

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KENEVİRİN YAPI MALZEMESİ OLARAK BETON ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Neriman KARŞIN
DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI DİREK

VAN-2022

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KENEVİRİN YAPI MALZEMESİ OLARAK BETON ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Neriman KARŞIN

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2021-9720
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI DİREK danışmanlığında, Neriman KARŞIN tarafından sunulan “Kenevirin Yapı Malzemesi Olarak Beton Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 06/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI DİREK

İmza:

Üye: Doç. Dr. İdris BEDİRHANOĞLU

İmza:

Üye: Doç. Dr. Barış ERDİL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Neriman KARŞİN

ÖZET

KENEVİRİN YAPI MALZEMESİ OLARAK BETON ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

KARŞIN, Neriman
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI DİREK
Haziran 2022, 53 sayfa

Bu tez çalışmasında, beton içerisine katılan kenevir liflerin taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkileri incelenmiştir. Beton karışımın tamamında su/çimento oranı 0.45 olarak alınmıştır. Beton referans numunenin hedef basınç dayanımı 36 MPa olarak belirlenmiştir. Kenevir lif katkısının farklı oranlarda (%0.25, %0.50 ve %0.75) ilavesi sonucunda meydana gelen lif katkılı numunelere ve referans numunelere slump (çökme), birim hacim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve kırılma enerjisi deneyleri gerçekleştirilmiş ve deney sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, lif miktarı arttıkça betonun işlenebilme özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Referans numuneler ve %0.25 oranındaki lifli beton numuneleri hedeflenen basınç dayanımına ulaşılmıştır. Eğilme dayanımında; %0.75 katkılı beton numunelerinde, referans numuneye kıyasla %35.5 oranında bir artış gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Basınç dayanımı, Beton, Eğilme dayanımı, Kenevir lif, Lif miktarı.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF HEMP AS A BUILDING MATERIAL ON CONCRETE

KARŞIN, Neriman
MSc. Thesis, Civil Engineering Department
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Yaşar SUBAŞI DİREK
June 2022, 53 pages

In this thesis, the effects of hemp fibers added in concrete on fresh and hardened concrete were investigated. The water/cement ratio in the entire concrete mixture was taken as 0.45. The target compressive strength of the concrete reference sample was determined as 36 MPa. Slump, unit weight, water absorption, compressive strength, bending strength and fracture energy tests were carried out on the fiber added samples and reference samples, which are formed as a result of the addition of hemp fiber additive at different rates (0.25%, 0.50% and 0.75%). comparison has been made.

According to the results obtained from the experiments, the workability of the concrete was adversely affected as the fiber content increased. The target compressive strength of the reference samples and 0.25% fiber concrete samples was achieved. In bending strength; An increase of 35.5% was observed in the 0.75% additive concrete samples compared to the reference sample.

Keywords: Compressive strength, Concrete, Flexural strength, Hemp fiber, Fiber amount.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI DİREK'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Yüksek Jeoloji Mühendisi Nevzat DİREK, Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında yardımlarını esirgeyemeyen Jeoloji Mühendisi Yılmaz AĞIRTAŞ, Yüksek Jeoloji Mühendisi Berçem İLDİZ ve diğer laboratuvar teknisyenlerine, tezime ilgili olarak sağladığı finansal destek için Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazımı sürecinde bana yardımcı olan, beni destekleyen Yüksek İnşaat Mühendisi Dilan TURUNÇ ve İnşaat Mühendisi Merve İLVAN arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgeyemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2022

Neriman KARŞIN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
EKLER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışmanın Önemi	4
1.3. Çalışmanın Yöntemi	4
2. KENEVİRİN GENEL ÖZELLİKLERİ ve KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Kenevir Lifin Yapısı	5
2.2. Tarihçe	7
2.3. Kenevir Lifin Özellikleri	8
2.3.1 Kenevir lifin kimyasal özellikleri	8
2.3.2 Kenevir lifin fiziksel özellikleri	9
2.3.3 Kenevir Kenevirin avantajları	10
2.4. Kenevir Yapı Malzemesi İle İlgili Yapılan Örnek Çalışmalar	11
3. MATERYAL ve METOD	13
3.1. Materyal	13
3.1.1 Agregat	13
3.1.2 Çimento	13
3.1.3 Kenevir lif	14
3.1.4 Karışım suyu	15
3.1.5 Kimyasal katkı	15

	Sayfa
3.2. Metod	15
3.2.1 Beton karışım hesabı ve numunelerin isimlendirilmesi	16
3.2.2 Numunelerin hazırlanması ve kürlenmesi	17
3.2.3 Taze beton deneyleri	19
3.2.4 Sertleşmiş beton deneyleri	20
4. BULGULAR	26
4.1. Taze Beton Deneylerinin Sonuçları	26
4.1.1. Çökme (slump) deneyinin sonuçları	26
4.2. Sertleşmiş Beton Deneylerinin Sonuçları	28
4.2.1. Birim hacim ağırlık deneyinin sonuçları	28
4.2.2. Su emme deneyinin sonuçları	29
4.2.3. Eğilme dayanımı sonuçları	30
4.2.4. Kırılma enerjisi deney sonuçları	33
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	34
5.1. Öneriler	38
KAYNAKLAR	39
EKLER	43
Ek A Deney Fotoğrafları	43
Ek B Eğilme Dayanımına Ait Yük – Zaman Grafikleri	49
ÖZGEÇMİŞ	51

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kenevir ve diğer bazı selülozik liflerin kimyasal bileşimi	9
Çizelge 2.2. Kenevir ve diğer bazı selülozik liflerin fiziksel özellikleri	9
Çizelge 3.1. Cem I 42.5 R portland çimentosunun kimyasal ve özellikleri	14
Çizelge 3.2. Süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesinin teknik özellikleri	15
Çizelge 3.3. 1 m ³ beton için gerekli malzeme miktarı	17
Çizelge 3.4. Beton numunelerine ait kodlama	17
Çizelge 3.5. Lifsiz ve lifli beton üretim aşaması	18
Çizelge 4.1. Taze beton için çökme sınıfları	27
Çizelge 4.2. Deney numunelerinin kıvam değerleri	27
Çizelge 4.3. Deney numunelerinin birim hacim ağırlık değerleri	28
Çizelge 4.4. Ağırlıkça su emme yüzdeleri	30
Çizelge 4.5. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 7. gün sonundaki kırılma yükleri	31
Çizelge 4.6. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 28. gün sonundaki kırılma yükleri	31
Çizelge 4.7. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 28. gün sonundaki kırılma yükleri	33

Çizelge 4.8. Deney sonuçların tümü.....36



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Yapı malzemesinde kullanılan lifler	2
Şekil 2.1. (a) Kenevir, (b) Kenevirin türleri	6
Şekil 2.2. Endüstriyel kenevir	6
Şekil 2.3. Kenevir sapındaki primer lifler	7
Şekil 3.1. (a), (b) 6 mm kenevir liflerin manuel kesimi	14
Şekil 3.2. (a) Lifsiz beton üretim (b) Lifli beton üretimi	19
Şekil 3.3. (a) Slump test aleti (b) Slump test ölçümü	20
Şekil 3.4. Birim hacim ağırlık deneyi	21
Şekil 3.5. Su emme deneyi	22
Şekil 3.6. (a), (b) Basınç dayanımı pres makinesi	23
Şekil 3.7. (a), (b) Eğilme dayanımı test cihazı	24
Şekil 3.8 Yük – Sehim eğrisi	24
Şekil 4.1. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin slump deneyi sonuçları	27
Şekil 4.2. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları	29
Şekil 4.3. Su emme deneyi sonuçları	30
Şekil 4.4. Basınç dayanımı deney sonuçları	32
Şekil 4.5. Eğilme dayanımı deney sonuçları	35
Şekil 4.6. Kırılma enerjisi değerleri	35
Şekil A.1. 10x10x 10 cm küplerin ve 10x10x40 cm prizmatik kalıpların yağlanması fotoğrafları	43

Şekil	Sayfa
Şekil A.2. Kenevir liflerin manuel olarak kesim fotoğrafları	43
Şekil A.3. Referans numunelerin kesit görünüşleri	44
Şekil A.5. 0.50 katkılı kenevir liflerin kesit görünüşleri	45
Şekil A.6. 0.75 katkılı kenevir liflerin kesit görünüşleri	45
Şekil A.7. Numunelerin kalıptan çıkarılması ve kür havuzuna bırakıldığı fotoğraflar	46
Şekil A.8. Numunelerin tartıldığı fotoğraflar	46
Şekil A.9. Slump deney fotoğrafları	47
Şekil A.10. Basınç dayanımı deney fotoğrafları	47
Şekil A.11. Eğilme dayanımı deney fotoğrafları	48
Şekil B.1. Referans numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı	49
Şekil B.2. KL 0.25 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı	49
Şekil B.3. KL 0.50 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı	50
Şekil B.4. KL 0.75 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$Al_2(SO_4)_3$	Alüminyum sülfat
g	Gram
$Ca(OH)_2$	Kalsiyum hidroksit
cm	Santimetre
kg	Kilogram
mm	Milimetre
Mpa	Megapascal
s/ç	Su miktarının, çimento miktarına oranı
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
FKP	Fiber kenevirli parçacıklar
KL	Kenevir lif
TS EN	Türkiye standartları avrupa formu



EKLER DİZİNİ

	Sayfa
Ek A. Deneplerde çekilen resimler	42
Ek B. Eğilme dayanımına ait yük - zaman grafikleri	48





1. GİRİŞ

Günümüzde çevresel sorunların ortaya çıkmasında yapılaşmanın da önemli bir rolü olduğu bilinen bir gerçektir. Yapı malzemelerinin üretimleri sırasında harcanan enerji miktarı, açığa çıkan karbon salınımı ve atık miktarlarının fazla olması, yapı malzemelerinin ve yapı üretiminin çevreye zararlarını artırmaktadır. Bu malzemeler sürdürülebilir olmadıkları gibi geri dönüşüm potansiyellerinin düşük olması sebebi ile çevre kirliliğine yol açmaktadır (Anonim, 2018).

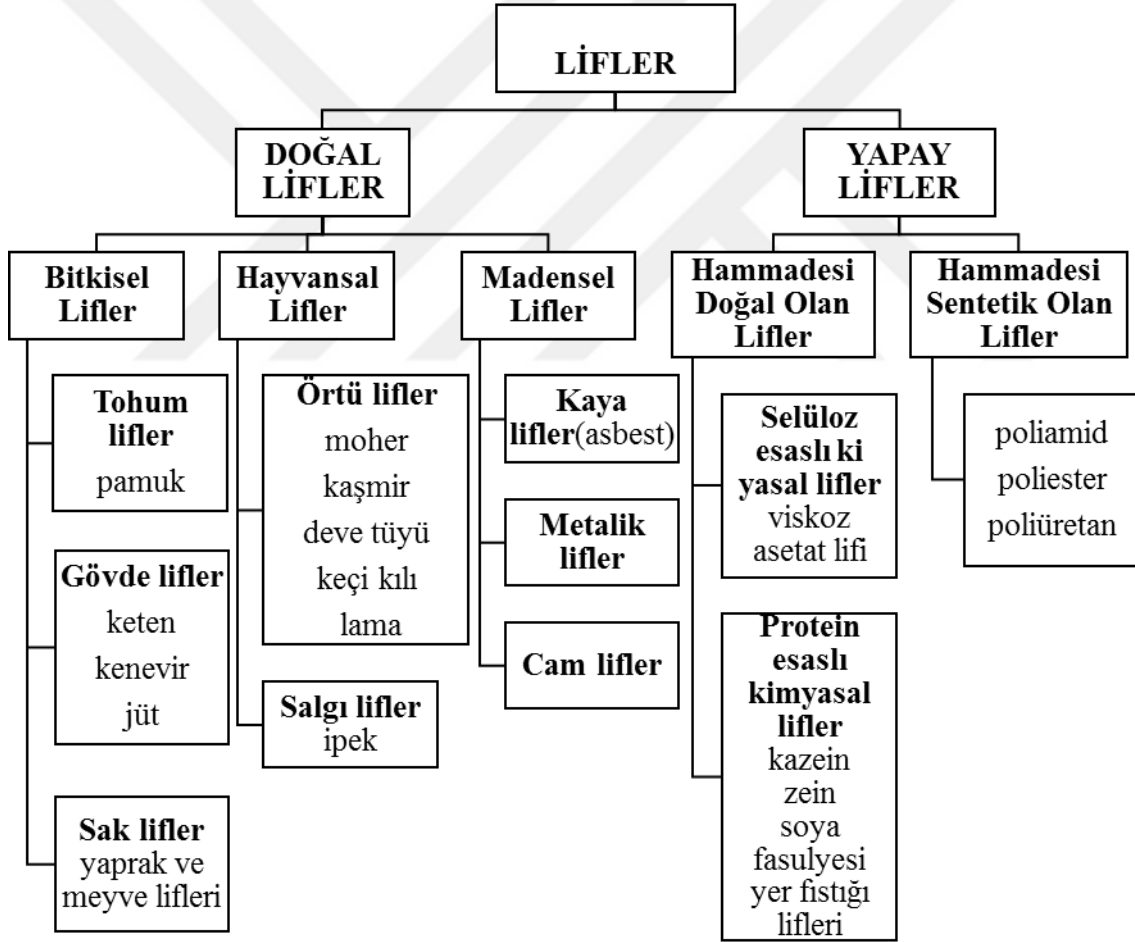
Yapıların çevresel etkilerinin azaltılabilmesi ve inşaat sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için alınacak önlemlerden en önemlisi, ekolojik yapı malzemelerinin kullanımlarının artırılmasıdır (Anonim, 2018). Bu amaçla, alınan çevresel kararlar, birçok çevresel ve ekonomik yararları da beraberinde getirecektir. Ekolojik yapı malzemeleri; üretimleri ve kullanımları sırasında fazla enerji tüketmeyen, atık miktarı az ve karbon ayak izi düşük malzemelerdir. Günümüzde yapıların ekolojik tasarımları ve sürdürülebilirlik, inşaat endüstrisinde büyük önem taşımaktadır (Ching ve ark., 2020). Bu amaçla, sık kullanılan yapı malzemeleri ekolojik özelliklere sahip hale getirilmeye çalışılmaktadır.

