

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FİBERCEMENT LEVHALARIN ISI ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞIN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih YAVUZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. FERHAT AYDIN

Temmuz 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FİBERCEMENT LEVHALARIN ISI ETKİSİNDEKİ
DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

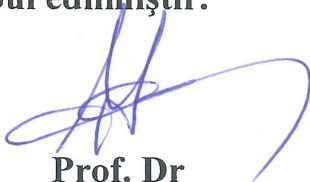
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih YAVUZ

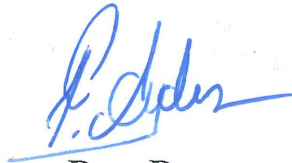
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMELERİ

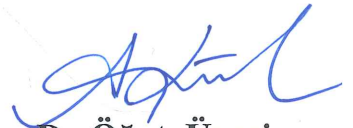
Bu tez 08.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr
Kemalettin YILMAZ
Jüri Başkanı



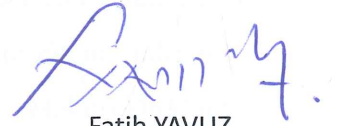
Doc. Dr.
Ferhat AYDIN
Üye



Dr. Öğrt. Üyesi
Tahir AKGÜL
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Fatih YAVUZ

08/07/2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Ferhat AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve imkânları esirgemeyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü Prof.Dr. Mehmet SARIBIYIK'a teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarımın malzeme teminini ve desteklerini esirgemeyen Hekim Holding A.Ő. teşekkür ederim. Yüksek lisans tez sürecinde yardımlarını esirgemeyen meslektaşım Mehmet Tahsin BİLGİÇLİ'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, iyi bir birey olarak yetişmeme gayret eden, benden sevgi ve desteklerini esirgemeyen sevgili Aileme, annem ve babam Hayat&Hasan YAVUZ ve eşim Merve YAVUZ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLolar LİSTESİ	v
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
FİBERCEMENT LEVHA.....	3
2.1. Fibercement Levhalar	3
2.1.2. Fibercement levhaların özellikler.....	4
2.2. Fibercement Levha Üretim Yöntemi.....	6
2.2.1. Fibercement levhanın bileşenleri.....	8
2.3. Dünya’da üretim ve Türkiye’de üretim yapan firmalar.....	9
2.4. Fibercement Levhalarla İlgili Bilimsel Çalışmalar.....	10
BÖLÜM 3.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	22
3.1. Materyal ve Metot	22
3.1.1. Birim ağırlık ve su emme oranı tayini.....	23
3.2. Üç Noktalı Eğilme Deneyi	25

BÖLÜM 4.

DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI	29
4.1. Birim Ağırlık Sonuçları.....	29
4.2. Su Emme.....	30
4.3. Yük – Sehim Grafikleri.....	31
4.3.1. Düşük sıcaklıklarda eğilme grafikleri -40°c.....	31
4.3.2. Düşük sıcaklıklarda eğilme grafikleri -20°c.....	35
4.3.3. Oda sıcaklığında eğilme grafikleri +20 °c.....	40
4.3.4. Yüksek sıcaklıklarda eğilme grafikleri +100°c.....	46
4.3.5. Yüksek sıcaklıklarda eğilme grafikleri +200°c.....	50
4.3.6. Yüksek sıcaklıklarda eğilme grafikleri +300°c.....	55
4.2. Eğilime Dayanımı - Sıcaklık Grafikleri.....	61

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Marifet Camii Ankara.....	1
Şekil1.2. İSKİ İstanbul Fibercement Dış Cephe kaplaması.....	2
Şekil 2.1. Fibercement Levhalar.....	3
Şekil 2.2. Fibercement Levhaların Dış Cephe Uygulması.....	4
Şekil 2.3. Fibercement Levhaların Ahşap Görünümü.....	5
Şekil 2.4. Ahşabın Korumasına Çürümeye Karşı Durumu.....	5
Şekil 2.5. Fibercement Levhaların Bakımı Kolay Olması.....	6
Şekil 2.6. Hatschek makinesi.....	7
Şekil 2.7. Hatschek makinesi.....	7
Şekil 2.8. Fibercement üretim tesisi.....	8
Şekil 2.9. Fibercement üretim tesisi.....	9
Şekil 2.10. Çalışma sonucu akrilik ve polipropilen lifleri ile güçlendirilmiş fibercement.....	11
Şekil 2.11. Ultrasonik test fibercement numunesi.....	
Şekil 2.12. Akustik emisyon ölçümleri yapılmış fibercement eğilme testi.....	12
Şekil 2.13. Fibercement levhalarda sık görülen malzeme kusurları.....	12
Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan fibercement muayene düzeneği.....	13
Şekil 2.15. Numunelerin üç noktalı eğilme deneyinden görüntü.....	13
Şekil 2.16. Lif hacim oranının fibercement çekme dayanımı üzerine etkisi.....	14
Şekil 2.17. 4 noktalı bükme testi kurulumu.....	15
Şekil 2.18. Sabit temassız ultrason tarayıcısının şematik ve görünümü.....	15
Şekil 2.19. Çalışma anında numunelerin yakın görünümü.....	16
Şekil 2.20. Çalışmadaki lif içeriği olan pirinç kabukları.....	16
Şekil 2.21. Çalışmadaki lif içeriği olan bamboo lifleri.....	17
Şekil 2.22. Çalışmadaki fibercement üretimi	17
Şekil 2.23. Çalışmadaki test teçhizatı diyagramı.....	18

Şekil 2.24. Hafif çelik duvar paneli ve fibercement kaplaması test halinde.....	20
Şekil 2.25. Türkiye'de Endüstriyel Çatı Kaplamalarında Fiber-Çimento ve Sandviç Paneller.....	21
Şekil 3.1. Fibercement numuneler.....	22
Şekil 3.2. Fibercement numuneler.....	23
Şekil 3.3. Fibercement numunelerin deneyden önce tartılma işlemleri.....	24
Şekil 3.4. Fibercement numunelerin deneyden önce su emme oranı tayini.....	24
Şekil 3.5. Üç Noktalı Eğilme Deney Cihazı ve Düzeneği.....	25
Şekil 3.6. Fibercement numunelerin yerinde ısı ölçümü.....	26
Şekil 3.7. Numenin deney sonunda kırılma anı.....	26
Şekil 3.8. Deney sonunda kırılan numunele.....	27
Şekil 3.9. Fibercement numunelerin deney anı.....	27
Şekil 3.10. Eğilme deneyi test cihazı mesnet aralığı ve yükleme statifi	28
Şekil 4.1. Birim ağırlık-numune boyut grafiği.....	29
Şekil 4.2. Su emme numune boyutu grafiği.....	30
Şekil 4.3. -40°C'de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği	31
Şekil 4.4. -40°C'de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği	32
Şekil 4.5 -40°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği	33
Şekil 4.6. -40°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği	34
Şekil 4.7. -40°C'de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği	35
Şekil 4.8. -20°C'de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	36
Şekil 4.9. 20°C'de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği	37
Şekil 4.10. -20°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	38
Şekil 4.11. -20°C'de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	39
Şekil 4.12. -20°C'de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği	40
Şekil 4.13. +20°C'de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği	41
Şekil 4.14. +20°C'de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği	42
Şekil 4.13. +20°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	43
Şekil 4.16. +20°C'de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği	44
Şekil 4.17. +20°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği	45
Şekil 4.18. +100°C'de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	46
Şekil 4.19. +100°C'de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği	47
Şekil 4.20. +100°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği	48

Şekil 4.21. +100°C’de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	49
Şekil 4.22. +100°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği	50
Şekil 4.23. +200°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	51
Şekil 4.24. +200°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği	52
Şekil 4.25. +200°C’de 16 mm fibercement gerilme - sehim grafiği.....	53
Şekil 4.26. +200°C’de 20 mm fibercement gerilme - sehim grafiği.....	54
Şekil 4.27. +200°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği	55
Şekil 4.28. +300°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği	56
Şekil 4.29. +300°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	57
Şekil 4.30. +300°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği.....	58
Şekil 4.31. +300°C’de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği	59
Şekil 4.32. +300°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği.....	60
Şekil 4.33. 8 mm’lik fibercement numunenin eğilme dayanımı-sıcaklık grafiği.....	61
Şekil 4.34. 12 mm’lik fibercement numunenin eğilme dayanımı-sıcaklık grafiği.....	62
Şekil 4.35. 16 mm’lik fibercement numunenin eğilme dayanımı-sıcaklık grafiği.....	63
Şekil 4.36. 20 mm’lik fibercement numunenin eğilme dayanımı-sıcaklık grafiği.....	64
Şekil 4.37 Fibercement numunenin eğilme dayanımı-sıcaklık grafiği karşılaştırması.....	65

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1 Numunelerin birim ağırlıkları ve ortalama değerleri.....	29
Tablo 4.2 Numunelerin yüzde su emme değerleri ve ortalamaları.....	30
Tablo 4.3. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	31
Tablo 4.4. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	32
Tablo 4.5. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları.....	33
Tablo 4.6. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları.....	34
Tablo 4.7. Tüm numunelerin eğilme test sonucu karşılaştırması	35
Tablo 4.8. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	36
Tablo 4.9. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	37
Tablo 4.10. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	38
Tablo 4.11. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	39
Tablo 4.12. Tüm numunelerin gerilme-tokluk değerleri karşılaştırılması.....	40
Tablo 4.13. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	41
Tablo 4.14. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	42
Tablo 4.15. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	43
Tablo 4.16. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	44
Tablo 4.17. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması.....	45
Tablo 4.18. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	46
Tablo 4.19. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	47
Tablo 4.20. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	48
Tablo 4.21. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	49
Tablo 4.22. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması	50
Tablo 4.23. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	51
Tablo 4.24. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	52
Tablo 4.25. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	53
Tablo 4.26. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	54
Tablo 4.27. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması	55

Tablo 4.28. 8 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	56
Tablo 4.29. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	57
Tablo 4.30. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	58
Tablo 4.31. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları	59
Tablo 4.32. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması	60
Tablo 4.33. 8 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları	61
Tablo 4.34. 12 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları.....	62
Tablo 4.35. 16 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları.....	63
Tablo 4.36. 20 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları.....	64



FİBERCEMENT LEVHALARIN ISI ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, yapıların gelişimi ve değişimi hızlanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte yaşam koşullarının iyileştirilmesi için iklim koşullarına ve yangına dayanıklı malzeme üretimi için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların ışığında selüloz elyafı, kuvarsla takviye edilmiş çimento özlü levhalar kullanılmaktadır. Fibercement levhaların iklimsel farklılıklar ve yangın gibi etkenler nedeniyle mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişimler olmaktadır. Araştırmamızda laboratuvar ortamında farklı sıcaklıklarda +100 C°, +200 C°, +300 C° ve +20 C°, -20 C°, -40 C° 25 × 10 cm (8 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm et kalınlıklı) boyutlarında fibercement malzemeler test edilmiştir. Fibercement malzemesinin dayanım ve malzemedeki fiziksel değişimler eğilme testi ile belirlenmiştir. Genel olarak fibercement numunesinde en büyük değişken faktörü sıcaklık olmuştur. Yük taşıma kapasitesi sıcaklık artışlarında doğru orantılı olarak düşüş göstermiştir. Numune kalınlığının artışı aynı sıcaklıklarda yük taşıma kapasitesinde yükselmesine sebep olmuştur. Eğilme dayanımları ise sıcaklık artışında doğru orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Fibercement levhalar, ısı, donma, eğilme, tokluk

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF FIBERCEMENT BOARDS ON THE HEAT EFFECT

SUMMARY

In parallel with technological developments, the development and change of the structures accelerated. With the developing technology, works for the production of fire resistant materials for climate conditions and for the improvement of living conditions are continuing. In the light of these studies, cellulose fiber, quartz reinforced cement core slabs are used. Changes in the mechanical and physical properties of fibercement sheets due to climatic differences and fire. In our research, in the laboratory environment at different temperatures +100 °C, +200 °C, +300 °C and + 20 °C, -20 °C, -40 °C 25×10 cm (8 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm wall thickness) fibercement materials were tested. Strength and physical changes of fibercement material were determined by bending test. In general, the largest variable factor in the fibercement sample was temperature. The load carrying capacity decreased proportionally in temperature increases. The increase in sample thickness increased the load carrying capacity at the same temperatures. It was observed that the bending strength decreases proportionally with increasing temperature.

