıcı 2003 yılında yaptığı çalışmada süper akışkanlaştırıcı katkının işlenebilirliği arttırdığı ve aynı zamanda karışım suyunda azalmaya neden olabileceği ve katkı sayesinde basınç dayanımının artmasına fayda sağlayacağı belirtilmiştir. Ayrıca katkı seçiminde işlenebilirliğin göz ardı edilmemesi gerektiğini, su azalmakla beraber işlenebilirliğin ve basınç dayanımının beraber değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır [32].

Halilov 2003 yılında yapmış olduğu çalışmada çelik lif, silis dumanı ve süperakışkanlaştırıcı katkıları kullanarak betonların özelliklerini incelemiştir. Halilov çalışmasında çelik lif katkılı betonların basınç dayanımlarında azalma gözlemlerken eğilme dayanımlarında artış olduğunu fakat çelik lif ve silis dumanı ikameli beton

numunelerinin hem basınç hemde eğilme dayanımlarında artış olduğunu gözlemlemiştir [33].

Can vd (2009) [34] yaptıkları çalışmada aşınmaya maruz kalan lifsiz betonların, çelik ve polipropilen lif katılarak elde edilen betonlara nazaran aşınma dirençlerinin tespiti hedeflenmiştir. Çalışmada 100x200x20 cm ebatlarında numuneler kullanılmış, kontrol, çelik ve polipropilen katkılı olacak şekilde 3 farklı türde beton hazırlanmıştır. Beton sınıfı C30, maksimum agrega çapı 22 mm, s/ç oranı 0,5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Araştırma sonucu, en fazla aşınma direncinin çelik lifli betonda sonra polipropilen lifli betonda ve en son da lif katkısız kontrol betonunda olduğunu belirtmiştir.

Nili et al. (2010) [35] tarafından yapılan çalışmada, 0,36 ve 0,46 s/ç oranlarındaki betonlara polipropilen ve silis dumanı ilavesi ile darbe ve basınç dayanım performansları incelenmiştir. Polipropilen lif 12 mm uzunluğunda ve %0, %0,2, %0,3, %0,5 olacak şekilde 4 farklı oranda kullanılmıştır. Silis dumanı ise çimento ağırlığının % 8 i kadar çimento ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. Numuneler 150x300 mm olarak dökülmüş sonra kesilerek 64x150 mm ye çevrilmiştir. Sonuç olarak, karışımdaki polipropilen lif oranı %0,2 den %0,5 e çıktıkça basınç dayanımı da artmıştır. Polipropilen lif katkılı numunelerde darbe sayısı ilk çatlak ve nihai çatlak, lifsiz numunelere nazaran önemli ölçüde artmıştır. %0,2, %0,3, %0,5 oranlarında lif katkılı 0,46 s/ç oranlı numunelerde sırasıyla ilk çatlak oluşumunda darbe sayısında %31, %100, %360 oranlarında artış gözlenmiştir. Nihai çatlama da ise kontrol numunelerine nazaran %42, %107, %376 artış gözlenmiştir. Aynı şekilde s/ç oranı 0,36 olan numunelerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Silis dumanının lif dağılımını iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Kırca (2003) [36] tarafından yapılan çalışmada, polipropilen liflerin beyaz çimento harcı ve beyaz beton dayanıklılığına etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneylerde, ilk aşamada polipropilen lif kullanımının büzülme birim deformasyonuna etkisi incelenmiştir. İkinci aşamada ise polipropilen liflerin donma çözülmesine bakılmıştır. Lifler 1 m³ te 600 g olacak şekilde katılmış maksimum tane çapı 16 mm alınmış, s/ç oranı 0,49 olarak sabit tutulmuş, dozajı 350 kg olacak şekilde beton üretilmiştir. Sonuç olarak polipropilen lif kullanımı, kontrol

numunelerine nazaran büzülme deformasyonlarını 28. gün itibariyle %25 oranında azaltmıştır. Donma zlme etkisinde polipropilen liflerin %15 civarında basınç dayanımını artırdığı belirlenmiştir.

Aulia (2002) [37] tarafından yapılan çalışmada, silis dumanlı yüksek dayanımlı, lifli betonların özelliklerinin değişimi irdelenmiştir. Çalışmada 19 mm uzunluğunda %0,2 oranında polipropilen lif kullanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, yüksek sıcaklıklarda polipropilenin 160°C de erimesi sonucu yangın direncini artırdığı gözlenmiştir. Polipropilen liflerin az da olsa segregasyona sebep olduğu, su emmedikleri için ayrı bir su ilavesine ihtiyaç olmadığı, tespit edilmiştir. Liflerin basınç dayanımını ve elastisite modülünü çok etkilemediği, erken rötre çatlaklarını da azalttığı belirlenmiştir.

Yıldırım (2002) [38] tarafından yapılan çalışmada polipropilen ve elik lifle güçlendirilmiş betonların performansları araştırılmıştır. elik lif betona, %0,5, %0,75, %1 oranlarında, polipropilen lif ise %0,1 oranında katılmıştır. Elastisite modülü, poisson oranı, eğilme dayanımı, tokluk, darbe dayanımı, yorulma dayanımı, rötre, donma çözülme gibi deneyler yapmıştır. Sonuç olarak betona katılan liflerin beton çökmesini düşürdükleri, elik lif katılan betonların özgül ağırlıklarının geleneksel betona nazaran daha fazla oldukları, polipropilen lif katılı betonların ise daha hafif olduğu tespit edilmiştir. Polipropilen lifin artması sonucu dayanımın düştüğü, liflerin betonda homojen dağılmayı engellediği, elik liflerin eğilmede çok yarar sağladıkları, tokluğu artırdıkları, darbe dayanımını artırdıkları, polipropilen lifin donma zlmede elik life nazaran daha iyi davrandığı gözlenmiştir.

Tokyay vd (1991) [39] tarafından yapılan çalışmada, polipropilen ve elik lif ilaveli yüksek dayanımlı betonların basınç ve çekme dayanımları incelemiştir. Polipropilen lif 20 mm uzunluğunda ve 1m³' te 1kg olacak şekilde kullanılmıştır. elik lif ise 30 mm uzunluğunda ve 0,4mm çapında kullanılmıştır. elik lif betona, hacimce %1,5 oranında katılmıştır. elik lif çekme dayanımını %35, polipropilen lif ise %15 artırmıştır. Basınç dayanımlarına ise pek bir etki göstermediği tespit edilmiştir.

Kutzing (1996) [40] tarafından yapılan çalışmada, %0,5 in altında ve %1,5 oranlarında çelik lif, %0,2 oranında polipropilen lif katılarak yüksek performanslı betonlar üretmiştir. Yüksek performansı sağlamak için mikro silika kullanılmıştır. Sonuç olarak polipropilen lifli numunelerde basınç dayanımının %40 arttığı, çelik lifin ise %0,5 in altında kullanılması halinde geleneksel betona nazaran fazla bir değişikliğe sebep olmadığı bildirilmiştir. Lifli betonların gevrek kırılmadığı ve özellikle çelik liflerin çatlakları tuttuğu tespit edilmiştir.

Söz konusu çalışmamızda 16 adet numune beton dökülmüştür. Bu betonlardan 4 adeti şahit numune, 4 adeti %0,3 bazalt lif oranlı numune, 4 adeti %0,4 bazalt lif oranlı numune, 4 adeti % 0,5 bazalt lif oranlı numune olarak dökülmüştür. Numuneler donma- çözünmeye bağlı basınç dayanımı ve yatay aşındırma testlerine tabi tutularak dayanımlarındaki artışların ve azalışların gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Beton Üretiminde Kullanılan Lifler

Betonarme yapı elemanlarının matrisi (ana kütlesi) oldukça küçük kırılma sünekliği gösteren çimentodur. Matrisin bu sınırlı olan kırılma sünekliği ve yine çok düşük olan eğilme mukavemeti değeri, yüzeye yakın bölgelerde istenmeyen çatlakların ortaya çıkmasına neden olur.

Liflerin varlığı çatlakların oluşmasını önlerken, büyük uzama değerinde çok sayıda, ince dağılımlı, gözle görülmeyen ve olumsuz etkileri göstermeyen zararsız çatlakların oluşmasına neden olur. Lifli betonlar, katkısız matrisli betona göre oldukça uygun bir şekil değiştirme ve aynı zamanda yüksek mukavemet özelliği gösterir [15].

Bentur ve Mindess [16]; Arslan [17]; Philips [18] ve Uğurlu [19], değişik liflerin çok önemli fiziksel ve mekaniksel özelliklerini (elastisite modülünü, çekme gerilmesini ve kırılma uzamasını) veren tabloları çıkarmışlardır. Bu tablolar toplanıp, tek bir tablo düzenlendiğinde aşağıdaki Tablo 2.1.'de verilen tablo elde edilmektedir.

Tablo 2.1. Kullanılan Lif Türlerinin Önemli Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Lif Tipi	Çap (µm)	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Elastite Modülü (GPa, kN/mm ²)	Çekme Dayanımı (GPa)	Kopma Uzaması (%)
Çelik	5-500	7.84	200	0.5-2.0	0.5-0.20
Cam	9-15	2.60	70-80	2-4	2-3.5
Asbest (krokidolit)	0.02-0.4	3.40	196	3.5	2-3
Asbest (krisotil)	0.02-0.4	2.60	164	3.1	2-3
Polipropilen	20-200	0.9	5-77	0.5-0.75	8
Aramid (Kevlar)	10	1.45	65-133	3.6	2.1-4
Karbon Tip I	9	1.90	380	1.8	0.5
Karbon Tip II	9	1.90	230	2.6	1.0
Naylon (Tip 242)	-	1.1	4.0	0.9	13-15
Selüloz	-	1.2	10	0.3-0.5	-
Akrilik	18	1.18	14-19.5	0.4-1.0	3
Polietilen	-	0.95	0.3	0.7	10
Ağaç Lifi	-	1.50	71.0	0.9	-
Sisal Keneviri	10-50	1.50	-	0.8	3.0
Bor	-	2.63	379	2.76	-
Pamuk	-	1.50	4.8	0.4-0.7	3-10
Polyester	-	1.40	8.3	0.7-0.9	1.4
Pamuk-yün	-	1.50	6.9	0.4-0.7	10-25
Mineral yünü	-	2.70	69-117	0.4-0.8	0.6
Titanyum alaşımı	-	4.52	117	0.7	-
Hafif alaşım	-	2.69	72	0.5	-
Alümin	-	3.30	297	3	-
Polikristalin alümin	500-770	3.90	24.5	0.65	-
Grafit I	8	1.90	380-415	1.5-2.1	0.5
Grafit II	9	1.90	240-280	2.4-2.6	1.0
Çimento Matrisi	-	2.50	10-45	3.7x10 ⁻³	0.02

2.1.1 Çelik Lif

Çelik lif takviyeli betonun mekanik özellikleri lifin tipi (uzunluk/çap oranı, lif miktarı) ve numunenin boyutu, şekli, agreganın boyutu ve numunenin hazırlanış şeklinden etkilenir.