Beton yapı malzemeleri arasında üzerinde en çok araştırma yapılan bir yapı malzemesidir (Akalin ve ark., 2013). Betona çeşitli malzemeler katılarak farklı özellikler kazandırılmaktadır (Bekem ve ark., 2009). Her ne kadar beton, geri dönüşümlü olduğundan sürdürülebilir bir yapı malzemesi olmasa da, bu özelliklere dönüştürmek için son yıllarda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Uzun yıllar boyunca beton yüzeyinde oluşan kılcal çatlamlar için yapılan çalışmalar da bu çatlamların mekanizması anlaşılmiş ve çözüm olarak geçmişte günümüze kullanılan lif malzeme kullanımında bulunmuştur (Alkan 2004). Yapı malzemesi olarak kullanılacak olan lifler; betonun mekanik özelliklerini iyileştirerek, betonun çatlamasını önlemektedir (Kurt, 2006). Bu özelliğinden dolayı lifli betonun özellikle çekme ve eğilme dayanımını artıran faktörler darbe etkisine karşı dayanımını da artıracaktır (Kurt, 2006).

Lifler; farklı amaçlar için gerek inşaat sektöründe ve diğer sektörlerde lif kullanıldığı sürekli görülmektedir.

Lifler doğal ve yapay olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

- Doğal lifler; saman, hayvan kılları, sarmaşık dalları, bitkisel sap, kenevir, bambu vb. iken,
- Yapay lifler; madensel lifler, poliester lifler, polipropilen lifler vb. şeklinde örneklenebilir (çizelge 1.1).



Şekil 1.1. Yapı malzemesinde kullanılan lifler (Anonim 2020).

Geçmişte kullanılan liflerin çoğu doğal liflerden oluşmaktadır. Lifler, doğal ve geri dönüştürülebilir malzemeler olduğundan, karbon salınımı az olacağından, çevre zarar görmemiş olacaktır. Geri dönüştürülebilir ile elde edilen malzemeler sayesinde yeni bir yapı ürününe gerek kalmayacaktır. Bu sebeple sürdürülebilir malzemelerin önemi bir kat daha artmaktadır.

Bir doğal yapı malzemesi olarak kenevir, mevcut yapı standartlarının karşı karşıya olduğu çeşitli sorunlara çözümler sunmaktadır. Hafifliği, küf direnci, nefes alabilirliği vb., kenevir ürünlerini çok sayıda kullanımda çok yönlü hale getirmektedir. Kenevir, öncelikle çevre üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı bina tasarımının yeşil kategorisi altında sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2021). Keneviri sürdürülebilir kılan , minimum su kullanımı, uygun büyüme için pestisitlere bağımlı olmaması, geri dönüştürülebilir, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilir olmasıdır. Kenevir lifinin yüksek mukavemet ve dayanıklılığa sahip, ayrıca haşerelere karşı iyi bir koruyucu olduğu bilinmektedir. (Anonim, 2021).

Bu çalışmada farklı lif içeriği ve kenevir lifi katkılı betonlar kullanılmıştır. Betonların; slump(çökme), su emme, birim hacim ağırlık, basınç ve eğilme dayanımları saptanmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; kenevir lifi katkılı betonlarda, lif miktarının değişiminin betonun mekanik davranışına etkileri incelenmesidir. Diğer bir amaç da; aynı malzemedan üretilen liffsiz numunelerin mekanik davranışlarını da inceleyerek lif etkisini belirlemektir.

Bu amaçlar doğrultusunda 9 referans numune (3 kiriş ve 6 küp numune), kenevir lif katkılı 12 kiriş ve 30 adet beton küp beton numunesi üretildi. Bu karışımlarda hacmin %0.25 - %0.50 - %0.75'i oranında, 60 mm boyunda hazırlanan kenevir lifler kullanıldı. Numunelere; slump (çökme), birim hacim ağırlık, su emme, basınç ve eğilme dayanımı deneyleri uygulandı. Deneyler sonucunda numunelerin basınç, eğilme davranışları ve kırılma enerjisi değerleri incelendi.

Sonuçta lif miktarının, betonun işlenebilme ve mekanik özelliklerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Betona işlenebilme ve mekanik dayanım için, doğal lif olarak değişen oranlarda kenevir lif katılmıştır. Bu çalışma, betonda kullanılabilir ideal kenevir lifi miktarının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Deneysel çalışmada bağlayıcı malzeme olarak doğal agrega, standart kum (0-4 mm), iri agrega (4-16 mm) kırmataş, çimento, süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesi, doğal lif olarak kenevir lifi kullanılmış ve su ilavesi ile beton numuneler üretilmiştir.

Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmada izlenen yöntem ve bölümlerin kapsamı, aşağıda sıralanmıştır.

- Birinci bölümde konuya giriş yapılarak doğal liflerin ekolojik ve sürdürülebilirlik açısından önemi özetlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmanın amaç ve öneminden bahsedilmiş, yöntemi anlatılmıştır.
- İkinci bölümde Literatürde yer alan kenevir lifleri ile ilgili örnek çalışmalar aktarılmıştır. Kenevir lifin tanımı, tarihçesi, teknik özellikleri, kimyasal özellikleri, avantajları hakkında detaylı bilgi verilmiştir.
- Üçüncü bölümde deneysel çalışmada kullanılacak malzemelerin tanımlaması yapılmış, beton numune örnekleri hazırlanmış, karışım oranı ve miktarları belirlenerek standartlara uygun olarak yapılan deneysel çalışmalar anlatılmıştır.
- Dördüncü bölümde deney sonuçları tablo halinde verilmiş ve grafikler ile açıklanmıştır.
- Sonuç bölümünde ise elde edilen verilere göre genel bir değerlendirme yapılmış ve ileriki çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

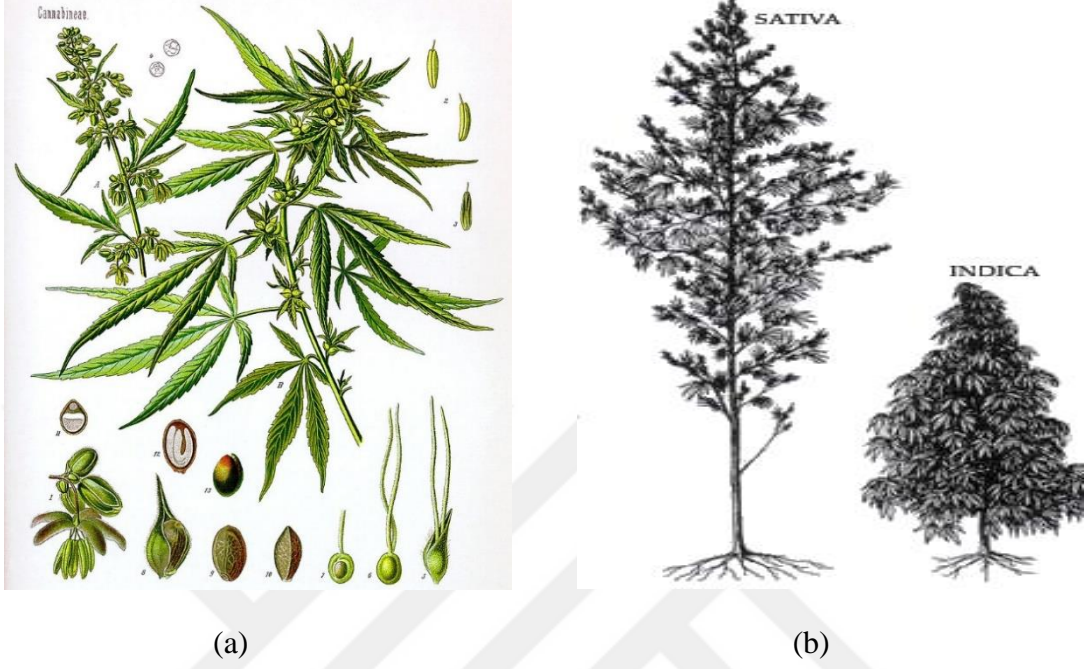
2. KENEVİRİN GENEL ÖZELLİKLERİ ve KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Kenevir Lifin Yapısı

Kenevir Cannabaceae familyasına ait, tek yıllık bir bitkidir. Bitki, genellikle sak olarak adlandırılan odunsu çekirdek lifi tarafından çevrelenen öz adı verilen bir iç katmandan oluşur. Bast lifleri dış tabakayı oluşturur. Birincil bast lifi, tutkal benzeri bir madde olan pektin ile göbek liflerine bağlanır. Birincil lifler tekstiller, kordonlar ve ince kağıt ürünler için kullanılır. Ahşap benzeri çekirdek lifi, hayvan yatakları, bahçe malçları, yakıt ve çeşitli inşaat malzemeleri için kullanılır.

Lif hücreleri kabuk kısmında demetler halinde olup ve her lif demetinde 30-50 lif hücresi bulunur. Her bir lif hücresi 20-35 mikron arasında inceliğe sahiptir ve doğadaki en dayanıklı malzemelerden biri olarak kabul edilir (Gedik ve ark., 2010). Bitkinin büyüme aşamasında lif sayısında değişim olmayıp ancak liflerin boyu uzamaktadır. Kenevir bitkisinde lif kalınlığı gövdeden aşağı doğru inildikçe artmaktadır. Lif uzunluklarını ise boğumlar arasındaki mesafe ile belirlemektedir. Parlak olan kenevir lifleri sarı-kahverengindedir (Gedik ve ark., 2010). Lifin görünümü Şekil 2.3'te verilmiştir.

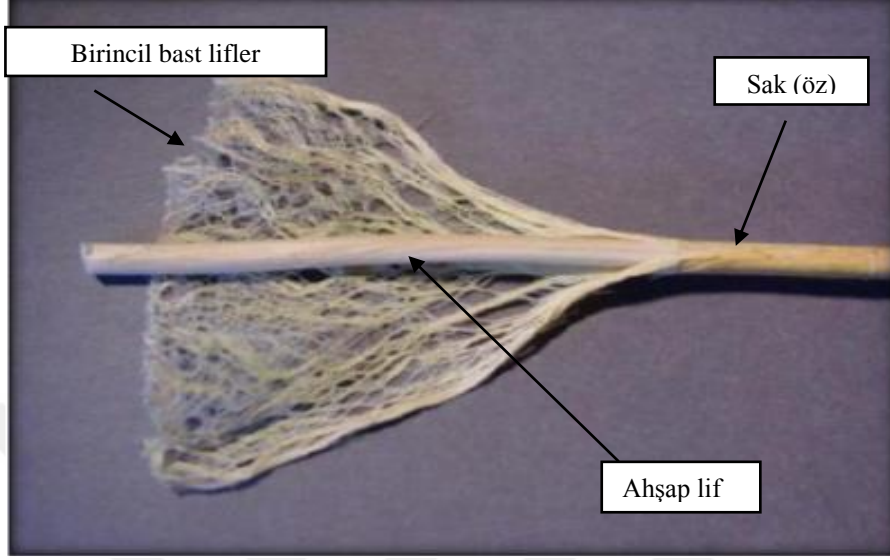
Ülkemizde Kenevir bitkisi; kendir, çetene, kendirik ve kınnap olarak adlandırılır. Kenevirin ana vatanı Orta Asya'dır. Kenevirin iki alt türü bulunmaktadır. Bunlar; *Cannabis sativa* ve *Cannabis indica*'dır. Endüstriyel olarak ve lif üretiminde kullanılan türü *Cannabis sativa*'dır . *Cannabis indica* türü ise uyuşturucu olarak kullanılabilirdiği için tüm dünyada üretimi yasaklanmıştır (Şekil 2.1 ve 2.2). Endüstriyel amaçla kullanılan kenevir, *Cannabis indica* türüne kıyasla çok düşük miktarda THC (tetra hidro kannabinol) içermesi ve daha fazla lif üretmesi için özel olarak ıslah edilmişlerdir (Anonim, 2018). Bu tür sert, çalimsı, içi boş gövdeli, ince ve uzun yapraklı, dioik ve tek yıllıktır. Bununla birlikte çeşitli iklim koşullarına göre geniş yetiştirme alanı göstermektedir (Aksoy ve diğ., 2019).