Key words: Fibercement sheets, heat, freezing, bending, fullness

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde fibercement levhası iç, dış ve çatı kaplama malzemeleri olarak bilinen yapı malzemelerindendir. Bununla birlikte, son yirmi yılda gelişmiş ülkelerin çoğunda lifli çimento levha üretiminde asbest liflerinin kullanılması yasaklanmıştır. Fakat bu kanserojen lifler hala gelişmekte olan ülkelerin çoğunda kullanılmaktadır. 1970'li yılların başlamasıyla beraber asbest'in insan sağlığı üzerindeki etkisinin fark edilmesinden sonra, asbest liflerinin yapı malzemeleri ürenlerinden değiştirilmesi için küresel bir çalışma başlatılmıştır. Özellikleri, etkinliği ve maliyetine bağlı olarak; buğday, küspe, kâğıt hamuru, güçlü ağaç lifleri, hint keneviri, çelik, akrilik ve polivinil alkol elyafları gibi çok çeşitli doğal ve sentetik lifler, lifli çimento levhaların üretiminde asbest'in alternatifleri olarak kullanılmıştır [1].



Şekil 1.1 Marifet Camii Ankara [2]

Fibercement, genel olarak lif (elyaf) takviyeli çimentodan mamül ürünleri tanımlayan ve hemen hemen tüm dünya ülkeleri tarafından ortak kullanılan bir terimdir. Bu levhaların ortak özelliği yapılarında takviye elemanı olarak organik veya inorganik bir lif bulundurması, bağlayıcı eleman olarak da mutlaka çimento kullanılmasıdır. Gelişen teknolojiye paralel olarak klasik yapı elemanlarının yanı sıra muhtelif yapı elemanlarında yapı sektöründe yerini almaya başlamıştır. 1990' lı yıllarda yapılan çalışmalar sonunda günümüzde fibercement levha denildiğinde ilk akla gelen ürün olan selüloz elyafı ile takviye edilmiş çimentolu levhalar geliştirilmiştir. Bu alanda yapılan en son yeniliklerle fibercement olarak bilinen; yapıların her türlü iç ve dış cephe kaplamalarında kullanılan, otoklavda sertleştirilmiş, düz, ahşap, doğal taş gibi birçok yüzey görünümüne sahip doğal lifli çimento esaslı levhalar üretilmeye başlanmıştır [3].



Şekil 1.2 İSKİ İstanbul Fibercement Dış Cephe kaplaması [2]

Kısaca “elyaf takviyeli çimento levha” olarak tanımlanabilecek fibercement levhalar, içerik olarak doğal elyaf, mikronize edilmiş silika ve çimento ile hazırlanan hammaddenin özel bir makinada levhalar haline getirilmesi ve daha sonra otoklavlanması ile elde edilmiştir.

BÖLÜM 2. FİBERCEMENT LEVHALAR

2.1. Fibercement Levhalar

Çimento esaslı levhalar 20.yüzyılın başlarında Avusturyalı mühendis Ludwik Hatschek tarafından geliştirilen ve kendi adıyla anılan bir yöntemle üretilmeye başlayan levhalar pek çok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmıştır. Ebedi olarak adlandırdığı; su geçirmez, yanmaz, hafif ve sağlam asbestli çimento levhaların üretim teknolojisini geliştirmiştir, patentini almıştır. Yasal düzenlemeler nedeniyle, 1970’lerde asbest kullanımının sağlığa zararlı olduğu ortaya çıktı ve doğrudan bu maddeye maruz kalan kişilerde asbestosis; pleural mesothelioma (akciğer hastalığı) ve peritoneal mesothelioma (karın rahatsızlığı) gibi ölümcül hastalıklara sebep olduğu kanıtlanmıştır. Sonrasında ise asbest kullanımı yasaklanmıştır ve insan sağlığı için alternatif lifler araştırılmaya başlanılmıştır. Araştırmalar sonucu zararlı asbest lifleri yerine güvenli selüloz lifleri kullanılarak günümüz ‘fibercement’ çimento esaslı levhalar geliştirilmiştir [4].



Şekil 2.1 Fibercement Levhaları [2]

Fibercement levha; dayanıklı ve çok yönlü bir yapı malzemesidir. Kontrplak veya oryantasyonlu levha tahtaları gibi doğal ahşap ve ahşap esaslı ürünler yerine kullanılabilir.

Bir yapı malzemesi olarak fibercement'in özellikleri, hem yeni inşa edilmiş hem de yenilenecek binalar, iç duvar kaplamaları, balkon korkuluk panelleri, taban kaplaması ve iç cephe kaplamaları için tercih edilebilir. Fibercement boyalı ve basit emprenye edilmiş yüzeylere uygulanabilir [5].



Şekil 2.2. Fibercement Levhaların Dış Cephe Uygulması

2.1.2 Fibercement Levhaların Özellikleri

Fibercement levhanın avantajları bu malzemenin uzun ömürlü olması için birleşir. Lifli çimento, yalnızca sürdürülebilir malzemeler değil aynı zamanda diğer kaplama malzemelerine kıyasla havaya, aşınmaya ve böceklere dayanabilen; kum, çimento ve selüloz liflerinden oluşan bir bileşiktir. Tasarım aşamasında çarpıcı bir güzellik sunar. Gelişmiş üretim yöntemleri ile doğal görünümü birleştirmek adına estetik anlamda yardımcı olur, çok yönlü uygulama sağlar. Alüminyum veya vinil gibi malzemelerin ahşabın görünümünü taklit edemeyeceği gibi fibercement'in ahşap boyama ve mühürleme olmadan ahşap görünümü için belki de en gerçekçi seçenektir ve böylelikle ahşap görünümünün alternatifidir.



Şekil 2.3. Fibercement Levhaların Ahşap Görünümü

Malzemenin kendisinin çeşitli renk ve dokularına ek olarak, gerçek şekil ve montaj türlerinde birçok seçenek vardır bu sebeple estetiki yönden montaj seçenekleri fazladır. Ateşe ve ısıya karşı direncinde ise fibercement bileşenlerinin yangına dayanıklılık derecesi vardır doğrudan alev veya ısı altında tutuşmazlar. Ayrıca alev yayılma derecesi A1'dir ve tuğla ile aynı yanmazlık sınıfındadır. Kötü hava şartlarına karşı iyi olmasıyla birlikte aşırı sıcaklık ve nem bazı dış cephe tiplerinde de hasara yol açabilir, ancak yapısı onu boyutsal olarak dengede tutar ve bu koşullarda hasar görmesini önler. Ürün ayrıca, ultraviyole ışığına maruz kaldığında aşırı derecede aşınmaz veya bozulmaz. Çarpma ve çürümeye karşı dayanıklıdır; ahşap gibi görünür ama öyle davranmaz, sert dokuya sahiptir.



Şekil 2.4. Ahşabın Korumasına Çürümeye Karşı Durumu

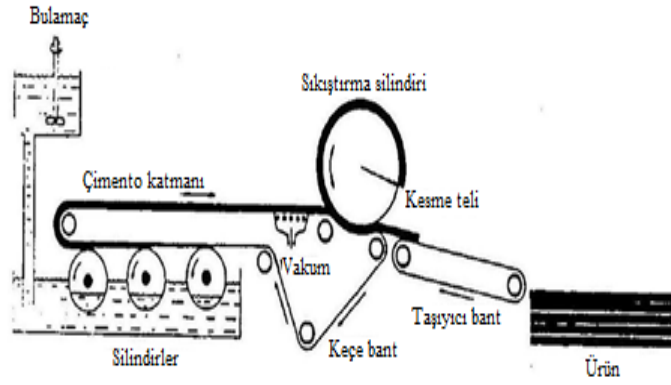
Şiddetli fırtanalara karşı direnciyle kasırga ve kasırgaya yatkın bölgelerde dayanım açısından mükemmel bir seçimdir. Fırtına, vinil veya alüminyum kaplamayı tamamen tahrip edebilir, oysa lifli çimento rüzgâr kuvvetini emilimini sağlar. Bakımı az ve kolay olması, ahşap gibi lekelenmemesi sebebiyle piyasada fibercement'in tercih edilmesine neden olmuştur. Enerji tasarrufunda etkili olmasıyla dış ve iç cephe kaplamasının yoğunluğ, lifli özelliği ile önemli miktarda fatura tasarrufu sağlamaktadır. [6].