Geleneksel ekipman ve prosedürler ile yerleştirilebilen ve karıştırılabilen çelik lifli beton karışımlarında, tüm beton haminin %0,5 ila %1,5' i kadar hacimde lifler kullanılır. Daha yüksek lifler (% 2 ila 10), özel lif ilave teknikleri ve yerleştirme prosedürleriyle kullanılmaktadır. Ancak ilave dayanım yada dayanıklılığa ihtiyaç duyulan özel tekniklerle ayarlanabilecek uygulamalarda daha yüksek lif karışım yüzdesi verilebilmektedir.

Lifler; tüm yetersiz modlarda beton ve hamurun mekanik özelliklerini; özelliklede direkt çekme, eğilme, çarpma ve kesme gibi yorulma ve çekmeye neden olan özellikleri etkiler. Liflerin dayanım mekanizması, eğer lif yüzeyi deforme olursa, lif ve matris arasında bağlantı kuran ya da kesme ara yüzeyiyle matristen life gerilme transferini kapsar. Gerilme, böylece matris kırılana kadar çekmede lif ve matris tarafından paylaşılır ve o zaman bütün gerilme devamlı liflere transfer edilir.

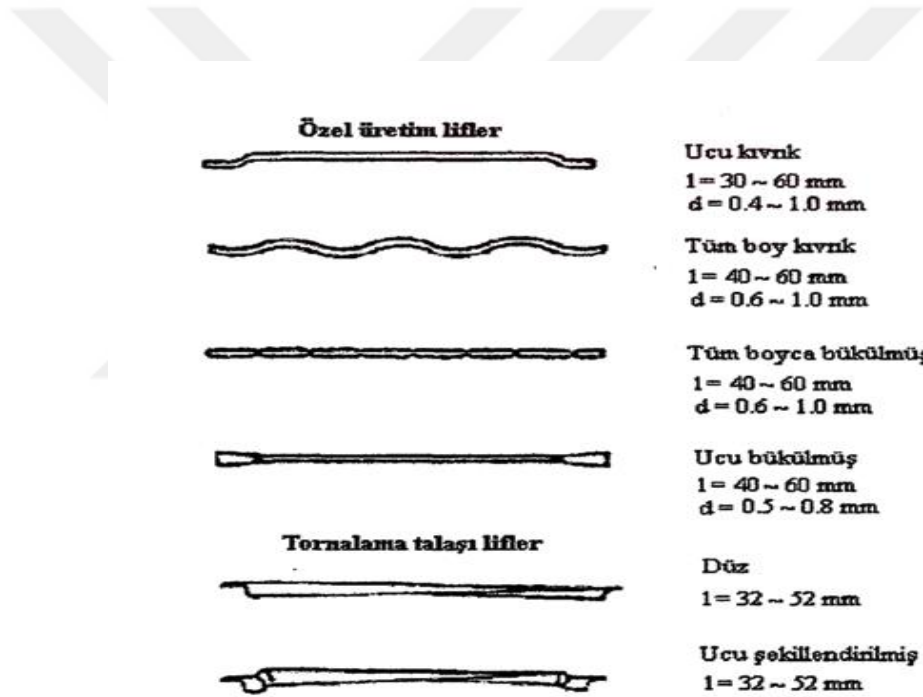
Çoğu araştırmalar, geleneksel karışım teknikleri kullanılırsa lifler, 100' den büyük bir boyut oranıyla çalışıldığında, genellikle beton karışımı yetersiz işlenebilirliğine ve üniform olmayan lif dağılımına sebep olur. Pratikte kullanılan birçok karışım, 100' den daha az boyut oranıyla lifleri çalıştırır ve kompozitin başarısızlığı öncelikle lif aderansı yüzündendir. Ancak, boyut oranı artmaksızın artan aderans direnci, eğri şekilli ve sonu ankrajlı liflerle sağlanır, kırılma liflerin bazılarını da kapsayabilir; ama genellikle aderans olumlu etkilenir[14].

Eğer lifler çekmede kırılırsa oluşan hızlı kırılma normal betona kıyasla aşamalı ve sünektir. Genellikle; çelik lifler ne kadar sünek olursa beton kırılması da o kadar sünek ve aşamalı olur. Eğilmede çelik lifler tarafından sağlanan süneklik; yüksek dayanımlı lifler tavlandığı zaman, metallerin kırılma dayanımını azaltan ve onları az da olsa yumuşatan tavlama işlemiyle arttırılabilmektedir.

Bir anlamda; lif tipi ve miktarıyla, çelik lifli betonun mekanik özelliklerinin değişmesi, başarılı dizaynın önemli bir ifadesidir [20].

Çelik lifler değişik geometrik şekillerde piyasadan temin edilebilirler. Şekil 2.1. verilen örnekler seçilebilecek türdendir. Bunların seçiminde hiçbiri tam mükemmel olduğu fikri öne çıkmamalıdır.

Liflerin geometrik şekli hem çelik lifli betonun işlenebilirliğine ve hem de ulaşılan özelliklere büyük etkisi vardır. Farklı lif tipleri farklı amaçlara yöneliktir. Böylece, kullanıcı lifleri kendi amacına göre seçebilir [21].



Şekil 2.1. Çelik Lif Tipleri [21]

2.1.2 Cam Lifler

Dikkatli bir inceleme yapıldığında, cam liflerin çimento matrisine karşı alkali direncinin artırılması gerektiği görülmüştür. Ağırlıkça %11 Na₂O, %71 SiO₂, %16 ZrO₂, %1 Al₂O₃, %1 LiO₂ kompozisyonlu cam lifi laboratuvar çalışmaları sonucu bulunmuştur.

Matriste puzolan kullanılırsa; çimento hidratasyonu sırasında ortaya çıkan Ca(OH)_2 ' i ve diğer alkalileri bağlayarak, korozif alkali atıklarını azaltmada önemli rol oynamaktadır. [22].

Yüksek mekanik dayanım aranan ürünler Amerika' da "S" camı; Avrupa' da "R" camı olarak nitelenmektedir. Kompozit mukavemeti ve rijitliğini arttıran bu cins cam elyaf havacılık, uzay ve askeri alanlarda yüksek teknik performans gereksinimi nedeni ile kullanılmaktadır [23].

Çimento ile bağlanan malzemelerin uzun süreli cam lifi takviyesinde, liften matris içinde fiziksel ve kimyasal özellikler açısından, belli değişik şeyler istenir. Özellikle çimento ana kütle içerisinde liflerin bazik ortama dayanıklı olması gerekir. Bu surum ancak bazlara dayanıklı cam liflerin, yani yüksek zirkonyum içerikli cam liflerin kullanımı ve özel bir düzeltici katla kaplanmış liflerle sağlanabilir. Böyle lifler genellikle bazik ortama dayanıklı AR-lifleri olarak adlandırılır (AR=Alkali Resistant).

Yüksek çimento içeriği, cam liflerin bağlanmaması ve çimento tarafından tam olarak çevrelenmemesi için çimentonun birleştirici etkisinin yüksek olması ihtiyacından kaynaklanır.

Düşük olan çimento birleştirici madde oranları, yetersiz derecede bir lif kullanımına ve yapı elemanına etkileyen kuvvetin liflere yeterince aktarılamamasına neden olur. Nemli bir zeminde kullanılan cam lif takviye elemanı, sertleştirilmiş durumda hemen hemen hiç mukavemet artışı getirmez [15].

2.1.3 Propilen Lifler

Polipropilen lifler, halen kullanımda olan geleneksel hazır beton güçlendiricilerine göre en güçlü alternatiflerden birisi olmuştur. Öyle ki, sahip olduğu karakteristikleri ile başta maliyetlere getirdiği düşme olmak üzere kullanım rahatlığı, hızlı imalat imkanı yaratması, çok uzun ömürlü oluşu ve diğer pozitif değerleri, çelik hasıra göre çok ciddi bir alternatif olmasını sağlamıştır.

Endüstriyel tesisleri, havaalanlarını, konutları ve yüzme havuzlarını da içine alan uygulama yerlerinde; çarpma ve aşında mukavemetini arttırırken, betonun geçirimsizliğini de arttırmaktadır. Lifler korozyondan etkilenmemektedir, ayrıca tuz ve alkalilere dayanıklıdır. İç güçleri yok ederek mikro çatlakları engellemekte ve buna bağlı olarak plastik gerilimini düşürmektedir. Böylece çelik hasırda %65' e kadar azalan plastik gerilme çatlakları, polipropilen lif kullanıldığında %72' ye kadar azalabilmektedir [24].

Katılmış betonda özellik değişimleri büyük oranda lif içeriğine bağlı kalır. Az oranda betona yapılacak olan katkılarda, lifler sadece çekme eğilimi gösterirken, oldukça yüksek (%1 hacim oranının üzerindeki) lif içeriklerinde öncelikle süneklil özelliğini etkilerken, mekanik özelliklerin de iyileşmesini sağlar [25].

2.1.4 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 [26]. Bazaltın ana bileşenleri SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO ve demir oksitlerdir. Kimyasal bileşenleri bazaltın menşesine ve türüne göre farklılıklar gösterebilir [27]. Bazalt lifler (Şekil 2.2.), bazaltın 1300-1700°C sıcaklıklarda eritilerek çok ince parçalara ayrılıp lif formunda üretilmesi yolu ile elde edilirler [28,29]. 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 [30]. Bazalt lifin elastisite modülü 80-90 GPa ve çekme dayanımı ise 3.0-4.8 GPa arasındadır [27]. 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 [31]. Bazalt lifin diğer bir avantajı ise çelik liflere göre yaklaşık 1/3 oranında daha hafif olmasıdır. Ayrıca bazalt lifin ısıl genişleme katsayısı betonun ısıl genişleme katsayısına çok yakındır [31]. Bağlı nemin %65 olduğu bir ortamda bazalt lifin nem adsorpsiyonu %0,1'in altındadır [26].



Şekil 2.2. Bazalt lif

2.2. Kimyasal Katkılar

Gerek ülkemiz gerekse dünya üzerinde gün geçtikçe artan nüfusun bir sonucu olarak, sürekli gelişen yapılaşmanın ve ilerleyen inşaat teknolojisine bağlı olarak daha yüksek performansa sahip yapısal elemanların gereksinimi artmaktadır.