Şekil 2.1. (a) Kenevir, (b) Kenevirin türleri (Anonim, 2018).



Şekil 2.2. Endüstriyel kenevir (Anonim, 2019).



Şekil 2.3. Kenevir sapındaki primer lifler (Gedik ve ark., 2010).

2.2. Tarihçe

Kenevir olarak adlandırılan bitki, uzun bir geçmişe ve çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Geçmişte kenevir; ipler, ağlar, tekstiller, daha sonra Çin'de kağıt üretimi için de en çok kullanılmıştır. Kenevir 1500 yıl öncesinde de inşaatta da kullanılmıştır. Yapılan bir araştırma da, kenevir liflerinin aslında Fransızların binlerce yıl öncesinden beri kullandığını gösteriyor (Teweri, 2018). Yakın zamanda yapılan bir araştırmada, Hindistan'ın Ellora Mağaraları'ndaki kayaya oyulmuş tapınakların, kısmen mağarayı kaplayan kil sıvanın özellikleri nedeniyle, bu kadar muhteşem bir şekilde korunduğunu ortaya koydu. Araştırmacılar, karışımın en az %10 kenevir lifi içerdiğini ve bunun daha iyi tutunmasını, böceklere karşı dirençli olmasını ve ayrıca mağara içindeki nemin düzenlenmesine yardımcı olduğunu keşfetti (Teweri, 2018).

Geçmişte Kenevir, Fransa, İngiltere, Hindistan gibi dünyanın birçok yerinde harç ve beton yapılarında lif olarak da kullanılmıştır (Teweri, 2018). İspanya gibi dünyanın bazı bölgelerinde kenevir, gemi yapısını su geçirmez hale getirdiği için ahşaptan sonra gemi yapımı için en iyi malzeme haline gelmiştir. Gemi yelkenleri,

halatlar ve gövde yapımında kullanılmıştır. Böylece bu malzemenin olağanüstü nitelikleri zamanla daha da belirgin hale gelmiştir (Delatte, 2001;Teweri, 2018).

Kenevir yapıları Roma döneminde de görülmektedir. Fransa da 6. yüzyılda bir kenevir harç köprüsü inşa edilmiştir (Anonim, 2019). Günümüzde İspanya, Avusturya, Rusya ve Avustralya da dahil olmak üzere başlıca 30 ülkede kenevir üretilmektedir. Kenevir, yetiştiriciliğin yasal olduğu Avrupa'da 1980'lerde yeniden keşfedilmiştir. Fransa, Avrupa Birliği'nin en büyük kenevir üreticisi haline gelmiştir. Kıta genelinde yüzlerce bina, bu maddeyi duvarları ve çatıları doldurmak için yalıtım olarak ve ahşap çerçeveli binalarda zeminlerin altında kullanılmıştır (Anonim, 2019).

Yapı malzemesi olarak kenevir, yavaş yavaş Avrupa'dan tüm dünyaya yayılmıştır ve bu sadece eski yapıların onarımında değil, yeni inşaatlarda doğal yapı malzemesi olarak kullanılmıştır (Zuo, 2014).

2.3. Kenevir Lifin Özellikleri

- Kenevir lifi, sak denilen kısımdan elde edilir.
- Bu lifler pamuktan üç kat daha güçlüdür.
- Lif rengi sarı - kahverengidir.
- Kenevir lifin, elastik toparlanması çok azdır.
- Liflerin nem geri kazanımı %12'dir.
- Mükemmel ısı direncine sahiptir.
- Parlaklığı çok iyidir.
- Alkaliye karşı kenevir lifleri iyi direnç gösterir.
- Organik çözücü kenevir lifini etkilemez.
- Kenevir lifler, iyi aşınma direncine ve dayanıklı elyafa sahiptir (Anonim, 2019).

2.3.1. Kenevir lifin kimyasal özellikleri

Kenevir lifleri selülozun yanında hemiselüloz, lignin ve pektin de içermektedir (Gedik ve ark., 2010). Kimyasal bileşiminde %74'e kadar selüloz, %18 hemiselüloz, %4'a kadar da lignin ve %1 oranında da pektin bulunur (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Kenevir ve diğer bazı selülozik liflerin kimyasal bileşimi (Gedik ve ark., 2010)

	%Selüloz	%Hemiselüloz	%Lignin	%Pektin
Pamuk	92	6	-	<1
Jet	72	13	13	-
Keten	81	14	3	4
Sisal	73	13	11	2
Kenevir	74	18	4	1
Rami	76	15	1	2
Kapok	13	-	-	-

2.3.2. Kenevir lifin fiziksel özellikleri

Kenevir liflerin fiziksel özellikleri aşağıda Çizelge 2.2 verilmiş olup, diğer bazı selülozik lifleri ile karşılaştırıldığında fiziksel özellikleri bakımında üstünlük gösterir.

Çizelge 2.2. Kenevir ve diğer bazı selülozik liflerin fiziksel özellikleri (Gedik ve ark., 2010)

	Teknik lif uzunluğu (cm)	İşlem görmüş lif uzunluğu (cm)	Kuru özgül mukavemet	Yaş özgül mukavemet (%kuru)	E-modül (Mpa)	Yıllık lif verimi (kg/hektar)
Pamuk	-	1-6	25-50	105	11	800-1000

Kenevir	100-300	65-75	35-70	105	12.7	3000
Jüt	160-360	65-75	30-34	100	19-35	2200

Çizelge 2.2. Kenevir ve diğer bazı selülozik liflerin fiziksel özellikleri (devam)

	Teknik lif uzunluğu (cm)	İşlem görmüş lif uzunluğu (cm)	Kuru özgül mukavemet	Yaş özgül mukavemet (%kuru)	E-modül (Mpa)	Yıllık lif verimi (kg/hektar)
Keten	20-40	20-40	30-55	105	12-26	2000

2.3.3. Kenevirin avantajları

Geleneksel yapı malzemelerine kıyasla birçok yönden daha iyi performans göstermektedir (Zuo, 2014)

Karbon emisyonu

Kenevir, büyüdükçe atmosferden büyük miktarda karbondioksit emer. Genel olarak, kenevir ürününün üretimi ve kullanımı çok düşük etkili süreçlerdir ve ulaşım, enerji tüketimi göz önüne alındığında bile, yaşamlarında emdikleri karbon miktarı, çoğu geleneksel yapı malzemesinden daha fazladır (Zuo, 2014).

Nem düzenleyici

Kenevir süper nefes alabilir ve nemi düzenleyebilir. Bunun nedeni, nem yükseldiğinde, kenevirin havadaki nemi kendi içine çekmesidir. Daha sonra nem düştüğünde havaya salınırlar. Küf oluşumunu engelleyebilir ve nemin bakteri üremesini önleyecek uygun bir seviyede tutulmasını sağlar. Ayrıca bu etkiyi elde etmek için bir havalandırma sistemi de gerektirmemektedir (Zuo, 2014).

Isı yalıtımı

Kenevir yapı malzemesi çok iyi termal özelliklere sahiptir. İç mekan ısısal konforunu sağlayan bir malzeme olarak kullanılabilir. Yalıtım etkisi ve termal kütesinin birleşiminden dolayı, kenevir malzeme kullanılarak yapılan beton evler kışın sıcak, yazın serin özelliktedir (Zuo, 2014).

Atık geri dönüşümü

Kenevir verimi çok yüksektir ve kullanılmayan kısımları da vardır. Ancak bu kullanılmayan kısımlar da atık olarak doğa da geri dönüştürülebilir. (Zuo, 2014).

Yangından korunma

Kenevir beton blokları yanarken hafifçe kavrulur, ancak geleneksel evlerden daha iyi yanmazlığa sahiptirler. Kenevir beton blokları boyutuna ve kalınlığına bağlı olarak iki saat içinde alev almazlar (Zuo, 2014).

Üstelik endüstriyel kullanım kenevirin bakımı çok kolay olup, zirai ilaç, mantar ilacı veya gübre gerektirmez. Geleneksel yapı malzemesiyle karşılaştırıldığında, kenevir yapı malzemesi daha iyi tasarım esnekliğine sahiptir, bu da yapısal tasarımın şekil ile sınırlı olmadığı anlamına gelir (Zuo, 2014).

2.4. Kenevir Yapı Malzemesi İle İlgili Yapılan Örnek Çalışmalar

Betonda kullanılan doğal liflerin özgün niteliklerini belirlemek için yapılan analizler ile beton karakterizasyonunun belirlenmesi üzerine literatürde bulunan çalışmaların bazıları bu bölümde özetlenmiştir.

Bitar ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada, takviyesiz yığma duvarların düzlem dışı eğilme kapasitesini arttırmak için doğal kenevir liflerinin kullanımının etkinliğini incelemiştir. Farklı güçlendirilmiş duvar bölümlerinin kapasitesi

üzerindeki etkilerini araştırmak için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Donatı oranının artmasıyla duvarların eğilme kapasitesinin ve sünekliğinin arttığı görölmüştür (Bitar ve ark., 2020) .

Çimento bağlayıcı malzemeli kompozitte hafif agrega olarak kullanılmak üzere Fiber Kenevir Parçalarının (FKP) olasılığı analizinin belirlenmesi amacı ile yapılan bir çalışmada (Balciunas ve ark., 2015); Fiber kenevir parçacıkları mineralleştirici $Al_2(SO_4)_3$ ve $Ca(OH)_2$ 'den oluşan iki farklı elementle mineralize edilmiştir. Hidratasyon geciktiricilerin çimento hidratasyonu üzerindeki etkisini en aza indirmek için karışıma süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Bileşen mineralleştiricisinin düşük içeriği, FKP'ye tamamen bağlanmadığı ve bu nedenle çimento hidratasyonunun düşüşüne neden olduğu görölmüştür (Balciunas ve ark., 2015).

Çomak ve ark. (2018), yaptıkları bir çalışmada, Kenevir liflerinin çimento esaslı harcın özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Çimento harçlarına farklı uzunluklarda (6 mm, 12 mm ve 18 mm) ve farklı oranlarda (%0, %1, %2, %3) kenevir elyaf takviyeli harç üretilmiştir. Doğal Kenevir lifi ile takviye edilmiş çimento harçlarının %2–3 oranında ve 12 mm uzunluğunda daha olumlu sonuçlar verdiği görölmüştür (Çomak ve ark. 2018).

Horasan harçları üzerinde kenevir lifi, keçi kılı ve polipropilen elyaf katkılarının %0.2, %0.4, %0.6, %0.8, %1 oranlarında katılmasıyla, harçlar üzerindeki etkilerini incelemek amacı ile yapılan bir çalışmada (şimşek, 2021); olumlu sonuçlar elde edildiği görölmüştür (şimşek, 2021).

Serin ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada, doğal kenevir lifleri asfalt beton karışımlara katılarak, çalışmada agrega ve bitüm karışıma ağırlıkça %0, %0.05, %0.075, %0.1, %0.125, %0.25 oranlarda kenevir lifleri kullanılmıştır. Sonuçta, kenevir liflerinin, bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerini iyileştirdiği görölmüştür (Serin ve ark., 2018).

Sonebi ve ark. (2015) yaptıkları bir çalışmada, karışım bileşimi ve numune boyutunun kenevir betonunun mekanik performansı ve hava koşullarına etkilerini incelemişlerdir. Bağlayıcı içeriğinin, numune boyutunun ve yoğunluğunun basınç dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görölmüştür (Sonebi ve ark., 2015).

Iucolano ve ark. (2019) yaptıkları; alçı levhaların cam elyaf yerine çevre dostu kenevir elyafi kullanılarak üretilmesi yönündeki deneysel çalışmada, üretilen alçı sıvaların içerisine bağlayıcıya göre ağırlıkça %1 ve %2 oranlarında lif katılmıştır. Cam lif ve kenevir lifi olmak üzere iki farklı lif 10 - 25 mm uzunluğunda kullanılmıştır. Bu çalışmada, 20×40×160 mm boyutlarında üretilen numunelerde yapılan bükme testlerine göre kenevir liflerinin cam elyaflara kıyasla alçı matrisine daha iyi yapışma özelliği ve liflerin mikro çatlakları köprüleme, yayılmalarını azaltma etkisi gösterdiği belirlenmiştir (Iucolano ve ark., 2019)





3. MATERYAL ve METOD

Bu bölümde, beton numunelerine kenevir lif katkısının farklı oranlarda katılması ile beton üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmada kullanılan materyaller ve metodoloji ele alınmıştır.

Doğal kenevir lifler beton karışımına hacimce %0.25, %0.50, %0.75 oranlarında katılmıştır. Oluşturulan bütün beton numunelerde; su ve çimento oranı (s/ç) 0.45 olarak alınmıştır. Ayrıca kimyasal katkı olarak süper akışkanlaştırıcı, çimentonun yüzde %0.5'i oranında kullanılmıştır. Beton numunelerinde basınç dayanımı ise C30/37 olarak hedeflenmiştir. Kenevir lifli ve referans numunelerine taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapıp karşılaştırılmıştır.

