



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI LİF KATKILI POLİMER HARÇLARIN ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

CANER DEMİRDAĞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
DİSİPLİNLERARASI KOMPOZİT MALZEME TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ALPER BİDECI**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

FARKLI LİF KATKILI POLİMER HARÇLARIN ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Caner DEMİRDAĞ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Alper BİDECI
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Alper BİDECI
Düzce Üniversitesi

.....

Prof.Dr. Yılmaz KOÇAK
Düzce Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Şenol GÜRSOY
Karabük Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 21.06.2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Haziran 2022

Caner DEMİRDAĞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde bu tezin hazırlanmasına yardımcı olan, çalışmalarımı destekleyen, aksaklıklara rağmen desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Alper BİDECİ' ye ve savunma kurulunda yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Şenol GÜRSOY ve Prof. Dr. Yılmaz KOÇAK hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma boyunca hoşgörü ile yanımda duran, destekleyen anneme, babama, kardeşim Asel DEMİRDAĞ'a, sevgili eşim Hatice DEMİRDAĞ'a canım kızım Liya DEMİRDAĞ'a, arkadaşım Metin TUNCER'e ve Emrah YILMAZ'a teşekkür ederim. Tez aşamasında gerekli olan deneysel çalışmalarımı tamamlayabilmem için tüm olanakları sağlayan Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne ve laboratuvarına verdikleri destekten dolayı teşekkür ederim.

Haziran 2022

Caner DEMİRDAĞ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
KISALTMALAR.....	viii
SİMGELER	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	2
3. MATERYAL METOD	16
3.1. MATERYAL.....	16
3.1.1. Agrega	16
3.1.2. Çimento	17
3.1.3. Su	17
3.1.4. Polimer	17
3.1.5. Lifler	18
3.1.5.1. Hindistan Cevizi Lifi.....	18
3.1.5.2. Cam Elyaf Lifi	19
3.2. METOD.....	20
3.2.1. Karışım Oranlarının Belirlenmesi.....	21
3.2.2. Taze Beton Deneyleri	25
3.2.2.1. Yayılma Çapı Deneyi.....	25
3.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	26
3.2.3.1. Kuru birim ağırlık	26
3.2.3.2. Su Emme Deneyi.....	26
3.2.3.3. Basınç Dayanımı	27
3.2.3.4. Eğilme Dayanımı.....	28
3.2.3.5. Ultrasonik Ses Dalgası (UPV) Testi.....	29
3.2.3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) Analizi.....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
4.1. TAZE BETON DENEYLERİ	31
4.1.1. Yayılma Çapı Deneyi.....	31
4.2. Birim Ağırlık Deneyi.....	31
4.2.1. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	31
4.2.1.1. Kuru birim ağırlık	31
4.2.2. Su Emme Deneyi.....	32
4.2.3. Basınç Dayanımı.....	33
4.2.4. Eğilme Dayanımı	35
4.2.5. Ultrasonik Ses Dalgası (UPV) Testi	36
4.2.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) Analizi Sonuçları.....	37
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
6. KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	47

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Lifli beton numunesi	5
Şekil 3.1 Standart kum elek analizi.....	18
Şekil 3.2. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi.	19
Şekil 3.2.1. UTEST çimento mikseri.	25
Şekil 3.2.2. UTEST çimento yayılma tablası ve kesik koni.....	26
Şekil 3.2.3. Beton dökme kalıpları.....	26
Şekil 3.2.4. Çimento sıkıştırma makinesi.....	29
Şekil 3.2.5. Çimento sıkıştırma makinesi.....	30
Şekil 3.2.6. Ultrases Geçiş Hızı (UPV) Cihazı	31
Şekil 4.1. Beton numunelerin yayılma miktarları.	32
Şekil 4.2. Beton numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları grafiği (MPa).....	35
Şekil 4.2.1. Beton numunelerin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları grafiği (MPa)	36
Şekil 4.3. Cam elyaf lifi katkılı numunenin SEM görüntüsü.	38
Şekil 4.4. Cam elyaf lifi katkılı numunenin EDS analiz yeri.....	39
Şekil 4.5. Cam elyaf lif içeren numunenin taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi sonuçları.....	39
Şekil 4.6. Hindistan cevizi lifi içeren betonun SEM – EDS görüntüleri.....	40
Şekil 4.7. Hindistan cevizi lifi katkılı numunenin EDS analiz yeri.....	40
Şekil 4.8. Hindistan cevizi lif içeren numunenin taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi sonuçları.....	41

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Lif Çeşitleri ve Özellikleri	6
Çizelge 3.1. Malzemelerin teknik özellikleri.	20
Çizelge 3.2. Karışımda kullanılan kodların anlamları.....	22
Çizelge 3.2.1. Karışımda kullanılan kodlamalar ve açıklamaları.	23
Çizelge 3.2.2. Karışım oranları	24
Çizelge 4.2.1. Numunelerin kuru birim ağırlığı	33
Çizelge 4.2.2. Beton numunelerinin 28 su emme deney sonuçları.	34
Çizelge 4.2.3. Ultrases dalga boyuna göre beton kalitesi.....	37
Çizelge 4.2.4. Beton numuneler ve ultrases dalga hızları	38



KISALTMALAR

Ac	Numunenin en kesiti
As	Numunenin kuru ağırlığı
Bs	Doygun kuru yüzeyli numune ağırlığı
CL	Cam lifli katkılı beton
CLPOL	Cam lifli ve polimer katkılı numune
EDS	Enerji Dağılım Spektrometresi
F	Kırılma anındaki maksimum yük
Fc	Basınç dayanımı
HL	Hindistan cevizi lifli katkılı numune
HLPOL	Hindistan cevizi lifli ve polimer katkılı numune
MPa	Mega pascal
m1	Ağırlıkça su emme oranı
PC	Polimer Beton
R	Taze betonun yayılma çapı
REF	Referans numune
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopu
Sk	Sertleşmiş betonun kuru birim ağırlığı
UPV	Ultrasonik Ses Dalga Testi
V	Numune hacmi
V1	Birinci karışımın yayılma çapı
V2	İkinci karışımın yayılma çapı
V3	Üçüncü karışımın yayılma çapı
W	Kuru numune ağırlığı

SİMGELER

Bs	Doygun kuru yüzeyli numune ağırlığı g
D	Taze betonun yoğunluğu kg/m ³
Fc	Basınç dayanımı MPa
M1	Deney numunesinin kütlesi gr
m1	Ağırlıkça su emme oranı %
Sk	Sertleşmiş betonun kuru birim ağırlığı kg/m ³
V	Agrega hacmi cm ³
W	Etüv kurusu numune ağırlığı kg
Wa	Su emme oranı%



ÖZET

FARKLI LİF KATKILI POLİMER HARÇLARIN ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Caner DEMİRDAĞ

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Disiplinlerarası Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Alper BİDECİ

Haziran 2022, 46 sayfa

Beton günümüzde sudan sonra en çok kullanılan ikinci yapı malzemesidir. Betonun dayanımı üzerine yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Polimer betonlarda lif kullanımı ise son zamanlarda araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu tez kapsamında; betona %5 oranında poliüretan katılarak poliüretan katkılı beton elde edilmiştir. Elde edilen betona doğal liflerden Hindistan cevizi lifi (HLPOL) ve cam elyaf lifi (CLPOL) farklı oranlarda (%0, %0,5, %1, %1,5) 20 mm uzunluğunda ilave edilerek, polimer katkılı betonlarda doğal ve yapay liflerin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla taze haldeki betonlara yayılma çapı deneyi ve sertleşmiş betonlarda birim hacim ağırlık, 7 ve 28 günlük numunelerin basınç ve eğilme dayanımı deneyleri ve 28 günlük numunelerin ultrasonik ses dalga testi (UPV) deneyleri yapılmıştır. Ayrıca numunelerin içyapı analizleri için SEM-EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 7 günlük numunelerin basınç dayanımında en iyi sonuç %1 oranında hindistan cevizi lifi içeren HLPOL 5- serisinden ve 28 günlük kür süresi sonunda ise %1 hindistan cevizi lifi içeren HL 0-1 serisinden elde edilmiştir. Eğilme dayanım deneyi sonuçları incelendiğinde 7 ve 28 günlük kür sonunda %1,5 cam elyaf lifi içeren numunelerin (CL 0-1,5) optimum sonuç verdiği belirlenmiştir. Ultrasonik ses dalga testi sonuçları incelendiğinde en iyi sonucu 2,0 km/s ile CL 0-1 serisinin sağladığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda; doğal bir lif olan hindistan cevizi lifinin ve yapay bir lif olan cam elyaf lifinin %5 poliüretan katkılı polimer beton içerisinde optimum %1 olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Beton, Cam elyaf lifi, Hindistan cevizi lifi, Lifli beton, Polimer

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF DIFFERENT FIBER REINFORCED POLYMER MORTARS

Caner DEMİRDAĞ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Interdisciplinary

Composite Materials Technologies

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Alper BİDECI

June 2022, 46 pages

Today, Concrete is the second most used building material after water today. Research on the strength of concrete is increasing day by day. The use of fiber in polymer concrete has recently attracted the attention of researchers. Within the scope of this thesis; Polyurethane added concrete was obtained by adding 5% polyurethane to the concrete. Coconut fiber (HLPOL) and glass fiber fiber (CLPOL), which are natural fibers, are added to the concrete obtained in different proportions (0,5%, 1%, 1.5%) in 20 mm length and natural and artificial fibers are added to the polymer reinforced concrete. effect has been investigated. For this purpose, diffusion diameter test on fresh concrete, unit volume weight test on hardened concrete, compressive and flexural strength tests on 7 and 28 days samples and ultrasonic sound wave test (UPV) tests on 28 days samples were performed. In addition, SEM–EDS analyzes were performed for the internal structure analysis of the samples. In the study, the best results in the compressive strength of the 7-day samples were obtained from the HLPOL 5- series containing 1% coconut fiber, and at the end of the 28-day curing period, from the HL 0-1 series containing 1% coconut fiber. When the flexural strength test results were examined, it was determined that samples containing 1.5% glass fiber fiber (CL 0-1.5) gave optimum results at the end of 7 and 28 days of curing. When the ultrasonic sound wave test results were examined, it was observed that the CL 0-1 series provided the best result with 2.0 km/h. As a result of the study; The optimum usability of coconut fiber, which is a natural fiber, and glass fiber, which is an artificial fiber, in 5% polyurethane added polymer concrete was determined.

Keywords: Coconut fiber, Concrete, Fiber concrete, Glass fiber, Polymer

1. GİRİŞ

Betonların günümüzde sıklıkla kullanılan bir yapı malzeme olmasının üç ana nedeni vardır: kolay işlenebilirlik, düşük maliyet ve kolay ulaşılabilirlik. Beton; bileşenleri arasında agrega, çimento, su ve bazı durumlarda kullanılan katkı maddelerinin yer aldığı bir yapı elemanıdır. Beton içerisinde gerçekleşen ani kırılmayı önlemek için çeşitli malzemeler ikame edilmektedir. Betonun gevrekliği önlenmek için içerisine çelik donatılar yerleştirilse bile, akma dayanımına ulaşan çelik kopma noktasına ulaşarak gevrek kırılma oluşturabilir. Bu ani kırılmaları engelleyerek betonun esnekliğini arttırmak amacıyla karışım içerisine farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip lifler katılabilmektedir.

Lif, bilinen diğer adıyla elyaf, boyutları birbirine göre çeşitlilik gösteren ve doğal yollarla veya insan tarafından üretilen malzemelerdir. Liflerin günümüzdeki kullanımının yanı sıra, insanlık tarihinde yüz yıllardan beri kullanılmaktadırlar. Geçmiş yüzyıllardaki yapılarda, özellikle alçı ve kerpiç gibi malzemelerde lif formunu oluşturabilmek için keten, kenevir, atkuyruğu, keçi kılı vb. doğal lif malzemeler kullanılmıştır.

Bu çalışmada; betona %5 oranında poliüretan katılarak poliüretan katkılı beton elde edilmiştir. Elde edilen betona doğal liflerden Hindistan cevizi lifi ve cam elyaf lifi ayrı ayrı farklı oranlarda (%0, %0,5, %1, %1,5) 20 mm uzunluğunda ilave edilerek, polimer katkılı betonlarda doğal ve yapay liflerin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla taze haldeki betonlara birim hacim ağırlık ve yayılma deneyleri, sertleşmiş betonlara ise birim hacim ağırlık, 7 ve 28 günlük numunelerin basınç ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca numunelerin iç yapı analizleri için SEM – EDS analizleri ile ultrasonik ses dalga testi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Betonların günümüzde sıklıkla kullanılan yapı elemanı olmasının üç ana nedeni vardır: kolay işlenebilirlik, düşük maliyet ve kolay ulaşılabilirlik. Bileşenleri arasında agrega, çimento, su ve bazı durumlarda kullanılan katkı maddelerinin yer aldığı bir yapı elemanıdır. Betonun eğilme (bükülme) dayanımının basınç dayanımına oranı yaklaşık olarak %10'dur [1]. Bu sebeple beton esnek olmayan (gevrek) davranış sergilemektedir. Beton içerisinde gerçekleşen ani kırılmayı önlemek için çeşitli malzemeler ikame edilmektedir. Betonun gevrekliğini önlenmek için içerisine çelik donatılar yerleştirilse bile, akma dayanımına ulaşan çelik kopma noktasına ulaşarak gevrek kırılma oluşturabilir. Bu ani kırılmaları engelleyerek betonun esnekliğini arttırmak amacıyla karışım içerisine farklı miktarlarda ve betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştiren lifler katılabilmektedir.

Lif, bilinen diğer adıyla elyaf, boyutları birbirine göre çeşitlilik gösteren ve hem doğal yollarla hem de yapay olarak üretilen malzemelerdir. Dayanımları ve elastisite modülleri, aynı malzemenin hacmine göre çok yüksektir [2]. Lifler, günümüzdeki kullanım amacının haricinde, insanlık tarihinde yüz yıllardan beri kullanılmaktadırlar. Geçmiş yüzyıllardaki yapılarda lif formunu oluşturabilmek için keten, kenevir, atkuyruğu, keçi kılı vb. doğal lif malzemeler kullanılmıştır.

Lifli beton olarak adlandırılan yapı malzemesinin bünyesinde, betonu da oluşturan, agrega, çimento, su ve düzensiz dağılım eğilimi sergileyen lifler bulunurken, bazı durumlarda kimyasal ve mineral katkı malzemeleri de kullanılabilir. Lif içerikli betonlar, kompozit malzemeler grubun ait lifli kompozitler sınıfına dahildir. Çimento hamuru olarak adlandırılan malzeme matris malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu hamurun görevi lifleri bir arada tutarak dış etmenlerden korumak ve liflerle birlikte gerilme transferini sağlamaktır.

Lif katkılı beton üretiminde yaygın olarak kullanılan lif türleri doğal, çelik, polimer ve cam esaslı liflerdir (Şekil 2.1.). Beton içerisinde lif kullanmak, betonda çatlak ilerlemesine karşı dirençli olmasını sağlayarak süneklik özelliğinin artırır. Aynı zamanda betonun dayanım ve enerji sönmeme kapasitesini geliştirir. Lifli betonun özellikleri arasında yer alan narinlik oranı, lif miktarı ve lifin beton içerisinde her noktada aynı özellikleri gösterebilecek şekilde dağılması, betonun mekanik özelliklerini etkileyen en önemli etkenlerdir. Beton içerisinde yer alan liflerin homojen bir şekilde dağılması, çatlakları önleyerek, beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonun dayanımını daha yüksek hale getirmesi anlamına gelmektedir.