Çevresel faktörlere karşı daha dayanıklı ve mühendislik uygulamalarına bağlı olarak da dayanımı yüksek olan yüksek performanslı yapısal elemanlar için malzeme üretme isteği, katkı malzemelerini öne çıkarmıştır.

Yapısal elemanların gerek dayanıklılık gerekse dayanım açısından performanslarını arttıran bu katkı malzemelerinin büyük bir kısmını kimyasal katkılar oluşturur. Çimento esaslı malzemelerin üretiminde kullanılan kimyasal katkılar üretilen yapısal elemanın ihtiyaçları doğrultusunda erken yaştaki veya nihai bazı özelliklerini geliştirmeyi hedefler.

Çimento esaslı malzemelerin, özellikle betonun üretim teknolojisinde kimyasal katkıların kullanımındaki geniş büyümenin sebebi, kimyasal katkıların beton üretiminde gerek fiziksel ve gerekse ekonomik faydalarıdır.

Kimyasal katkıların çimento esaslı malzemelerin istenilen işlenebilirlik, priz kontrolü, dayanım ve dayanıklılık gibi erken yaştaki ve nihai özellikleri üzerinde etkileri vardır [11]. Ancak, bilinçli ve özelliklerine uygun olarak kullanılan kimyasal katkıların, çimento esaslı malzemelerin erken yaştaki veya nihai özelliklerinin geliştirilmesine faydalı olmasına rağmen; kalitesiz karışım malzemeleri ve/veya yanlış karışım oranları ile ya da taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma sırasında kötü işçilik ile hazırlanmış çimento esaslı yapı malzemelerinde kimyasal katkıların olumlu hiçbir etkisi yoktur.

Bunlarında ötesinde, kimyasal katkıların çimento ile nasıl bir etkileşim içerisinde olduğunun bilgisinin yetersizliği ve üretici firma tarafından önerilen kullanım dozajlarına uyulmaması gibi, bilinçsiz kimyasal katkı kullanımının üretim aşamasında veya nihai özellikler üzerinde beklenmedik ve öngörülmeven problemler doğmasına sebebiyet vereceği açıktır.

Saha şartlarında çalışan mühendislerin ve uygulayıcıların bu tip problemleri öngörmeleri ve bu sorunlara karşı gerekli önlemleri almaları gerekmektedir. Bu amaçla öncelikli olarak üretici firma tarafından belirtilen kimyasal katkı etkinliğinin bilgisinin elde edilmesi, üretilecek olan yapısal elemanların istenilen özellikleri doğrultusunda bu etkinliğin incelenmesi ve bu şartlara uygun kimyasal katkıların seçilmesi gereklidir.

Bunun yanı sıra kullanılan kimyasal katkıların etkinliği üretici firma tarafından önerilen kullanım dozajlarının yanı sıra, betonda kullanılacak yerel malzemeler (çimento, agrega) ile hazırlanan beton karışımların üzerinde gerçekleştirilecek ön deneylerle sınanmalıdır.

2.2.1 Kimyasal Katkıların Tanımı

Beton; çimento, agrega, su ve katkıların bir araya gelerek oluşturdukları kompozit bir malzemedir. Agregalar beton hacminin önemli bir bölümünü (%70–75) oluşturmalarına rağmen, sistemdeki aktif bileşenin, esas olarak çimento hamuru olduğu söylenebilir. Çünkü betonun özellikleri ve performansı büyük oranda çimento hamuru tarafından kontrol edilir. Betonda kullanılan kimyasal katkı malzemelerinin, prizi kontrol etme, hava sürüklenme, su azaltma, işlenebilmeyi

arttırma vb. gibi yararlı etkileri de, bu malzemelerin asıl olarak çimento hamuru üzerindeki etkileri sonucunda ortaya çıkar [12].

Kimyasal katkılar ASTM C 125’de “su, agrega, hidrolik çimento ve lifin dışında, beton ve harçta bileşen olarak kullanılan ve hamura karışımdan hemen önce ya da karışım boyunca katılan bir madde” olarak tanımlanır. Beton teknolojisinde kullanılan katkılar içerisinde, suda çözünebilen kimyasal katkılar çok önemli yer tutar. Günümüzde en sık kullanılan kimyasal katkılar ise süperakışkanlaştırıcılardır [12].

Kimyasal katkılar genel olarak karakteristiklerine göre sınıflandırılırlar. Her bir sınıfın özellikleri genel kullanım amaçlarının çerçevesinde sunulur ve kullanılan her bir grup malzemenin etkileri tahmin edilmektedir.

Kimyasal katkılar beton ve harcın, taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılır. Kimyasal katkılar çimento esaslı yapısal elemanların inşaat sektöründe kullanım etkinliğini artırır ve beton karışımının ekonomisini geliştirir. Katkıların ya da katkı kombinasyonlarının kullanımı arzu edilen sonuçların yakalanması amacıyla önemli bir araç olabilir.

2.2.2 Kimyasal Katkıların Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Taze beton ve harcın özel uygulamaları ya da ekonomik kriterler karşısında özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kimyasal katkılar üretim sırasında kullanılır. Kimyasal katkıların iyileştirebileceği ve geliştirebileceği çimento esaslı malzemelerin özelliklerine örnek olarak; karışım içindeki su miktarı arttırılmadan işlenebilirliğin arttırılması, ya da işlenebilirlik değiştirilmeden karışım suyu miktarının azaltılması, işlenebilirlik kayıp oranının ayarlanması, priz başlangıcının geciktirilmesi veya hızlandırılması, segregasyonun azaltılması, terlemenin azaltılması, pompalanabilirliğin arttırılması, dayanım artış oranını yükseltilmesi verilebilir.

Sertleşmiş beton ve harcın özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla da kimyasal katkılar kullanılmaktadır.

Bunlara örnek olarak;

- Erken çimento hidratasyonu sırasında ısı açığa çıkış oranının azaltılması;
- Erken yaşlarda dayanım gelişiminin hızlandırılması;
- Dayanım artışı (basınç, eğilme, ya da çekme);
- Donma-çözünme direncinin artırılması;
- Buz çözücü tuzların oluşturduğu çatlakların azaltılması;
- Permeabilitenin azaltılması;
- Alkali-agrega reaksiyonunun sebep olduğu genleşmelerin azaltılması;
- Çelik donatı ile hali hazırda bulunan ve yeni betonun arasındaki bağın artırılması;
- Darbe dayanımı ve aşınma direncinin artırılması;
- Gömülü donatının korozyonunun önlenmesi;
- Renkli beton ve harç oluşturulması;
- Kuruma büzülmesinin azaltılması verilebilir.

Bu olumlu özelliklerin yanı sıra kimyasal katkılar, karışım içerisinde serbest halde, katı veya çözelti olarak kalabilir veya çimento hamuru ya da çimento bileşenleri ile birleşebilir. Etkileşimin tipi ve boyutu, su ihtiyacı, hidratasyon ısısı, oluşan hidratasyon ürünlerinin kompozisyonu, priz süresi, mikroyapı, dayanım ve dayanıklılık gibi betonun fizikokimyasal ve mekanik özelliklerini etkileyebilir [12].

Etkileşimin sebebinin anlaşılması; taze ve sertleşmiş beton özellikleri açısından katkı seçiminde yeni yöntemlerin geliştirilmesi, betonda kullanılacak iki veya daha fazla katkı arasındaki uyumun anlaşılması, beton özelliklerinin tahmin edilmesi, problemlerin giderilmesi, daha kaliteli beton üretimi, yeni tip katkıların geliştirilmesi ve atık malzemelerin daha iyi değerlendirilmesi gibi önemli ilerlemelerin ortaya çıkmasını sağlayabilir [12].

Bu olumsuz özelliklere örnek olarak; hava sürükleyici katkılar diğer katkılar ile kullanıldığı zaman, katkılar arasında oluşan etkileşim verilebilir. Örnek olarak kalsiyum klorür hava sürükleyici katkılar ile karıştırılmamalıdır. Ancak betona ayrı

ayrı katılabilir. Eğer bu katkılar karışıma birlikte katılırsa, katkı etkinliğini azaltan bir çökme meydana gelebilir [13].

Diğer yandan sodyum oleik asit bazlı hava sürükleyici katkıların; hidrasyon sürecinde oluşturduğu kalsiyum oleik asit-alüminat hidrat tuzlarının geçirimsiz tabakalarının varlığı sebebiyle etrenjit oluşumunu ve monosülfoalüminat oluşumunu geciktirdiği belirtilmiştir [12].

2.2.3 Kimyasal Katkı Çeşitleri

2.2.3.1 Süperakışkanlaştırıcı Katkılar

Beton karışımındaki su miktarını büyük oranda azaltan veya değiştirmeden, taze betonun çökme, yayılma gibi özelliklerini istenilen değerlere ulaşmasını sağlayan, aynı zamanda kalıp süresini kısaltan ve işlenebilirliği yüksek orandan arttıran kimyasal beton katkısıdır. Süper akışkanlaştırıcı katkılar tüm Türkiye’de kullanılan ve son derece yaygın olan betonun akışkanlığını sağlayan beton malzemesidir. Üretici firmanın belirttiği sınırlar dışında kullanıldığı durumlarda ise bahsedilen özellikleri göstermediği mevcuttur. Bu katkının kullanımı yaz ve kış aylarında sürekli devam etmektedir. Bu özelliğinden dolayı deneylerde kullanılmak üzere seçilmiştir [14].

2.2.3.2 Priz Geciktirici Katkılar

Özellikle uzun mesafe beton taşımalarında, aşırı sıcak havalarda $>30^{\circ}\text{C}$, yüksek rüzgâr alan bölgelerde ve gerek duyulan tüm inşaat alanlarında taze betonun priz almasını yavaşlatırlar. Böylece daha uzun vade de daha rahat taze beton kullanım süresi sağlamış olurlar. Yaz aylarında inşaat sektörü hızlı bir döneme girmektedir. Bu dönemde priz geciktirici katkıların kullanımı da paralel olarak artmaktadır. Bu nedenle de deneylerde kullanılmak üzere seçilmiştir [14].

2.2.3.3 Hava Sürükleyici Katkılar

Beton üretiminde üreticini kontrolünde olacak şekilde beton içerisinde mikroskobik boyutta ve düzgün dağılmış şekilde hava kabarcıkları sürükleyen kimyasal beton katkılarıdır. Genellikle su yapıları, hava alanları, beton yollar vb.

yerler de kullanılırlar. Beton içerisindeki suyun donarak, hacimce %9 oranında artması ile çimento hamurunun veya agreganın kapiler boşluklarında ozmotik ve hidrolik basınç oluşmaktadır. Hava sürükleyici katkıları, suyun donması sırasında beton içerisinde genişleyebileceği, birbirinden bağımsız ve mikroskobik boyutlarda hava kabarcıkları oluşturarak donma- çözülme direncini artırır [14], Bu nedenlerden dolayı kış aylarında beton dökümlerinde tercih edilebilmektedir.