3.1. Materyal

Deneyleerin hazırlanmasında kullanmış olduğumuz agrega, çimento, kenevir lif, karışım suyu ve katkı malzemelerinin özellikleri alt başlıklarda verilmiştir.

3.1.1. Agrega

Beton numunelerinde ince agrega olarak standart kum (0-4 mm), iri agrega olarak (4-16 mm) kırmataş kullanılmıştır. Liflerin beton içerisinde topaklaşmaması ve TS EN 933-1'i yapı elemanı en dar boyutu 6-14 cm koşuluna uygun olduğu için agreganın en büyük tane boyutu 16 mm seçilmiştir. TS 802'de beton karışım hesabında kullanılacak agrega tane büyüklüğü dağılımı grafiklerinden yola çıkarak numunelerde kullanılacak karışım oranları belirlenmiştir.

3.1.2. Çimento

Bu çalışmada, Bitlis Limak Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasında üretilmiş olan Cem II 42.5 R Portland çimentosu kullanılmıştır.

Bu çimentoya ait fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Cem II 42.5 R Portland çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri (Anonim, 2008)

Kimyasal Özellikleri		Fiziksel Özellikleri		Diğer Özellikleri	
Kükürt trioksit (SO ₃)	< % 4	Priz başlama süresi	≥ 60	Özgül yüzey	4500-4700 cm ² /g
Klorür	< % 1	Genleşme	< 10 mm	Yoğunluk	3-3.5 gr/cm ³
		2 günlük dayanım	≥ 20 MPa		
		7 günlük dayanım	≥ 42.5 MPa		
		28 günlük dayanım	≤ 62.5 MPa		

3.1.3. Kenevir lif

Beton içerisinde kullanılan lifler yapılan araştırmalarda genellikle 50-80 mm uzunluğunda kullanıldığı görülmüştür. Bu tez kapsamında kenevir lifler 60 mm uzunluğunda manuel olarak kesilmiş (Şekil 3.1 (a) ve (b)) ve %0.25, %0.5 ve %0.75 oranlarında beton numuneleri içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.1. (a), (b) 60 mm kenevir liflerin manuel kesimi.

3.1.4. Karışım suyu

Şebeke suyu özellikte olan sular TS EN 1008 standardına göre betonda kullanımı uygundur. Deneylerde, betona zararlı olabilecek herhangi bir organik madde içermeyen Van şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.5. Kimyasal katkı

Üretilcek olan beton numunelerinde lif ilavesi işlenebilirliği etkileyebileceğinden dolayı olarak süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı malzemeler olarak Sika Viscocrete - 4050 Hi -Tech katkısı kullanılmış olup özellikleri Çizelge 3.2 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesinin teknik özellikleri (Anonim, 2017)

Katkı malzemesinin teknik özellikleri	
Yoğunluk	1.06 - 1.10 gr/cm ³
Ph değeri	3-7
Donma noktası	-5 ⁰ C
Suda çözünebilir klorür yüzdesi	% 0.1

3.2. Metod

Beton numuneleri için karışım hesabı TS 802 standartına uygun yapılmıştır. Numunelerin karışmaması için uygun isimlendirilmeler yapıp hazırlanan numunelere taze ve sertleşmiş beton deneylerine tabi tutulmuştur.

3.2.1. Beton karışım hesabı ve numunelerin isimlendirilmesi

Beton karışım hesabı, TS 802 standardına göre yapılmıştır. Deneysel çalışma da C30/37 beton dayanım sınıfı seçilmiştir. Bu beton sınıfına göre hedeflenen basınç dayanımı 36 MPa 'dır. Hedeflenen basınç dayanımına göre yaklaşık su ve çimento oranı (s/ç) 0.45 olarak belirlenmiştir. TS 802'e göre karışımın su miktarı hedeflenen çökme değeri, kullanılacak agrega ve hava içeriğine göre belirlenmektedir. Bu çalışmada kırmataş agrega kullanılan, çökme değeri (8-10cm) aralığında olan ve hava sürüklenmemiş koşullarına uyan grafiğe göre su miktarı 227 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Su ve çimento oranı 0.45 olduğundan bağlayıcı malzeme olan çimento miktarı 504.4 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Karışımlarda çimentonun %0.5'i oranında süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. TS 802'e göre hava içeriği 2.3 olarak belirlenmiştir.

Kenevir lifler, hazırlanan numunelerde hacimsel olarak % 0.25, % 0.50 ve % 0.75 oranlarında lif kullanılmıştır.

TS 802 standardının mutlak hacim metodu; çimento, su, hava ve agrega hacminin toplamının 1m^3 olması prensibine göre çalışmaktadır. Elde edilen değerlerin toplamının 1m^3 'ten çıkarılmasıyla agrega hacmi bulunmaktadır. Ardından tüm malzemelerin ağırlıkları hesaplanıp Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Bu deneysel çalışmada toplam 40 adet $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ küp numune ve 12 adet $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$ kiriş numuneleri hazırlanmıştır. 6'şar adet şahit numuneler (3 adet küp ve 3 adet kiriş) dışında 30 adet kenevir lif katkılı betonlar üretilmiştir. Deneylerin açıklanması ve yorumlanmasının daha kolay olabilmesi için belirlenen bir sınıflama sistemi ile numunelerin isimlendirilmesi yapılmıştır.

İsimlendirmede referans beton numuneler için Ş, kenevir lifler için KL, kodları kullanılmış olup küp numuneler için PP, kiriş numuneler için ŞŞ harfleri kullanılmıştır. 0.25, 0.5 ve 0.75 sayıları sırasıyla numunelerin lif katılım oranlarını belirtmektedir.

Çizelge 3.3. 1 m³ beton için gerekli malzeme miktarı (kg/m³)

Bileşen	Miktar (kg/m³)
Çimento	504.4
Su	227
Kum (0-4 mm)	744
İri agrega (4-16 mm)	909
Akışkanlaştırıcı katkı	2.52
s/ç	0.45

Çizelge 3.4. Beton numunelerine ait kodlama

Numune kodu	Lif uzunluğu (mm)	Çap (mm)	Narinlik (Boy/Çap)	Lif miktarı (gr)
PŞ	-	-	-	-
KLP 0,25	60	0.30	200	5.9673
KLP 0,50	60	0.30	200	11.9346
KLP 0,75	60	0.30	200	17.9019
ŞŞ	-	-	-	-
KLŞ 0,25	60	0.30	200	24.0152
KLŞ 0,50	60	0.30	200	48.0304
KLŞ 0,75	60	0.30	200	72.0456

3.2.2. Numunelerin hazırlanması ve kürlenmesi

Karışım hesabına göre bütün malzemeler ayrı ayrı tartılıp hazırlanmıştır. Beton üretiminden önce kalıplar yağlanmış, ayrıca numunelerin karışmaması için uygun kodlarla etiketler hazırlanmış ve yapıştırılmıştır. Karışım işlemleri dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kumlar, daha sonra çimento karıştırıcı içerisine eklenerek karıştırılmıştır. Üçüncü aşamada kuru karışıma suyun yarısı eklenerek uygun kıvamda gelene kadar karıştırılmaya devam edilmiştir. Son aşamada ise karışıma kalan suya akışkanlaştırıcı katkı ilave edilip istenilen kıvamda gelene kadar bir süre karıştırılmıştır. Lifli beton üretiminde ise aşamalar aynı olup su ilave edilirken kazana liflerde dökülüp karıştırılmaya devam edilir. Karışım tüm malzemeler eklendikten sonra liflerde oluşacak topaklamaları önlemek amacıyla 15 dk karıştırılmıştır (Şekil 3.2 (a) ve (b)).

Çizelge 3.5. Lifsiz ve lifli beton üretim aşaması

Lifsiz beton üretim aşaması	Lifli beton üretim aşaması
İri + ince agrega	İri + ince agrega
Çimento	Çimento
Suyun yarısı	Suyun yarısı + kenevir lifin yarısı
Akışkanlaştırıcı + kalan su	Akışkanlaştırıcı + kalan su + kalan lif

Hazırlanan beton, kalıplara ilk başta yarısı doldurulup şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenerek sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Kalıbın diğer yarısına da aynı işlemler yapılarak çelik mala ile beton yüzeyinin tesviyesi gerçekleştirilmiştir. Numunelerin laboratuarda uygun bir yerde 24 saat priz alması beklenmiştir. Yeterli prizi aldıktan sonra numuneler kalıplarından dikkatlice çıkarılıp 7 ve 28 gün kür havuzundan bekletilmiştir.

Deneysel çalışmada, taze beton numunelerine; çökme (slump) deneyi, sertleşmiş beton numunelerine ise birim hacim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve kırılma enerjisi deneyleri yapılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) Lifsiz beton üretim (b) Lifli beton üretimi.

3.2.3. Taze beton deneyleri

Bu çalışma kapsamında taze beton deneylerinde sadece çökme (slump) deneyi yapılmıştır.

3.2.3.1. Çökme (slump) deneyi

Betonun işlenebilirlik ve kıvam tayini için TS EN 12350-2 standardına uygun olarak çökme deneyi yapılmıştır. Öncelikle huninin geniş tarafı alta gelecek şekilde taban plakasının üstüne yerleştirilmiş ve ayak basma yerlerine sıkıca basılarak sabit kalması sağlanmıştır. Huni mahmuzlarına basarak huninin, 1/3'ü betonla doldurduktan sonra 25 defa şişleme yapılmıştır. Aynı işlem 2 defa daha tekrarlanmıştır. Huninin ağzındaki beton düzlendikten sonra huni düz bir şekilde ve yavaşça yukarı doğru çekilmiştir. Çekilen huni kalıptan çıkan betonun yanına konularak kalıp üst yüzeyi seviyesi ile çöken beton kütesinin en yüksek noktası arasındaki çökme miktarı ölçülmüştür (Şekil 3.3 (a) ve (b)).



(a)



(b)

Şekil 3.3. (a) Slump test aleti (b) Slump test ölçümü.

3.2.4. Sertleşmiş beton deneyleri

Bu çalışma kapsamında sertleşmiş beton deneylerinde; birim hacim ağırlık, su emme, basınç ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

3.2.4.1. Birim hacim ağırlık deneyi

Birim hacim ağırlığı; beton numunelerin 24 saat oda sıcaklığında priz aldıktan sonra kalıplardan çıkartılması ve 24 saat etüvde bekletildikten sonraki ağırlığının kendi hacmine bölünmesi ile elde edilir (Şekil 3.4) (3.1).

$$\Delta = m / V \text{ formülü ile hesaplanır (g/cm}^3\text{)} \quad (3.1)$$

Δ : Birim Hacim Ağırlık (g/cm³),

m : Kütle (g),

V : Hacim (cm³) dir.



Şekil 3.4. Birim hacim ağırlık deneyi.

3.2.4.2. Su emme deneyi

TS EN 13755 standartına uygun olarak su emme deneyi yapılmıştır. Su emme kapasitesi malzemeye giren su miktarının, malzemenin kuru ağırlığına bölünmesi olup, % olarak ifade edilmektedir.

Numuneler etüvde sabit kütleyle gelinceye kadar kurutulup ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür (W_0). Daha sonra numuneler 24 saat boyunca suda bekletilmiştir (Şekil 3.5). Sudan çıkarılan numuneler bir bezle kurulandıktan sonra suya doymuş ağırlıkları ölçülmüştür (W_1).

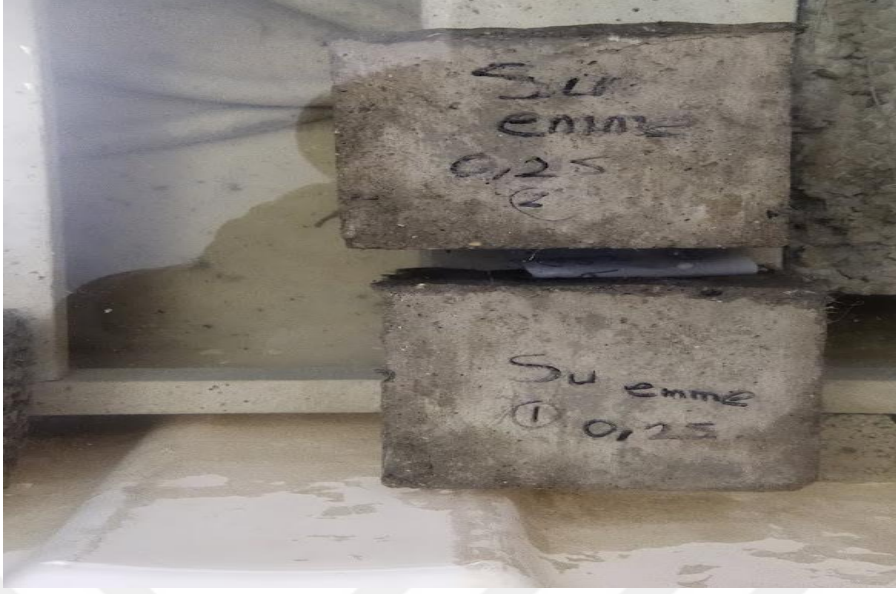
Ağırlıkça su emme yüzdeleri aşağıdaki formüle (3.2) göre hesaplanmıştır. Bu işlemler 10x10x10 cm küp numuneleri üzerinde yapılmıştır.

$$A_b = \frac{(W_1 - W_0)}{W_0} \times 100 \quad (3.2)$$

A_b : Ağırlıkça su emme yüzdesi (%),

W_0 : Kuru numune kütlesi (g),

W_1 : Doymuş numune kütlesi (g)



Şekil 3.5. Su emme deneyi.