Liflerin betona sağladığı katkılar aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Taze betonlarda çatlak oluşumunu engellemesi,
- Eğilme ve Çekme dayanımlarını arttırması,
- Tokluğu arttırması,
- Gevrek davranışı engellemesi,
- Betonun dayanım süresini arttırır [3].



Şekil 2.1. Lifli beton numunesi.

Lifler, kullanıldıkları alanlara ve sahip oldukları farklı mekanik özelliklere göre çeşitli gruplara ayrılırlar. Bu lifler genellikle şu şekilde sınıflanırlar [3].

1. Doğal Lifler

- Hayvansal Lifler
- Bitkisel Lifler
- Mineral Lifler

2. Sentetik Lifler

- Polimer Lifler
- Metalik Lifler
- Seramik Lifler.

Çizelge 2.1. Lif Çeşitleri ve Özellikleri.

Lif Cinsi	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Maksimum Uzama (%)	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)
Akrilik	207-414	2,1	25-45	1,1
Asbestler	552-966	83-138	0,6	3,2
Pamuk	414-690	4,8	3-10	1,5
Cam	1035-3795	69	1,5-3,5	2,5
Naylon	759-828	4,1	16-20	1,1
Polyster	724-863	8,3	11-13	1,4
Polietilen	690	0,14-0,40	10	0,95
Polipropilen	552-759	3,5	25	0,9
Pamuk-Yün	414-621	6,9	10-25	1,5
Mineral Yünü	483-759	69-117	0,6	2,7
Çelik	276-2760	200	0,5-3,5	7,8

Doğal liflerin elde edilmesi kolay bir prosestir. Fakat bu liflerin, alkali ortamlara karşı dayanımı olmadığı için, bu ortamlarda parçalanırlar. Parçalanma sorununun çözebilmesi için betonun alkalitesini azaltıcı şekilde etki edebilecek katkıları yapılmalıdır. Saman ve at yelesi en eski doğal lif örneklerindendir. Bu lifler tekstil sanayinde ve petrokimya endüstrisindeki ilerlemeler sonucunda meydana gelen insan tarafından üretilen liflerdir. Sentetik lifler betondaki alkali duruma karşı dayanımı yüksektir. Naylon, polyester ve akrilik, polimer esaslı sentetik liflere örnek olarak söylenebilmektedir [4].

Yıldız ve Ulucan'ın araştırmasında, %0,2, %0,4 ve %0,6 cam elyafı (ağırlıkça) içeren beton boruların üst yük dayanımlarının değişimi incelenmiştir. Beton borular standart prosedürlere (TS 821 EN 1916) göre test edilmiştir. Bu testlerden, cam elyafı içeren beton boruların kırılma yükünün, cam elyafı içermeyen beton borulara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Fiberglas oranı artırıldığında beton boruların üst yükleri artmıştır. Ayrıca aynı koşullarda elde edilen beton boruların kanalizasyon ve yağmur suyunun uçtuğu boruların bir yıl boyunca toprak altında bekletilmesinin ardından üst basınç yükü incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yirmi sekiz gün sonra %0,6 cam elyafı içeren üst yük dayanımlarının %21,54 arttığı ve

bir yıl sonra aynı cam elyafı içeren beton boruların %27,40 üst yük dayanımlarının arttığı görülmüştür. Test sonuçlarına bağlı olarak yük-deplasman eğrileri çizilmiştir. Ayrıca beton boruların deplasmanının ve kırılma yükünün arttığı görülmektedir [5].

Bölükbaş ve Keleştemur'un cam elyaf içeren betonun basınç ve çekme dayanımını saptadığı çalışmada, betonun gevrek bir yapıya sahip olmasından dolayı uygulamalarda farklı malzemeler ile birlikte desteklenmesi gerektiği anlatılmıştır. Betona süneklik özelliği katabilmek için katılacak malzemelerden birisi de cam elyafıdır. Cam elyaf ilavesi, betonda oluşabilecek çatlakların hızlı bir şekilde yayılmasını önleyerek beton dayanımında artış sağlamaktadır. Yapılan çalışmada C30 betonun dayanım sınıfı olarak belirlenmiştir. Farklı muhtevalardaki cam elyafın etkisini görebilmek için, betonun basınç ve çekme dayanımı özellikleri ele alınmıştır. Denek için, C30 beton sınıfında, sabit su ve çimento oranına sahip 300 ve 350 doz olarak belirlenen beton numuneler hazırlanmıştır. Ardından, bu numunelerde ultra ses geçiş hızı, yarmada ve basınç çekme dayanımlarını inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Gerçekleştirilen deney çalışmaları sonucunda, özellikle 5 ve 10 kg/m³ cam lif eklenmiş betonlarda basınç dayanımında olumlu bir etki saptanmıştır. Ayrıca, cam lif oranı arttıkça betonların çekme dayanımlarında da artış meydana gelmiştir. Ultra ses geçiş hızlarında ise düşüşler olduğu gözlemlenmiştir [6].

Pişkin'in polimer beton ve cam tozu ile ilgili yaptığı çalışmada, polimerlerin yapılarında gözenek olmadığından ve seramik malzemelere kıyasla düzensiz bir yapıya sahip olduğundan dolayı az iletkenlerdir. Yapısında elyaf içerikli dolgu maddeleri bulunduranlar bu genellemenin dışında kalmaktadır. Buna bağlı olarak, sıcaklık ile birlikte bu özellikler azalır ve bu şartlarda seramik daha yalıtkan davranır. Genellikle, organik yüksek polimerlerin hacimsel direnci; dolgu maddelerine, kimyasal karışıma, rutubete ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Günümüzde plastiklerin seramik, cam, metal vb. malzemelerin yerine kullanılmasındaki ana neden kolay şekillendirilmelerine bağlı gösterdikleri mekanik ve fiziksel özellikleridir. Plastikler, gösterdikleri mekanik özelliklere bağlı olarak çeşitli alanlarda kullanılabilir. Bu yüzden, plastik malzemeleri de metal malzemeler gibi makine parkurlarında işlemek ve kaynak etmek mümkündür. Kaynak ve sürtünme ile birleştirme, metal proseslerinde kullanılan birleştirme metotlarına benzerdir [7].

Ali'nin Hindistan cevizi lifini mühendislik uygulamalarında incelediği çalışmada, Hindistan cevizi liflerinin özellikle inşaat sektöründe bir malzeme olarak kullanılması ele alınmıştır. Hindistan cevizi lifi, özellikle tropik bölgelerde çokça bulunan doğal liflerden birisi olup, hindistan cevizi meyvesinin kabuğundan elde edilmektedir. Bu çalışmada, yalnızca hindistan cevizi liflerinin mekanik, kimyasal ve fiziksel özellikleri ele alınmamış, aynı zamanda bu

liflerin takviye elemanı olarak kullanıldığı kompozitlerin (çimento macunları, harç veya beton vb.) özellikleri de tartışılmıştır. Son on yılda çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen araştırmalar ve bunların sonuçları da kısaca sunulmuştur. Hindistan cevizi lifi barından takviyeli kompozitler, ucuz ve yapısal dayanımı olmayan elemanlar olarak kullanılmıştır. Bu derlemenin amacı, hindistancevizi liflerinin inşaat mühendisliğinde yapı malzemesi olarak kullanılmasının ön plana çıkarılmasıdır [8].

Murthy, Sharda ve Jain'in cam elyaf lifi içeren betonların performansını inceleyen çalışmasında, bu araştırmada, ince agrega ikamesi olarak değişen oranlarda cam elyafı içeren betonun basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve işlenebilirliği incelenmiştir. Bu parametrelerin sonucu, standart M30 dereceli betonunkilerle karşılaştırılır. Cam elyaf yüzdesindeki artışla beklendiği gibi eğilme mukavemeti önemli ölçüde artarken, basınç mukavemetindeki artış nominaldır. Ayrıca cam elyafı içeriğindeki artışla birlikte cam elyaf takviyeli betonun çökme değerinde önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Ön araştırmalar, bu endüstriyel atığın kullanımının sadece betonun özelliklerini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda bu tür biyolojik olarak parçalanamayan atıkların güvenli ve verimli bir şekilde bertaraf edilmesini sağladığını ortaya koymaktadır [9].

Soykan ve Özel'in mermer tozlu polimer beton üzerine yaptığı çalışmasında, betonda mermer tozunun 7 farklı elek (0.075-0.150, 0.150-0.180, 0.180-0.425, 0.425-0.600, 0.600-1.180, 1.180-2.360, 2.360-4.00) aralığından geçirilerek agrega olarak kullanılması araştırılmıştır. Beton karışım içerisine polyester bazlı reçine (polipol 314) ile karıştırılarak 7 farklı beton serisi hazırlanmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan çalışmalarda fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiş olup, en iyi sonucu 0.075-0.150 mm aralığındaki tane boyutundaki mermer tozunun verdiği saptanmıştır [10].

Borhan'ın "Kısa bazalt elyaf ile güçlendirilmiş cam betonun özellikleri" çalışmasında, kıyılmış halde bulunan bazalt lifi ile kuvvetlendirilmiş cam agrega betonun özellikleri hakkında deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Geri dönüştürülmüş atık renkli cam, farklı hacimde lif fraksiyonlarına (toplam karışım hacmine göre %0, %0,1, %0,3 ve %0,5) sahip doğal ince agrega için kısmi bir ikame olarak (ağırlıkça %20, %40 ve %60) kullanılmıştır. Cam ve bazalt elyafın birleşik etkisinin, taze ve sertleşmiş betonun mekanik özellikleri üzerinde etkisi araştırılmıştır. İlave olarak, bu tip beton için ısı transferi de incelenmiştir. Her karışım için verilerin varyantı araştırmak için istatistiksel bir analiz de yapıldı. Test sonuçlarında, cam içeriğindeki %20'nin üzerindeki artışla birlikte basınç ve yarma çekme mukavemetinde hafif bir azalma olduğunu göstermiştir. Bazalt elyafın kullanılması, tüm karışımlar için iyileştirme

sağladığı görülmüş ve her camdaki kum yüzdesinde daha yüksek mukavemet sağlayan optimum bir elyaf içeriği olduğu gözlenmiştir [11].

Ramli, Kwan ve Abas'ın barçip lifi içerikli betonun dayanıklılığını inceleyen çalışmasında, deniz yapıları, onlarca yıldır deniz suyu saldırılarından zarar gördü. Şimdiye kadar, bu yapılar üzerindeki zararlı etkileri en aza indirmek için en iyi yaklaşım, yüksek dayanımlı, yüksek performanslı beton kullanmaktır. Ancak, bu yaklaşımın sınırlamaları vardır. Sıçrayan bölgelerdeki genişleme ve büzülme nedeniyle bir çatlak başladığında ve sülfat atakları nedeniyle genişleme ürünleri oluştuğunda, çatlak büyüyecek ve kontrolsüz bir şekilde ilerleyecektir. Sonuçta, yapının dayanıklılığı büyük ölçüde azalır. Bu deneyin amacı, kısa, ayrı hindistancevizi liflerini yüksek mukavemetli betona dahil ederek bu sınırlamayı azaltmaktır. Bu yöntem, ayrık fiber tarafından sağlanan lokalize güçlendirme etkisinin agresif ortamların neden olduğu çatlakların gelişimini engelleyebileceği fikrine dayanmaktadır. Yapılar üç tip agresif ortama maruz kalmıştır. Tropikal bir iklimde hava ortamı (A serisi), 14 günlük bir döngüde (4 gün ıslatma + 10 gün kuruma) alternatif hava ve deniz suyu ortamları (N serisi) ve sürekli deniz suyuna daldırma (W serisi). Her yapının mukavemetini incelemek için basınç ve eğilme parametreleri kullanılırken, dayanıklılık özelliklerini incelemek için klorür penetrasyonu, içsel geçirgenlik ve karbonatlaşma derinliği kullanıldı. Mineraloji ve mikro yapı, X-ışını kırınımı ve taramalı elektron mikroskobu incelemeleri yoluyla incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, yapıların basınç ve eğilme dayanımlarının hindistancevizi liflerinin eklenmesiyle sırasıyla %13 ve %9'a kadar arttığını kanıtlamaktadır. Ancak dayanıklılık açısından, lif içeriğindeki artışla klorür penetrasyonu, içsel geçirgenlik ve karbonatlaşma derinliği artar. En önemlisi, içsel geçirgenlikte, N serisindeki düz numune, maruz kalma süresi 365 günden 546 güne yükseldiğinde içsel geçirgenlikte ani bir artış gösterdi. Bu sonuç, liflerin çatlak gelişimini sınırlamada rol oynadığını göstermektedir [12].

Ramli, Kwan ve Abas'ın "Agresif ortamlarda hindistancevizi lifi takviyeli betonun mukavemeti ve dayanıklılığı" çalışmasında, yapılar üzerindeki zararlı etkileri en aza indirmek için yapılacak en mantıklı yaklaşım, yüksek dayanıma ve performansa sahip beton kullanmaktır. Ancak, bu yaklaşımın bazı sınırları vardır. Sıçrayan bölgelerdeki genişleme ve büzülme nedeniyle bir çatlak başladığında ve sülfat atakları nedeniyle genişleme ürünleri oluştuğunda, çatlak büyüyerek kontrolsüz bir şekilde ilerlemeye başlayacaktır. Buna bağlı olarak, yapının dayanıklılığında büyük ölçüde azalma gözlenir. Bu deneyin amacı, ayrı hindistancevizi liflerini yüksek mukavemetli betona dahil ederek bahsi geçen sınırlamayı azaltmaktır. Bu yöntem, ayrık fiber tarafından sağlanan lokalize güçlendirme etkisinin agresif ortamların neden olduğu çatlakların gelişimini engelleyebileceği fikrine dayanmaktadır [13].

Yan ve Chouw'un "Çelik takviyeli beton ve keten lifi takviyeli polimer boru ile sınırlandırılmış hindistan cevizi lifi takviyeli beton kirişler üzerine bir çalışma" çalışmasında, konvansiyonel çelik betonarme kiriş ve keten elyaf takviyeli polimer boru ile sarılmış düz beton referans olarak kabul edilmiştir. 4 nokta eğilme altında toplam 18 adet kiriş test edilmiştir. Keten lifi takviyeli polimerle sarılı beton numuneler için 2 ve 4 katlı kumaş olmak üzere iki farklı boru kalınlığı kullanılmıştır. Hindistan cevizi lifi ilavesinin, çelik inşaat demiri-hindistan cevizi lifi takviyeli beton ve keten lifi takviyeli polimer boru ile sınırlandırılmış hindistancevizi lifi takviyeli beton kirişlerin eğilme davranışı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, keten lifi takviyeli polimer boru ile sarılmış düz beton ve keten lifi takviyeli polimer boru ile sarılmış hindistancevizi lifi takviyeli beton kompozit kirişlerin performansı, çelik takviyeli beton ve çelik inşaat demiri-hindistan cevizi lif takviyeli beton kirişlerle karşılaştırılmıştır. Test sonuçları, hindistan cevizi lifinin eklenmesinin, çelik takviyeli beton kirişe kıyasla, çelik inşaat demiri hindistan cevizi lifi takviyeli beton kirişin enerji emilimini önemli ölçüde arttırdığını ancak yük taşıma kapasitesini biraz arttırdığını göstermektedir [14].