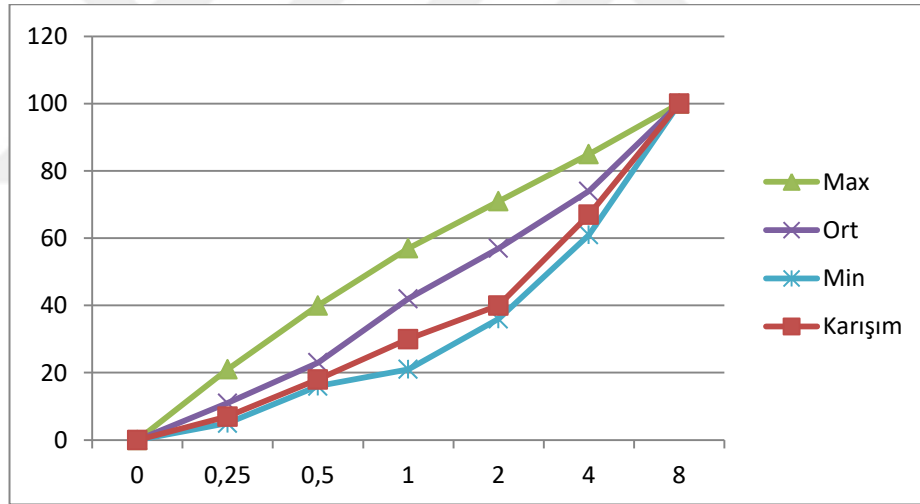
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Çalışma kapsamında bazalt lif hacimce %0,3, %0,4, %0,5 oranlarında yer değiştirilerek, 0-8 mm arasında dane dağılımına sahip agrega ile sabit oranlı süper akışkanlaştırıcı kullanılan çimento harçları hazırlanmış ve hazırlanan çimento harçları üzerinde donma-çözünme ve aşınma deneyleri uygulanarak bazalt lifin kimyasal katkılı betonun durabilite özelliklerine etkisi incelenmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Agrega

Üretilen karışımlarda Manisa bölgesinde bulunan ocaklardan alınan malzeme kullanılmıştır. Beton bileşimlerinde agrega granülometrisi sabit tutulmuştur. Kullanılan agrega 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

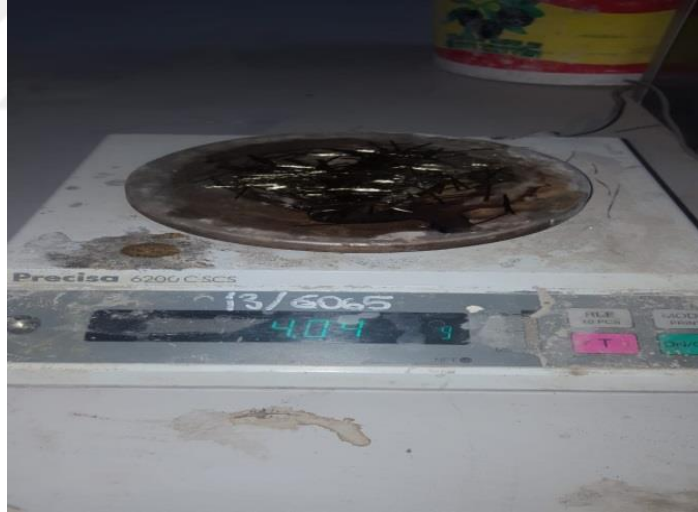
İncelik 90 μ	Blaine cm^2/g	Özgül Ağırlık	Eğilme Dayanımı	Priz Başlama süresi (Dk)	Basınç Dayanımı (MPa)
0.1	2919	3.12	7.88	186	55.8

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 mekanik özellikler 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/m³)
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. Süperakışkanlaştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Süperakışkanlaştırıcı	Özgül Ağırlık (g/cm³)	Katı madde (%)	Alkali içeriği (%)
	1,07	23	3,04

3.1.5. Karışım Hesapları

Üretilen numunelerin 1m³ ü için karışım hesabı Tablo 3.6.'de verilmiş olup üretilen çimento harçlarında katkı malzemesi olarak süper akışkanlaştırıcı ve bazalt lif kullanılmıştır.

Tablo 3.6. 1m³ beton üretimi için malzeme miktarları

Kullanılan Malzeme	Şahit	0,3%	0,4%	0,5%
Agrega (kg/m³)	1706	1698,8	1696,4	1694
Çimento (kg/m³)	450	450	450	450
Su (L/m³)	225	225	225	225
Bazalt Lif (kg/m³)	-	7,2	9,6	12
S.A (L/m³)	2,4	2,4	2,4	2,4

3.2. Yöntem

3.2.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi, beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların tane büyüklüğü dağılımını (granülometrik bileşimini), tane sınıflarını ve incelik modülünü belirleyebilmek için ASTM C 136 [41] 'ya göre yapılmıştır.

3.2.2. Bazalt Lif Katkılı Harçların Üretilmesi

Üretilecek bazalt lif katkıli 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. Kullanılan kalıplar ve kalıpları yağlama işlemi Şekil 3.3. 'da ; Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri Şekil 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kullanılan kalıplar ve Kalıpları Yağlama İşlemi



Şekil 3.4. Üretilen harçlar ve karıştırıcı çimento mikseri

3.2.3 Donma-Çözülme Deneyi

Dış etkenlere maruz kalan beton malzemelerde hava sıcaklığındaki değişimlerle donma çözülme etkisi ile hasarlar meydana gelir. Bu hasarların nedeni betonun boşluklu yapısı ve bu boşukta bulunan suyun hacminin artarak sertleşmiş betonun bu hacim değişikliğine karşı koyamayarak çatlamasıdır. Hasarları önlemek için üretim aşamasında beton malzemelerin içine kimyasal katkı malzemeleri kullanılmaktadır.

Bu kapsamda süper akışkanlaştırıcı ve bazalt lif katkılı numunelerin hava boşluğu sistemi oluşumu ve prizini almış halde donma çözülme etkisine karşı direnci incelenmiş, bu malzemelerin donma çözülmeye karşı daha dayanıklı bir beton tasarımındaki önemi vurgulanmıştır.

7 ve 28 günlük 5x5x5 cm boyutlu numuneler donma-çözünme deneyine tabi tutulmuştur. Bu kapsamda deney örnekleri -25°C'de donma, +25°C'de çözünme deneyi uygulanmak üzere Şekil 3.5.'de gösterilen iklimlendirme kabineye koyulmuştur. Numuneler 50. donma çözülme devrinden sonra basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 3.6.).

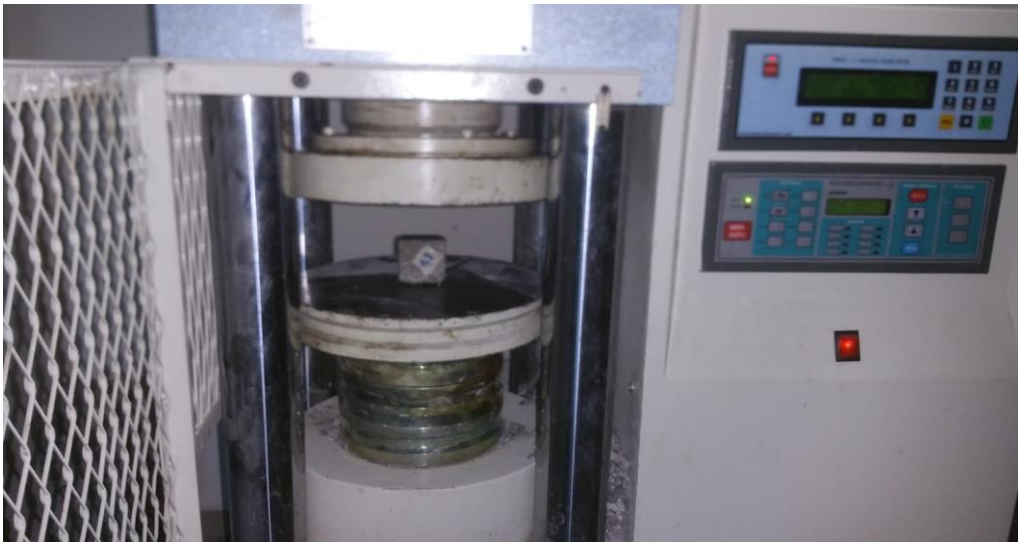
Numunelerin basınç dayanımları Denklem (3.1) de yerine koyularak hesaplanmıştır.

$$F_c = F / A_c$$

(Denklem 3.1)



Şekil 3.5. İklimlendirme Kabini



Şekil 3.6. Basınç Deneyi

Üretilen numuneler üzerinde yapılan donma çözülme deneyinin ardından numuneler basınç dayanımı deneyine tabi tutularak bazalt lif katkısının donma çözünmeye olan etkisi gözlemlenmiştir.

3.2.4 Böhme Aşınma Deneyi

Aşınma kaybı, beton yüzeylerin aşındırıcı etkenlerle sürtünmesiyle meydana gelen azalmadır. Aşınma hem fiziksel hem de kimyasal bir durumdur. Çarpma yada sürtünme yoluyla gelen kuvvetler beton yüzeylerin aşınmasına neden olur. Aşınma malzemenin cinsine, biçimine ve çevresel etkenlere göre değişiklik gösterir. Aşınmaya neden olan sebeplere örnek olarak su, yaya trafiği ve araç trafiği gösterilebilir. Bu sebeple güncel hayatta kullandığımız merdiven basamakları, döşemeler ve beton yollar gibi yerlerde kullanılan malzemelerin aşınmaya karşı mukavemeti yüksek olmalıdır. Bu malzemelerin aşınmaya karşı dirençlerinin ölçülmesin de Böhme aşınma deneyi kullanılır.