3.2.4.3. Basınç dayanımı

Basınç dayanım deneyi, 7 ve 28. günün sonunda TS EN 12390-3 standartına göre 10x10x10 cm boyutlarındaki küp numuneler de test edilmiştir.

Numuneler test cihazına yükleme yönü numunelerin kalıp içinde kalan yüzeylerine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. İstenen yükleme hızı limitlerinde yükleme yapılarak numunelere basınç dayanım testi yapılmıştır (Şekil 3.6 (a) ve (b)). Deney tamamlandığında numuneye ait kırılma yükü değeri ve basınç dayanımı değeri cihaz ekranından okunmuştur. Beton basınç dayanımı aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır (3.3).

$$\delta_b = P / A \quad (3.3)$$

δ_b : Basınç dayanımı (kN/mm²),

P : Numunenin kırılma anındaki yükü (kN),

A : Numunenin basınca maruz kaldığı yüzey alanı (mm²).



(a)



(b)

Şekil 3.6. (a), (b) Basınç dayanımı pres makinesi.

3.2.4.4. Eğilme dayanımı

Eğilme deneyi, 28. gününde TS EN 12390-5 standartına göre 10x10x40 cm boyutlarındaki prizmatik kiriş numuneler de test edilmiştir. Deneye başlamadan önce iki mesnet arası uzaklık 30 cm olarak ayarlanmıştır. Daha sonra deney numuneleri mesnetler üzerine yerleştirilmiş ve numuneye kirişin tam orta noktasından yük uygulanarak numuneler eğilmeye tabi tutulmuştur (Şekil 3.7 (a) ve (b)). Beton eğilme dayanımı aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır (3.4).

$$\delta_{\text{eğilme}} = (F \times L) / b \times d^2 \quad (3.4)$$

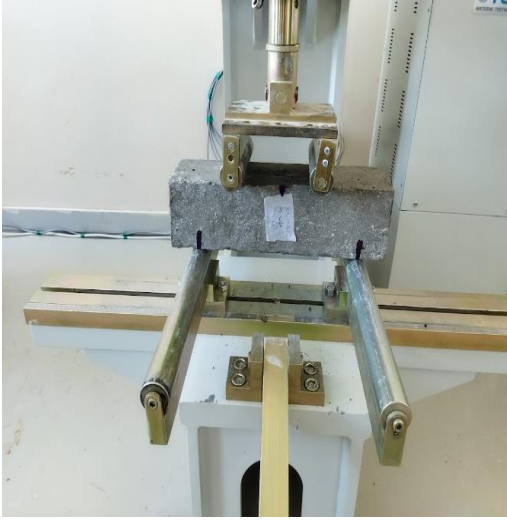
$\delta_{\text{eğilme}}$: Eğilme dayanımı (N/mm²),

F : Kırılmaya neden olan yük (N),

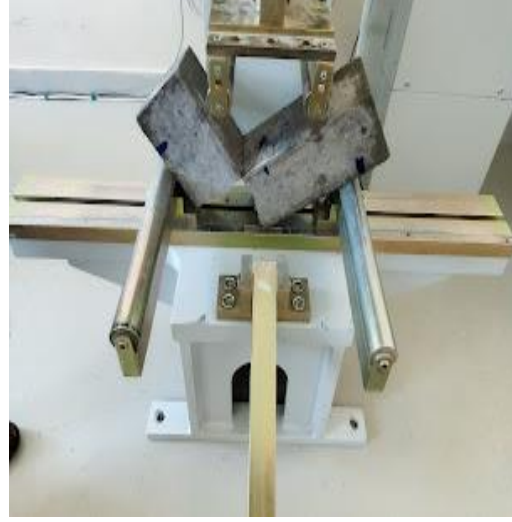
L : Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi (mm),

b : Deney numunesinin genişliği (mm),

d : Deney numunesinin kalınlığı (mm).



(a)

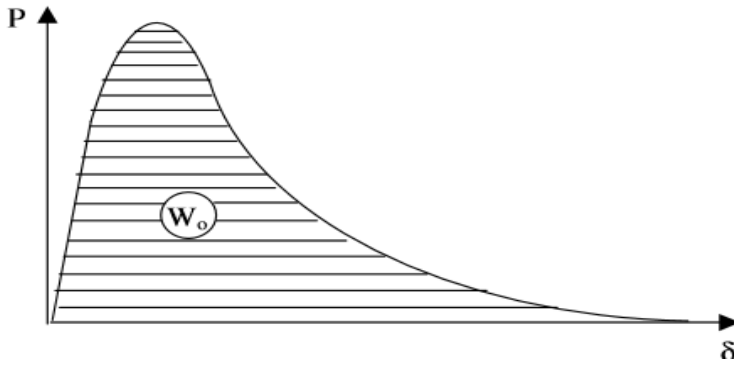


(b)

Şekil 3.7. (a), (b) Eğilme dayanımı test cihazı.

3.2.4.5. Kırılma enerjisi deneyi

Kırılma enerji deneyleri, dört noktadan yüklemeli eğilme deneyine tabi tutulan numunelerin gerilme ve şekil değiştirme eğrileri elde edildi ve kırılma enerji değerleri hesaplandı (Şekil 3.8). Kırılma enerji değerleri yük – sehım eğrisi altında kalan alan hesaplanması ile elde edilir. Kırılma enerjisi değerleri aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır (3.5).



Şekil 3.8 Yük – Sehım eğrisi.

$$G_f = (W_0 + mg\delta) / A_{lig} \quad (3.5)$$

W_0 = Yük-Sehım eğrisi altında kalan alan (N/m),

m = Kirişin mesnetler arasında kalan ağırlığı (kg),

g = Yer çekimi ivmesi (9.81 m/sn^2),

δ_0 = Kirişin göçme sırasındaki deformasyonu (m),

A_{fig} = Etkin kesit alanı (m^2).





4. BULGULAR

Bu tez kapsamında, bulgular bölümünde taze ve sertleşmiş beton deney sonuçları tablo halinde verilmiş ve grafikler ile açıklanmıştır.

4.1. Taze Beton Deneylerinin Sonuçları

4.1.1. Çökme (slump) deneyinin sonuçları

Bu çalışmada referans ve kenevir lif katkı numunelere TS EN 12350-2'ye uygun çökme deneyi yapılmıştır.

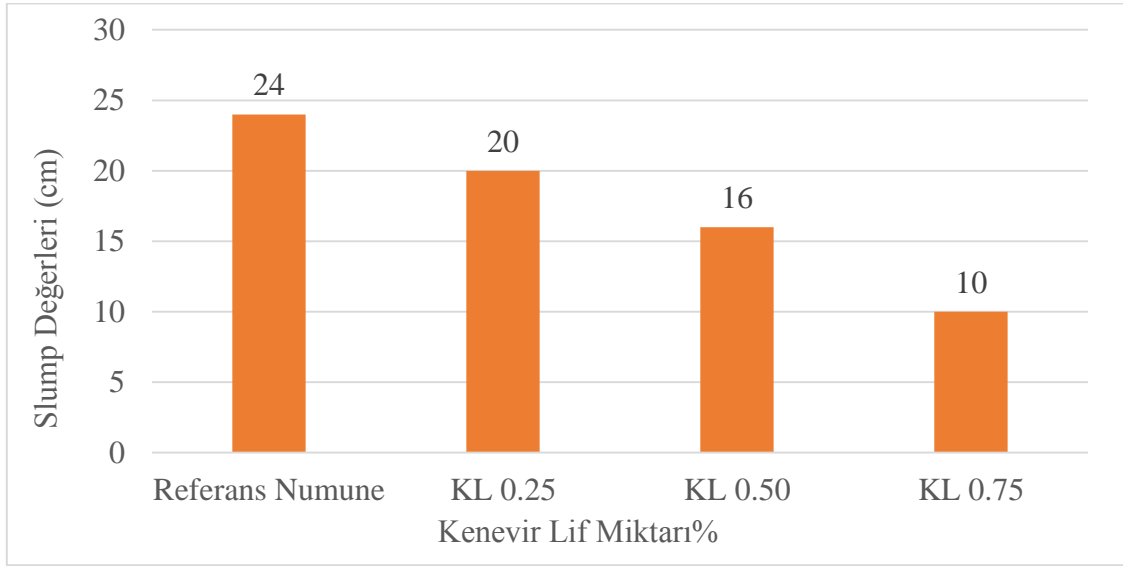
Referans numunede çökme miktarı 24 cm, KL 0,25 numunelerde 20 cm, KL 0,50 numunelerde 16 cm, KL 0,75 numunelerde ise 10 cm çökme miktarı olmuştur.

Kenevir lifler hacim oranına göre betonun işlenebilme, karışma, kalıplara yerleşebilme özelliklerinden dolayı değişiklikler meydana geldi. Referans numuneye kıyasla % 17.69 - % 58.33 oranlarında çökme meydana gelmiştir. Bunun sebebi, kenevir liflerin hacim oranlarına bağlı olarak birbirlerinin içiresine girerek liflerin topaklanmasına neden olmasıdır.

Şekil 4.1 de referans ve kenevir lif katkı numunelerin slump değerleri verilmiştir. Beton kıvamın belirlenmesinde kullanılan çökme sınıfları Çizelge 4.1 de, tüm deney sonuçları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir (TS EN 206-1).

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi kenevir lif miktarına bağlı olarak betonun akıcılığı ve çökmesinde azalma olduğu belirlenmiştir.

Çökme sınıflarına göre değerlendirildiğinde (Çizelge 4.2) lifsiz numuneler S5, kenevir lif katkı numuneler ise S4- S3 sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.1. Referans ve kenevir lif katkıli numunelerin slump deneyi sonuçları.

Çizelge 4.1. Taze beton için çökme sınıfları (TS EN 206-1)

Sınıf	Çökme (h),mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	>= 220

Çizelge 4.2. Deney numunelerinin kıvam değerleri

Deney numuneleri	Su/çimento	Çökme (h), mm	Çökme sınıfı
Referans numune	10-40	240	S5
KL 0.25	50-90	200	S4
KL 0.50	100-150	160	S4
KL 0.75	160-210	140	S3

4.2. Sertleşmiş Beton Deneilerinin Sonuçları

Numunelere sertleşmiş beton deneylerinde; birim hacim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve kırılma enerjisi deneyleri yapıp tablo ve grafiklere aktarılmıştır.

4.2.1. Birim hacim ağırlık deneyinin sonuçları

Bu çalışmada referans ve kenevir lif katkılı numunelere TS EN 12350-6'ye uygun birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır. Çizelge 4.3 de referans ve kenevir lif katkılı numunelerin birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deney numunelerinin birim hacim ağırlık değerleri

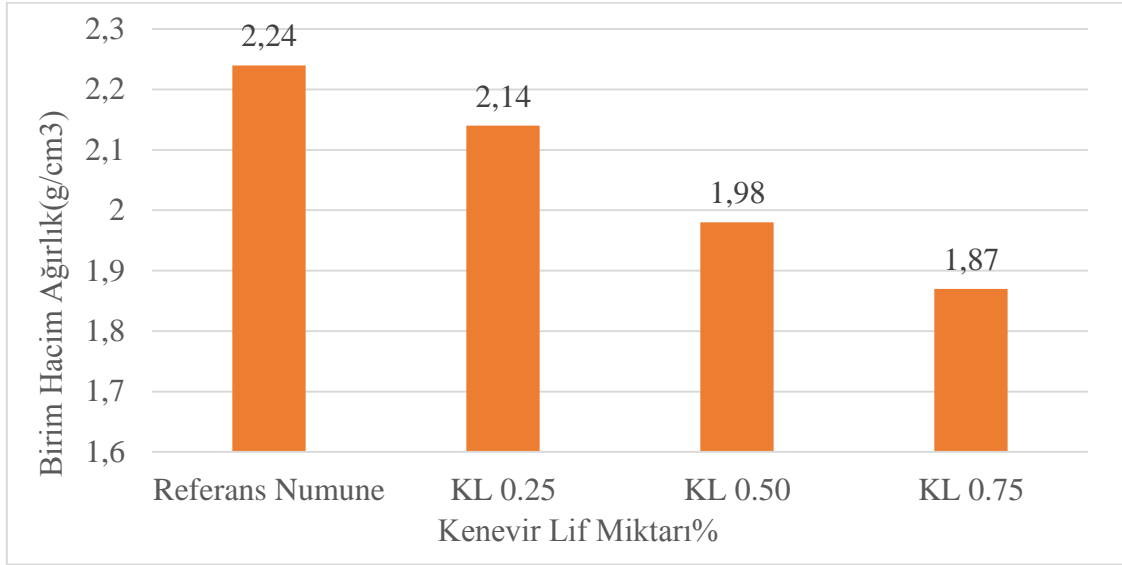
Deney numuneleri	Kütle (g)	Hacim (cm ³)	Birim hacim ağırlık (g/cm ³)
Referans numune	2240	1000	2.24
KL 0.25	2140	1000	2.14
KL 0.50	1980	1000	1.98
KL 0.75	1870	1000	1.87

Şekil 4.2 incelendiğinde kenevir lif katkılı numunelerde lif oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerleri azalmakta ve buna bağlı olarak boşluk miktarı artmaktadır. Kenevir lif katkılı numunelerde en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0.25 ile 2.14 g/cm³ ve en düşük değer ise %0.75 ile 1.87 g/cm³ olarak tespit edilmiştir.