Şekil 2.5. Fibercement Levhaların Bakımı Kolay Olması

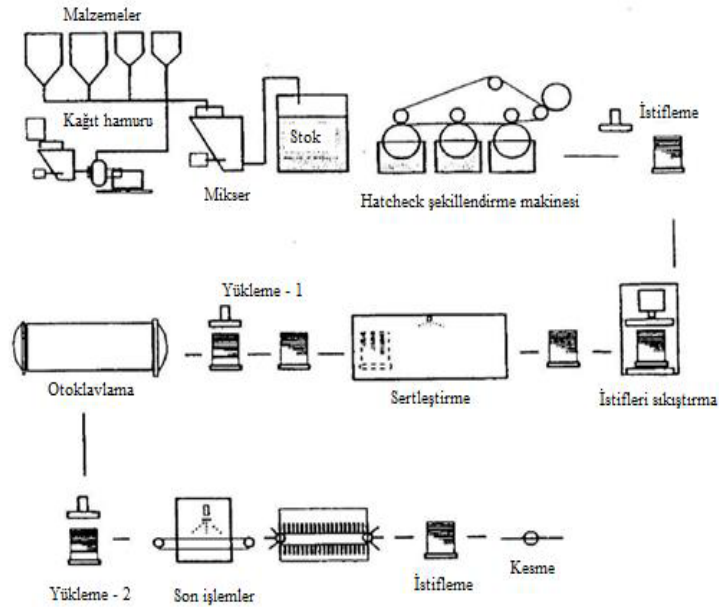
2.2 Fibercement Levha Üretim Yöntemi

Fibercement' in üretilmesinin yöntemi; ince bir kağıta benzer şekilde döşenmesinden ibarettir. İstenilen bir tabaka kalınlığı elde edilinceye kadar birbirlerinin üstüne döşenmektedir. İşlem, takviye edici elyafları düzlemsel bütünlük içinde dağıtır, sacın düzlemsel mukavemetini arttırmak için takviye elyaflarından en iyi şekilde yararlanır. Dolayısıyla, bu işlem kullanılarak yapılan tabakaların kuvveti, bir filtre presi veya ekstrüzyon işlemleri kullanılarak tek bir işlemde tam kalınlığa kadar oluşturulmuş tabakalardan yaklaşık % 50 daha yüksektir.



Şekil 2.6. Hatschek makinesi [8]

Seyreltilmiş bir elyaf bulamacından oluşturulan ince bir film genellikle 0.25-0.4 mm kalınlığındadır ve birçok katman oluşturur. Son katman ise yaklaşık olarak 20-30 sayfalık filmlerden oluşur. Yapılan çok sayıda katman yapılan sistemin kusurlarını bastırır. Elek üzerinde oluşturulan lifler homojen olmayıp tortulaşmaya sebep olabilir bu da lif bakımından zengin, yüzey lifleri bakımından zayıf olmasını sağlar. Bunu gidermek için 2,5-3 mm uzunluğunda lifler elek deliklerini hafifçe köprüler sağlayarak diğer parçacıkların beslenmesini ve lif bakımından zengin bir tabaka oluşmasını sağlar. Böylelikle en son oluşturulan kısımlar nispeten lifsiz olabilir. Bu sebeple fibercement fabrikasyonu için gelişmiş lif yönlendirme ve dağıtım cihazları geliştirilmiştir [7].



Şekil 2.7. Hatschek makinesi [8]

Kullanılan en yaygın üretim yöntemi, ağartılmamış selüloz liflerinin suya yeniden geçirildiği ve daha sonra çimento, silika ve çeşitli katkı maddeleri ile karıştırılmadan önce rafine edildiği Hatschek işlemidir. Karışım bir tel substrat üzerine biriktirilir, vakum ile sulanır ve bir çimento levha tabakası oluşturmak için kürlenir. Bu hava ile kürlenmiş işlem, çatı kaplama ürünlerinin üretimi ve tabakaların doğrudan sert hava koşullarına maruz kaldığı tüm uygulamalar için çok uygundur. Hatschek sürecinin en büyük dezavantajları, tüketilen su miktarının fazla olması sonrasında atık suyu tekrar kullanılmamasıdır. Böylelikle harcanan su miktarını azaltma çabaları filtrasyon sistemlerinin kurulmasını ya da yeniden kullanım için suyun pH'ını ayarlamayı içermiştir [7].



Şekil 2.8. Fibercement üretim tesisi [9]

2.2.1 Fibercement Levhanın Bileşenleri

Fibercement ilk kez 1970 yılında İsviçre merkezli Durisol Şirketi tarafından üretilmiştir. Asbest'in yerini alması nedeniyle popüler ürün olmuştur. Çimento (% 60), ağaç yonga parçacıkları (kuru ağırlıkça% 20) ve sudan (% 20) yapılır. Çimento hazırlama sürelerini iyileştirmek için küçük miktarlarda katkı maddeleri de eklenebilir.

Asıl tarif şirketler arasında geniş ölçüde değiştiğinden, önceki yüzdeler yalnızca yaklaşık değerlerdir. Örneğin, Versaroc şirketinin fibercement'i (Mayapple Corporation tarafından üretilmiştir) % 71 Portland Çimentosu, % 19 odun parçacıkları, % 9 su ve % 1 bağlayıcı içerir. Fibercement, 1250 - 1400 kg / m³'lük tipik bir yoğunluğa sahiptir. Nispeten yüksek yoğunluk, levha esnekliğini azaltır.

Ayrıca çeşitli renklerde lifli çimento ürünleri yapmak için pigment de eklenebilir. Lifli çimento yapı ürünleri, ahşap plakalar veya alçı veya kontrplak levhalar gibi geleneksel malzemeler üzerinde birçok avantaja sahiptir. Bu tip malzeme, yüksek ahşap içeriğinden dolayı neme maruz kaldığında nispeten yüksek genleşme ve büzülme özelliklerine sahiptir. Yüksek bir pH (11), ahşap delici böceklere ve mantarlara karşı son derece dayanıklı ve dirençli hale getirir. Fibercement ayrıca yüksek düzeyde yangına dayanıklıdır [10].

2.3. Dünya’da ve Türkiye’de Üretim Yapan Firmalar

Hekim Yapı Endüstrisi-Sakarya

Hekim Holding kuruluşu olan Hekim Yapı 2001 yılında çimento esaslı cephe kaplama malzemesi üretmek hedefiyle kurulmuştur. Çalışmaların tamamlanmasının ardından dünyada bu amaçla kullanılan en gelişmiş ürünün fibercement levha olduğu görülerek yola bu hedefle devam edilmiştir. İlk üretim tesisinin kurulmasına 2001 yılında başlanmış, 2004 Mayıs ayında ise tam kapasite ile üretime geçilmiştir. Hekim Yapı’ nın fibercement ürün yelpazesinde halen üç ana ürün grubu bulunmaktadır. Bunlar; Hekimboard markası ile üretilen büyük boyutlu fibercement levhalar, Türksiding markası ile üretilen fibercement yalı baskı plakaları ve üzeri kâğıt veya Pet esaslı folyo kaplanmış olan Fibercementlam levhalardır [12].



Şekil 2.9. Fibercement üretim tesisi [13]

Ekobord-Bilecik

Ekobord fibercement levhalar farklı şartlara dayanaklı düz ve çeşitli desenli levhalar olarak üretilmektedir. Tüm ürünler istendiğinde boyalı olarak da sunulmaktadır. Ayrıca üretim hattına entegre edilen kesme hattı ile birlikte standart ebatların yanında özel ebatlı olarak da üretilmektedir. Fibercement levhalar, Ekobord'un Bilecik'teki üretim tesislerinde, son teknoloji ile üretilmektedir. [14].

Tepe Betopan-Ankara

Bilkent Holding kuruluşu olan Tepe Betopan 1984 yılında Ankara Beytepe Tesislerinde fabrikasını kurup; Türkiye'de ilk çimentolu yonga levha üretimini Betopan tescilli markasıyla başlattı. 1999 yılında modern teknoloji sistemleri kullanılarak fabrika revize edilmiştir. 2001 yılında Arhavi'de Kurulu bulunan diğer Çimentolu Yonga Levha fabrikasını satın alarak, Türkiye'de tek üretici konumuna geldi. Tepe Betopan A.Ş., 2008 yılında tüm fabrikalarını Ankara/Bilkent'teki tesisin çatısı altında birleştirerek dünyanın sayılı üreticilerinden biri oldu [15].

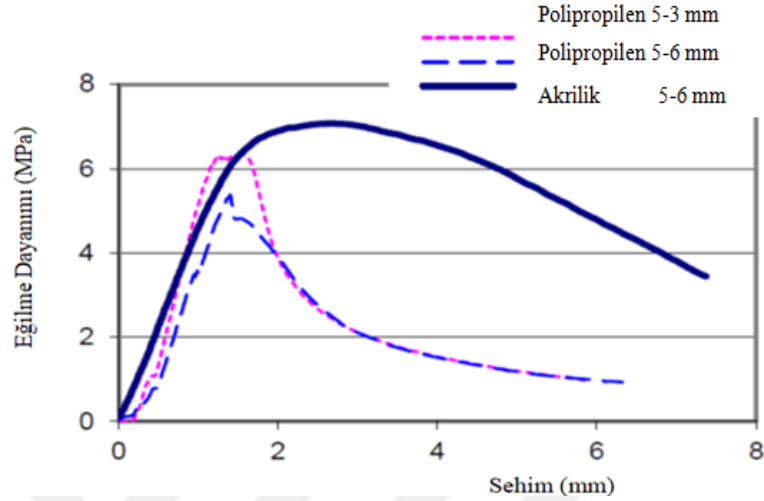
Atermit-Kocaeli

Atermit 1956 yılında Adana'da çatı kaplama malzemeleri üretmek amacıyla kurulmuştur. Atermit, bugün 500'den fazla çalışanıyla inşaat malzemeleri ve otomotiv yan sanayi ürünleri üretmektedir. Ankara'da bölge müdürlüğü bulunmaktadır [16].

2.4 Fibercement Levhalarla İlgili Bilimsel Çalışmalar

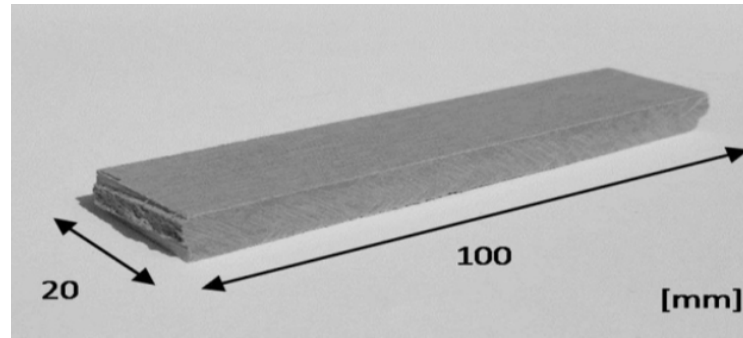
Khorami ve ark. yaptıkları çalışmada polipropilen ve akrilik ile işletilen atık kâğıt hamuru lifleri kullanılarak fibercement üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ucuz ve erişilebilir lifleri, fibercement levha üretiminde asbestin yerine koymaya çalışmışlardır. İki polimerik lif içeren atık kartondan elde edilen atık ambalaj hamurunu normalde kumaş endüstrisinde kullanılan akrilik ve polipropilen elyafla birleştirmişlerdir. Her iki grupta da katkı olarak nano silika kullanılmıştır. Numunelerin mekanik özellikleri ilgili standartlara göre test edilmiş ve analiz edilmiştir.

Sonuçlar, atık karton ve akrilik elyaftan yapılmış numunelerin standardın gereksinimlerini karşılayabileceğini göstermiştir. Asbeste alternatif olarak kullanılacak yeterli potansiyele sahip olduğunu saptamışlardır [17].



Şekil.2.10. Çalışma sonucu akrilik ve polipropilen lifleri ile güçlendirilmiş fibercement [17].