Bu deneyde 750 mm çapında döner yatay aşındırma diski bulunmaktadır bu disk 30 devir/dakika hız ile dönmektedir. Cihaz belirlenen devir sayılarında otomatik olarak durdurulmasını sağlayacak tertibata ve devir sayısını gösterecek numaratóre sahiptir. Deneylerde aşınmayı sağlaması için numuneye döner disk üzerinde belirli bir kuvvet uygulayan çelik donanım vardır. Sürtünme yüzeyine serpilen 20gr zımpara tozu kullanılır. Bu zımpara tozu sürtünme şeridinde serpilir. Belirli devirde bir durdurulup (22-25 devir arası) numune düşey ekseninde 90 derece çevrilir ve zımpara tozu ile numune atıkları temizlenir ve zımpara tozu yenilenir. Bu döngü toplam devir sayısı tamalanana kadar devam eder. Devir sayısı tamamlandıktan sonra numune temizlendikten sonra 0,01mm hassasiyetli kumpas ile ölçülür ve hassas terazide tartılır.

Böhme Aşındırma deneyi için 5x5x5 cm boyutlarında küp numuneler hazırlanmış olup Böhme Aşındırma Cihazı kullanılarak deney TS EN 14157 [42] standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde her bir numune için 500 devir yaptırılmıştır. Deney sonunda numunelerin aşınma miktarı hacim kaybı cinsinden belirlenmiştir. Numunelerin hacim kayıpları Denklem (3.2)'de hesaplanmıştır

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

Denklem (3.2)

Burada;

Numune tabanı = 25 cm² (5cm*5cm)

ΔV = Toplam hacim kaybı (cm³/25cm²),

Δm = Toplam ağırlık kaybı (gr/25 cm²),

P = Numune yoğunluğu (2.6 gr/cm³).

Böhme Aşındırma Cihazı Şekil 3.7.'de, deneyin yapılışı Şekil 3.8.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Böhme Aşındırma Cihazı



Şekil 3.8. Böhme Aşındırma Deneyinin Yapılışı

4. BULGULAR

Beton numunelerin bir kısmına %0,3 oranlı bazalt lif bir kısmına %0,4 oranlı bazalt lif bir kısmına ise %0,5 oranlı bazalt life ek olarak herbir numuneye 2,4 l/m³ süper akışkanlaştırıcı eklenmiştir. Herbir numune 7 ve 28 günlük donma-çözülme deneyine tabi tutulmuş ardından basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. %0,3 bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımını şahit numuneye göre %4 arttığı, %0,4 bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımını şahit numuneye göre %9 arttığı, %0,5 bazalt lif ve süper akışkanlaştırıcı katkılı numenin basınç dayanımının ise şahit numuneye göre %1 arttığı fakat %0,3 ve %0,4 oranlı numunelere göre ise basınç dayanımının azaldığı görülmüştür. Aynı katkı oranları ile hazırlanan diğer numunelere de Böhme aşındırma deneyi yapılmıştır. Bu deney sonucunda da %0,3, %0,4 ve %0,5 oranlı numunelerde aşınma miktarının şahit numuneye göre az olduğu fakat %0,5 deki aşınma miktarının %0,3 ve %0,4 e göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

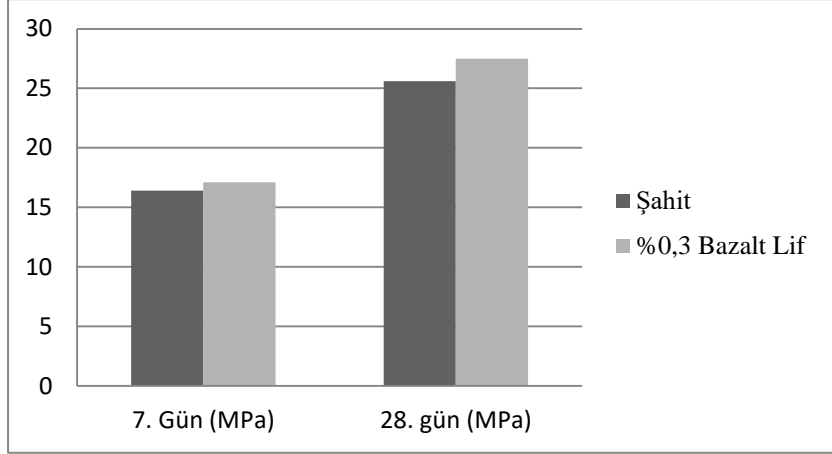
Tablo 5.1.'da 50 donma-çözülme devri sonunda elde edilen numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 5.1. Basınç Dayanım Sonuçları

Numune	7. Gün (MPa)	28. gün (MPa)
Şahit	16,4	25,6
%0,3 Bazalt Lif	17,1	27,5
%0,4 Bazalt Lif	17,9	28
%0,5 Bazalt Lif	16,7	26,2

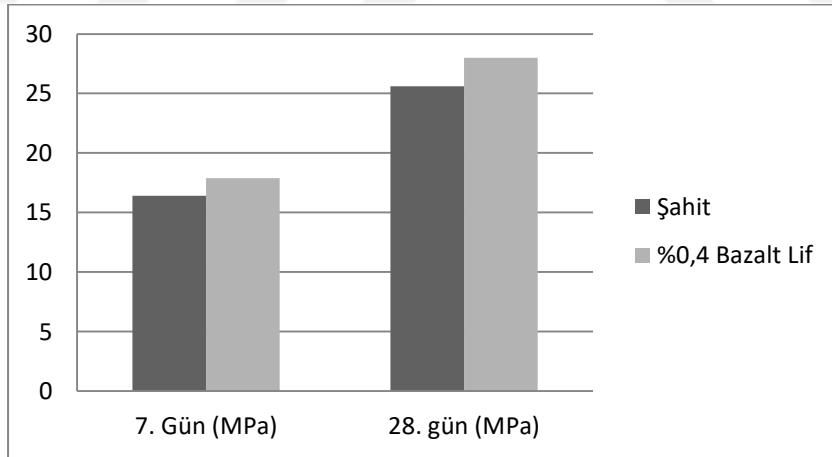
Üretilen çimento harçları üzerinde yapılan deneyler sonuçlarında görüldüğü üzere 50. donma çözülme devrinden sonra basınç dayanımı deneyine maruz bırakılan numunelerin değerleri şahit numuneyle kıyaslandığında %0,3-%0,4-%0,5 bazalt lif katkıli numunelerin tamamında basınç dayanımı değerlerinde artış gözlenmiştir.

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



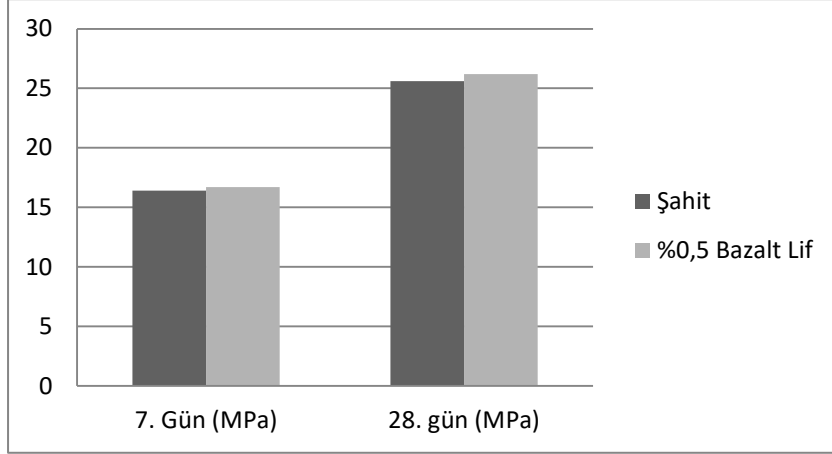
Şekil 5.1. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği

7 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde; şahit numune 16,4MPa dayanım gösterirken %0,3 BKLH 17,1MPa dayanım göstermiştir. 28 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde ise; şahit numune 25,6MPa 'lık dayanım gösterirken %0,3 BKLH 27,5MPa lık dayanım göstermiştir.



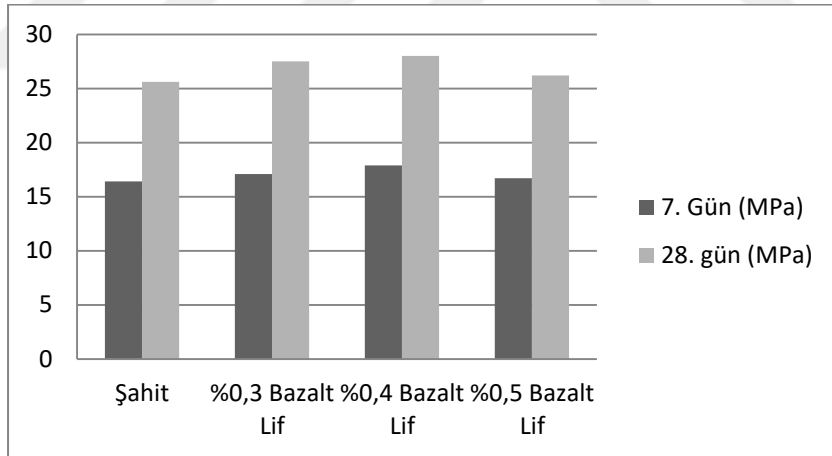
Şekil 5.2. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği

7 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde; şahit numune 16,4MPa dayanım gösterirken %0,4 BKLH 17,9MPa dayanım göstermiştir. 28 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde ise; şahit numune 25,6MPa 'lık dayanım gösterirken %0,4 BKLH 28MPa lık dayanım göstermiştir.



Şekil 5.3. %0,5 BLKH'nin 7 ve 28 günlük basınç dayanım grafiği

7 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde; şahit numune 16,4MPa dayanım gösterirken %0,5 BKLH 16,7MPa dayanım göstermiştir. 28 günlük numunelerin basınç dayanım deneyinde ise; şahit numune 25,6MPa 'lık dayanım gösterirken %0,5 BKLH 26,2MPa lık dayanım göstermiştir.