Referans numuneye kıyasla KL 0.25 numunesinde; %4.64 oranında bir azalma görülmüştür.

Referans numuneye kıyasla KL 0.50 numunesinde ise %11.60 oranında bir azalma tespit edilmiştir.

Referans numuneye kıyasla KL 0.75 numunesinde %15.32 oranında bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.2. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları.

4.2.2. Su emme deneyinin sonuçları

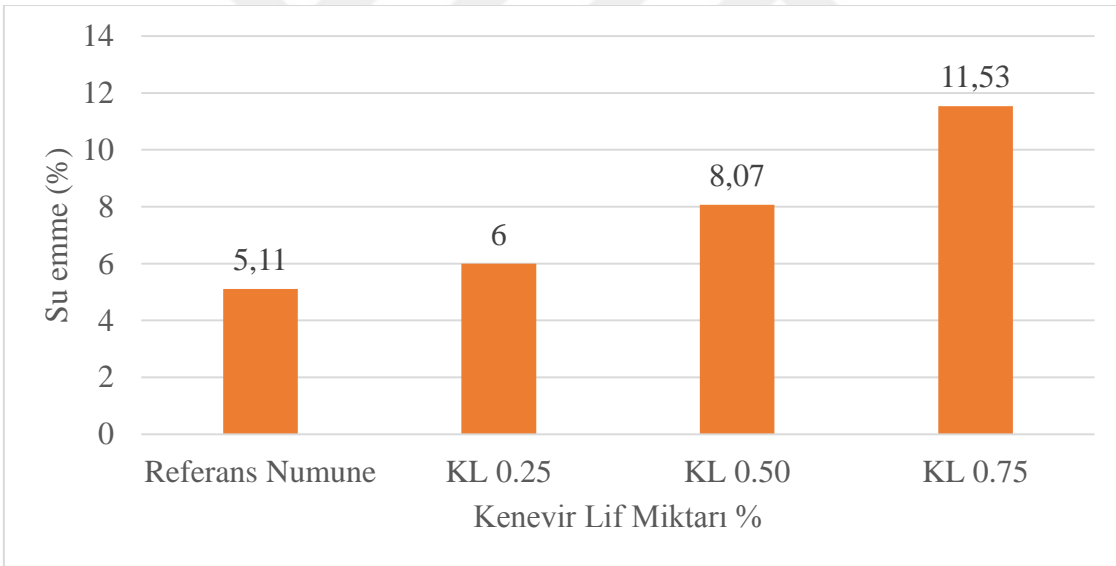
Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3 incelendiğinde kenevir lif miktarı arttıkça su emme yüzdeleri de artmaktadır. Kenevir lif katkılı numunelerde en yüksek su emme yüzdesi 0.75 katkı oranı ile %11.53 tür. Referans numuneye kıyasla yaklaşık iki katı bir artış görülmüştür. Su emme oranlarındaki artışın sebebi; liflerden kaynaklanan topaklanmalardan dolayı oluşan boşluk oranlarının artmasıdır.

Referans numuneye kıyasla KL 0.25 numunesinde; %17.41 oranında bir artış görülmüştür.

Referans numuneye kıyasla KL 0.50 numunesinde ise %57.93 oranında bir artış tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Ağırlıkça su emme yüzdeleri

Deney numuneleri	Kuru numune kütlesi w_0 (g)	Doygun numune kütlesi w_1 (g)	Ağırlıkça su emme yüzdesi (%)
Referans numune	2287.3	2404.1	5.11
KL 0.25	2165.85	2302.5	6
KL 0.50	2044.2	2209.15	8.07
KL 0.75	1871.95	2087.75	11.53



Şekil 4.3. Su emme deneyi sonuçları.

4.2.3. Basınç dayanımı sonuçları

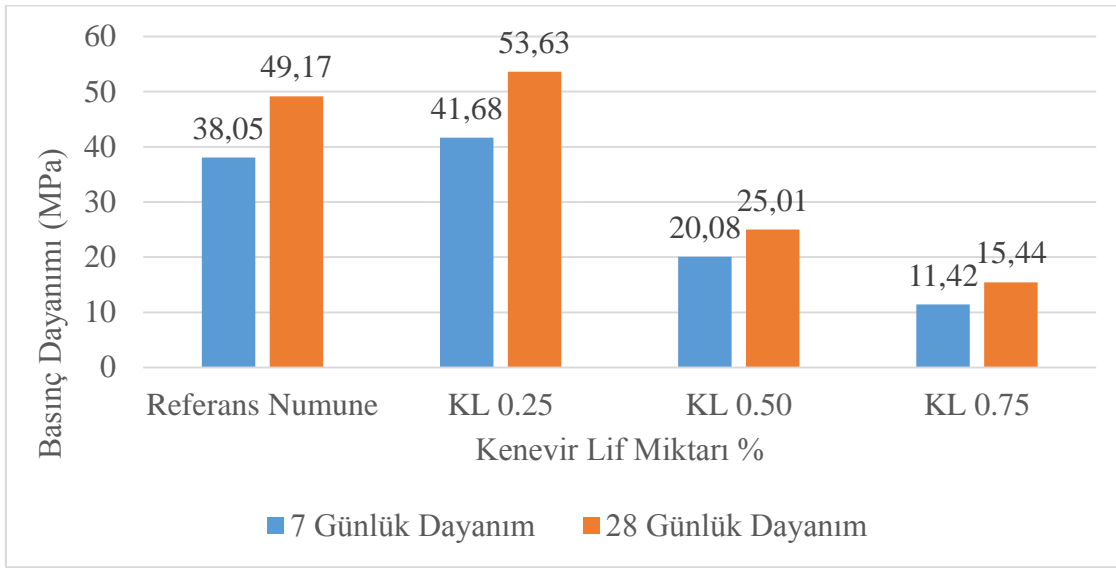
Bu çalışmada referans ve kenevir lif katkılı numunelere TS EN 12390-3 standartına uygun 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Çizelge 4.5 ve 4.6 da referans ve kenevir lif katkılı numunelerin basınç dayanımı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 7. gün sonundaki kırılma yükleri

7 Günlük Kırılma Yükleri		
Deney numuneleri	Numunenin kırılma anındaki yükü (kN)	Basınç dayanımı MPa
Referans numune	380.5	38.05
KL 0.25	416.8	41.68
KL 0.50	200.8	20.08
KL 0.75	115.3	11.53

Çizelge 4.6. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 28. gün sonundaki kırılma yükleri

28 Günlük Kırılma Yükleri		
Deney numuneleri	Numunenin kırılma anındaki yükü (kN)	Basınç dayanımı MPa
Referans numune	491.7	49.17
KL 0.25	536.3	53.63
KL 0.50	250.1	25.01
KL 0.75	154.4	15.44



Şekil 4.4. Basınç dayanımı deney sonuçları.

Şekil 4.4 incelendiğinde, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında 28 günlük dayanımlarda daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Referans numune 7 günlük basınç dayanımı 38.05 MPa iken 28 günlük basınç dayanımı 49.17 MPa % 29.22 oranında bir artış gözlenmiştir.

KL 0.25 numunesinde 7 günlük basınç dayanımı 41.68 MPa iken 28 günlük basınç dayanımı 53.63 MPa % 28.67 oranında bir artış belirlenmiştir.

KL 0.50 numunesinde 7 günlük basınç dayanımı 20.08 MPa iken 28 günlük basınç dayanımı 25.01 MPa % 24.55 oranında bir artış gözlenmiştir.

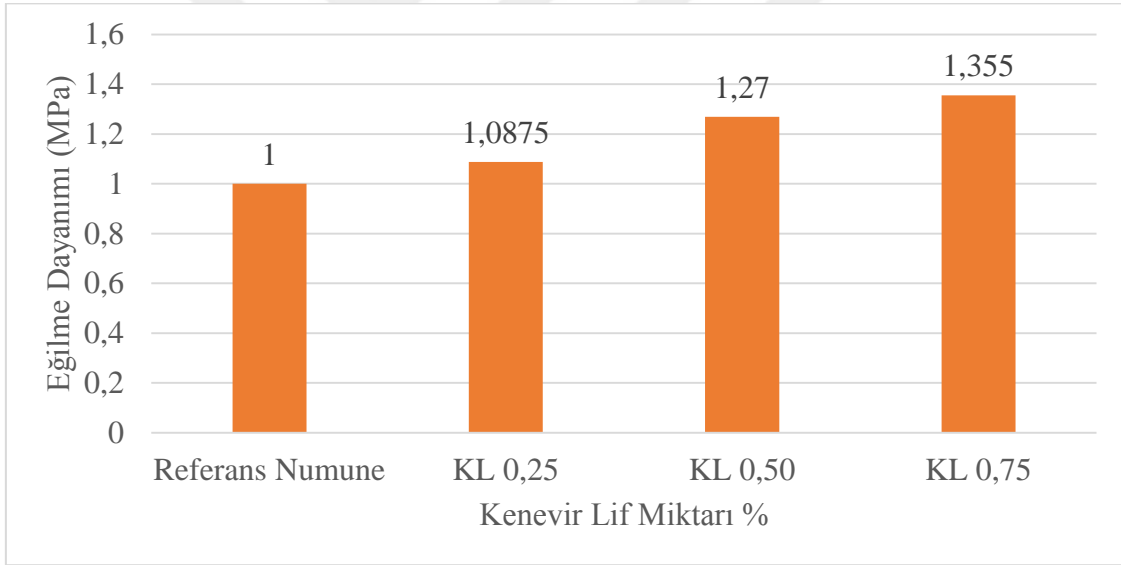
KL 0.75 numunesinde 7 günlük basınç dayanımı 11.42 MPa iken 28 günlük basınç dayanımı 15.44 MPa % 35.20 oranlarında bir artış görülmüştür.

Genel olarak deney sonuçlarına göre en yüksek dayanımı 53.63 MPa ile KL 0.25 kenevir lif katkılı betonda gözlenmiştir. Hedeflenen değer olan C30/37 beton sınıfını KL 0.25 katkılı numunelerde aşılmış yaklaşık olarak C45/55 beton sınıfına yaklaşılmıştır. Bu sonuç basınç dayanımı yüksek istenen betonlarda kenevir lifin %0.25 oranında katılmasının uygun olduğu göstermiştir. Diğer oranlardaki liflerde hedeflenen basınç dayanımı sağlanamadığı belirlenmiştir. Lif miktarının artmasıyla basınç dayanımında azalmalar görülmüştür. Basınç dayanımı en az olan numuneler 15.44 MPa

ile 0.75 katkılı lifli betonlarda görülmüştür. Bunun sebebi, lif miktarı artırıldığında işlenebilirlik azaldığı için basınç dayanımında azalmalar meydana gelmiştir.

4.2.4. Eğilme dayanımı sonuçları

Bu çalışmada 28 günlük 12 adet 10x10x40 cm boyutlarındaki referans ve kenevir lif katkılı kiriş numunelerine TS EN 12390-5 standartına uygun, üzerinde dört noktadan yüklemeli eğilme dayanımı deneyi yapılmıştır. Tüm numuneler için 0.04 kN/s yükleme hızı ve kiriş açıklığı 300 mm olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 4.5 ve Çizelge 4.7 de şahit ve kenevir lif katkılı numunelerin eğilme dayanımı değerleri verilmiştir.



Şekil 4.5. Eğilme dayanımı deney sonuçları.

Çizelge 4.7. Referans ve kenevir lif katkılı numunelerin 28. gün sonundaki kırılma yükleri

28 Günlük Kırılma Yükleri		
Deney numuneleri	Numunenin kırılma anındaki yükü (kN)	Eğilme dayanımı MPa
Referans numune	13.31	1.00
KL 0.25	14.5	1.0875
KL 0.50	16.95	1.27
KL 0.75	18.07	1.355

Şekil 4.5 ve Çizelge 4.7 incelendiğinde, lif miktarının artmasıyla eğilme dayanımında 0.25 katkılı numunelerde daha iyi sonuçlar verildiği görülmüştür.

KL 0.25 numunesinde 28 günlük eğilme dayanımı 1.08 Mpa iken referans numuneye kıyasla % 8 oranında bir artış belirlenmiştir.