Ali ve Chouw'un "Hindistan cevizi lifi ile güçlendirilmiş betondan hindistancevizi lifi halat çekme mukavemeti ve sıyrılması üzerine deneysel araştırmalar" çalışmasında, duvarların birbirine yeni kenetlenen bloklarla inşa edilmesi amaçlanarak, inşaat malzemesi olarak hindistancevizi lifi takviyeli beton (CFRC) kullanılmıştır. Halat ankrajı, temele ve üst bağlantı kirişlerine gömülerek elde edilmiştir. Halat ve CFRC arasındaki bağ önemli bir role sahipken, halat gerilme mukavemeti de önerilen yapının genel stabilitesinde önemli yere sahiptir. Deprem nedeniyle oluşan halat gerilimi, yapının çökmesini önlemek için hem çekme kuvvetinden hem de halatın çekme yükünden daha az olmalıdır. Pilot bir çalışmada, mevcut çalışmanın kapsamı, halatın eksenel çekme davranışı ve çekme kapasitesi ile sınırlı olduğunu göstermiştir [15].

Nadgouda'nın "Coconut Fibre Reinforced Concrete" adlı çalışmasında, beton, tüm dünyada en yaygın kullanılan inşaat malzemesidir. İnşaat sektöründe bilim ve teknolojiye yeniliklerle betonun yapı malzemesi olarak kapsamı genişlemiştir. Beton, çekme ve eğilmede zayıf olduğundan, en yaygın olarak çelik takviye çubukları kullanılarak güçlendirilir. Ancak çelik donatı kullanımı pahalıdır. Betonu daha güçlü, dayanıklı ve ekonomik hale getirmek için çeşitli lif türlerini betona eklemek için dünya çapında önemli çabalar sarf edilmiştir. Hindistan cevizi lifi gibi doğal lifler, betonarme malzemelerin geliştirilmesinde etkin olarak kullanılabilecek belirli fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Çoğu durumda, bu hindistancevizi lifleri tarımsal atık olarak atılır, bu nedenle büyük miktarlarda kolayca temin edilebilir ve dolayısıyla onları ucuz hale getirir. Bu projenin temel amacı, betonun hindistancevizi lifleri ile

güçlendirilerek özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik deneysel çalışmalar yapmaktır. Bu amaca ulaşmak için aşağıdaki hedefler belirlenmiştir:

1. Hindistan cevizi liflerinin eklenmesinden sonra betonun eğilme mukavemetindeki iyileşmeyi belirlemek.
2. Hindistan cevizi liflerinin eklenmesinden sonra betonun çekme mukavemetindeki iyileşmeyi belirlemek.
3. Hindistan cevizi lifi ilavesinin betonun basınç dayanımına etkisinin bilinmesi.
4. Alternatif bir hafif malzeme sağlamak.
5. Hindistan cevizi lifi ile güçlendirilmiş betonun çatlamayı azaltmadaki performansını değerlendirmek [16].

Kızılkanat, Kabay, Akyüncü, Chowdhury ve Akça'nın bazalt ve cam elyaf içeren betonların kırılma davranışlarını ve mekanik özelliklerini incelediği çalışmasında, yüksek dayanımlı betonda lif takviyesi olarak bazalt ve cam liflerin uygulamasını karşılaştırmalı olarak analizi ele alınmıştır. Test sonuçları bize, betonun basınç dayanımı ve elastisite modülü üzerinde lif katkısının önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Bazalt elyaf takviyeli betonun (BFRC) yarma çekme mukavemeti artan elyaf dozu ile artarken, % 0,50 elyaf dozajının ötesinde cam elyaf takviyeli beton (GFRC) mukavemetinde bir artış gözlenmemiştir. Yarma gerilme mukavemetine benzer bir eğilimde, BFRC'nin eğilme mukavemeti, kademeli bir şekilde artan lif içeriği ile artış göstermiştir. Ancak lif içeriği oranı %0,50 geçtikten sonra, GFRC için aynı şekilde bir değişiklik gözlenmemiştir. Hem cam takviyeli hem de bazalt beton için %0,25 dozaj oranını geçtikten sonra, kırılma enerjisi üzerinde artış yaratmıştır. BFRC'nin KIC ve CTODC sonuçlarına bakarak, BF katkısının, “çatlak direnci ve süneklik” özellikleri açısından GF'ye göre betonun performansını oldukça fazla geliştirdiğini söyleyebiliriz [17].

Özel ve Baydar'ın polimer betonların aderans özellikleri ile yüzey karakteristiklerinin ilişkisini inceleyen çalışmalarında, betonarme özellikli binaların onarımında ve güçlendirilmesinde kullanılabilen polimer içerikli betonların, yüzey ile aderans özellikleri incelenmiştir. Bu inceleme çalışması için, eğilme ve yarmada çekme deneyi testleri, C 30 ve 37 sınıfı beton numunelerine uygulanmıştır. Test uygulanan numunelerin kırılma yüzeylerinde pürüzlülükler gözlenmiştir. Her bir numune, polimer beton ilavesi yapıldıktan sonra, tekrar eğilme ve yarmada çekme deneyine maruz bırakılmıştır. Polimer beton numune üretiminde, polyester ve vinilester olmak üzere farklı reçineler, faz malzemesi olarak ise “standart CEN kumu” (% 0 - % 50 ve % 100 oranlarında) kullanılmıştır [18].

Türker, Birol, Yavaş ve Hasgül lif içeren beton kirişlerde çelik liflerin incelendiği çalışmalarında, ultra yüksek performans özelliği gösteren lifli beton içeriğine sahip betonarme

kiriş numunelerine, eğilme davranışı bakımından yüksek özelliklere sahip çelik lif tipinin deneysel incelemesi araştırılmıştır. Bu çalışmada bir adet lif içermeyen, dört adet farklı çelik lif içeren kirişler üzerinde eğilme testleri yapılmıştır. Çelik lif olarak düz mikro, tek kancalı makro ve çift kancalı lif tipi kullanılmıştır. Deneyler sonucunda çatlakları sınırlandırma ve taşıma kapasitesi açısından çift kancalı makro lifin, yer değiştirme sürekliliği göz önüne alındığında ise düz mikro lifin etkisinin optimum olduğu saptanmıştır [19].

Bideci vd. Stiren-Bütadien “Kopolimer Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi” çalışmalarında çimento harçlarına ağırlıkça %5, %10, %15 ve %100 oranında stiren bütadien kopolimer (SBR) ilave edilerek numunelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri incelenmiş, optimum sonucu %5 SBR içeren çimento harcının basınç dayanımına olumlu yönde etkide bulunduğu saptanmıştır [20].

Wang ve Chouw’un hindistan cevizi lifi içeren betonların darbe yükü altındaki davranışlarını incelediği çalışmasında, hindistancevizi lifi takviyeli beton (CFRC) kompozitlerinin düşme ağırlıklı darbe yükleri altındaki davranışını sunmaktadır. Hem tekli hem de tekrarlı darbe testleri, bir ağırlık düşürme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 200 mm 100 mm aynı boyutta hem düz beton (PC) hem de CFRC silindirler test edilmiştir. Düşme yüksekliği ayarlanarak numunelere çeşitli darbe enerjileri uygulanmıştır. Tek darbe testinde, CFRC'nin darbe kuvvetinin geçmişi, Young modülünün değişimi ve dinamik artış faktörü (DIF) araştırılmıştır. Tekrarlanan darbe testlerinde darbe yüksekliğinin maksimum basınç gerilmesi ve hasar deseni üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir [21].

Sallı Bideci, Saka ve Bideci’ nin Physical characteristics of rubberized concrete including granulated waste tire aggregate çalışmalarında yapmış oldukları ultrasonik darbe hızı ile beton kalitesini tayin etme deneylerinde, %5 oranında kauçuk granül agrega içeren serinin diğer serilere nazaran daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir [22].

Çomak ve Bideci’nin “Effects of hemp fibers on characteristics of cement based mortar” adlı çalışmalarında, %0, %1, %2 ve %3 oranında ve 6 mm, 12 mm ve 18 mm uzunluklarındaki kenevir elyaf ilaveli çimento harçları üretilmiştir. Yapmış oldukları bu çalışmada y ve bu çalışma sonunda yoğunluk, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, eğilme sonrası basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı deneyleri yapılmış ve %2 - %3 oranında ve 12 mm uzunluğundaki kenevir lifi ilave edilmiş numunelerin optimum sonuç verdiği gözlemlenmiştir. [23].

Gemi ve Köroğlu’nun cam elyaf katkılı polimer ve çelik donatılı kirişlerin eğilmesini inceleyen çalışmalarında, donatı içerikli çeliğinde gerçekleşen korozyonun, yapı elemanları üzerinde önemli problemlerden birisine neden olduğu incelenmiştir. Son yıllarda, korozyon dayanımı

yüksek olan Elyaf Takviyeli Polimerler (FRP), çelik donatılara diğer bir seçenek olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, FRP donatıların endüstriyel alandaki kullanımındaki artışın nedenleri; yüksek dayanım, hafiflik ve kimyasal etkilere dayanım olarak gösterilebilir. Bu deneysel araştırmada, poli-propilen lif katkılı betonların kullanıldığı çelik ve cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) donatılı kirişlerin eğilme etkisi altındaki davranışı gözlenmiş ve hasar tespitleri yapılmıştır. Bu kapsamda, çelik ve cam elyaf takviyeli kirişler üretilmiş, bu kirişlere üç noktalı eğilme testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda eğilme dayanımlarına bağlı yük deplasman grafikleri oluşturulmuş ve malzeme davranışındaki farklılıklar analiz edilmiştir [24].

İskender ve Karasu'nun "Cam Lif Takviyeli Beton" adlı çalışmasında, yeni nesil olarak tanımlanan cam liflerinin, malzeme kimyasal dayanımını arttırması için iyileştirme sürecine dâhil edilmesi incelenmiştir. Buna bağlı olarak, istenilen gerekliliklerin karşılanması için cam takviye içerikli beton üretimine başlanmıştır. Denek betonlar üzerinde yapılan araştırmalar ve testler sonucunda, cam lif ile güçlendirilmiş betonların fiziksel ve mekanik özellikleri, tercih edilen malzeme kalitesine ve üretim metodunun hassasiyetine bağlı olarak etkilendiği gözlenmiştir. Mevzu bahis betonlar, sağlam, hafif, yanmazlık garantili, hava ortam koşullarına dayanıklı ve sızdırmaz malzeme özelliği ön planda olduğunda, sorunsuz bir şekilde tercih edilebilmektedir. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ile birlikte, bina yapımında tamamen cam takviyeli betonların kullanımı ile birlikte maliyette ciddi bir düşüş yaşatmasının mümkün olabileceği beklentisi de artmaktadır [25].

Olukunle, Uche, Efomo, Gideon ve Joshua'nın "Data Onacoustic Behaviour Of Coconut Fibre-Reinforced Concrete" çalışmasında, hindistan cevizi lifi takviyeli betonun (CFRC) akustik davranışının deneysel çalışmasının sonuçları ele alınmıştır. CFRC'ye sırasıyla %0.25, %0.5, %0.75 ve %1 oranında çimento eklenmiştir. Akustik test, fiber tarafından absorbe edilebilecek ses miktarını görmek için yapılmıştır. Veriler, hindistancevizi lifi ile güçlendirilmiş betonun en yüksek ses yutma gücüne sahip olduğunu göstermiştir. Bu liflerin, işlenen lif diğer liflerden daha fazla ses emmesinin nedeni lifin yıkanmasının ses yutma özelliğinden sorumlu olan lignin içeriğini arttırmasıdır. Veriler ayrıca, kürleme süresinin CFRC'nin emici özelliği üzerinde hiçbir etkisi olmadığını da göstermiştir [26].

Sallı Bideci, Mercanoğlu Ve Bideci' Nin Yapmış Olduğu Öğütülmüş Cam Elyaf Takviyeli Beton (GRC) Atıklarının Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği çalışmalarında, çimento yerine %0 referans betonun yanı sıra %5, %10 ve %15 oranında öğütülmüş cam elyaf atıkları ile üretilen betonlar üzerinde basınç ve eğilme dayanımlarının yanı sıra ısıtma-yağmur ve donma-çözülme deneyleri uygulanmış ve %5 oranında beton harcının içerisine katılması ile

optimum sonucu yakalayabilecekleri ve aynı zamanda bu işlemin çevre açısından da olumlu katkı sağlayacağı belirlenmiştir[27].

Sallı Bideci ve Bideci'nin Öğütülmüş Kolemanit Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi çalışmalarında, %0, %1, %3, %5 ve %7 oranında ilave edilen öğütülmüş kolemanit katkılı çimento harçlarının 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında %1, %3 ve %5 oranında kolemanitin çimento ikame malzemesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [28].

Ali, Arslan ve Altın cam elyaf katkılı betonlarda yangın dayanımlarının incelemesi konulu çalışmalarında, taze beton karışımına eklenen cam lif katkısının betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Literatür taramalarında, cam lifi ilaveli betonun (CTB) mekanik özelliklerine ait çeşitli makaleler yer almaktadır. Beton içeriğine cam lifi eklenmesi, özellikle eğilme dayanımında ve çekme dayanımında gözle görülür bir şekilde artış meydana getirmiştir. Bu şekilde üretilen betonların tercih edilmesindeki en önemli neden betonların daha ince kesitli olmalarıdır. Beton içeriğine ilave edilen cam lifinin, betonun yanmazlık kriterini karşılayıp karşılamadığına yönelik kapsamlı ve net sonuçlara dayanan bir araştırma olmadığı için bu deneyde 30' ar dakika aralıklarla 4 farklı yangın sürelerine maruz bırakılmış cam lif katkısız beton ile CTB elemanlarının yanmazlık kriterindeki mekanik özelliklerindeki meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Numunelerde kullanılan farklı oranlarındaki cam elyaf lifi katkılı betonların farklı sürelerde yangın sonrasında betonların mekanik özellikleri üzerindeki etkisi farklı sürelerde yangına maruz bırakılan CTB elemanları üzerinden test edilmiştir. Yangına karşı direnç oluşturan numunelerde cam lifinin basınç dayanımı üzerinde bir etkisi bulunmadığı gözlenirken, çekme dayanımında artı yönde katkısı olmuştur. 30 dakikalık yanmazlık kriteri testi sonucunda, CTB numunelerin tek ve çift noktadan uygulanan eğilme deneyi sonucu verilerinde, yangın öncesine göre çekme dayanımı özelliğinde bir artış görülmüştür [29].

Yadav ve Singh'in hindistan cevizi lifi içeren betonlar üzerine yaptığı deneysel çalışmalarda, Hindistan cevizi lifli betonun mukavemetindeki değişken lif içeriğindeki değişimi analiz ederek bunu geleneksel betona uygulamayı amaçlamıştır. Sonuç verileri, hindistan cevizi liflerinin % ilavesindeki değişime göre 7 gün ve 28 günde M20 kalite beton için basınç dayanımındaki yüzde artışını açıkça göstermektedir. Bu araştırma, betonun mekanik özelliklerini geliştirmek için yapısal betonda hindistancevizi liflerinin kullanımına dayanmaktadır [30].