Schabowicz ve ark. yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklık etkisi altında fibercement levhaların bozulma derecesini gözlemlemişlerdir. Fibercement levhaların yüksek sıcaklık nedeniyle bozulma derecesini belirlemek için orijinal bir metodoloji kullanmışlardır.



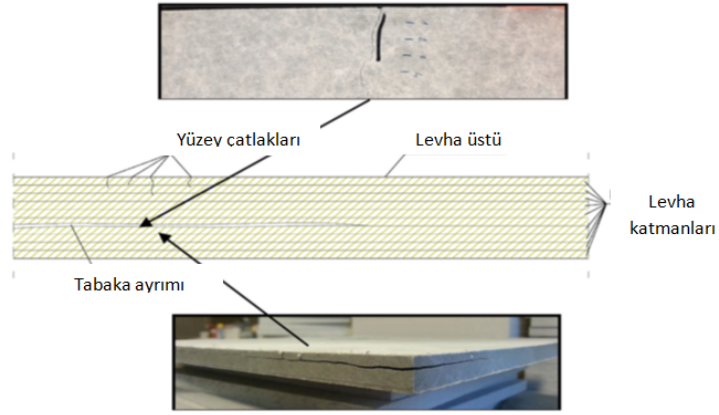
Şekil.2.11. Ultrasonik test esnasında fibercement numunesi.

Metodoloji derecesi tahribatsız yöntem kullanılarak numunedeki bozulmayı, güvenilir ve otomatik olarak tanımlanmasını sağlar. Bu yöntemler arasında ultrasonik yöntem, yapay sinir ağları ile sonuçların analizi ile birlikte akustik emisyon yöntemi ve taramalı elektron mikroskobu kullanılarak optik yöntem ile yapılmıştır. İlk olarak, fibercement levhaları ultrasonik yöntemle ön testi yapılmıştır. Muhtemel yapısal değişikliklerin meydana geldiği bu yöntem panoları sayesinde, metodolojideki temel yöntem olan akustik emisyon yöntemini kullanarak daha kapsamlı testlere tabi tutularak basit ve hızlı bir şekilde seçilmiştir. Optik yöntem yardımcı bir yöntemdir diğer iki yöntemle elde edilen sonuçları doğrulamak için kullanılmıştır, sonrasında eğilme testini yapmışlardır [18].

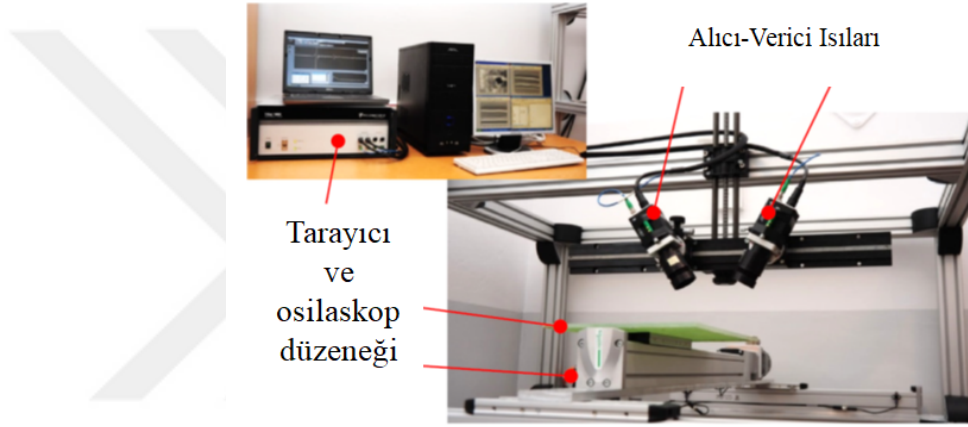


Şekil.2.12. Akustik emisyon ölçümleri yapılmış fibercement eğilme testi[18].

Cahady ve ark. yaptıkları çalışmada fibercement levhaların otomatik çoklu kaynaklı elektromanyetik muayenesini test etmişlerdir. Fibercement levhaların potansiyel olarak değerlendirilmesi için seçilen tahribatsız muayene yöntemlerini önermişlerdir. İlk önce bu tür levhalarda en sık karşılaşılan malzeme kusurları tarif edilmiştir. Daha sonra yüksek frekanslı elektromanyetikten yararlanarak seçilen yöntemler (radyografi ve THz görüntüleme) dalgalar tanıtılmıştır. Kusurlu ve kusursuz levhaların ölçümleri bu yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntem lifli çimento levhaların test edilmesi için faydalı olabilir. Radyografik incelemenin lifli çimento levhaların homojenliği ve yoğunluğu ile çatlakları tespit etmek için de kullanılabilirliği kanıtlanmıştır [19].

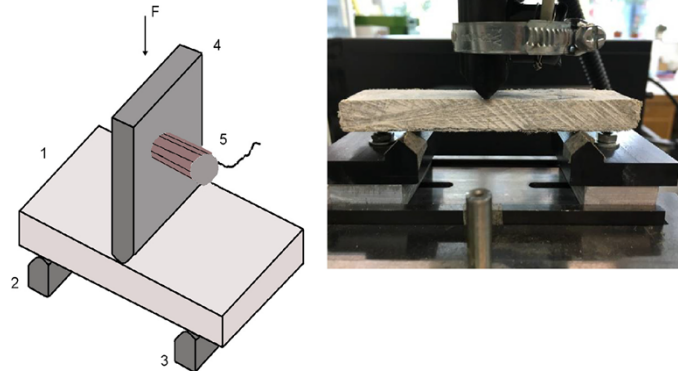


Şekil.2.13. Fibercement levhalarda en sık görülen malzeme kusurları[19].



Şekil.2.14.Çalışmada kullanılan fibercement muayene düzeneği[19].

Ranachowski ve arkadaşları yaptıkları çalışmada fiber donatı sisteminin, selüloz elyafli çimento panellerine toplam tokluğuna olan katkısını araştırmışlardır. Selüloz takviyelerinin lif betonuna olan genel mekanik tokluğundaki rolüyle ilgilidir. Cephe panelleri numunelerinde yapılan mekanik testlerin sonuçları, liflerin deney sonucu değerlerinin yanı sıra piroliz nedeniyle ağ yapısı sunulmaktadır. Mekanik testlerin sonuçları için altı farklı eğilme deneyi yapılmıştır. Akustik Emisyon sinyali test edilen numune için; kırılğan çatlak oluşumu ve büyümesi, takviye sisteminin büyük zararları sonraki aşamada ortaya çıkarmıştır [20].

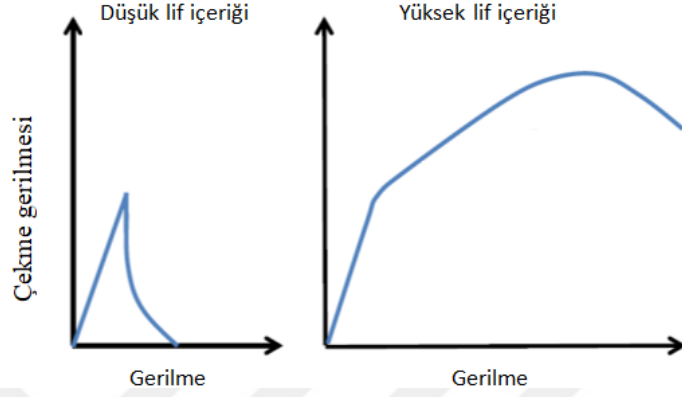


Şekil.2.15. Numunelerin üç noktalı eğilme deneyinden görüntü

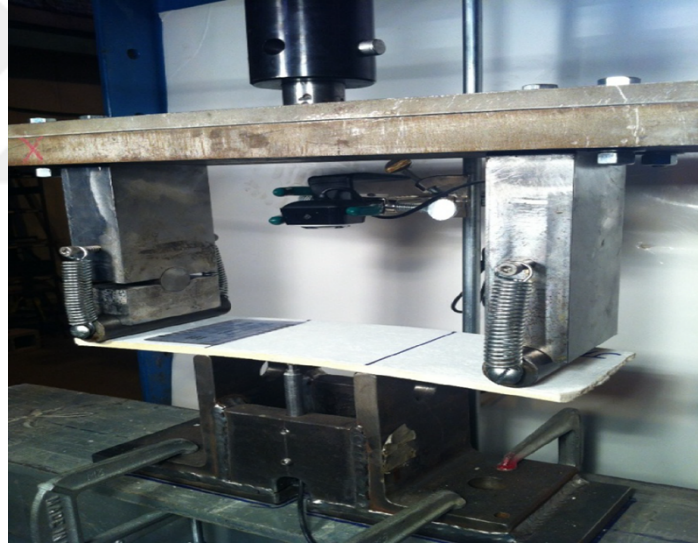
Coutts; fibercement kompozitlere yönelik Avustralya’da yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma yapmıştır. Son otuz yılda, asbest yerine alternatif bir elyaf bulma konusunda önemli araştırmalar yapılmıştır. Doğal liflerin uygun bir takviye olarak oluşturulması için yapılan Avustralya araştırmalarından bazılarını rapor etmiştir. Yapılan araştırmalar doğal lif olan odun hamuru lifi üzerine yoğunlaştı. Liflerin hazırlanmasını ve özelliklerini mevcut işleme teknolojisiyle olan uyumluluklarını tartışılmıştır. Yapıştırma ve mikro yapıya ilişkin bazı açıklamalar bu kompozit malzemeler içerisindeki davranışı (yük altında) sunulmuş ve hizmetteki performansları ile ilişkilendirilmiştir. Özetle ABD ve Asya'daki faaliyetlere referansla Avustralya’daki odun lifli çimento teknolojisi ve doğal lifli çimentoların kullanıldığı uygulama yelpazesini tartışmışlardır [21].

Akhavan ve arkadaşları; otoklavlanmış selüloz elyafı ile güçlendirilmiş çimentonun süneklik geliştirmesi için taklit bir laboratuvar yöntemi kullanılarak üretilen panoları ve Hatschek sürecini çalışmışlardır. Hatschek işlemi kullanılarak üretilen otoklavlanmış lifli çimento levhaları yaygın olarak kullanılmaktadır; inşaat malzemeleri dış cephe kaplaması gibi. Avantajlarına rağmen, bu ürünlerde düşük süneklik ve hacim kararsızlığıda olmaktadır. Sünekliği arttırmak için yaygın fakat pahalı bir yöntem olan lif içeriğini arttırmaktır. Bu çalışmada, laboratuvarda fibercement panolarının üretilmesi için bir formül sunulmuştur. Sünekliğini arttırmak için alternatif ekonomik yöntemler araştırılmıştır. Süneklik, 3-nokta veya 4-nokta bükme testleri kullanılarak ölçülürken, tahtaların mikro yapısı taramalı elektron mikroskobu kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar, fibercement panolarının sünekliğinin, matris çekme dayanımlarını azaltarak geliştirilmiştir.