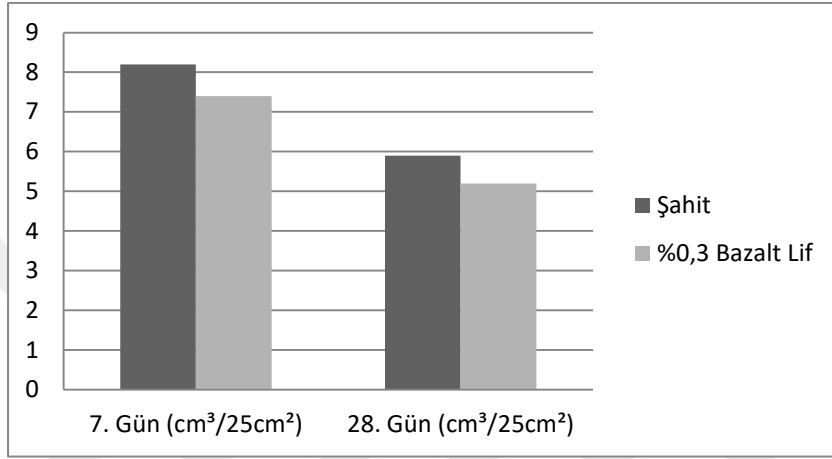


Şekil 5.4. 7 ve 28 günlük basınç dayanım karşılaştırma grafiği

%0,3-%0,4- %0,5 BKLH'nin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerinin şahit numuneye göre artış gösterdiği, fakat %0,5 BKLH'nin %0,3-%0,4 BKLH'nin basınç dayanımına göre daha az artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

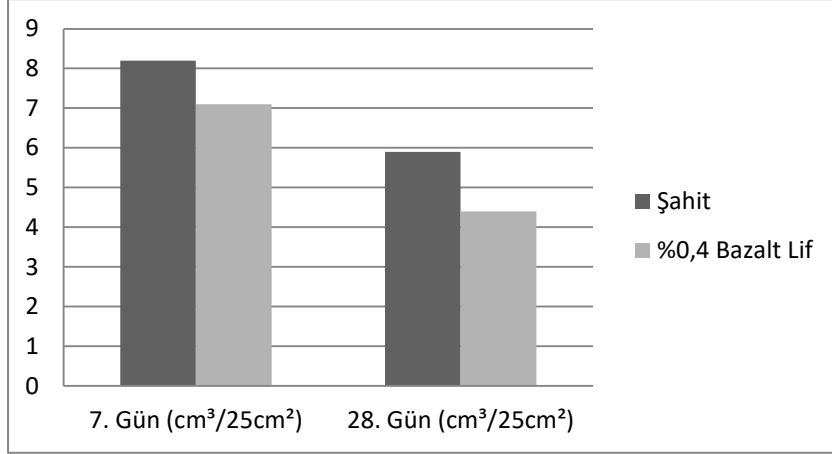
Üretilen çimento harçları üzerinde yapılan böhme aşınma deneyinin sonuçları incelendiğinde; %0,3-%0,4-%0,5 bazalt lif katkılı çimento numunelerinin aşınma değerleri şahit numuneyle kıyaslandığında aşınma miktarlarında azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir.

Yapılan Böhme Aşındırma deneyinden sonra elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



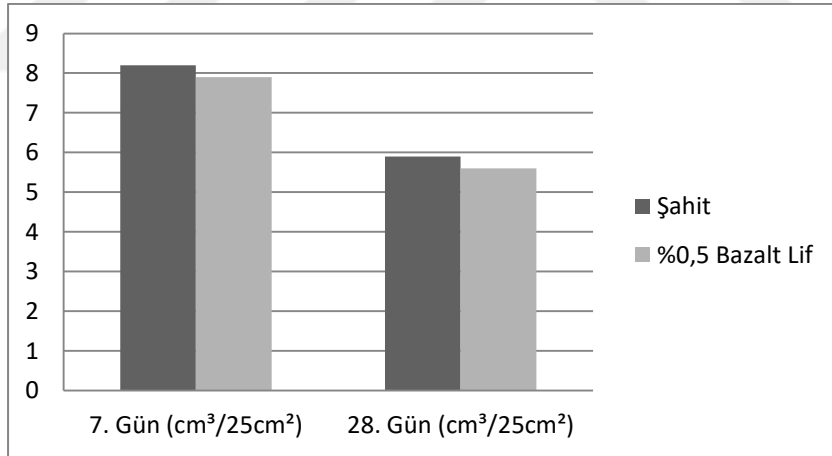
Şekil 5.5. %0,3 BLKH'in 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune $8,2(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,3 BKLH $7,4(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune $5,9(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,3 BKLH $5,2(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır.



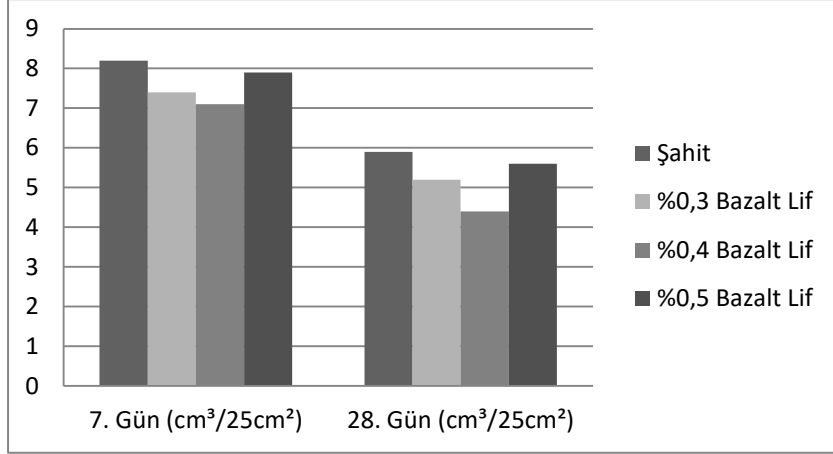
Şekil 5.6. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune $8,2(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,4 BKLH $7,1(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune $5,9(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,3 BKLH $4,4(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır.



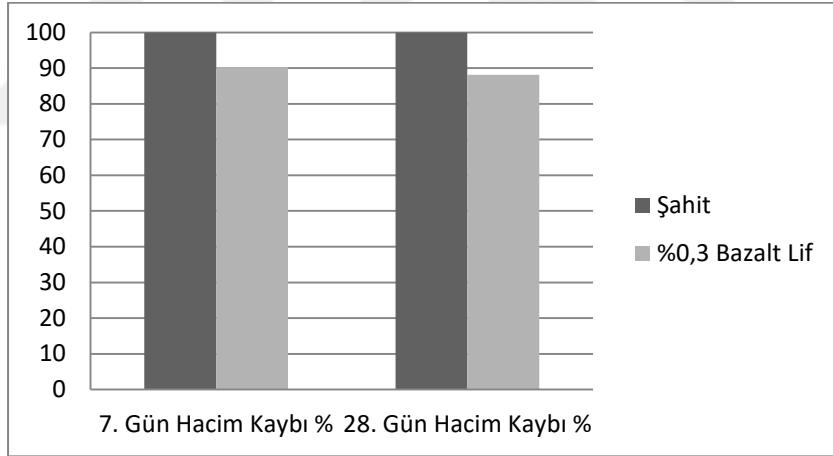
Şekil 5.7. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune $8,2(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,5 BKLH $7,9(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune $5,9(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğrarken %0,5 BKLH $5,6(\text{cm}^3/25\text{cm}^2)$ 'lik hacim kaybına uğramıştır.



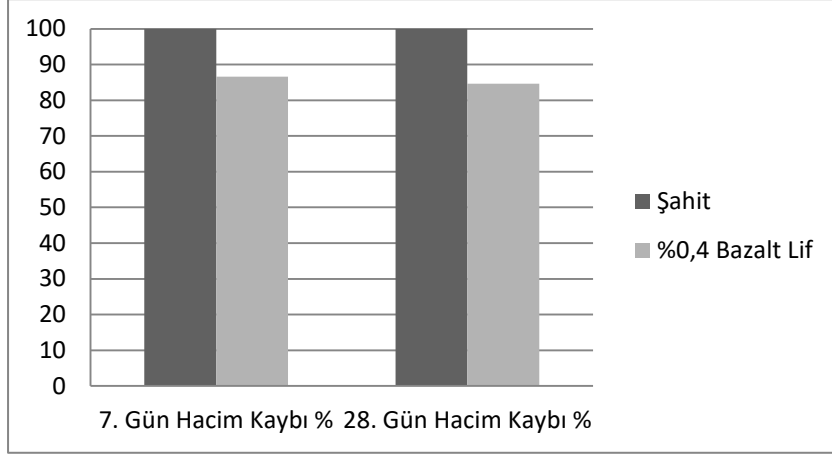
Şekil 5.8. 7 ve 28 günlük hacim kaybı karşılaştırma grafiği

%0,3-%0,4-%0,5 BKLH'ın 7 ve 28 günlük hacim kayıplarının şahit numuneye göre azalış gösterdiği, fakat %0,5 BKLH'ın %0,3-%0,4 BKLH'a göre daha fazla hacim kaybına uğradığı gözlemlenmiştir.



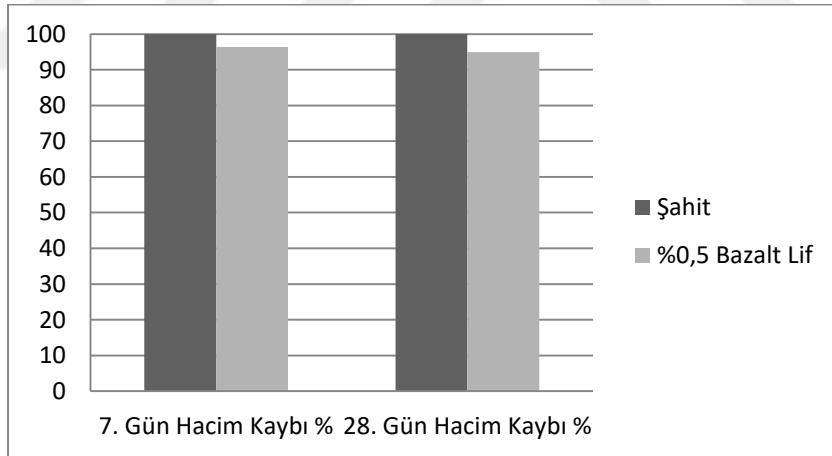
Şekil 5.9. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği

Şahit numunedeki hacim kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,3 BKLH'ın %90,24 hacim kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,3 BKLH'ın %88,13 hacim kaybına uğradığı görülmüştür.



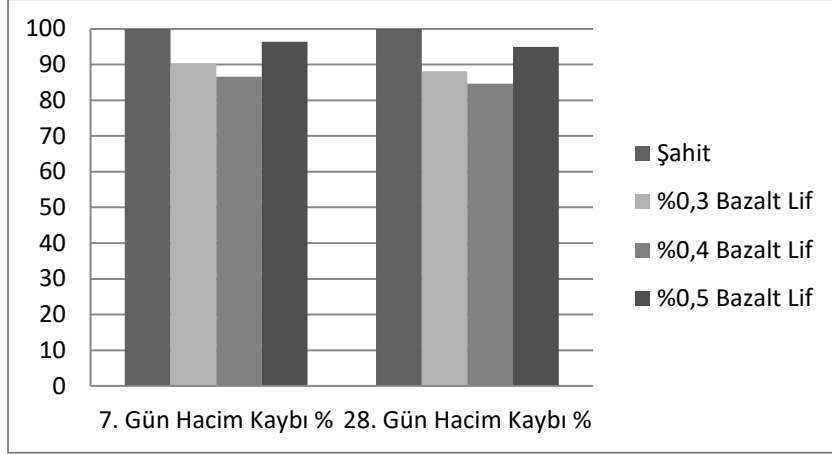
Şekil 5.10. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği

Şahit numunedeki hacim kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,4 BKLH'ın %86,58 hacim kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,4 BKLH'ın %74,57 hacim kaybına uğradığı görülmüştür.