Marimutku, Kumar ve Govindaraju'nun cam elyaf lifi ve hindistan cevizi lifi içeren epoksinin mekanik özelliklerini incelediği çalışmasında, hindistan cevizinden elde edilen cam elyafı ve elyafı birleştiren polimer matrisli kompozitlerin Karakterizasyonu ele alınmıştır. Kompozitin

hazırlanmasında, elle yatırma işlemi kullanılmış ve homojenliğin sağlanması için önlemler alınmıştır. Kompozit içeriğinde, %60 epoksi reçine, %10 cam elyaf ve %30 hindistancevizi bulunmaktadır. Kompoziti karakterizasyonunda, mikro sertlik, çekme dayanımı ve darbe dayanımı test cihazı gibi çeşitli ekipmanlar kullanılmıştır. Hindistan cevizi liflerinin eklenmesi ile yoğunluk, sertlik ve çekme mukavemeti gibi mekanik özellikler değişmektedir. Bu kapsamda, kompozitin darbe ve eğilme mukavemeti artarken nihai çekme mukavemetinde azalma görülmüştür [31].

Ahmad, Farooq, Usman ve Khan'ın hindistan cevizi lifi uzunluklarının beton özelliklerine etkisini incelediği çalışmasında, son zamanlarda, yüksek dayanımlı betona (HSC) doğal liflerin eklenmesi yapı malzemeleri alanında büyük ilgi görmektedir. Yapay liflerle karşılaştırıldığında, doğal lifler ucuzdur ve yerel olarak temin edilebilir. Tüm doğal lifler arasında, hindistancevizi lifleri bilinen en büyük tokluğa sahiptir. Bu çalışmada, hindistan cevizi lifi takviyeli yüksek dayanımlı betonun (CFR-HSC) mekanik özellikleri araştırılmıştır. CFR-HSC'ye silika dumanı (kütlece %10) ve süper plastikleştirici (kütlece %1) de eklenir. 25 mm, 50 mm ve 75 mm uzunluğunda hindistancevizi liflerinin ve kütlece %0,5, %1, %1,5 ve %2 içeriklerinin etkisi araştırılmıştır. CFR-HSC'nin mikro yapısı, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, HSC'ye kıyasla CFR-HSC'nin basınç, yarma-çekme ve eğilme mukavemetlerini ve enerji emme ve tokluk endekslerini iyileştirdiğini ortaya koydu. Genel olarak en iyi sonuçlar, çimento kütlelerine göre %1,5 içerikli 50 mm uzunluğunda hindistancevizi liflerine sahip CFR HSC için elde edilmiştir [32].

Polat, Kolak ve Oltulu'nun "Polimer Betonlarda Barit Minerali Kullanımının Araştırılması" çalışmasında, baryum elementinin en yaygın minerali olan Barit minerali ($BaSO_4$) doymamış polimer matrisle ağırlıkça %0, %10, %20, %30 ve %40'ı oranlarında yer değiştirilerek eklenmiş ve farklı polimer beton grupları üretiminden bahsedilmiştir. Üretilen numuneler 28 gün küre maruz bırakıldıktan sonra, birim hacim ağırlık, ultra ses geçiş hızı, basınç ve eğilme dayanımı deneylerine tabi tutulmuşlardır. Deney sonuçlarına göre, birim hacim ağırlık değerlerinde barit minerali oranına bağlı olarak artış gözlemlenmiştir. Basınç ve eğilme dayanımı verileri incelendiğinde, barit minerali oranı artıkça basınç dayanımı değerlerinde azalma gözlenmiş olup, eğilme dayanımı değerinde kontrol numunesine göre artış elde edilmiştir. Optimum eğilme dayanımı değeri ise %10 barit minerali eklenen numune grubundan elde edilmiştir [33].

Syed, Nerella ve Madduru'nun "Role of coconut coir fiber in concrete" çalışmasında, hindistan cevizi liflerinin, betonda takviye malzemesi olarak uygulanabilirliği ele alınmıştır. Farklı lif

içeriklerine sahip beton, geleneksel beton veya ön gerilmeli beton ile değerlendirilmiş ve hindistancevizi lifinin eğilme, basma ve çekme mukavemeti gibi farklı dayanım parametreleri, beton hindistancevizi lifi hacminin toplam ağırlığının oranları (%0,6 ve %1,2) ile değişmektedir. Elyaf şeklinin mukavemet özelliği üzerindeki etkisi, önceden tanımlanmış boyuttan hindistan cevizi lifi örgüsü ile test edilerek incelenmiştir [34].

İçerisine pirinç kabuğu külü katkılı çimentolar üzerinde araştırmalar yapan Özdemir ve Koçak; atıkların değerlendirilmesi ve çevresel kirliliğin önüne geçmek amacı ile yapmış oldukları bu çalışmada pirinç kabuğu külünden %0, %2,5, %5, %7,5 ve %10 oranında çimento yerine karışıma ilave ederek standart çimento harcı ile kıyaslamak için fiziksel, mekanik ve kimyasal deneyler gerçekleştirmiş ve yapmış olduğu bu deneyler sonunda olumlu sonuçlar elde etmiştir [35].

Zaid, Ahmad, Siddique ve Aslam'ın "Silis dumanı ve atık hindistan cevizi kabuğu agregası kullanan sürdürülebilir cam elyaf takviyeli betona doğru bir adım" adlı çalışmada, Günümüzde beton üretimi için doğal kaynak bulmak giderek zorlaşıyor. Atık malzemelerin kullanımı sadece beton, çimento ve diğer inşaat malzemelerinde kullanılmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda enerji tasarrufu, depolama maliyetini düşürme ve iklimi kirlilikten koruma gibi çeşitli ikincil avantajlara da sahiptir. Modern yapı tasarımının geliştirilmesinde bunu göz önünde bulundurarak, doğal agregası yerine atık malzemelerin kullanılması, sürdürülebilir ve çevre dostu beton yapmak için iyi bir seçenektir. Bu araştırma, iri agregası yerine farklı oranlarda eklenen çimento ve hindistancevizi kabuğunun kısmi ikamesi olarak silis dumanı ile yapılan sürdürülebilir betona cam elyafı eklenmesinin betonun mekanik ve dayanıklılık yönleri üzerindeki etkisini bulmayı amaçlamaktadır. Farklı oranlarda iri agregaların ikamesi olarak hindistancevizi kabuğu ile çeşitli karışımlar yapılmıştır. Portland çimentosu, tüm beton karışımlarında çimento ağırlığına göre %5, %10, %15 ve %20 oranında silis dumanı ile ikame edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan cam elyafların hacim oranları %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0'dır. Cam elyafların eklenmesi beton yoğunluğunu bir dereceye kadar artırır ve ardından hindistan cevizi kabuğu betonunun yoğunluğunu marjinal olarak azaltır. Cam elyaf yüzdesi arttığında, hindistan cevizi kabuğu betonunun basınç, eğilme ve yarılmaya çekme dayanımı da artar. Mevcut araştırmanın laboratuvar sonuçları ve SEM görüntüleri, kabul edilebilir dayanıma sahip sürdürülebilir betonu kolaylıkla elde etmek için, mekanik ve dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için hindistan cevizi kabuğu betonunda cam elyafların kullanılabileceğini göstermektedir [36].

Doğan ve Demir'in "Polimer lifler ve beton özelliklerine etkileri" çalışmada beton parametrelerini belirleyen basınç, çekme ve eğilme dayanımı, büzülme ve çatlak oluşumu,

tokluk ve elastisite modülü gibi fiber takviyeli beton parametrelerini daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırmaktır. Çalışmanın sonucu olarak, betonda çatlak oluşumunun polimer liflerin katkısı ile azaldığı, mekanik özelliklerinin, dayanıklılığının ve yarmada çekme dayanımının arttırdığı gözlemlenmiştir [37].



3. MATERYAL METOD

3.1. Materyal

Araştırmada materyali olarak agregâ, çimento, su, hindistan cevizi lifi, cam elyaf lifi ve polimer kullanılmış olup kullanılan materyaller çalışmanın bu kısmında tanımlanmıştır.

3.1.1. Agregâ

Bu çalışmada agregâ olarak; standart kum olarak ifade edilen CEN kumu kullanılmıştır. Standart kum elek analizi Şekil 3.1.' de verilmiştir.

Kare Göz Açıklığı (mm)	Kümülatif Efekte Kalan (%)
2.00	0
1.60	7±5
1.00	33±5
0.50	67±5
0.16	87±5
0.08	99±1
2.00	0

Şekil 3.1. Standart kum elek analizi.

3.1.2. Çimento

Bu araştırmada, TS EN 197-1 standardına uygun CEM 1 42,5 çimento kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizleri Şekil 3.2.'te verilmiştir.

Bileşen (%)	CEM 1 42.5 R	TS EN 197-1	Fiziksel Özellikleri			TS EN 197-1
CaO	63.93	C+S≥%50	Priz Süresi (Min.)	Başlama Bitiş	141 202	Min.60 -
			Yoğunluk (g/cm ³)		3.15	-
SiO ₂	19.49		Blaine İnceliği (cm ² /g)		3866	-
Al ₂ O ₃	4.36	-	Toplam Hacim			
Fe ₂ O ₃	3.40	-			1	max.10
MgO	1.67	Lim.≤%5	Genleşmesi (mm)			
			32µ Elekte Kalan		7.7	-
SO ₃	2.81	Lim.≤%4	90µ Elekte Kalan		0.1	-
Na ₂ O	0.27	-	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	2 Günlük	28.1	min.20
K ₂ O	0.67	-		7 Günlük	45.7	-
Cl-	0.0089	Lim.≤%0.10		28 Günlük	56.8	min.42.5 max.62.5
Kızdırma Kaybı	2.91	Lim.≤%5				
Kalıntı	0.32	Lim.≤%5				

Şekil 3.2. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi.

3.1.3. Su

Su; beton üretiminde değişmeyen faktörlerden biri olmasının yanında betonun kalitesini etkileyen başlıca faktörler arasındadır. Suyun kalitesi ve su miktarı kadar suyun içinde bulunan yabancı maddeler de betonun kalitesini aynı oranda etkilemektedir. Çimento ile olan kimyasal tepkime hızı ve hidrasyon, betonun dayanım gücünü doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada içilmeye elverişli olan Düzce şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4. Polimer

Bu çalışmada kum yerine ikame olarak kullanılan poliüretan, Köster KB PUR 214 olup, tek kompenantlı su yalıtım ürünüdür. Uygulandığı alanlarda hızlıca kuruyarak yüksek dayanımlı su yalıtımı oluşturur. Oluşan kaplama UV dayanımına, (-30° C ile +80 °C) arasında

yer alan geniş sıcaklık değerlerine ve kalıcı esnekliğe sahiptir. Malzemenin teknik özellikleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Malzemelerin Teknik Özellikleri.

Çekme mukavemeti (7 gün) DIN 53 504	>4,0 N / mm ²
Kopma uzaması (7 gün) DIN 53 504	> %250
Katı madde oranı	%90
Uygulama sıcaklığı	+50C ile +300C arasında
Yoğunluk	1,45 g/cm ³
Sertleşme süresi (yürüme)	4 – 7 gün
Kuruma süresi (+23⁰C, %50 nem)	12 – 24 saat
Servis sıcaklığı	-30 ⁰ C ile +80 ⁰ C arasında
Shore A sertliği	70-75

3.1.5. Lifler

Bu çalışmada lif olarak doğal lif olan hindistan cevizi lifi ve suni olarak cam elyaf lifi kullanılmıştır. 20 mm uzunluğunda kesilmiş olan lifler kum yerine ikame olarak kullanılmıştır. Kullanılan liflerin özellikleri aşağıda verilmiştir.

3.1.5.1.Hindistan Cevizi Lifi

Hindistan cevizi lifi, ekvatora yakın ülkelerde yetişen hindistan cevizi meyvesinin üzerinde gelişen ve üstünü saran lifli tabakadan elde edilen doğal bir lif türüdür. Yapısında yüksek oranda hidroksil ve yüzeyinde selülozik olmayan bileşenlerin var olmasından dolayı polimer ile bağlanmasını geliştirmek için farklı fiziksel ve kimyasal yöntemler ile birleştirilebilmektedir. Bundan dolayı kullanım alanlarının geniş olduğu görülmektedir.

Kullanım alanları; ısı ve ses yalıtımında, ev-tekstil alanında, dolgu malzemeleri ve pilot elbiselerinin üretiminde, halat-hasır üretiminde, uçaklarda, can yeleklerinde vb. alanlarda kullanıldığı görülmektedir.

Hindistan cevizi lifinin başlıca özellikleri;

- Şeklini kolay toplar,
- Küf, mantar, bakteri oluşturmaz,
- Sıcak- soğuk ağır geçen iklim koşullarına uygundur,
- Çevreye ve insana zarar vermez,
- Doğal hipoalerjenik malzemedir,
- Hava sirkülasyonu sağlar,
- Geç tutuşur,
- Sert ama esnektir,
- Yüksek mukavemetlidir,
- Isı, titreşim ve ses yalıtımı sağlar.

3.1.5.2. Cam Elyaf Lifi

Cam liflerinin büyük çoğunluğu silikat camlarından üretilmektedir. Cam elyaflarının üretiminde ana maddeler kum, kireç taşı, kolemanit ve kaolendir. Bu maddeler karıştırılarak yaklaşık 1600°C'ye kadar ısıtılmaktadır. Eriyen malzemeler cam eriyiğini meydana getirir ve kanallar cam liflerini aktarmada kullanılmaktadır.

Cam lifleri ısı ve elektriği iletmeleri, yüksek ağırlık ve sıcaklık dayanımına sahip olmalarından dolayı endüstriyel uygulamalarda (tente, mobilya yüzü, miğfer vb.) ve izolasyon maddesi olarak otomobil panelleri, helikopter gövde kanatları, yangın koruyucu eşyaların üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca birçok malzemenin muhafaza ve taşınmasında kullanıldığı görülmektedir.

Cam elyaf liflerinin kullanıldığı bir başka alan ise, kimyasal etkilere dayanıklı oluşu nedeni ile filtrasyon amaçlı olarak boruların izolasyonunda kullanılır. Yer altı izolasyonunda, duman ve toz filtrelerinde bu lifler tercih edilmektedir.

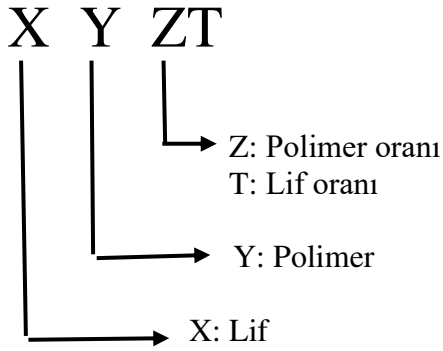
3.2. METOD

Bu başlık altında, çalışmada yapılan beton karışım hesabı, ağırlık ortalamaları, yayılma miktarları, basınç dayanımları, eğilme dayanımları, ultrasonik ses dalga testi (UPV) ve SEM-EDS analizi yöntemleri açıklanmıştır.

Hazırlanan Hindistan cevizi lifli beton, hindistan cevizi lifli ve poliüretan içeren beton, cam elyaf lifli beton ve cam elyaf lifi ve poliüretan içeren beton karışımlar için hesaplar TS 802 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda üretilen tüm beton serileri için karışımdaki malzemelerin cinsine ve miktarına bağlı olarak farklı kodlar verilmiştir.

Kullanılan kısaltmalar, kodlama ve açıklamaları çizelge 3.2.1’de verilmiştir. Yapılan deneysel araştırmada deney sonuçlarına ait çizelgeler ve grafikler bu kodlamalara göre hazırlanmıştır.

Çizelge 3.2. Karışımda Kullanılan Kodların Anlamları.



Çizelge 3.2.1. Karışımda Kullanılan Kodlamalar ve Açıklamaları.