Bu, yoğunluğu azaltarak (artan) gözenekliliği fibercement levhalarının veya Portland çimentosunun kısmen uçucu kül ile değiştirilmesiyle lif mineralleşmesini incelenen kırılma nedeni olarak bulunamamıştır [22].



Şekil.2.16. Lif hacim oranının fibercement çekme dayanımı üzerine etkisi[22].



Şekil.2.17. 4 noktalı bükme testi kurulumu [22].

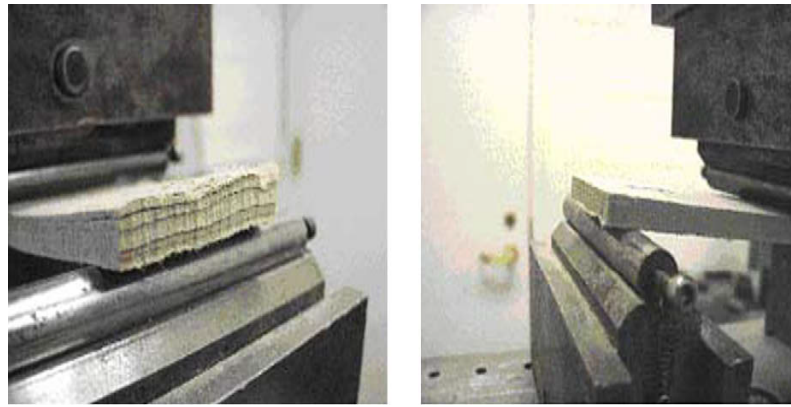
Schabowicz ve ark. fiber çimento levhaların testi için temassız bir ultrason tarayıcı vasıtasıyla tahribatsız bir metodolojili çalışma yapmışlardır. Bu çalışma, lifli çimento levhaların testi için temassız bir tahribatsız ultrason tarayıcıyla kullanan yeni bir teknik sunmuştur. Bu tekniğin genellikle fibercementin tek taraflı olarak kusurları tespit etme yeteneklerini üretimi sırasında erişilebilir olduğunu açıklamıştır. Bu çalışma için orijinal bir test metoduyla çalışılmıştır.

Metodoloji laboratuvar testleri ile doğrulanmıştır, örnekler ve üretim hattında denemelerle bu tekniğin lif testine uygunluğunu fibercementin güvenilirliği onaylanmıştır [23].



Şekil 2.18. Sabit temassız ultrason tarayıcısının görünümü [23].

Kuder ve ark. Bu çalışmada yüksek performanslı elyaf takviyeli çimento esaslı kompozitleri çalışmışlardır. Bu tür kompozitlerin performansını etkileyen parametreler şunlardır; lif tipleri, matris özellikleri ve işlenmesidir. İşleme ise elyaf dağılımını, üretim maliyetini, performans kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu makale, iki çalışmanın sonuçlarını özetlemektedir; işlemenin Hatschek ve ekstrüzyon kaynaklı fibercement performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yeni oluşturulmuş, Hatschek tarafından üretilen elyaf takviyeli dış baskı uygulamasının etkisiyle fibercement levhası sistematik olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar donma ve çözülme dayanıklılığını arttırmak için, basıncın kullanılabileceğini göstermektedir [24].



Şekil 2.19. Çalışma anından numunelerin yakın görünümü [24].

Liu ve ark. Bina bölümleri için doğal lifli çimento levhaların özelliklerini çalışmışlardır. Bu çalışmada, lifli çimento levhalar yapmak için sırasıyla bambu lifleri, hindistan cevizi lifleri, pirinç kabuğu ve şeker kamışı ekmeği kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar birim ağırlığını doğal lifli çimento levhaları yaklaşık 1430-1630 kgf / m³ olarak belirlemiştir. Doğal elyaf çimento levhaların eğilme dayanımı pirinç kabuklarıyla olan çimento levha hariç, tipik yapı malzemelerinin %80'i üzerindedir. Uzunluk değişimi absorpsiyon testi% 0.09 -% 0.16 Aralığında ve termal iletkenlik 0.201-0.296 arasındadır kcal/mo. C.saat ile ısıya dayanıklılık kabiliyeti göstermiştir. Darbe testinden sonra çatlak olmayıp, kopma ve ayrılması darbe yüzeyinde bulunur ve çentik çaplarının da yaklaşık 26 mm olduğu saptanmıştır. Ayrıca, % 10 doğal elyaf içeren üç çimento levhası yanmazlık sınıfında ise 2. ve 3. sınıfı karşılamıştır [25].



Şekil.2.20. Çalışmadaki lif içeriği olan pirinç kabukları.



Şekil.2.21. Çalışmadaki lif içeriği olan bambu lifleri [25].

Mohr ve ark. bu çalışmada konut inşaatı için elyaf-çimento kompozitlerini çalışmışlardır. Konut yapımında elyaf ile güçlendirilmiş çimento esaslı malzemeler konutta artan uygulamalardan olmuştur. Şu anda, elyaf-çimento kompozit ürünleri yapısal olarak büyük ölçüde bulunabilir; dış cephe kaplama malzemeleri ve çatı kaplama malzemeleri olarak. Avantajları ise yenilenebilir kaynaklardan yaygın kullanılabilir lifleri, yüksek lif çekme mukavemeti, yüksek elastikiyet modülü, nispeten düşük maliyetli ve iyi gelişmiş teknoloji lifleridir. Lifli çimento kompozitlerinin kendileri çürüme ve yangına dayanıklılık sunar. Boyutsal kararlılık, kullanılabilirlik ve diğer özelliklerin yanı sıra iyi mekanik özelliklere sahiptir. Mevcut elyaflanma üretimi, mekanik özellikleri, dayanıklılık ve uygulamaları kompozit malzemeler incelenmiştir. Kompozit dayanıklılık ise ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Gelecekteki araştırma ihtiyaçları ve bu malzeme sınıfının gelecekteki uygulamaları göz önünde bulundurulmuştur [26].

Amlandamhen yaptığı bir çalışmada Nijerya'da küçük ölçekli işletmeler için fibercement'in teknoloji ve pazar fırsatlarını araştırmıştır. Fibercement üretimi işsizlik problemlerini çözmek ve binalar için yeni malzemeler geliştirmek, daha ekonomik, çevreye zarar vermeyen performans modelleri ve tasarım özelliklerine geleneksel yaklaşımlar bulmuştur. Lif bazlı kompozitlerdeki geliştirme çabalarının itici güçlerinden biri daha fazla çevre bilinci ve asbest kullanımıyla ilgili sağlık tehlikelerine yönelik eğilim olmuştur. İnşaat malzemeleri olarak kullanılmak üzere pazarlanabilir lifli çimento kompozitlerinin etkin bir şekilde geliştirilmesinin anahtarı; güvenli ve uygun fiyatlı yapıların inşasında kullanılan araştırma ve geliştirme ile pazar ihtiyaçlarını tespit etmektir. Bu tür ürünler için bu makale, ürün açısından deneysel üretim ve pazar fırsatlarını ele almıştır [27].



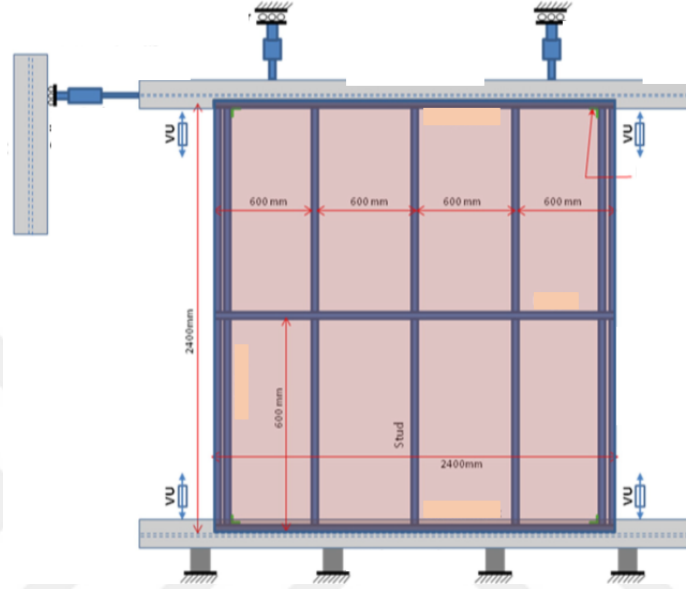
Şekil 2.22. Çalışmadaki fibercement üretimi [27].

Morton ve ark. Yaptıkları çalışmada fibercement ürünlerinde çam parçacıklarının performanslarını incelemişlerdir. Güney Amerika'dan yumuşak bir odun olan çam parçacığı (Pinus elliotii) olan ambalaj kâğıdı hamurunu, selülozik elyaf üretimi için, fibercement ürünlerini test etmiştir. Odun lifleri fibercement uygulamalarında uzun ve kaba olmaları nedeniyle birçok fayda sağladığı görülmüştür. Bu lifler arttırılmış alkali ile stabilite sağlamak için kaplanabilir. Laboratuar hazırlıklarıyla çoklu formülasyonların bu lifleri içeren lifli çimento ürünleri yapılmıştır. Yüksek kopma modülü, yüksek kırılma enerjisi (tokluk), mükemmel boyutsal kararlılık ve düşük su emme özelliği gözlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlanma testleri de uygulanmıştır ve yüksek performanslı karışım tasarımları yaşlanma sonrası en yüksek dayanımı göstermiştir. Son zamanlarda bu liflerle yapılan bitki denemeleri laboratuvar bulgularının çoğunu doğrulamıştır [28].

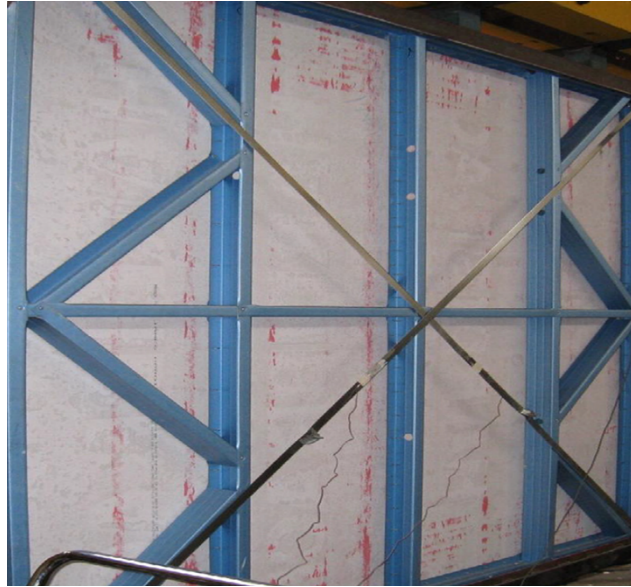
Cooke yaptığı bir çalışmada otoklavlanmış fibercement kompozitlerin dayanıklılığını araştırmıştır. Bu makale, otoklavlanmış Hatschek yapımı malzemelerin dayanıklılığının belirleyicilerini incelemiştir. Amerika'daki çeşitli ortamlarda selüloz lifi takviyeli çimentoları ve performanslarını gözden geçirmiştir. Fibercement'in bileşimi, dayanıklılığı ve yapısı incelenmiştir. Gerçek darbeye maruz kalma çalışmaları ve hızlandırılmış dayanıklılıkla karşılaştırılmıştır. Dayanıklı lifli çimento üretimi ve montajı için temel kurallar uzun ömürlü yapılarda önerilmiştir. Fibercement'in sınırlı yayınlanmış çalışmalarıyla dayanıklılığı gözden geçirilmiştir ve özetlenmiştir. Rapor, 50 yıllık fibercement'in dayanıklılığının makul bir beklenti olduğu sonucuna varmıştır [29].