Şekil 5.11. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük hacim kaybı % grafiği

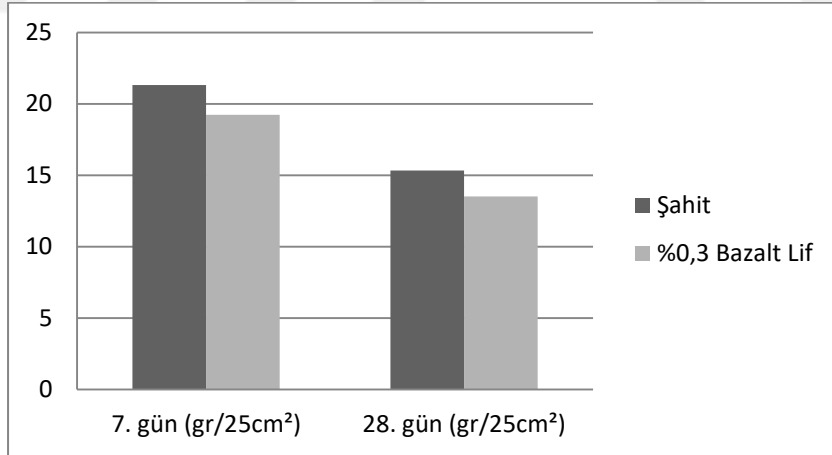
Şahit numunedeki hacim kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,5 BKLH'ın %96,34 hacim kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,5 BKLH'ın %94,11 hacim kaybına uğradığı görülmüştür.



Şekil 5.12. 7 ve 28 günlük hacim kaybı % karşılaştırma grafiği

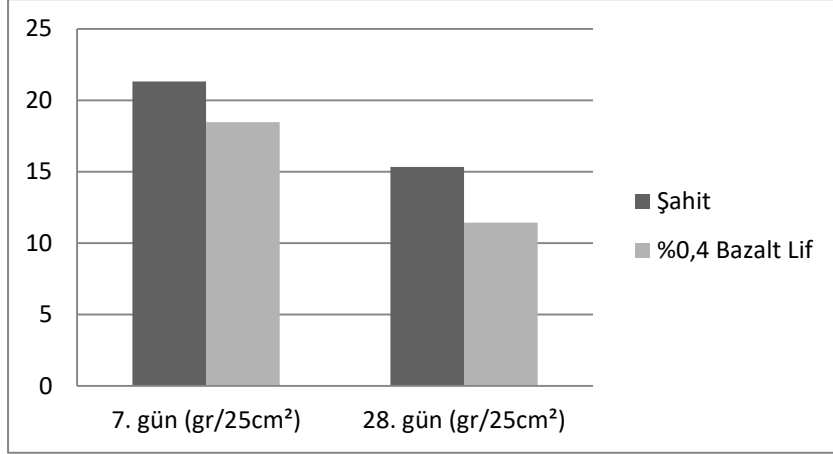
%0,3-%0,4-%0,5 BKLH'ın hacim kayıpları şahit numune üzerinden değerlendirildiğinde %0,5 BKLH yüzdesel olarak en fazla hacim kaybına uğramıştır.

7 ve 28 günlük numunelerin ağırlık kayıplarında hacim kayıplarıyla orantılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.



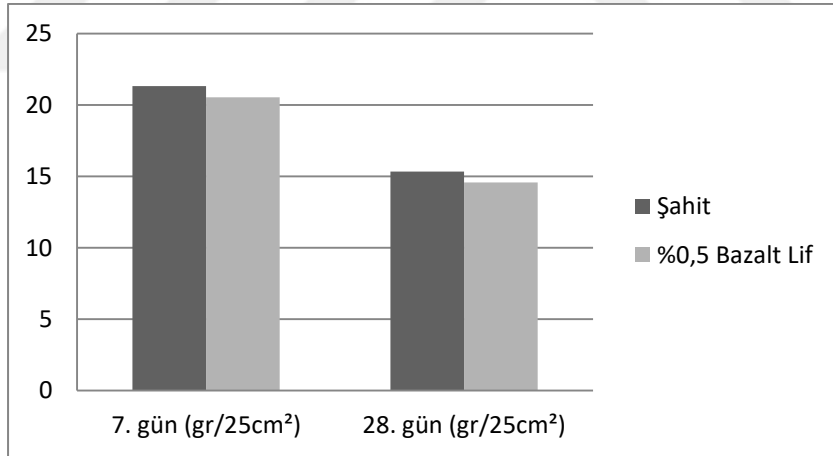
Şekil 5.13. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune 21,32(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,3 BKLH 19,24(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune 15,34(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,3 BKLH 13,52(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır.



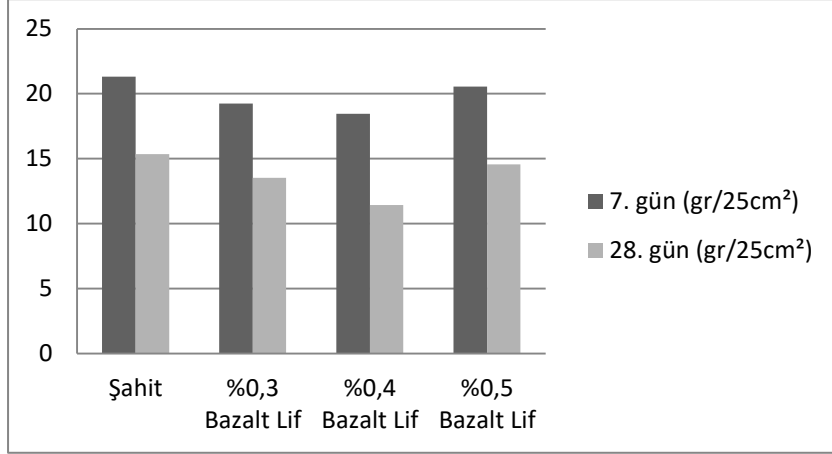
Şekil 5.14. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune 21,32(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,4 BKLH 18,46(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune 15,34(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,4 BKLH 11,44(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır.



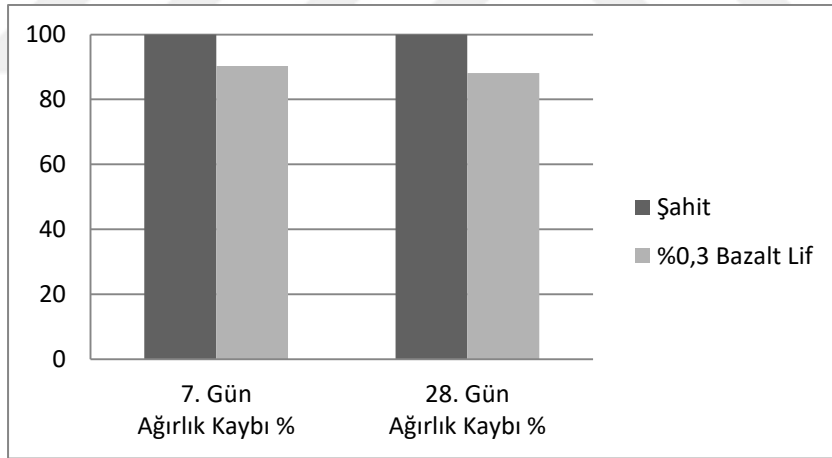
Şekil 5.15. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı grafiği

7 günlük numunelerin aşınma deneyinde; şahit numune 21,32(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,5 BKLH 20,54(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır. 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise; şahit numune 15,34(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğrarken %0,5 BKLH 14,56(gr/25cm²)'lik ağırlık kaybına uğramıştır.



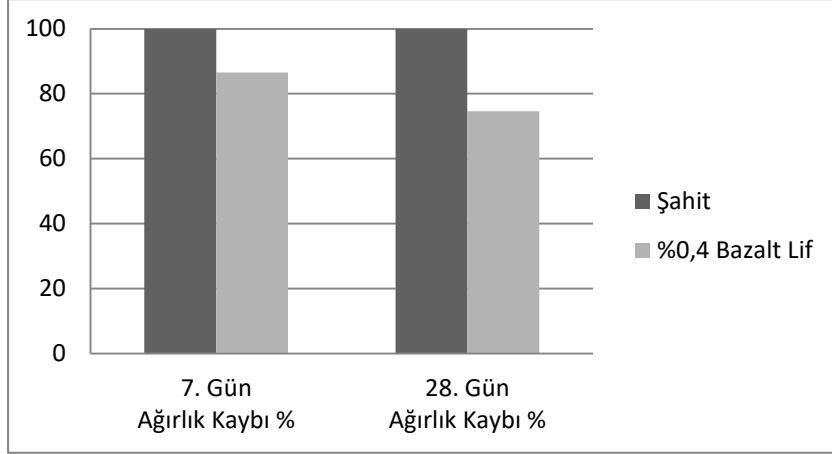
Şekil 5.16. 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı karşılaştırma grafiği

%0,3-%0,4-%0,5 BKLH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kayıplarının şahit numuneye göre azalış gösterdiği, fakat %0,5 BKLH'ın %0,3-%0,4 BKLH'a göre daha fazla ağırlık kaybına uğradığı gözlemlenmiştir.



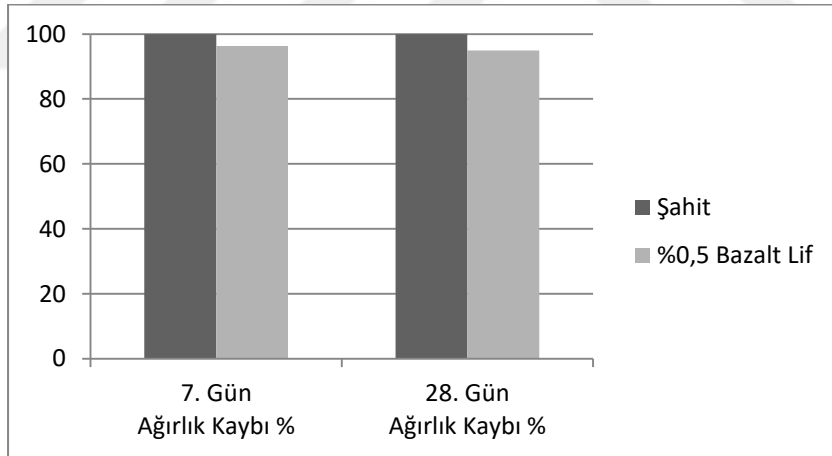
Şekil 5.17. %0,3 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı% grafiği

Şahit numunedeki ağırlık kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,3 BKLH'ın %90,24 ağırlık kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,3 BKLH'ın %88,13 ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür.