NUMUNE	KATKI İÇERİĞİ	SERİ ADI
REFERANS (REF)	Polimer yok Lif yok	REF 0-0
HİNDİSTAN CEVİZİ LİFİ KATKILI BETON (HL)	Polimer yok Hindistan cevizi lifi %0,5	HL-0-0,5
	Polimer yok Hindistan cevizi lifi %1	HL-0-1
	Polimer yok Hindistan cevizi lifi %1,5	HL-0-1,5
	Polimer var Hindistan cevizi lifi yok	HLPOL-5-0
	Polimer var Hindistan cevizi lifi %1,5	HLPOL-5-0,5
	Polimer var Hindistan cevizi lifi %1,5	HLPOL-5-1
	Polimer var Hindistan cevizi lifi %1,5	HLPOL-5-1,5
CAM ELYAF LİFİ KATKILI BETON (CL)	Polimer yok Cam elyaf lifi %0,5	CL-0-0,5
	Polimer yok Cam elyaf lifi %1	CL-0-1
	Polimer yok Cam elyaf lifi %1,5	CL-0-1,5
	Polimer var Cam elyaf lifi yok	CL-5-0
	Polimer var Cam Elyaf lifi %0,5	CLPOL-5-0,5
	Polimer var Cam Elyaf lifi %1	CLPOL-5-1
	Polimer var Cam Elyaf lifi %1,5	CLPOL-5-1,5

3.2.1. Karışım Oranlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada karışımların oranları büyük bir dikkatle belirlenmiş ve yapılan hesaplamalar bu oranlara göre yapılmıştır. Buna göre 1 m³ beton karışımı için kum, agrega, çimento, su ve polimer oranları farklı miktarlarda eklenmiştir. Deney serilerinin karışım oranları Çizelge 3.2.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2.2. Karışım Oranları.

NUMUNE	SERİ ADI	KUM (g)	ÇİMENTO (g)	SU (g)	POLİMER (g)	LİF (g)
REFERANS (REF)	REF 0-0	1350	450	225	0,0	0,0
HİNDİSTAN CEVİZİ LİFİ KATKILI BETON (HL)	HL-0-0,5	1337,3	450	225	0,0	4,1
	HL-0-1	1324,7	450	225	0,0	8,1
	HL-0-1,5	1312	450	225	0,0	12,2
	HLPOL-5-0	1282,5	450	225	36,8	0,0
	HLPOL-5-0,5	1269,8	450	225	36,8	4,1
	HLPOL-5-1	1257,2	450	225	36,8	8,1
	HLPOL-5-1,5	1244,5	450	225	36,8	12,2
CAM ELYAF LİFİ KATKILI BETON (CL)	CL-0-0,5	1345,9	450	225	0,0	4,1
	CL-0-1	1341,7	450	225	0,0	8,1
	CL-0-1,5	1337,6	450	225	0,0	12,2
	CL-5-0	1282,5	450	225	36,8	0,0
	CLPOL-5-0,5	1278,4	450	225	36,8	4,1
	CLPOL-5-1	1274,2	450	225	36,8	8,1
	CLPOL-5-1,5	1270,1	450	225	36,8	12,2

Betonun karışımı için UTEST marka TS EN 196-1, TS EN 196-3, ASTM C 305 standartlarına uygun olarak beton karışımlar hazırlayabilen beton mikseri kullanılmıştır. Karışıma önce kum daha sonra ilave edilerek 1 dakika süre ile karıştırılarak kuru karışım elde edilmiştir. Daha sonra su ve veya polimer katkısı ilave edilerek yaş karışım elde edilmiştir. Lif katılacak olan seriler için yaş karışım önce 90 saniye karıştırılmış daha sonra lifler dağılımlı olacak şekilde karışıma ilave edilmiştir. Lif ilavesi bittikten sonra karışım 180 saniye daha karıştırılmış ve daha sonra 40 x 40 x 160 mm boyutlarındaki dörtgen prizma ve 50 x 50 x 50 mm boyutlarındaki kübik kalıplara dökülmüştür.



Şekil 3.2.1. UTEST çimento mikseri.

Karışım kum ve çimento oranları çizelge 3.2.3’de gösterilen şekilde koyulup cihaz çalıştırıldıktan sonra su ilave edilmiş ve harcın iyice karışması için birinci adım olarak 90 saniye boyunca karıştırılmıştır. Birinci adım tamamlandıktan sonra karışım yapılan deney grubuna göre hindistan cevizi lifi ya da cam elyaf lifi ardından polimer ilave edilmiştir. İkinci adımda tüm ilaveler eklendikten sonra harç 180 saniye daha karışmaya bırakılmıştır. Karışım tamamlandıktan hemen sonra taban çapı 100 mm, üst yüzey çapı 70 mm ve yükseklik 60 mm olan kesik koni biçimindeki kalıp içerisine doldurularak, Ø 40 x 200 mm ebadında ve 250 gr ağırlığında pirinç ile kaplanmış olan ahşap tokmak ile sıkıştırma yapılmıştır. Harç UTEST marka TS EN standartlarına uygun olan çimento harç yayılma tablasına kesik huni şeklindeki kalıptan çıkartılarak 10 mm yükseklikten düşürülme hareketi yapılarak harcın tabla üzerinde yayılması ölçülmüştür.

Çalışmada her bir seri için 40 x 40 x 160 mm boyutlarındaki dörtgen prizma şeklindeki betonlardan 90 adet, 50 x 50 x 50 mm boyutlarındaki kübik şeklindeki betonlardan 90 adet olmak üzere toplamda 180 adet numune üretilmiştir.



Şekil 3.2.2. UTEST çimento yayılma tablası ve kesik koni

Taze betonun içerisindeki eşit dağılım özelliklerini ve malzeme bütünlüğünü kaybetmemesi kalıplara özenle yerleştirilmiştir. 50 x 50 x 50 mm ve 40 x 40 x 160 mm kesitlere sahip kalıplara doldurularak kalıplara yerleştirilen numuneler, vibrasyon makinesinde ortalama olarak 45 saniye süreyle titreşime maruz bırakılarak sıkıştırılmıştır.



Şekil 3.2.3. Beton dökme kalıpları.

Beton numunelerin prizini tamamlaması için ortalama 20 °C sıcaklık ve %70 nem oranına sahip laboratuvar ortamında içerisinde yabancı madde karışmaması için üzeri örtülerek 24 saat bekletilmiştir.

3.2.2. Taze Beton Deneyleri

3.2.2.1. Yayılma Çapı Deneyi

Karışım harçları taban çapı 100 mm, üst yüz çapı 70 mm ve yükseklik 60 mm olan kesik koni biçimindeki kalıp içerisine doldurularak, Ø 40 x 200 mm ebadında ve 250 gr ağırlığında prinç ile kaplanmış olan ahşap tokmak ile sıkıştırma yapılmıştır. Karışım çimento harcı yayılma tablasına kesik huni şeklindeki kalıptan çıkartılarak 10 mm yükseklikten 25 adet düşürülme hareketi yapılarak harcın tabla üzerinde yayılması ölçülmüştür. Her seri için 3 adet beton dökülmüş ve bu karışımların ortalama değeri alınmıştır. Yayılma çapı deneyi Denklem 3.1' e göre hesaplanmıştır.

$$R = (v_1 + v_2 + v_3) / 3 \quad (3.1)$$

Burada;

R: Taze betonun yayılma çapı (cm)

v1: Birinci karışımın yayılma çapı (cm)

v2: İkinci karışımın yayılma çapı (cm)

v3: Üçüncü karışımın yayılma çapı (cm)

3.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.2.3.1. Kuru birim ağırlık

Kuru birim ağırlık deneyi için 50 x 50 x 50 mm boyutlarındaki kübik kalıpların içine dökülen numuneler laboratuvar ortamında kurumaya bırakıldıktan sonra hassas terazide tartılmış ve birim hacim ağırlıkları Denklem (3.3)' e göre hesaplanmıştır.

$$Sk = W/V \quad (3.3)$$

Burada;

Sk: Sertleşmiş betonun kuru birim ağırlığı (kg/m³)

W: Kuru numune ağırlığı (kg)

V: Numune hacmi (m³)

3.2.3.2. Su Emme Deneyi

Hazırlanan numunelerin su emme deneyi için 50 x 50 x 50 mm boyutlarında kübik numuneler hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan numuneler, 24 saat suda bekletildikten sonra tartılmış, sonrasında laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır. Hesaplamasında Denklem (3.4) kullanılmıştır.

$$m1 = [(BS - AS) / AS] * 100 \quad (3.4)$$

Burada;

m1: Ağırlıkça su emme oranı (%)

As: Numunenin kuru ağırlığı (g)

Bs: Doygun kuru yüzeyli numune ağırlığı (g)

3.2.3.3. Basınç Dayanımı

Beton üretiminde kullanılan lifler ve polimerler, betonun dayanım oldukça etkilidirler. Deney için 50 x 50 x 50 mm boyutlarında 7 ve 28 günlük kür süreleri sonunda deneyde kullanılmak üzere küp numuneler üretilmiştir. Numunelerin basınç dayanımları Denklem (3.5)' e göre hesaplanmıştır. Deneylerde, beton basınç test cihazı EN 196-1, EN 1015-11, ISO 679, ASTM C109, ASTM C349, ASTM D1194, DIN 1164, BS 4550, GOST 26798.1 standartlarına uygun olup, 3000 kN yükleme kapasitesine sahip ve tek eksenli test cihazı kullanılmıştır (Denklem 3.5).

$$FC = F/Ac \quad (3.5)$$

Burada;

Fc: Basınç dayanımı (MPa)

F: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

Ac: Numunenin en kesit alanı (mm²)



Şekil 3.2.4. Çimento sıkıştırma makinesi.

3.2.3.4. Eğilme Dayanımı

Beton numunelerin eğilme dayanımı deneyi için her bir deney serisi için 7 ve 28 günlük kür süreleri sonunda deneyde kullanılmak üzere 40 x 40 x 160 mm boyutlarında prizmatik numuneler üretilmiştir. Deneylerde, beton basınç test cihazı EN 196-1, EN 1015-11, ISO 679, ASTM C109, ASTM C349, ASTM D1194, DIN 1164, BS 4550, GOST 26798.1 standartlarına uygun olup, 3000 kN yükleme kapasitesine sahip ve tek eksenli test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.2.5. Çimento sıkıştırma makinesi.

3.2.3.5. Ultrasonik Ses Dalgası (UPV) Testi

Ultrasonik ses dalgası (UPV) testleri için Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarında mevcut olan cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.2.5). Cihazın çalışma prensibi, verici sensörden gönderilen ses dalgalarının alıcı sensör tarafından algılanarak dalgaının ortam içinde yayılma hızını ölçmektir. Kullanılan sensörler 55 kHz dalga üretmektedir. UPV ölçümleri 28 günlük 50 x 50 x 50 kübik numunelerin beton döküm yönüne dik doğrultuda ve düzgün olan karşılıklı yüzlerinden alınmıştır. Ölçüm alınırken sensörlerin karşılıklı aynı noktada olmaları ve birbirleri ile tam olarak karşılıklı denk gelmelerine özen gösterilmiştir. Beton numuneler, üzerlerinde toz veya başka bir kalıntı bırakılmadan temizlenmiş ve deney sonuçlarının en doğru şekilde alınması için beton numune ile sensörler arasına ultrason jeli sürülerek boşluk kalmayacak şekilde temas etmeleri sağlanmıştır. Her numuneden 3 saniyede 3 dalga (pulse) gönderilmiş ve toplamda her numune için 15 saniye ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.2.6. Ultrases geçiş hızı (UPV) cihazı.

3.2.3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) Analizi

Taramalı elektron mikroskobu (SEM/Scanning Electron Microscope), odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyinde bulunan atomlarla elektron demetinin etkileşmesi sonucunda meydana gelen farkların görüntüsünü elde edilmektedir. Yüksek çözünürlüklerde yüzey görüntüsünü alabilmesinin yanında numunenin kimyasal kompozisyonu hakkında bilgi vermektedir.

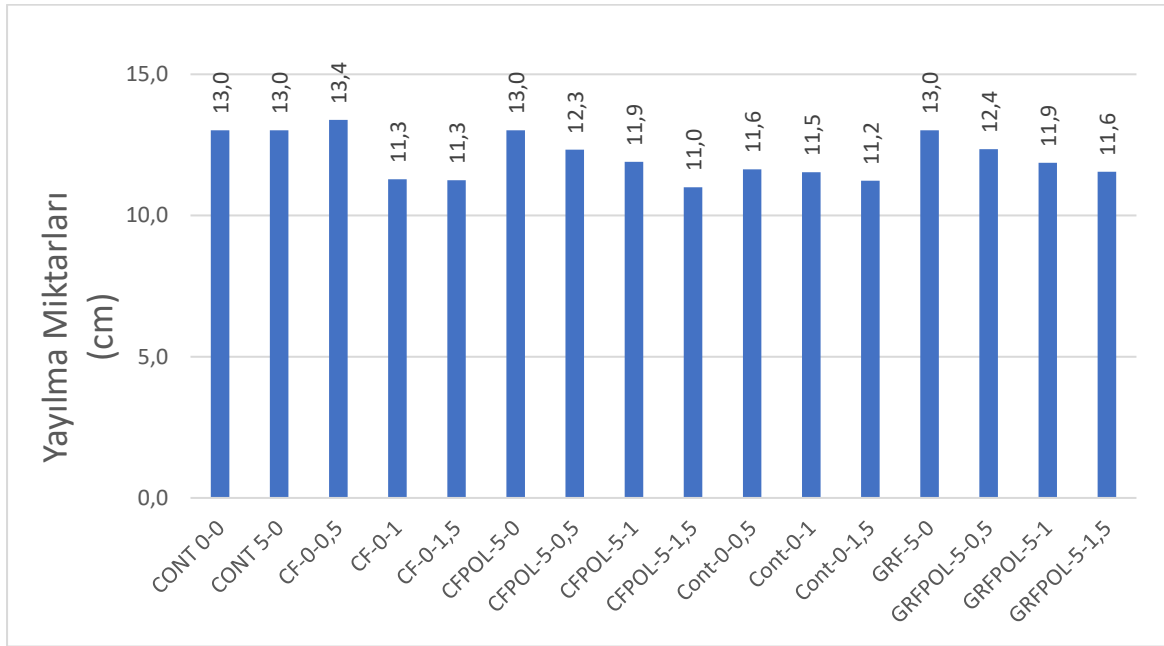
JSM-7600F Alan Emisyonlu (FE/Field Emission) Taramalı Elektron Mikroskobu malzeme bilimleri, tıp, farklı sıcaklık koşullarında metallerin dayanıklılığının belirlenmesinde, plastikleri, seramikleri ve biyoloji laboratuvarlarında bitki ve hayvan dokularını incelemede, bilim uygulamalarında, kimya laboratuvarlarında mikroskobik kristalleri, arkeoloji alanında ise yapısal analiz için kullanılan üst düzey sistemlerdendir. Yapılan deneysel çalışmada betonun iç yapısındaki değişim gözlenmemiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.TAZE BETON DENEYLERİ

4.1.1. Yayılma Çapı Deneyi

Beton numunelerinin yayılma çapı deneyi sonuçları Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Beton numunelerin yayılma miktarları (cm).

Beton numunelerdeki yayılma çaplarına bakıldığında hindistan cevizi lif oranı arttıkça yayılmaların cam elyaf lifine ve kontrol grubuna oranla daha az meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada en az yayılma oranına sahip karışım grubu; içerisinde polimer ve %1,5 oranında hindistan cevizi lifi içeren HLPOL 5-1,5 serili karışım olduğu saptanmıştır.