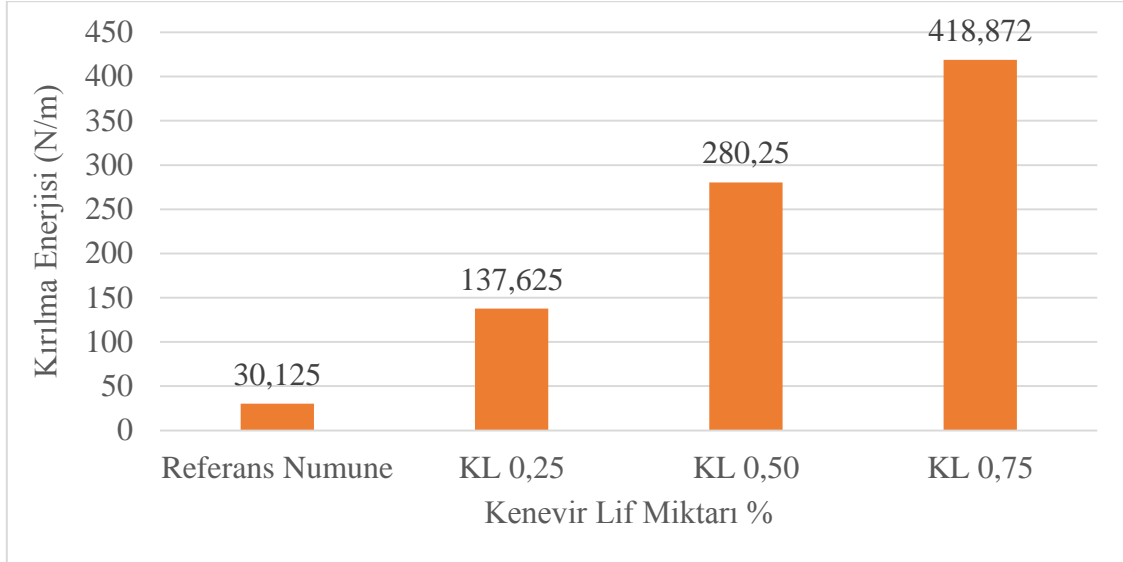
KL 0.50 numunesinde 28 günlük eğilme dayanımı 1.27 Mpa iken referans numuneye kıyasla % 27 oranında bir artış gözlenmiştir.

KL 0.75 numunesinde 28 günlük eğilme dayanımı 1.355 Mpa iken referans numuneye kıyasla % 35.5 oranında bir artış belirlenmiştir.

Beton numunelerinde lif miktarının artırılması; lifler gruplaşarak topaklandığında karıştırma ve yerleştirme işlemlerinden kaynaklanan boşluklar artması dayanımının düşmesine neden olmuştur. Eğilme dayanımı değerleri, betona ilave edilen lif miktarı ile doğrudan ilişkilidir.

4.2.5. Kırılma enerjisi deney sonuçları

Şekil 4.6 da referans ve kenevir lif katkılı numunelerin kırılma enerjisi değerleri verilmiştir.



Şekil 4.6. Kırılma enerjisi değerleri.

Numunelerin kırılma sırasında harcanan enerji değerleri yük – sehim grafiğinin altında kalan alana bağlıdır. Kenevir liflerin eklenmesi ile bu alan değerlerinde bir artış gözlenmiştir.

KL 0.25 numunesinde kırılma enerjisi 137.625 N/m iken referans numuneye kıyasla % 4 oranında bir artış belirlenmiştir.

KL 0.50 numunesinde kırılma enerjisi 280.25N/m iken referans numuneye kıyasla % 9.3 oranında bir artış gözlenmiştir.

KL 0.75 numunesinde numunesinde kırılma enerjisi 418.872 N/m iken referans numuneye kıyasla % 13.87 oranında bir artış belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 te taze ve sertleşmiş beton deneylerinin genel sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Deney sonuçlarının tümü

Deney numuneleri	Slump deney sonuçları (cm)	Birim hacim ağırlık deney sonuçları	Su emme deney sonuçları (%)	Basınç dayanımı sonuçları (MPa)		Eğilme dayanımı sonuçları (MPa)	Kırılma enerjisi sonuçları (N/m)
				7 günlük	28 günlük		
Referans numune	24	2.24	5.11	38.05	49.17	1.00	30.125
KL 0.25	20	2.14	6	41.68	53.63	1.0875	137.625
KL 0.50	16	1.98	8.07	20.08	25.01	1.27	280.25
KL 0.75	14	1.87	11.53	11.53	15.44	1.355	418.872



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Beton içerisine kenevir liflerin katılması sonucu; taze beton özelliklerinde bazı değişiklikler meydana gelmesinden dolayı kıvam (işlenebilir) ölçümü yöntemlerinin lifli betonlar için tekrar gözden geçirilmesi gereklidir. Deneyleerde elde edilen sonuçlar, beton içerisine kenevir lif katılması taze betonun işlenebilir özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Sertleşmiş beton özellikleri incelendiğinde; lif miktarının artması ile birlikte harçların kalıba daha boşluklu yerleşmesinden dolayı birim hacim değerlerinde azalma görülürken su emme değerlerinde artış görülmüştür. Bu boşluklar aynı zamanda basınç dayanımında düşük değerler almasına da neden olmuştur.

Doğal lif katkılı betonlar günümüzde gelişim gösterip birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada farklı oranlarda (% 0.25, %0.50, %0.75) kenevir lif katkılı betonların mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Üretilen beton numunelerin slump değerleri 24 - 14 cm arasında belirlenmiştir. Lif oranının artmasıyla slump (çökme) değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Çökme değerinin en fazla PP nolu referans beton numunesi olup 24 cm, en az olan 14 cm KL 0.75 numunesinde görülmüştür.
- Üretilen beton numunelerin birim hacim ağırlık değerleri 2.24 - 1.87 g/cm³ arasında belirlenmiştir. Lif oranının artmasıyla birim hacim ağırlık değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Kenevir lif katkılı numunelerde en yüksek birim hacim ağırlık değeri %0.25 ile 2.14 g/cm³ ve en düşük değer ise % 0.75 ile 1.87 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Referans numuneye kıyasla KL 0.25 % 4.64 oranında bir azalış belirlenmiştir. KL 0.50 referans numuneye kıyasla % 11.60 oranında bir azalış gözlenmiştir. Referans numuneye kıyasla KL 0.75 % 15.32 oranında bir azalma meydana gelmiştir.
- Üretilen beton numunelerin su emme değerleri % 5.11 – % 11.53 arasında belirlenmiştir. Lif oranı arttıkça su emme değerlerinde artış meydana gelmiştir. % 0.75 katkı oranı ile en yüksek su emme değeri bulunmuştur.
- Basınç dayanımında %0.25 lif katkılı beton numunelerinde 53.63 Mpa en yüksek dayanım değeri elde edilmiştir.

- Eğilme dayanımında en büyük artış 1.355 Mpa ile %0.75 lif oranına sahip betonlarda belirlenmiştir.
- Yapılan kırılma enerjisi deneylerinde kenevir lif oranının % 0.75'e çıkması ile lifsiz numuneye göre tokluğunun arttığı görülmüştür.
- Deney sonuçlarına bakıldığında lif oranının artmasıyla boşluk oranı da arttığı gözlenmiştir.

5.1. Öneriler

- Deneysel çalışma kapsamında üretilen karışımlarda su/ çimento oranı 0.45 sabit tutulmuştur. Farklı oranlarda deneysel çalışma yapılabilir.
- Bu çalışmada kullanılan agregaların dışında farklı agregaların kullanılması önerilebilir.
- Kullanılan liflerin farklı boylarda araştırılması yapılabilir.
- Liflerin beton içerisine homojen dağılmadığı için farklı bir kimyasal katkı kullanarak liflerin betonda topaklanmasını önleyerek yeni çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akalın, T., Kılınc, C., Işık, A., Zengin, H., 2013. Hazır beton sektörü ve beton kullanımındaki gelişmeler, *Hazır Beton Dergisi*, **116**: 66-72.
- Aksoy, D., Aytaç, S. ve Paslı, R. 2019. Endüstriyel Kenevir Gerçeği. **2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi**, Şubat 2019, Samsun.
- Alkan, G., 2004. *Polipropilen Lifli Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim 2008. Bitlis Limak Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. <https://www.limak.com.tr/sektorler/insaat/projeler/tamamlanantumprojeler/endustriyel-tesisler-ve-fabrikalar/bitlis-cimento-fabrikasi>, Erişim tarihi: 25.03.2008.
- Anonim 2017. Beton katkıları sika. <https://heris.com.tr/Resimler/2d9557f65cSika%20Viscocrete%20SF%2018%2020072201%20TR.pdf>, Erişim tarihi: 27.12.2021.
- Anonim 2018. Sürdürülebilir inşaat malzemelerinden kenevir. <https://www.cannabstech.com/artcles/hemp-hempcrete-the-most-sustainable-buldn-g-materal-on-Earth>, Erişim tarihi: 12.02.2018.
- Anonim 2019. Sürdürülebilir malzemelerinden kenevir. <https://www.nytimes.com/2018/01/29/scence/hemp-homes-cannabs.html>, Erişim tarihi : 12.02.2019
- Anonim 2020. Tekstil lif çeşitleri nelerdir. <https://atillatekstil.com/tekstil-bilgilendirme-atolyesi/tekstil-lif-cesitleri-nelerdir/>, Erişim tarihi: 26.12.2020.
- Anonim 2021. Kenevir. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hemp>, Erişim tarihi : 30.09.2021.
- Balciunas, G., Pundiene, I., Lakusione, L., Vejelis, S., Korjakins, A., 2015. Impact of hemp shives aggregate mineralization on physical–mechanical properties and structure of composite with cementitious binding. *Material Industrial Crops and Products*, **77**: 724-734.
- Bedirhanoglu, I., Ilki, A., 2009. Düşük dayanımlı betona sahip betonarme elemanların güçlendirilmesi için HPFRCC. *İstanbul Üniversitesi Dergisi*, **6**: 146-156.
- Bekem, İ., Gültekin, A.B., Dikmen, Ç.B., 2009. Yapı ürünlerinin ‘‘hizmet ömrü’’ açısından irdelenmesi: betonarme örneği. **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Mart 2009, Karabük.
- Bitar, R., Saad, G., Awwad, E., Khatib, H., Mabsout, M., 2020. Strengthening unreinforced masonry walls using natural hemp fibers. *Journal of Building Engineering*, **30**: 101253.
- Chinh, N., D., Sbartaı M. Z., Saiouri, N., Saliba, J., 2020. Design of a soil concrete as a new building material – Effect of clay and hemp proportions. *Journal of Building Engineering*, **32**: 101553.
- Çomak, B., Bidecib, A., Bidecib, S., Ö., 2018. Effects of hemp fibers on characteristics of cement based mortar. *Construction and Building Materials*, **169**: 794-799.
- Delatte, N. J. 2001. Lessons from Roman cement and concrete. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, **127**: 109-115.

- Güner, E. 2020. Sürdürülebilir yapı ve sürdürülebilir mimarlık. <https://insapedia.com/surdurulebilir-yapi-ve-surdurulebilir-mimarlik/>, Erişim Tarihi : 09.02.2020.
- Iucolano, F., Boccarusso, L. ve Langella, A. 2019. Hemp as eco-friendly substitute of glass fibres for gypsum reinforcement: Impact and flexural behaviour. *Composites Part B*, **175**: 107073.
- Kurt, G., 2006. *Lif İçeriği Ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Serin, S., Macit , M. E., Çınar, E. C., Çelik S., 2018. Doğal Kenevir Lifi Kullanımının Asfalt Beton Karışımlara Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6**: 732-744.
- Sonebi, M., Wana, S., Amziane, S., Khatib, J., 2015. Investigation of the mechanical performance and weathering of hemp concrete. *Academic Journal of Civil Engineering*, **33**: 416-421.
- Şimşek, N., 2021. *Kenevir Lifi, Keçi Kılı Ve Polipropilen Elyaf Katkılı Horasan Harcının Özelliklerinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Teweri, A., 2018. Hemp—A Sustainable Building Material. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, **5**: 327-332.
- Topçu İ., Demirel O., Uygunoğlu T., 2017. Polipropilen lif katkılı harçların fiziksel ve mekanik özellikleri. *Politeknik Dergisi*, **20**: 91-96.
- Tufan, M., Özel, C., 2018. Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kriterleri. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, **1**: 9-13.
- TS EN 206-1, 2009. Beton standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-1, 2012. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1008, 2003. Beton-Karma suyu-Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil-beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350-2, 2019. Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (çökme) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2019. Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanım, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-5, 2019. Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 5: Test numunelerinin eğilme dayanım, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13755, 2014. Doğal taşlar - Atmosferda su emme tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Zuo, J., 2014. Hemp In Construction. *Faculty of Architecture & the Built Environment, Delft University of Technology Julianalaan*, **134**: 2628.

EKLER

Ek A. Deneyler Fotoğrafları



Küp kalıplar



Prizmatik kalıplar

Şekil A.1. 10x10x10 cm küplerin ve 10x10x40 cm prizmatik kalıpların yağlanması fotoğrafları.



Kenevir lif

Şekil A.2. Kenevir liflerin manuel olarak kesim fotoğrafları.