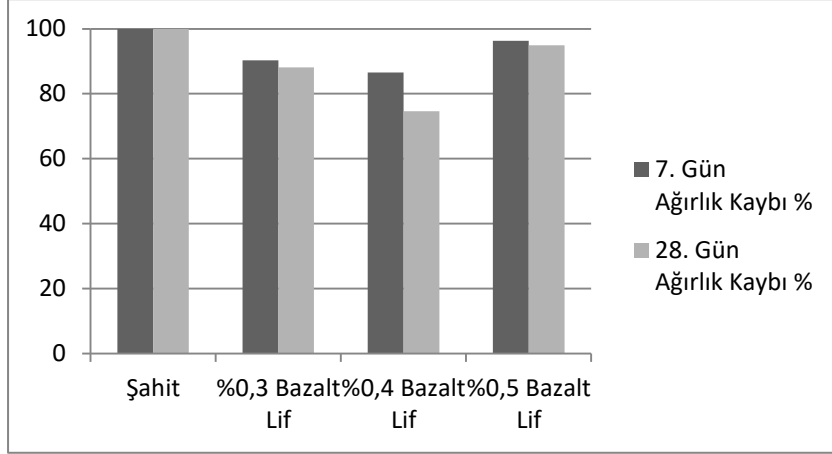
Şekil 5.18. %0,4 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % grafiği

Şahit numunedeki ağırlık kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,4 BKLH'ın %86,58 ağırlık kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,4 BKLH'ın %74,57 ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür.



Şekil 5.19. %0,5 BLKH'ın 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % grafiği

Şahit numunedeki ağırlık kaybının %100 olduğu kabul edilirse, 7 günlük numunelerin aşınma deneyinde %0,5 BKLH'ın %96,34 ağırlık kaybına uğradığı; 28 günlük numunelerin aşınma deneyinde ise %0,5 BKLH'ın %94,91 ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür.



Şekil 5.20. 7 ve 28 günlük ağırlık kaybı % karşılaştırma grafiği

%0,3-%0,4-%0,5 BKLH'ın hacim kayıpları şahit numune üzerinden değerlendirildiğinde %0,5 BKLH yüzdesel olarak en fazla ağırlık kaybına uğramıştır.

Yapılan deneysel çalışmaların ışığında bazalt lifin süperakışkanlaştırıcı katkılı çimento harçlarında kullanılması olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Elde edilen sonuçlar neticesinde; donma-çözülme sonrası basınç dayanımının ve aşınmaya karşı direncin %0,4 oranında bazalt lif katkısı kullanılması durumunda en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. %0,5 bazalt lif oranında ise %0,3 ve %0,4 oranına göre basınç dayanımında ve aşınmaya karşı direncinde azalış olmuştur. Bu azalış, bazalt lif miktarında artış olmasından kaynaklanmıştır. Homojen lif dağılımı bozulmaya başlayıp topaklaşma oluşturmuş ve bu durum çimento harcı içinde kusurlu bölgeler yaratmıştır. Daha yüksek bazalt lif oranlarında, farklı oranlarda süperakışkanlaştırıcı kullanılarak, topaklaşma açısından tedbir alınıp durabilite özellikleri üzerindeki etkilerine bakılan çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] KÜÇÜK B., “Betonun Dayanım ve Durabilitesini Sağlayan Parametreler”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Yıl:200 Cilt:6 Sayı:1 Sayfa: 79-85
- [2] Silver, E., Cho, A., Movie Star Bridge’s Days Numbered. ENR.com Engineering News-Record, Issue: 03.12.2012.
- [3] Öztürk A.U., (2009). Çimento Harçlarının Mikroyapı-Basınç Dayanımı İlişkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 242 s.
- [4] Yardımcı, M.Y. (2007). Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Betonların Reolojik, Mekanik, Kırılma Parametrelerinin Araştırılması Ve Optimum Tasarımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- [5] F. Çivici. Çelik lif donatılı betonun eğilme tokluğu. Pamukkale J Eng Sci, 12(2), 183-188, 2006.
- [6] M.C. Nataraja, N. Dhang, A.P. Gupta. Toughness characterization of steel fiberreinforced concrete by JSCE approach. Cem Concr Res, 30:593–597, 2000.
- [7] N. Kabay. Abrasion resistance and fracture energy of concretes with basalt fiber. Construction and Building Materials, 50:95-101, 2014.
- [8] ASTM C125-12, “Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates”, ASTM International, 2012.
- [9] ACI 212.3R-10, “Report on Chemical Admixtures for Concrete”, American Concrete Institute, 65p., 2010.

- [10] Ramachandran V.S., Malhotra M. (1984); “Concrete Admixtures Handbook-Part 7: Superplasticizers”, Noyes Publications, pp. 462-463.
- [11] Mindess, S., Young J.F., ve Darwin, D. (2002). Concrete (second edition). New York: Prentice Hall.
- [12] Ramachandran, V.S. (1995). Concrete admixtures handbook. New Jersey: Noyes Publications,
- [13] Canadian Portland Cement Association. (1978). Design and control of concrete mixtures (31-50). Ottawa : CAC.
- [14] Akyüz K., (2015). Kimyasal Katkıların Harç Fazına Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 43 s.
- [15] Halm J., Ausgangstoffe, Herstellverfahren und Eigenschaften von Glasfaserbeton, Faserbeton, Vorträge der DBV (Deutscher Beton-Verein e.V.)-Arbeitstagung, Duisburg.
- [16] Bentur A., Mindess S., 1998, Fibre Reinforced Cementitious Composites, Elsevier Applied Science Publishers, UK.
- [17] Arslan A., 1987, Çelik Lif Donatılı Normal Betonlarda Yavaş ve Hızlı Yükleme Durumlarında Gerilme-Gerinim Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- [18] Phillips L.N., Design with Advanced Composite Materials, Design Council, London.
- [19] Uğurlu A., Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Beton, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın No: MLZ-878, Ankara.

- [20] ACI Committee 544.4R, 1989, Design Consideration for Steel and Creep-Shrinkage Interaction of Restrained Concrete, Civil Engineering Studies, FAA Center of Excellencer for Airport Technology, Coe Report No. 14, p.33, Illinois.
- [21] Schnütgen B., 1992, Technologic des Stahlfaserbetons und Stahlfaserspritzbetons, Faserbeton, Vortage der DBV-Arbeitstagung, Duisburg.
- [22] Majumdar A.J. and Laws V.i 1991, Glass Fibre Reinforced Cement, BSP Professional Books, Oxford.
- [23] Yıldız S., Lifli Beton Boruların Durabilitesi, Kırılma ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Elazığ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- [24] Türker T., 200, Betonarmede Oluşan İç Gerilmelere Karşı Gerçek Önlem, İnşaat ve Malzeme, The Constructuion and Materials Magazine, ISSN 1301-2738, Sayı:150, 24-25.
- [25] Wörner J.D., 1992, Sachstanbericht “ Faserbeton mit Synthetischen Organischen Fasern” und Anwendungen in der Praxis, Faserbeton, Vortage der DBV- Arbeitstagung, Duisburg.
- [26] M.C. Nataraja, N. Dhang, A.P. Gupta. Toughness characterization of steel fiberreinforced concrete by JSCE approach. Cem Concr Res, 30:593–597, 2000.
- [27] ACI 544.1R-96 (2002). State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete. American concrete Institute Committee 544 report, 66.

- [28] Kızılkant A.B, KABAYI 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.
- [29] N. Kabay. Abrasion resistance and fracture energy of concretes with basalt fiber. Construction and Building Materials, 50:95-101, 2014.
- [30] 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.
- [31] M. Ludovico, A. Prota, G. Manfredi. Structural upgrade using basalt fibers for concrete confinement. Journal of Composites for Construction ASCE, September/October, 2010.
- [32] Yazıcı Ş. (2003). Süper Akışkanlaştırıcıların Betondaki Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklere Etkileri, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt:5 Sayı: 1 Sh: 103-114 Ocak.
- [33] Halilov S., (2003). Silis Dumanı ve Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Lifli Betonların Özellikleri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 112 s.
- [34] Can, Ö., Durmuş, G., Subaşı, S., Yıldız, K., Arslan, M., Lif Katkılı Betonların Aşınma Direnci Üzerindeki Etkileri, 2009, Karabük.
- [35] Nili, M., Afroughsabet, V., 2010, The Effects of Silica Fume and Polypropylene Fibers on the Impact Resistance and Mechanical Properties of Concrete. Construction and Building Materials, 927-933.
- [36] Kırca, Ö., Şahin, M., 2003. Polipropilen Lif Kullanımının Beyaz Beton Dayanıklılığına Etkisi. 5. Ulusal Beton Kongresi, Betonun Dayanıklılığı, İstanbul, s.375-382.

- [37] Aulia, T.B., 2002. Effects of Polypropylene Fibers on the Properties of High- Strength Concretes. Lacer No.7:43-59.
- [38] Yıldırım, S.T., 2002. Lif Takviyeli Betonların Performans Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 193s.
- [39] Tokyay, M., Ramyar, K., Turanlı, L., 1991. Polipropilen ve Çelik Lifli Yüksek . Dayanımlı Betonların Basınç ve Çekme Yükleri Altındaki Davranışları. 2. Ulusal . Beton Kongresi, İstanbul, s.303-311.
- [40] Kutzing, L., 1996. Influence of Fibres on the Improving of Ductility of High Performance Concrete (HPC). LACER No.1.
- [41] ASTM C 136, “Standart Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates”, ASTM, 2017.
- [42] TSEN 14157, “Doğal Taşlar- Deney Yöntemleri-Aşınma Direncinin Tayini”, TSE, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zirve TURAN
Doğum Yeri ve Yılı : İZMİR, 1990
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : zirveturan@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Ahmet Adnan Saygun Lisesi (YDA) İzmir, 2008
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Şubat 2014

Mesleki Deneyim

KSC Yapı / Pınar Entegre Et ve Un Sanayi Fabrikası ve Hizmet Binaları 2014-2015
Mi Kule İnşaat / Kavuklar Point Bornova Projesi 2015-2016
Oligopol Yapı İnşaat / Konut Projeleri 2016-2018
Ata Mimarlık İnşaat / İzmir Bayraklı Şehir Hastanesi 2019