4.2.Birim Ağırlık Deneyi

4.2.1. Sertleşmiş Beton Deneyleri

4.2.1.1.Kuru birim ağırlık

Bu çalışmaya ait hazırlanan deney numunelerine ait kuru birim ağırlıklarının sonuçları Çizelge 4.2.1.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Numunelerin kuru birim ağırlıkları.

NUMUNE	SERİ ADI	Ortalama (gr/cm ³)	DEĞİŞİM (%)
REFERANS (REF)	REF 0-0	21,7	100
HİNDİSTAN CEVİZİ LİFİ KATKILI BETON (HL)	HL-0-0,5	21,6	99,5
	HL-0-1	21,4	98,6
	HL-0-1,5	21,3	98,2
	HLPOL-5-0	21,2	97,7
	HLPOL-5-0,5	20,9	96,3
	HLPOL-5-1	19,8	91,2
	HLPOL-5-1,5	19,6	90,3
CAM ELYAF LİFİ KATKILI BETON (CL)	CL-0-0,5	21,5	99,0
	CL-0-1	21,3	98,2
	CL-0-1,5	21,1	97,2
	CL-5-0	21,0	96,8
	CLPOL-5-0,5	20,5	94,5
	CLPOL-5-1	20,2	93,1
	CLPOL-5-1,5	19,9	91,7

Sertleşmiş betonların kuru birim ağırlıkları karşılaştırıldığında, en yüksek birim ağırlığın içerisinde herhangi bir lif ve polimer bulunmayan kontrol grubuna ait olduğu, en düşük kuru birim ağırlığının içerisinde polimer ve %1,5 oranında hindistan cevizi lifi olan HLPOL 5-1,5 serisinden elde edildiği saptanmıştır. Polimer ve lif takviyeli tüm serilerde kontrol grubuna ve diğer serilere göre daha hafif bir beton karışım olduğu saptanmıştır. Ayrıca tüm serilerde lif ve polimer katkısı arttıkça ağırlığın azaldığı saptanmıştır.

4.2.2. Su Emme Deneyi

Hazırlanan 50 x 50 x 50 mm küp beton numuneler üzerinde 28 günlük su emme sonuçlarının tablo gösterimi Çizelge 4.2.2.'de verilmiştir.

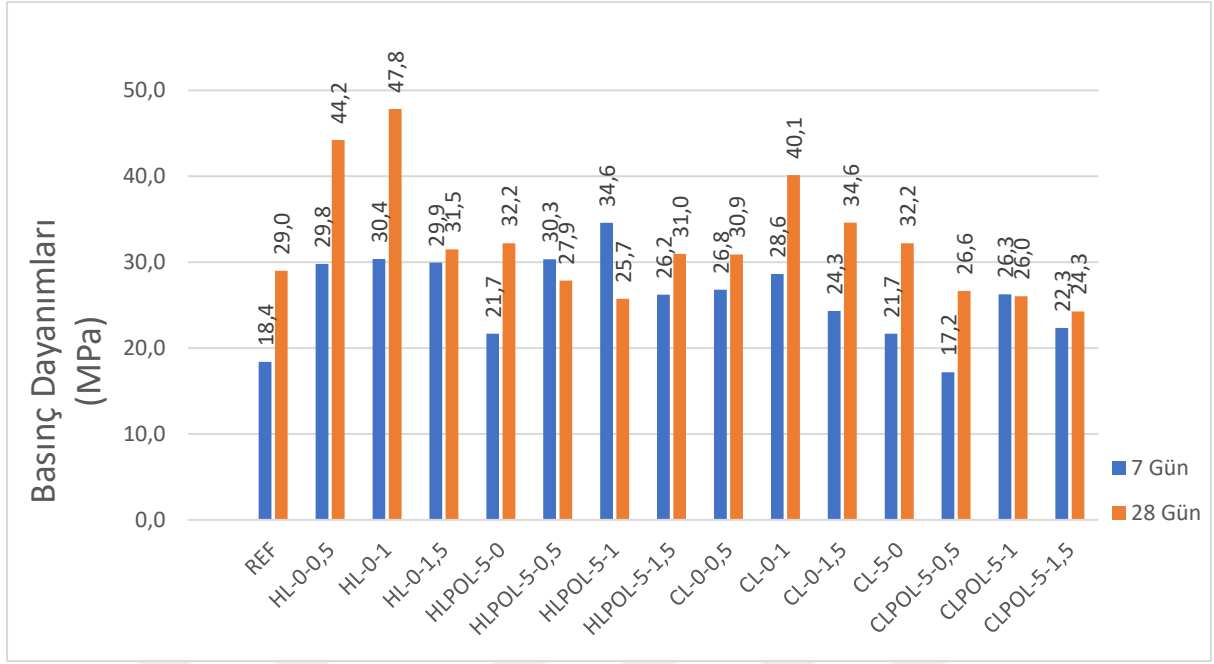
Çizelge 4.2.2. Beton numunelerinin 28 günlük su emme deney sonuçları.

NUMUNE	SERİ ADI	SU EMME (%)	DEĞİŞİM (%)
REFERANS (REF)	REF 0-0	8,4	100
HİNDİSTAN CEVİZİ LİFİ KATKILI BETON (HL)	HL-0-0,5	7,8	92,9
	HL-0-1	6,9	82,1
	HL-0-1,5	6,5	77,4
	HLPOL-5-0	6,2	73,8
	HLPOL-5-0,5	6,1	72,6
	HLPOL-5-1	5,9	70,2
	HLPOL-5-1,5	5,5	65,5
CAM ELYAF LİFİ KATKILI BETON (CL)	CL-0-0,5	7,9	94,0
	CL-0-1	6,8	81,0
	CL-0-1,5	6,6	78,6
	CL-5-0	6,2	73,8
	CLPOL-5-0,5	5,8	69,0
	CLPOL-5-1	5,7	67,9
	CLPOL-5-1,5	5,6	66,7

Beton numunelerde su emme oranı incelendiğinde; en yüksek su emme oranı referans numunesinde (%8,4) ve en düşük su emme oranı HLPOL-5-1,5 (%5,5) serisinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hindistan cevizi lifi ve cam elyaf lifi katkılarının artmasıyla su emme oranını azalttığı gözlemlenmiştir.

4.2.3. Basınç Dayanımı

Üretilen beton numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçlarını Şekil 4.2.' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Beton numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları grafiği (MPa).

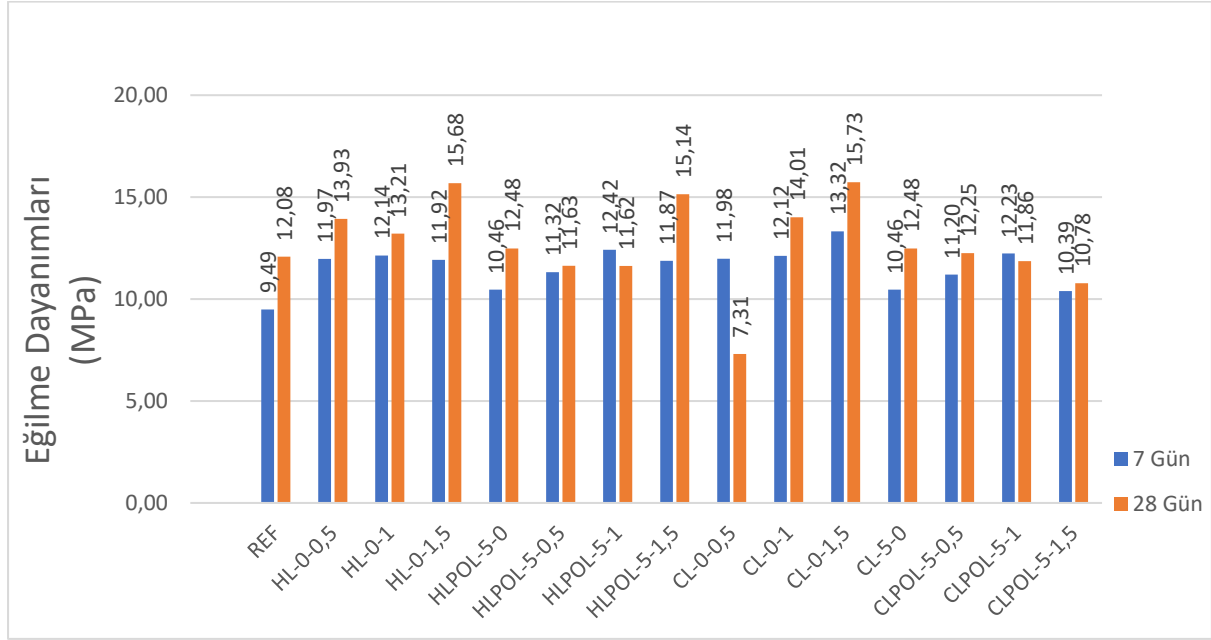
Şekil 4.2' de verilen basınç dayanım değerleri incelendiğinde içerisinde hindistan cevizi lifi içeren beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımı 21,7 MPa ile 34,6 MPa, 28 günlük basınç dayanımı 25,7 MPa ile 47,8 MPa arasında olduğu görülmüştür. Hindistan cevizi lifinin kullanıldığı serilerde en düşük basınç dayanımı 21,7 MPa ile HLPOL 5-0 serisinde olduğu görülürken, en yüksek basınç dayanımının 47,8 MPa ile HL 0-1 serisinde olduğu saptanmıştır.

Cam elyaf lifi içeren beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımı 17,2 MPa ile 28,6 MPa, 28 günlük basınç dayanımı 26,0 MPa ile 40,1 MPa arasında olduğu görülmüştür. Cam elyaf lifinin kullanıldığı serilerde en düşük basınç dayanımı 17,2 MPa ile CLPOL 5-0,5 serisinde olduğu görülürken, en yüksek basınç dayanımının 40,1 MPa ile CL 0-1 serisinde olduğu tespit edilmiştir.

Basınç dayanım değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (47,8 MPa) veren HL 0-1 serisinde olduğu görülmektedir. Tüm serilerde agrega katkısı yerine optimum değer için koyulabilecek lif takviyesinin %1 oranında olduğu saptanmıştır.

4.2.4. Eğilme Dayanımı

Üretilen deney numunelerinin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçları Şekil 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.2.1. Beton numunelerin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları grafiği (MPa).

Şekil 4.2.1.' de verilen eğilme dayanım değerleri incelendiğinde içerisinde hindistan cevizi lifi içeren beton numunelerin 7 günlük eğilme dayanımı 10,27 MPa ile 12,42 MPa, 28 günlük eğilme dayanımı 11,62 MPa ile 15,68 MPa arasında olduğu görülmüştür. Hindistan cevizi lifinin kullanıldığı serilerde en düşük eğilme dayanımı 10,27 MPa ile HLPOL 5-0 serisinde olduğu görülürken, en yüksek basınç dayanımının 15,68 MPa ile HL 0-1,5 serisinde olduğu saptanmıştır.

Cam elyaf lifi içeren beton numunelerin 7 günlük eğilme dayanımı 9,49 MPa ile 13,32 MPa, 28 günlük eğilme dayanımı 7,31 MPa ile 15,73 MPa arasında olduğu görülmüştür. Cam elyaf lifinin kullanıldığı serilerde en düşük eğilme dayanımı 7,31 MPa ile CL 0-0,5 serisinde olduğu görülürken, en yüksek eğilme dayanımının 15,73 MPa ile CL 0-1,5 serisinde olduğu bulunmuştur.

Eğilme dayanım değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (15,73 MPa) CL 0-1,5 serisinin verdiği saptanmıştır. Tüm serilerde agrega katkısı yerine optimum değer için koyulabilecek lif takviyesinin %1,5 oranında olduğu görülmüştür.

4.2.5. Ultrasonik Ses Dalgası (UPV) Testi

Ultrasonik ses dalgası (UPV) deneyi sonuçları Çizelge 4.2.3.' de, ultrases dalga boyuna göre beton kaliteleri saptama tablosu Çizelge 4.2.4.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2.3. Ultrases dalga boyuna göre beton kalitesi.

Dalga boyu[km/sec]	>4.5	4.5-3.5	3.5-3.0	3.0-2.0	<2.0
Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf

Çizelge 4.2.4. Beton numuneler ve ultrases dalga hızları.

NUMUNE	SERİ ADI	ULTRAŞES DALGA HIZI (km/s)
KONTROL (REF)	REF 0-0	3,7
HİNDİSTAN CEVİZİ LİFİ KATKILI BETON (CF)	HL 0-0,5	3,8
	HL 0-1	4,1
	HL 0-1,5	2,7
	HLPOL 5-0,5	2,6
	HLPOL 5-1	2,7
	HLPOL 5-1,5	2,9
CAM ELYAF LİFİ KATKILI BETON (GRF)	CL 0-0,5	3,6
	CL 0-1	2,0
	CL 0-1,5	2,7
	CLPOL 5-0,5	2,5
	CLPOL 5-1	2,8
	CLPOL 5-1,5	3,4

Çizelge 4.2.4' te verilen UPV testi değerleri incelendiğinde içerisinde hindistan cevizi lifi içeren beton numunelerin değerlerinin 2,6 km/s ile 4,1 km/s arasında olduğu gözlemlenmiştir. Hindistan cevizi lifinin kullanıldığı serilerde en düşük UPV testi değeri 2,6 km/s HLPOL 5-0,5

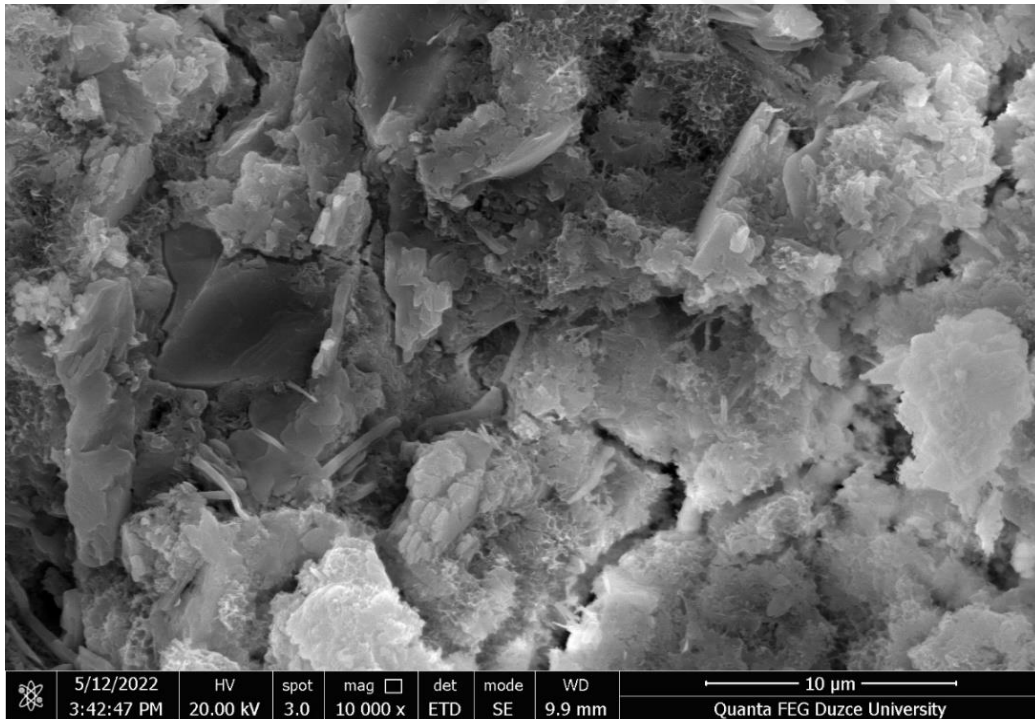
serisinde olduğu görülürken, en yüksek UPV testi değeri 4,1 km/s HL 0-1 serisinde olduğu saptanmıştır.