Kiriş referans numuneler



Küp referans numuneler

Şekil A.3. Referans numunelerin kesit görünüşleri.

0.25 kenevir lif katkıli
kiriş numuneler0.25 kenevir lif katkıli
küp numuneler

Şekil A.4. 0.25 katkıli kenevir liflerin kesit görünüşleri.



0.50 kenevir lif katkılı kiriş ve küp numuneler

Şekil A.5. 0.50 katkılı kenevir liflerin kesit görünüşleri.



0.75 kenevir lif katkılı
kiriş numuneler



0.75 kenevir lif katkılı
küp numuneler

Şekil A.6. 0.75 katkılı kenevir liflerin kesit görünüşleri.



Numunelerin kalıptan
çıkartılması



Kür havuzuna
yerleştirilmesi

Şekil A.7. Numunelerin kalıptan çıkarılması ve kür havuzuna bırakıldığı fotoğraflar.



Küp numunelerin
tartılması



Kiriş numunelerin
tartılması

Şekil A.8. Numunelerin tartıldığı fotoğraflar.



Şekil A.9. Slump deney fotoğrafları.



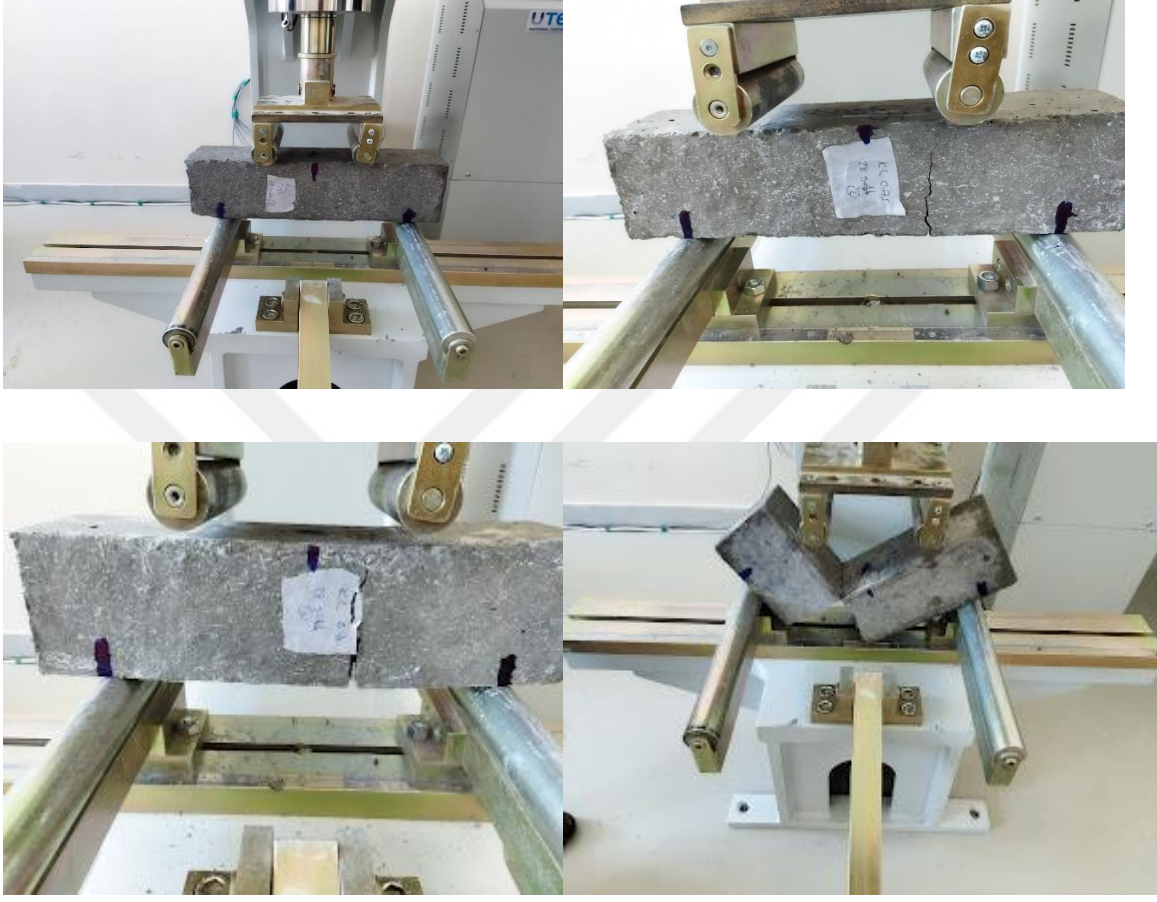
Referans numune

KL 0.25

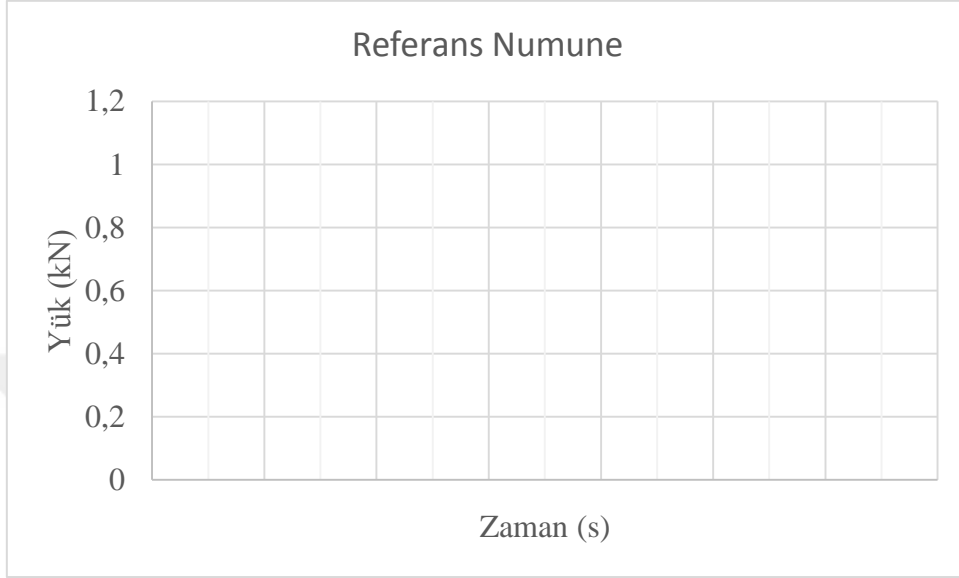
KL 0.50

KL 0.75

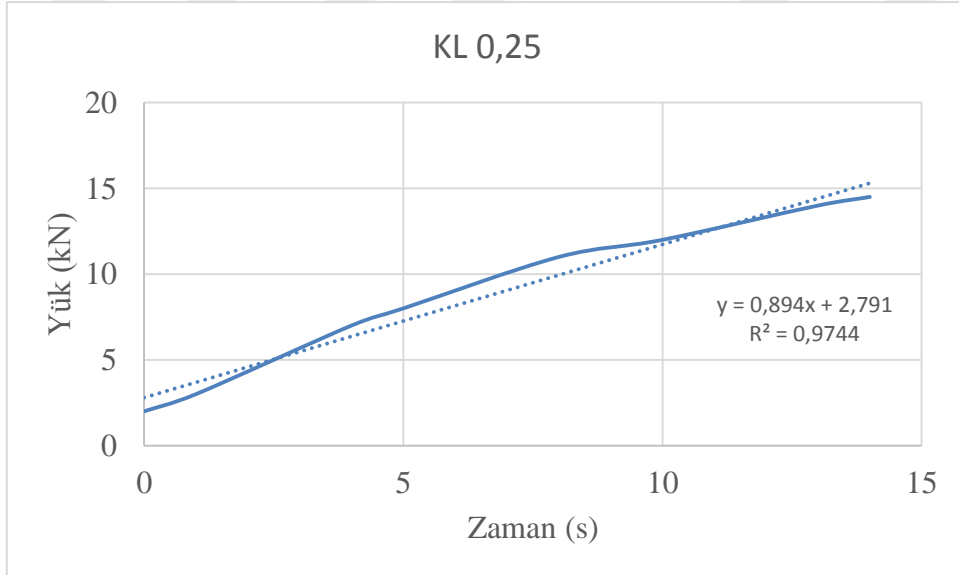
Şekil A.10. Basınç dayanımı deney fotoğrafları.



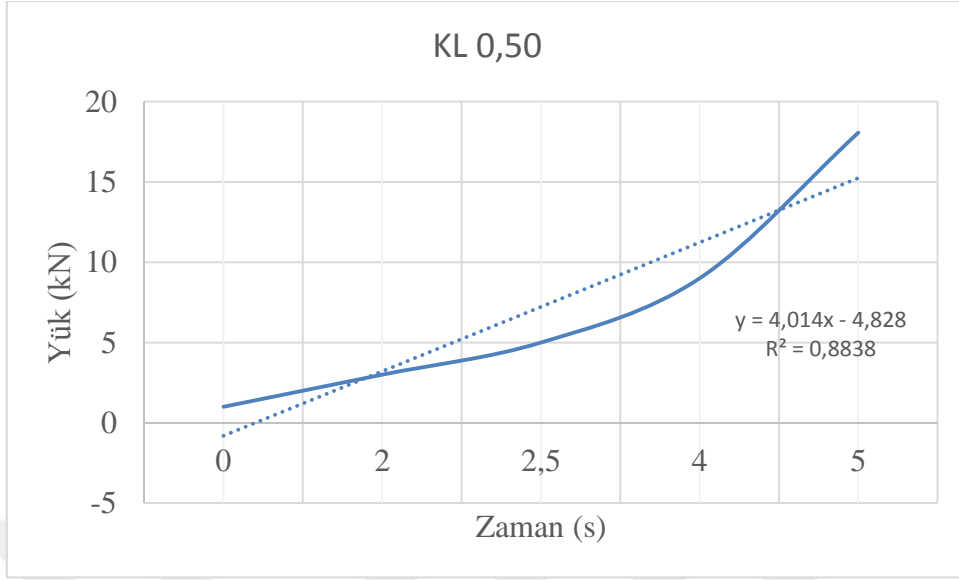
Şekil A.11. Eğilme dayanımı deney fotoğrafları.

Ek B. Eğilme Dayanımına Ait Yük - Zaman Grafikleri

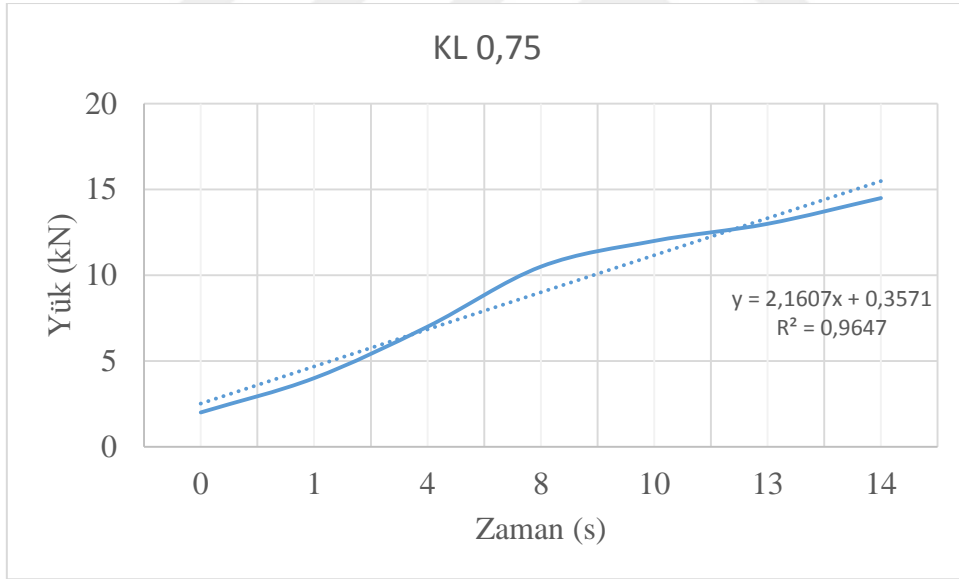
Şekil B.1. Referans numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı.



Şekil B.2. KL 0.25 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı.



Şekil B.3. KL 0.50 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı.



Şekil B.4. KL 0.75 numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı.

ÖZ GEÇMİŞ

İlköğretimini ve ortaokulunu Van 30 Ağustos İlköğretim Okulu'nda okudu. Lise öğrenimini Van Eminpaşa Anadolu Meslek Lisesi'nde tamamladı. 2015 yılında girdiği Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2020 yılında bitirdi. 2020 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Malzemeleri Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.





VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 23/06 /2022

Tez Başlığı/Konusu:

KENEVİRİN YAPI MALZEMESİ OLARAK BETON ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 70 sayfalık kısmına ilişkin, 23/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezim benzerlik oranı % (yüzde ondokuz) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Materyal ve yöntem hariç,
- Kaynaklar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinalite Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

23/06/2022

Adı Soyadı: NERİMAN KARŞIN

Öğrenci No: 20910001008

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: TEZLİ YÜKSEK LİSANS

Statüsü: Yüksek Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAY
UYGUNDUR

Dr.Öğr.Üyesi
Yaşar SUBAŞI DİREK