Zeynalian ve ark. yaptığı çalışmada fibercement levhaların hafif çelik duvarlarda sismik performansını araştırmışlardır. Çimentosu levhalar ile kaplanmış hafif çelik çerçevelerin deneysel bir çalışmasını sunmaktadır. Döngüsel yanal yükleme altında, dört adet tam ölçekli fibercement perde duvar test edilmiştir. Örnekler maksimum yanal yük kapasitesi ve yük deformasyon davranışı ile sismik cevap değiştirme faktörü rasyonel bir tahmin olmuştur. Çalışma ayrıca sistemlerin arıza modlarına da bakıyor ve fibercement perde duvarlarının sünek tepkisine katkıda bulunan ana faktörleri ortaya koymuştur. Fibercement kaplı duvarların kayda değer bir kayma ve hiçbir riski olmadan plastik olarak tepki vermesi için iyileştirmeler yapılmıştır.

Bağlantı hatası veya çimento levha kırığı gibi kırılmalık, hem çift taraflı hem de tek taraflı fibercement kesme panelleri için önerilen yeni bir konfigürasyon incelenmiştir. Çalışma sonucunda şu anda kullanımda fibercement kılıflı yanal dirençli sistemin döngüsel yükler altında performansı tatmin edici değil. Önerilen fibercement lateral dirençli sistemin daha yüksek olan güvenilir olarak kabul edilmiştir [30].

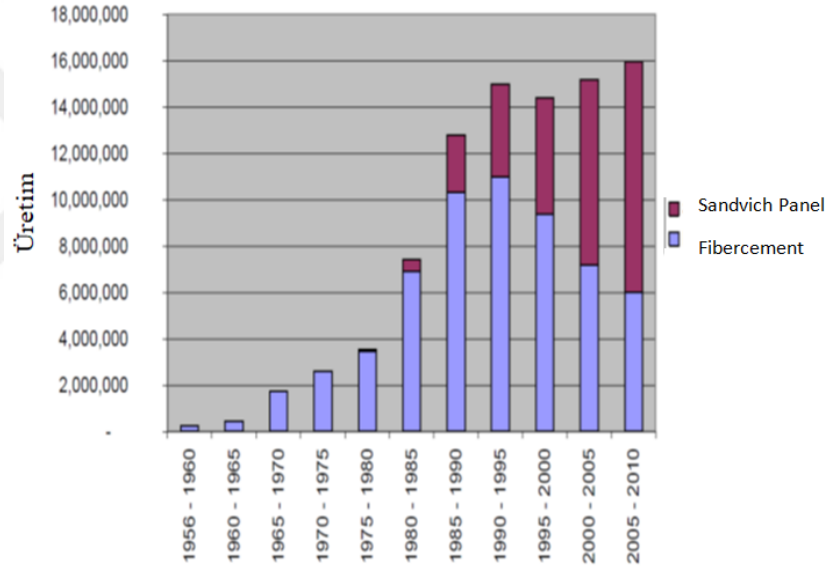


2.23. Çalışmadaki Test teçhizatı diyagramı



Şekil 2.24. Hafif çelik duvar paneli ve fibercement kaplaması test halinde [30].

Özgür ve ark. yaptıkları çalışmada 1950'den 2010'a kadar Türkiye Fibercement Pazarı konusunu işlemişlerdir. Önceki senelerde Türkiye pazarına ithal arduvaz şeklinde çimento levhalar pazarlanmıştır. 19. yüzyılın sonlarında ise bazı anıtsal binalarda kullanılmıştır daha sonra 1956 yılında Adana'da ilk çimento levha üreten fabrika kurulmuştur. Fiber-çimento üretimi yavaş yavaş ülkenin sanayileşmesi ile birlikte büyümüştür. Çatıda camyünü olan çatılarda ısı yalıtımı için kullanılmıştır. Sonra 90'lı yıllarda, asbest ve üretim endişeleri nedeniyle üretim yavaş yavaş azalmıştır ve sandviç paneller gibi alternatif malzemeler kullanılmıştır. Nisan 2006'dan bu yana asbest olmayan oluklu levhalar Türkiye piyasasında asbestli olan levhalara verilen tepkiyi göstermek için teknik gelişmeler hala optimize edilmek üzere üretimi ve daha da pahalı olan malzemenin maliyetini düşürmeyi amaçlamıştır [31].



Şekil 2.25. Türkiye'de Endüstriyel Çatı Kaplamalarında Fiber-Çimento ve Sandviç Paneller [31].

BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çimento esaslı cephe malzemelerin birim ağırlık, su emme değerleri bulunarak malzemeler incelenmiştir. Ayrıca asıl amaç olan farklı sıcaklıklarda tutulan malzemeler istenilen sıcaklığa ulaşınca eğilme deneyine tabi tutularak eğilme dayanımı değerleri bulunmuştur.

3.1. Materyal ve Metot

Lif takviyeli çimento esaslı levhalar olan “fibercement” ısı etkisi sonrasındaki üç noktalı eğilme ve su muhtevası deneyinde kullanılan numunlerin tamamı aşağıdaki Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’ de verilmiştir. Fibercement numuneleri kalınlığına göre; 8-12-16-20 mm olup, boyutları ise 250 mm × 100 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1 Fibercement numuneler



Şekil 3.2 Fibercement numuneler

Deneysel çalışmalar için araştırma kapsamında Fibercement levhalar Hekim Holding bünyesindeki Hekim Yapı A.Ş.'den temin edilmiştir. Deneysel çalışmaların tamamı Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılacak deneysel çalışma için Şekil 3.1. ve 3.2. 'de fibercement levha numuneleri belirli ısı değerlerine maruz bırakılıp mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişimler olmaktadır. Bu sebeple laboratuvar ortamında 25x10 cm boyutlarında fibercement malzemelerin etüvde ve derin dondurucuda (+100 C°, +200 C°, +300 C°) ve (0°, -20 C°, -40 C°) don etkisine maruz bırakılmıştır. Bunun sonucunda fibercement malzemesinin dayanımındaki düşüşleri, yükselişleri ve malzemedeki fiziksel değişimleri incelemek için eğilme testine tabi tutulması ile eğilme dayanımlarındaki değişimler gözlemlenmiştir.

3.1.1. Birim Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini

Birim ağırlık deneyinde önceden hazırlan numunelerin ağırlıkları sırasıyla ölçülmüştür ve hacimlerine bölünerek farklı kalınlıklarda ki her bir numunenin birim ağırlıkları ve su emme oranı değerleri elde edilmiştir. Fibercement numuneler gerekli sıcaklığa ulaşması için etüv ve derin dondurucuya atılmadan önce ağırlıkları ölçülmüştür ve birim ağırlıkları formül 3.1.' den bulunmuştur.

$$\text{Birim ağırlık} = \frac{\text{Ağırlık}}{\text{Bütün Hacim}} \quad (3.1)$$

Su emme deneyinde ise yine farklı kalınlıklardaki numunelerin her birinden 3 adet olmak üzere toplam 12 adet 24 saat boyunca 105 C°'de bekletilmiştir. 24 saat sonunda her numunenin ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Numuneler yine 24 saat boyunca su havuzunda bekletilmiş ve bu sürenin sonunda tekrar ağırlıkları ölçülmüştür. Ardından kuru ağırlık / ıslak ağırlıkları aşağıdaki formül 3.2.'den yüzde su muhtevaları bulunmuştur.

$$\text{Su Emme (w)} = \frac{\text{Suyun Ağırlığı}}{\text{Kuru Ağırlık}} \times 100 \quad (3.2)$$



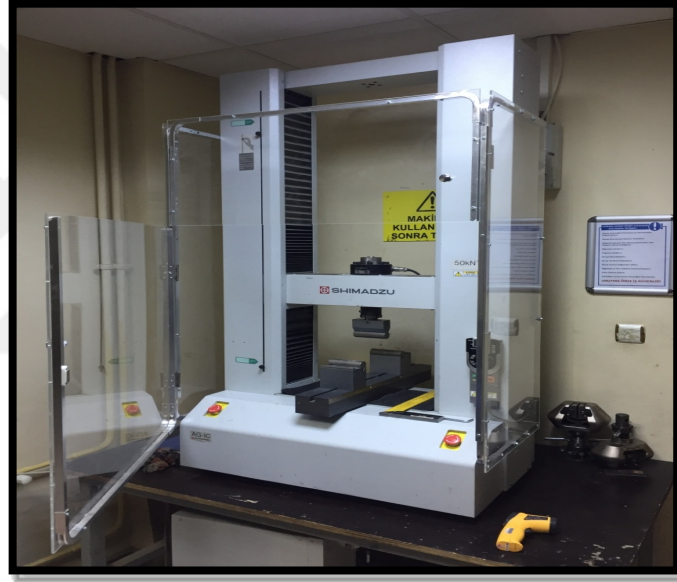
Şekil 3.3 Fibercement numunelerin deneyden önce tartılma işlemleri



Şekil 3.4 Fibercement numunelerin deneyden önce su emme oranı tayin edilmesi

3.2. Üç Noktalı Eğilme Deneyi

Bu deneyde fibercement levhalardan 100x250 mm ölçülerinde numuneler kesilerek üç noktalı eğilme deneyi gerçekleştirilmiştir. Farklı kalınlıktaki levhalarımız (8-12-16-20 mm) farklı sıcaklıklara (-40 C°, -20 C°, +20 C°, +100 C°, +200 C°, +300 C°) maruz bırakılmıştır. Daha sonra bu sıcaklıklarda numunelerimizde mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişimler olmakla birlikte, dayanım testleri uygulanmış ve veriler kaydedilerek grafikler oluşturulmuştur. Bu sonuçlara ve grafiklere bakılarak numunelerimizin farklı ısılarla maruz kalmasıyla dayanımlarında oluşan değişiklikler göz önüne alınmıştır.