Cam elyaf lifi içeren beton numunelerin değerlerinin 2,0 km/s ile 3,6 km/s arasında olduğu gözlemlenmiştir. Cam elyaf lifinin kullanıldığı serilerde en düşük UPV testi değeri 2,0 km/s CL 0-1 serisinde olduğu görülürken, en yüksek UPV testi değeri 3,6 km/s CL 0-0,5 serisinde olduğu saptanmıştır.

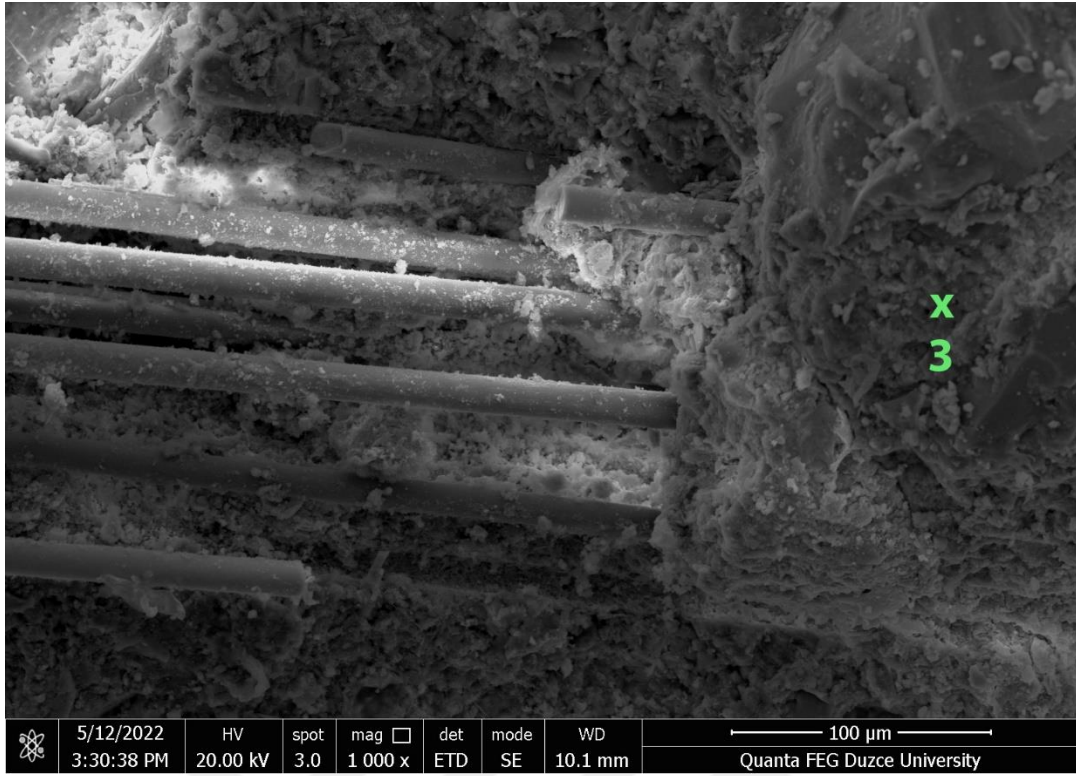
UPV testi değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (4,1 km/s) veren HL 0-1 serisinde olduğu görülürken en düşük değerin (2,0 km/s) veren CL 0-1 serisinde olduğu tespit edilmiştir.

4.2.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) Analizi Sonuçları

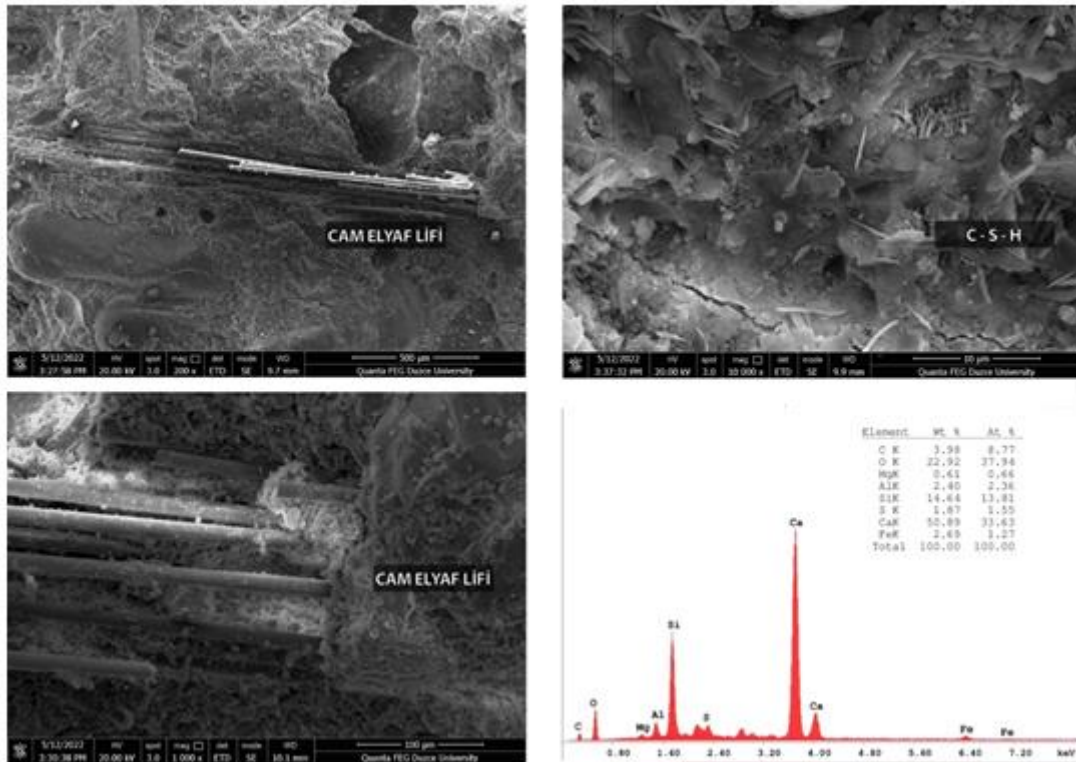
Deney numunelerine eğilme ve basınç testleri uygulandıktan sonra numunelerin SEM analizi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hindistan cevizi lifi katkılı numunelerin SEM-EDS görüntüleri şekil 4.3, şekil 4.4, şekil 4.5'te ve cam elyaf lifi katkılı numunelerin SEM-EDS görüntüleri şekil 4.6, şekil 4.7, şekil 4.8'de verilmiştir.



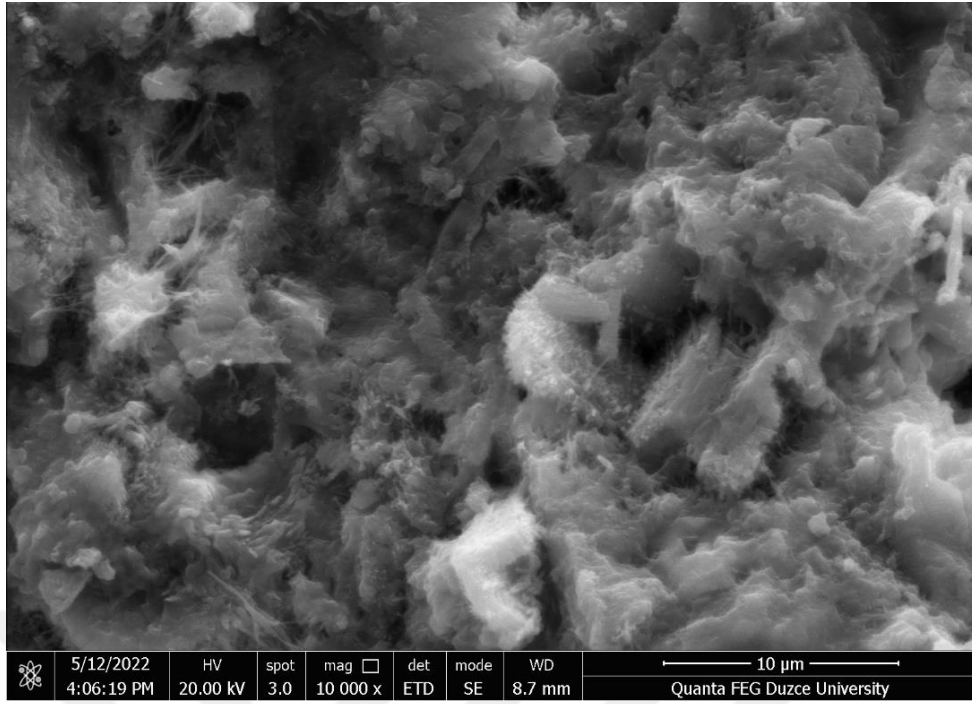
şekil 4.3. Cam elyaf lifi katkılı numunenin SEM görüntüsü.



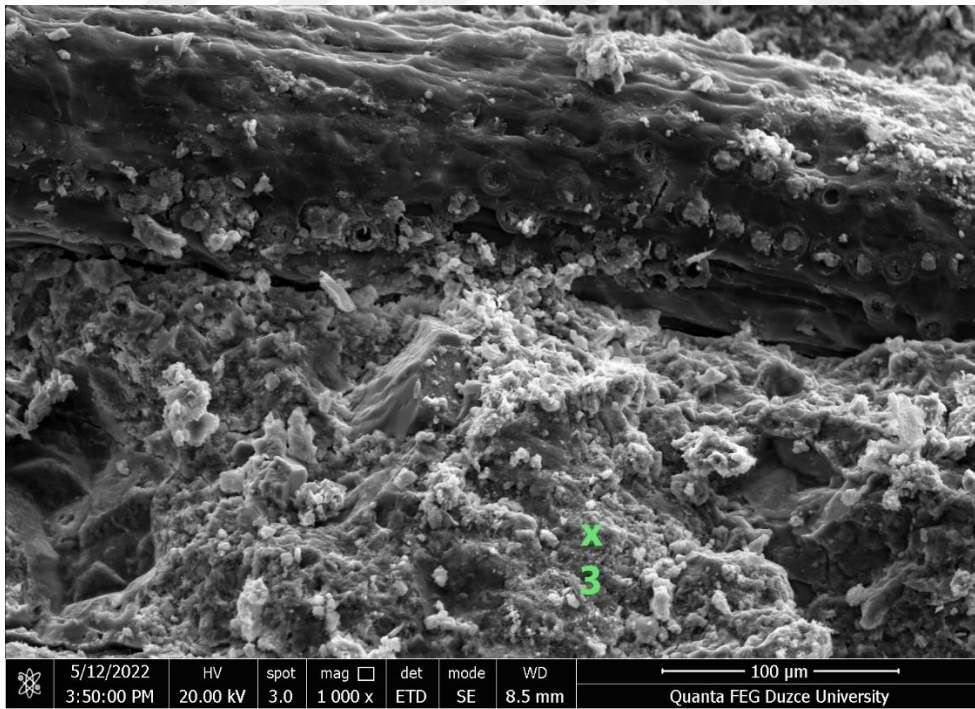
Şekil 4.4. Cam elyaf lifi katkılı numunenin EDS analiz yeri.



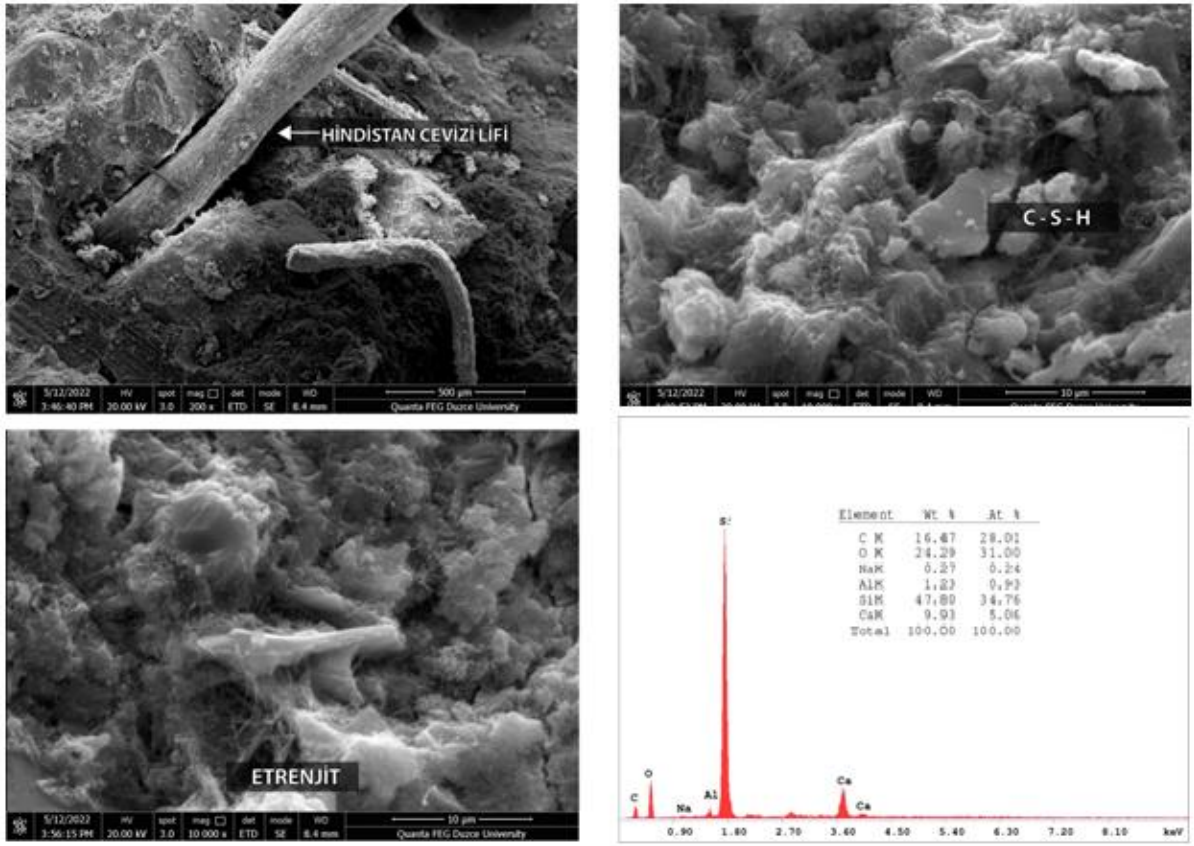
Şekil 4.5. Cam elyaf lif içeren numunenin taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi sonuçları



Şekil 4.6. Hindistan cevizi lifi içeren betonun SEM – EDS görüntüleri.



Şekil 4.7. Hindistan cevizi lifi katkılı numunenin EDS analiz yeri.



Şekil 4.8. Hindistan cevizi lif içeren numunenin taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi sonuçları.