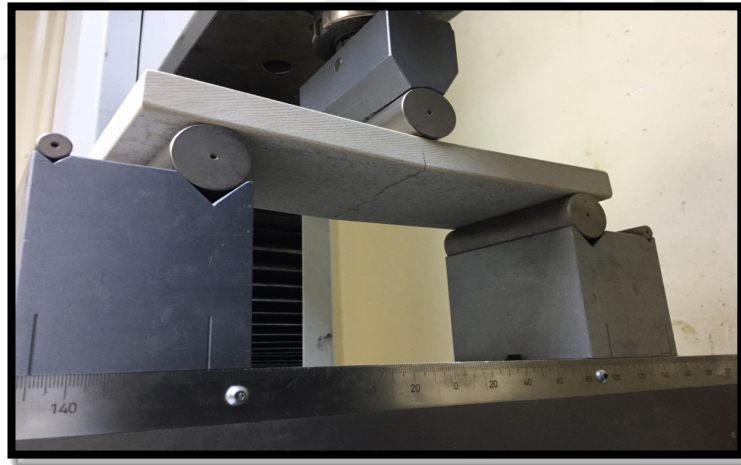
Şekil 3.5 Üç Noktalı Eğilme Deney Cihazı ve Düzenegi

Fibercement numuneler gerekli sıcaklığa ulaşması için etüv / derin dondurucuya atılmadan önce ağırlıkları ölçülmüştür. Etüv ve derin dondurucuya konan numuneler istenilen sıcaklığa geldiğinde kontrol edilir ve ardından numunemiz 3 noktalı eğilme deneyinde teste tabi tutulmuştur. Fibercement numuneler deneydenin hemen başında ısı kontrolleri yapılarak tam olarak kaç derecede deneye tabi tutulduğu gözlemlenmiştir.



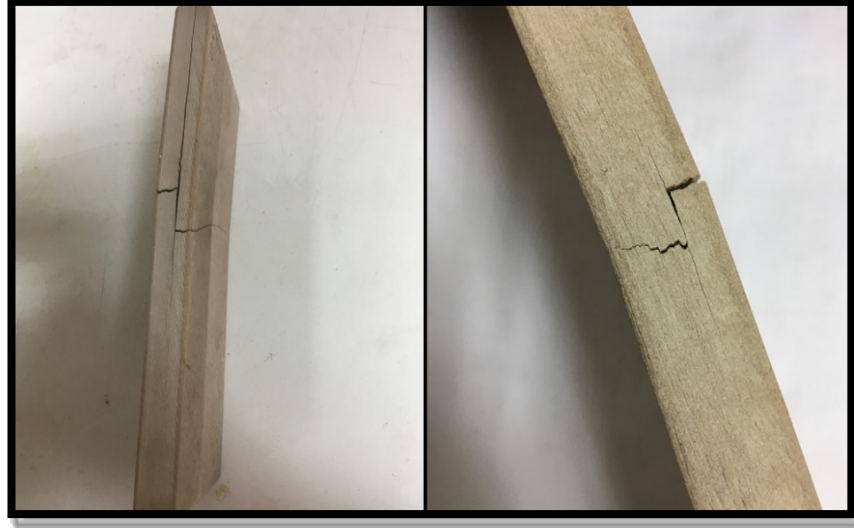
Şekil 3.6 Fibercement numunelerin yerinde ısı ölçümü

Fibercement numuneler istenilen sıcaklığa geldiğinde kontrol edilir ve ardından numunemiz 3 noktalı eğilme deneyinde teste tabi tutulmuştur. Fibercement numuneler deneydenin hemen başında ısı kontrolleri yapılarak tam olarak kaç derecede deneye tabi tutulduğu gözlemlenmiştir.



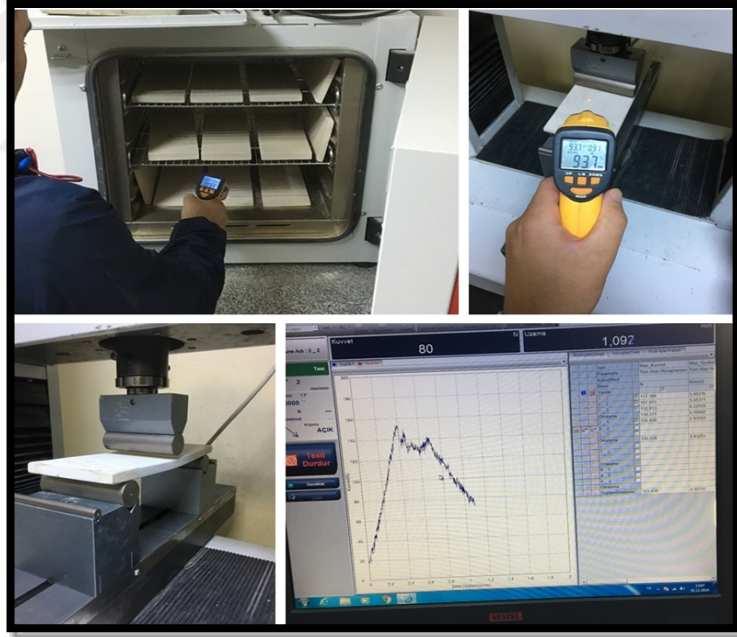
Şekil 3.7 Numenin deney sonunda kırılma anı

Fibercement numunelerin 3 noktalı eğilme deneyi sonunda kırılma anı gözlemlenmiştir ve test cihazımızda uygulanan kuvvet düşünceye kadar beklenip deney sonlandırılmıştır.



Şekil 3.8 Deney sonunda kırılan numuneler

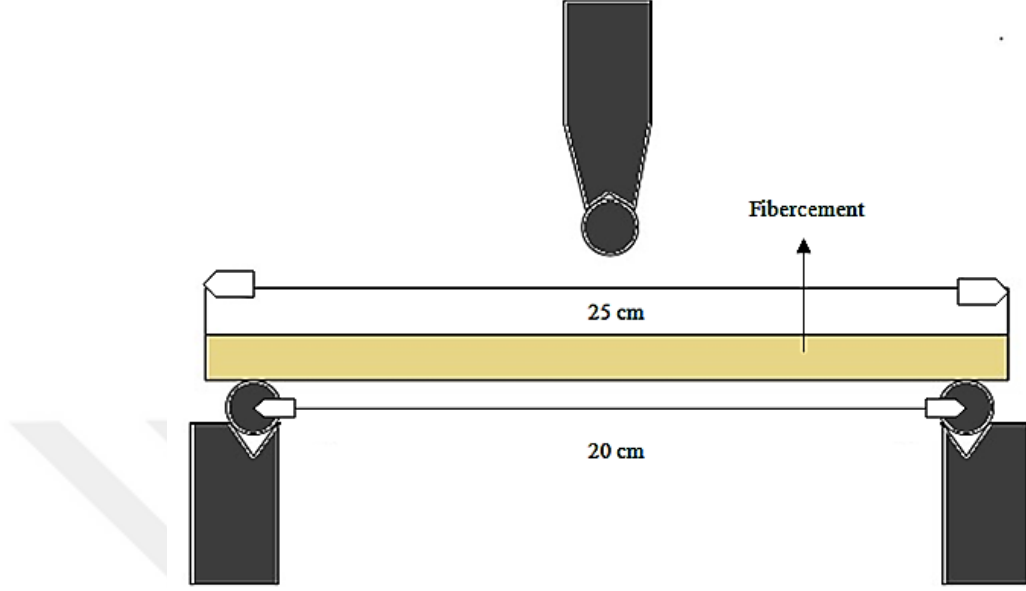
Farklı kalınlıktaki fibercement numuneler 3 noktalı eğilme deneyinden sonra kırılmalara ve çatlaklara maruz kalmıştır.



Şekil 3.9 Fibercement numunelerin deney anı

Farklı kalınlık ve ağırlıktaki fibercement numuneler istediğimiz sıcaklığa ulaşınca kadar etüvde bekletilip ısıölçer ile sıcaklığı kontrol edildikten sonra 200 mm mesnet açıklığında bulunan 3 noktalı eğilme cihazına yerleştirilmiştir. Deneye başlama sırasında tekrardan ısıölçer ile sıcaklığı kontrol edilmiştir.

Ayrıca bilgisayardan uyguladığı kuvvet kontrol edilerek kırılma anı detaylı bir şekilde incelenmiştir sonrasında ise ağırlığı tekrardan ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 3.10 Eğilme deneyi test cihazı mesnet aralığı ve yükleme statifi

Test cihazındaki yükleme statifi Şekil 3.10.'da mesnet aralığı 20 cm'e ayarlanıp 25 cm'lik fibercement numunesi belirli ısıya maruz bırakılarak eğilme deneyine tabi tutulmuştur. Ardından formül (3.3) olan gerilme formülüyle eğilme dayanımları hesaplanmıştır.

$$\text{Gerilme } (\sigma) = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{bh^3}{12}} \cdot \frac{h}{2} \quad (3.3)$$

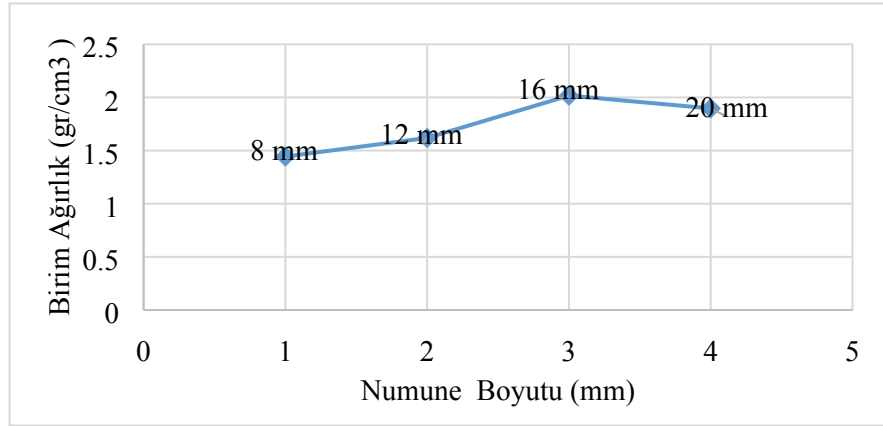
BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLAR

4.1 Birim Ağırlık Sonuçları

Lifli çimento esaslı cephe panellerinde birim ağırlık deneyi uygulanmıştır, 4 farklı kalınlıktaki bu numuneler uygulanan birim ağırlık deneyi değerleri aşağıdaki Tablo 4.1’de verilmiştir ve bu numunelerin karşılaştırılmaları Şekil 4.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Numunelerin birim ağırlıkları ve ortalama değerleri

	Birim Ağırlık (gr/cm ³)			
	8 mm	12 mm	16 mm	20 mm
1	1.426	1.654	1.991	1.891
2	1.442	1.579	2.012	1.912
3	1.464	1.624	2.047	1.887
Ortalama	1.444	1.619	2.017	1.897



Şekil 4.1. Birim ağırlık-numune boyut grafiği

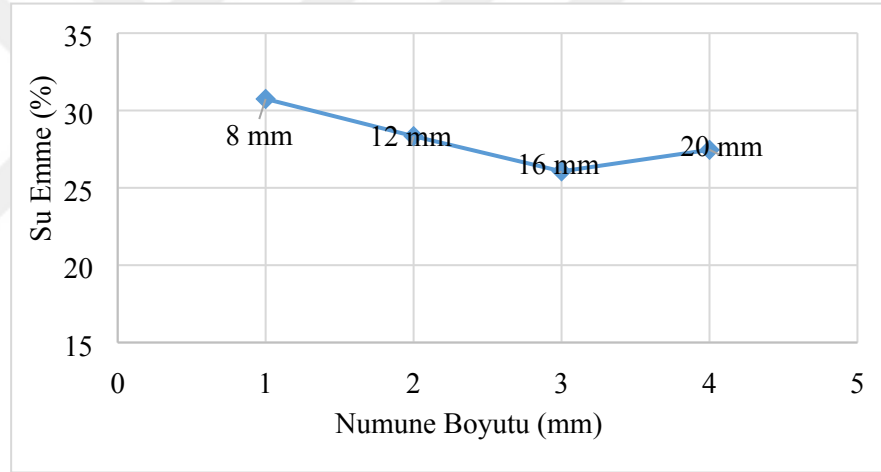
Grafikte bulunan numunelerden 8 mm olan numunenin 1,444 gr/cm³ ile en düşük birim ağırlığa sahiptir. Bunun yanında en yüksek birim ağırlığa sahip olan numune ise 2,017 gr/cm³ ile 16 mm’lik numunedir. Bunlar arasındaki oran ise 0,72’dir. 16 mm’lik numune birim ağırlığı 8 mm’lik numuneye oranla %39.68 daha fazla olmuştur.