Numunelerin içyapı analizleri için yapılan SEM-EDS analizlerinde genel olarak gözenekli camsı yapıya sahip ve mineraller içeren agregalar bulunduğu görülmektedir. Yapı içerisinde feldispat, dolomit, kalsit gibi mineraller ve C-S-H, portlandit ve etrengit (trisülfoaluminat hidrat) gibi hidrate fazlar ve hidrate olmamış çimento tanecikleri bulunduğu belirlenmiştir. Görüntülerden liflerin çimento ile yapışmasının iyi olduğu ve çimento harcı içinde homojen olarak dağıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, cam elyaf lifi ile beton matris arasında yeterli aderans olduğu ve cam elyaf lifinin hindistan cevizi lifine göre daha sağlam olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beton içerisine %5 oranında polimer katılarak elde edilen betonlara farklı oranlarda doğal lif olarak hindistan cevizi lifi (%0,5, %1 ve %1,5) ve yapay lif olarak cam elyaf lifi (%0,5, %1 ve %1,5) katılarak elde edilen beton serilerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Beton numunelerdeki yayılma çaplarına bakıldığında hindistan cevizi lif oranı arttıkça yayılmaların cam elyaf lifine ve kontrol grubuna oranla daha az meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- Polimer ve lif takviyeli tüm serilerde kontrol grubuna ve diğer serilere göre daha hafif bir beton karışım olduğu saptanmıştır. Ayrıca tüm serilerde lif ve polimer katkısı arttıkça ağırlığın azaldığı saptanmıştır.
- Hindistan cevizi lifi ile polimer ve cam elyaf lifi ile polimer içeren karışımların kontrol grubundaki standart beton karışımlara oranla daha az suyu emdiği görülmüştür.
- Basınç dayanım değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (47,8 MPa) veren HL 0-1 serisinde olduğu görülmektedir. Tüm serilerde agrega katkısı yerine optimum değer için koyulabilecek lif takviyesinin %1 oranında olduğu saptanmıştır.
- Eğilme dayanım değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (15,73 MPa) CL 0-1,5 serisinin verdiği görülmektedir. Tüm serilerde agrega katkısı yerine optimum değer için koyulabilecek lif takviyesinin %1,5 oranında olduğu saptanmıştır.
- UPV testi değerleri incelendiğinde; en yüksek değeri (4,1 km/s) veren CF 0-1 serisinde olduğu görülürken en düşük değer (2,0 km/s) veren CONT 0-1 serisinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda; doğal bir lif olan hindistan cevizi lifinin ve yapay bir lif olan cam elyaf lifinin %5 poliüretan katkılı polimer beton içerisinde optimum %1 olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda bu çalışma göz önüne alınarak farklı polimer katkı oranlarında farklı doğal ve/veya yapay liflerin araştırılması önerilmektedir. Ayrıca, alüminyum tozu, cam tozu, pirinç kabuğu, demir tozu vb. farklı materyaller de araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. N.Özsoy, “Polimer Esaslı Fiber Takviyeli Kompozit Malzemelerin Tribolojik ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği Enstitü Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye,2015.
2. M. Aral, “Karma Lif İçeren Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışı Bir Optimum Tasarım,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,2006.
3. L. Czarnecki, “The status of polymer concrete. concrete international design and construction,” *Concrete International*, c. 7, sayı 7, ss.47-53, 1985.
4. M. Şahin, “Betonla Uyumlu Polipropilen Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Üretimi ve Özellikleri,” Yüksek lisans tezi, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,2007.
5. S. Yıldız ve Z. Ç. Ulucan, “Beton borularda cam lif katkısının tepe yük dayanımına etkisinin araştırılması,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 23, sayı 2, ss.267-271,2008.
6. S. Yıldız, Y. Bölükbaş ve O. Keleştemur, “Cam elyaf katkısının betonun basınç ve çekme dayanımı üzerindeki etkisi,” *Politeknik Dergisi*, c.13, sayı 3, ss. 239-243, 2010.
7. A. Pişkin, “Polimer Beton Üretiminde Cam Tozu Kullanılabilirliğinin Araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Yapı Enstitü Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2010.
8. M. Ali, “Coconut fibre: A versatile material and its applications in engineering,” *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, c.2, sayı 9, ss. 189-197, 2011.
9. Y. I. Murthy, A. Sharda ve G. Jain, “Performance of glass fiber reinforced concrete,” *International Journal Of Engineering And Innovative Technology (IJEIT)*, c.1, sayı 6, ss. 246-248, 2012.
10. O. Soykan ve C. Özel, “Mermer tozu tane boyutunun polimer beton özelliklerine etkisi,” *SDU International Journal of Technologic Sciences*, c. 4, sayı 3, ss.102-111,2012.
11. T. M. Borhan, “Properties of glass concrete reinforced with short basalt fibre,” *Materials and Design*, ss. 265-271, 2012.
12. M. Ramli, H. Kwan ve N.F. Abas, “Application of non-corrosive barchip fibres for high strength concrete enhancements in aggressive environments,” *Composites Part B: Engineering*, c. 53, ss.134-144,2013.

13. M. Ramli, W.H. Kwan ve N. F. Abas, "Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments," *Construction and Building Materials*, c. 38, ss. 554–566, 2013.
14. L. Yan ve N. Chouw, "A comparative study of steel reinforced concrete and flax fibre reinforced polymer tube confined coconut fibre reinforced concrete beams," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, c. 32, sayı 16, ss.1155-1164, 2013.
15. M. Ali ve N. Chouw, "Experimental investigations on coconut-fibre rope tensile strength and pullout from coconut fibre reinforced concrete," *Construction and Building Materials*, c.41, ss. 681-690, 2013.
16. K. Nadgouda, "Coconut fibre reinforced concrete," *Proceedings of Thirteenth Irf International Conference*, Chennai, India, 2014.
17. A.B. Kizilkanat, N. Kabay, V. Akyüncü, S. Chowdhury ve A. H. Akça, "Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete: An experimental study," *Construction and Building Materials*, c.100, ss. 218-224, 2015.
18. C. Özel ve U. Baydar, "Onarım ve güçlendirmede kullanılan polimer betonların aderans özelliklerinin beton yüzey karakteristikleri ile ilişkileri," *SDU International Journal Of Technological Science*, c. 8, sayı 3, ss.46-61,2016.
19. K. Türker, T. Birol, A. Yavaş, U. Hasgöl, "Ultra yüksek performanslı lifli beton içeren kirişlerde etkin çelik lif tipi incelemesi," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, ss. 776-785, 2016.
20. M. Doğan, A. Bideci, B. Çomak, Ö. Sallı Bideci ve E. Besli, "Stiren-Bütadien kopolimer katkısının çimento harçlarına etkisi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, ss. 67-76, 2016.
21. W. Wang ve N. Chouw, "The behaviour of coconut fibre reinforced concrete (cfrc) under impact loading," *Construction and Building Materials*, ss. 452-461, 2017.
22. Ö. Sallı Bideci, R. C. Saka ve A. Bideci, "Physical characteristics of rubberized concrete including granulated waste tire aggregate," *Journal of Polytechnic*, c. 20, sayı 4, ss. 777-786, 2017.
23. B. Çomak, A. Bideci ve Ö. S. Bideci, "Effects of hemp fibers on characteristics of cement based mortar," *Construction and Building Materials*, ss. 794–799, 2018.
24. L. Gemi ve M. A. Köroğlu, "Çekme bölgesi lifli beton olan cam fiber takviyeli polimer (GFRP) ve çelik donatılı etriyesiz kirişlerin eğilme etkisi altındaki davranışı ve hasar analizi," *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 6, sayı 4, ss. 654-667, 2018.

25. M. İskender ve B. Karasu, "Glass fibre reinforced concrete (GFRC)," *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, c. 5, sayı 1, ss.136-162, 2018.
26. B. G. Olukunle, N. B. Uche, A. O. Efomo, A. Gideon ve J. K. Joshua, "Data on acoustic behaviour of coconut fibre-reinforced concrete," *Data in Brief*, ss. 1004-1007, 2018.
27. Ö. Sallı Bideci, K. Mercanoğlu ve A. Bideci, "Öğütülmüş cam elyaf takviyeli beton (grc) atıklarının çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği," *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 6, sayı 2, ss.198-206,2018.
28. Ö. Sallı Bideci ve A. Bideci, "Öğütülmüş kolemanit katkısının çimento harçlarına etkisi," *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimi Dergisi*, c. 30, sayı 1, ss. 133-138, 2018.
29. A.M. Ali, M. H. Arslan ve M. Altın, "Cam lif takviyeli betonun yangın dayanımlarının çeşitli parametreler açısından irdelenmesi," *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, c. 5, sayı 2, ss.198-213, 2019.
30. S. K. Yadav ve A. Singh, "An experimental study on coconut fiber reinforced concrete," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, c. 6, sayı 5, ss.2250-2254, 2019.
31. K. P. Marimuthu, S. M. Kumar, V. R. Kumar ve H.K. Govindaraju, "Characterization of mechanical properties of epoxy reinforced with glass fiber and coconut fiber," *Science Direct*, c. 16, ss. 661-667,2019.
32. W. Ahmad, S.H. Farooq, M. Usman, M. Khan, A. Ahmad, F. Aslam, R. A. Yousef, H. A. Abduljabbar ve M. Sufian, "Effect of coconut fiber length and content on properties of high strength concrete," *Materials*, ss. 1-22, 2020.
33. H. Polat, B. Demirel, M. N. Kolak ve M. Oltulu, "Polimer betonlarda barit minerali kullanımının araştırılması," *Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, c. 1, sayı 1, ss. 25-32, 2020.
34. H. Syed, R. Nerella ve S. R. C. Madduru, "Role of coconut coir fiber in concrete," *Materials Today: Proceedings*, ss. 1104,1110, 2020.
35. İ. Özdemir ve Y. Koçak, "Pirinç kabuğu külü ikameli çimentoların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması," *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, c. 7, sayı 1, ss. 160-168, 2020.
36. O. Zaid, J. Ahmad, M.S. Siddique, F. Aslam, H.A. Jabbar ve K.M. Khedher, "A step towards sustainable glass fiber reinforced concrete utilizing silica fume and waste coconut shell aggregate," *Sci Rep 11(12822)*, ss. 1-14, 2021.
37. C. Doğan ve İ. Demir, "Polymer fibers and effects on the properties of concrete," *GÜFBED/GUSTIJ*, c. 11, sayı 2, ss. 438-451, 2021.

38. Ü. Sevenscan, "Polipropilen Fiber ve Uçucu Kül Katkılı Ankara Kilinin Geoteknik Özelliklerinin Araştırılması," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2009.
39. Ç. Akkaya Özden, "Polimer Betonların Donma - Çözülme Etkisine Dayanıklılığı," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2010
40. K. S. Kene, V. S. Vairagade ve S. Sathawane, "Experimental study on behavior of steel and glass fiber reinforced concrete composites," *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, c. 2, sayı 4, ss. 125-130, 2012.
41. S. Z. Teker, "Farklı Tür ve Oranlarda Polimer Lif Katkısıyla Üretilen Harçların, Yüksek Sıcaklık Etkisi Altında Mekanik Davranışlarının İncelenmesi," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye, 2012.
42. M. Ali, A. Liu, H. Sou ve N. Chouw, "Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete," *Construction and Building Materials*, c. 30, ss. 814-825, 2012.
43. L. Hollaway, "Polymer and polymer composites for civil and structural engineering," *Springer*, Netherlands, ss. 259, 2012.
44. A. Topsakal ve C. Özel, "Faz malzeme oranının polimer beton özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması," *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, c. 9, sayı 1, ss. 16-28, 2013.
45. A. Topsakal, "Polimer Betonların Bazı Durabilite Özelliklerinin İncelenmesi," Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2013.
46. M. Öztürk, "Polimerle Modifiye Edilmiş Hafif Betonun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması," Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2013.
47. O. Soykan ve C. Özel, "Polimer betonlarda kür süresinin fiziksel ve mekaniksel özelliklere etkisi," *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, c. 35, sayı 2, ss. 33-41, 2014.
48. A. Akkaş, L. Alpaslan, S. Arabacı ve C. Başyigit, "Polipropilen lif katkılı yarı hafif betonların basınç dayanımı özellikleri," *International Technologic Science*, c. 2, sayı 1, ss. 9-14, 2014.
49. S. T. Tassew ve A. S. Lubell, "Mechanical properties of glass fiber reinforced ceramic concrete," *Construction and Building Materials*, c. 51, sayı 31, ss. 215-224, 2014.

50. C. Özel, M. Kuru ve Y. Bayram, "Mineral ve fiber içeren polimer betonların plaka sıcaklıklarına bağlı ısı iletkenlik katsayılarının incelenmesi," *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 19, sayı 1, ss.27-33, 2015.
51. Y. Bayram, "Polimer Betonların Bazı Termomekanik Özelliklerinin Araştırılması," Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2015.
52. V. Afroughsabet ve T. Ozbakkaloglu, "Mechanical and durability properties of high-strength concrete containing steel and polypropylene fibers," *Construction and Building Materials*, c. 94, sayı 30, ss. 73-82, 2015.
53. N. Sam ve M.K. Sheeja, "Durability study on coir fibre reinforced concrete," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, c. 5, sayı 8, ss.481-485, 2016.
54. İ. Çelik, H. Yılmaz ve A. Bideci, "Sarıçam ağaç odunlarının çivi ve vida tutma dirençlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma," *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c.6, sayı 3, ss. 360-368, 2017.
55. F. Kantarcı, "Nano Silis, Mikro Silis ve Polimer Katkılar İçeren Volkanik Tuf Esaslı Geopolimer Beton Üretimi Ve Özelliklerinin Araştırılması," Doktora tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, 2018.
56. M. Oltulu ve H. Oktan, "Farklı görünüm oranlı bazalt liflerin betonun mekanik özelliklerine etkisi," *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 9, sayı 2, ss. 870-879, 2019.
57. H. T. Bahçe ve Ş. Temiz, "Vakum infüzyon metoduyla üretilen kayısı çekirdeği kabuğu tozu katkılı tabakalı kompozitlerin mukayese edilmesi," *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, c. 5, sayı 2, ss. 25-146, 2019.
58. N. R. Pekdemir, "Polipropilen Lif Oranının Betonun Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımına Etkisi," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye, 2020.
59. S. Aslan, "Cam Lif Takviyesinin Beton Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Avrasya Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2020.
60. H. Temiz, M. M.T Maraş ve F. Kantarcı, "Polimer katkılı kompozitlerin mekanik ve yalıtım özelliklerinin incelenmesi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, ss. 1394-1406, 2020.
61. J. Ahmad, O. Zaid, M. Shahid Siddique, F. Aslam, H. Alabduljabbar ve K.Mohamed Khedher, "Mechanical and durability characteristics of sustainable coconut fibers reinforced concrete with incorporation of marble powder," *Materials Research Express*, ss. 1-23, 2021.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Caner DEMİRDAĞ

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Kompozit Malzemeler	Düzce Üniversitesi	2022
Lisans	Jeofizik Mühendisliği	Süleyman Demirel Üniversitesi	2014
Lise		Düzce Arsal Anadolu Lisesi	2007

YAYINLAR

C. Demirdağ, A. Bideci ve M. Tuncer, “Effect of coconut fiber in polymer concrete 8th international,” *Mardin Artuklu Scientific Researches Conference 4-6 Haziran 2022*, Mardin, Turkey, 2022.

A. Ateş, L.O. Uğur, R. Akbıyıklı, İ. Keskin, B. Yeşil ve C. Demirdağ, “Investigation of damping acceleration ratio and site effects on seismic ground response in the duzce region,” *Geonrepozytorium* , ss. 97-110,2018.