4.2 Su Emme Sonuçları

Lifli çimento esaslı cephe panellerinde su emme deneyi uygulanmıştır, 4 farklı kalınlıktaki bu numuneler uygulanan su emme deneyi değerleri aşağıdaki Tablo 4.2.'de verilmiştir ve bu numunelerin karşılaştırılmaları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Numunelerin yüzde su emme değerleri ve ortalamaları

	Su Emme (%)			
	8 mm	12 mm	16 mm	20 mm
1	31.03	27.39	26.05	27.35
2	30.07	31.01	25.78	27.68
3	31.14	26.62	26.37	27.34
Ortalama	30.747	28.340	26.067	27.457



Şekil 4.2 Su emme numune boyutu grafiği

Grafikte bulunan numunelerden 8 mm'lik numunenin %30,74 ile en büyük su emmeye sahiptir. Bunun yanında en düşük su emmeye sahip olan numune ise %26,06 ile 16 mm'lik numunedir. Bunlar arasındaki oran ise 0,85'dir. 8 mm'lik numunenin su emmesi 16 mm'lik numuneye göre %17,95 daha fazladır.

Bir önceki deney olan birim ağırlık deneyinde 16 mm'lik numunenin en büyük birim ağırlığa sahip olduğu gözlemlenmiştir, su emme deneyinde ise en az su emmeye uğrayan malzeme olmuştur.

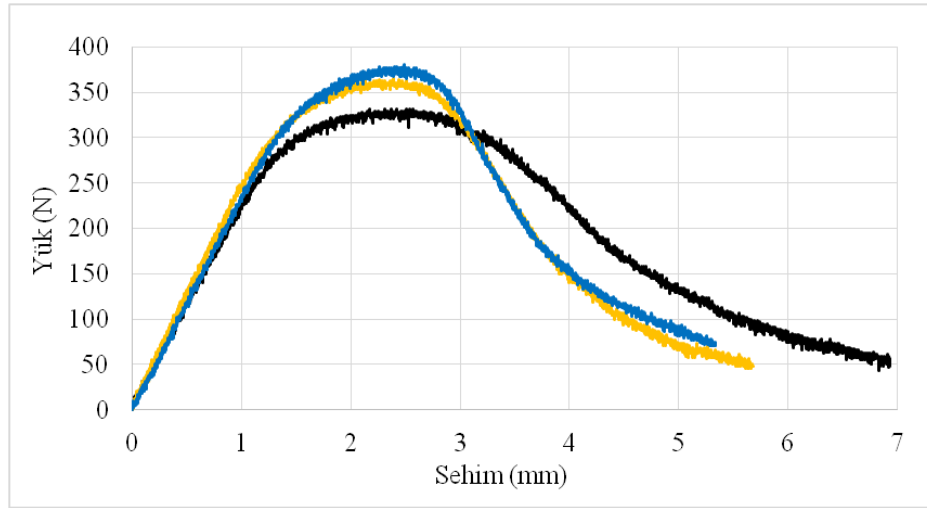
4.3. Yük – Sehim Grafikleri

4.3.1. Düşük Sıcaklıklarda Yük – Sehim Grafikleri (-40°C)

-40°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.3.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.3.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.3. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 40 C°) 8 mm Fibercement		
D deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	15.53	1309
2	17.07	1067
3	17.58	1058
Ortalama	16.72	1144.66



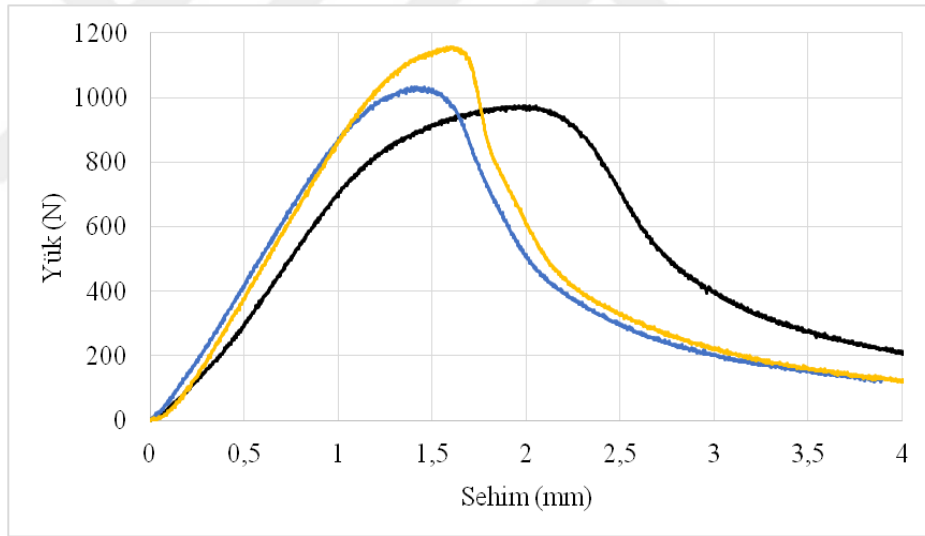
Şekil 4.3 -40°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 16,72 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1058 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1309 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-40°C’de 12 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.4’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.4’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. 12 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 40 C°) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	20.12	2120
2	21.45	1624
3	23.96	1742
Ortalama	21.84	1828.66



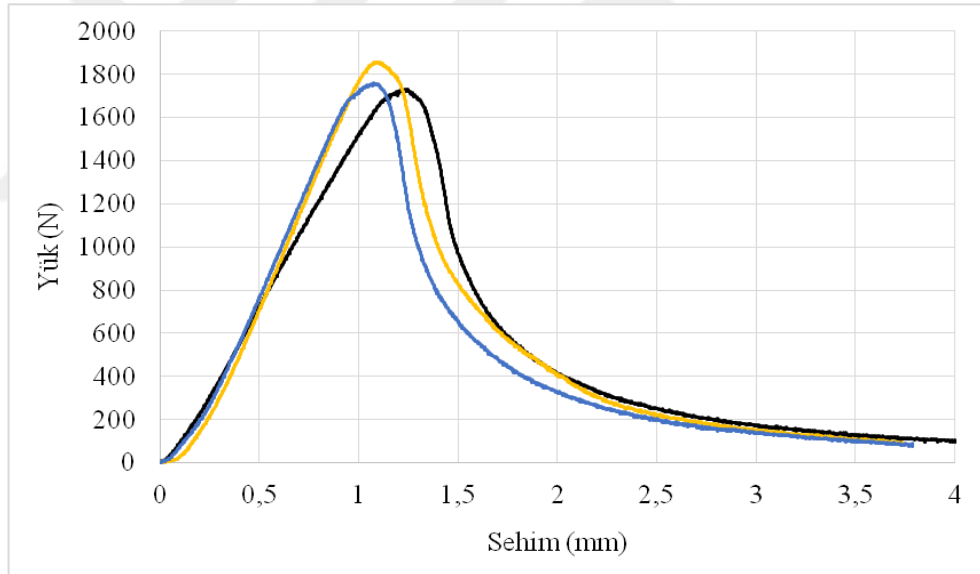
Şekil 4.4 -40°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği

12 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 21,84 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1742 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 2120 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-40°C’de 16 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.5.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.5.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.5. 16 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 40°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	20.20	2153
2	21.62	2165
3	20.53	2011
Ortalama	20.78	2109.66



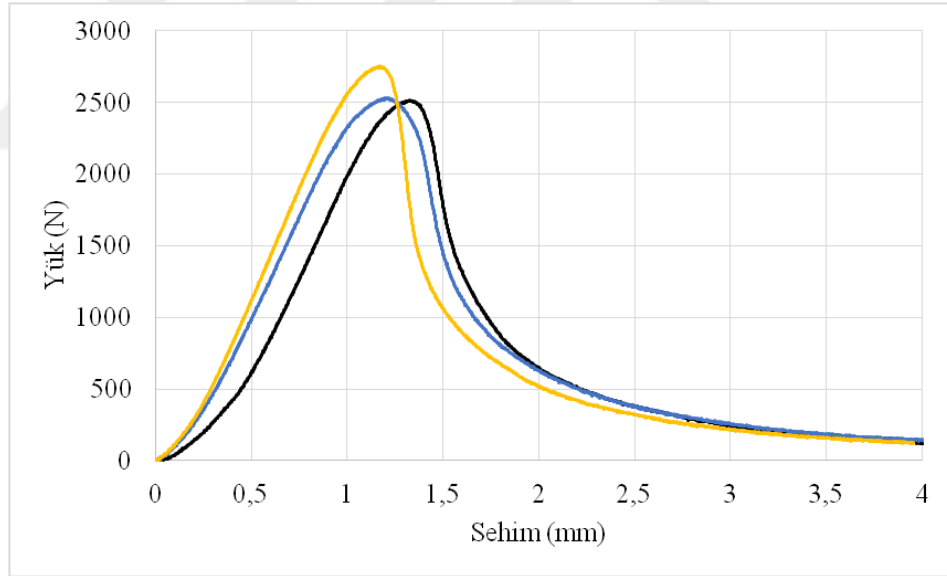
Şekil 4.5 -40°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

16 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 20,78 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 2011 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 2165 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-40°C’de 20 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.6.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.6.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.6. 20 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 40 °C) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	18.82	3361
2	18.93	3356
3	20.54	3423
Ortalama	19.43	3380



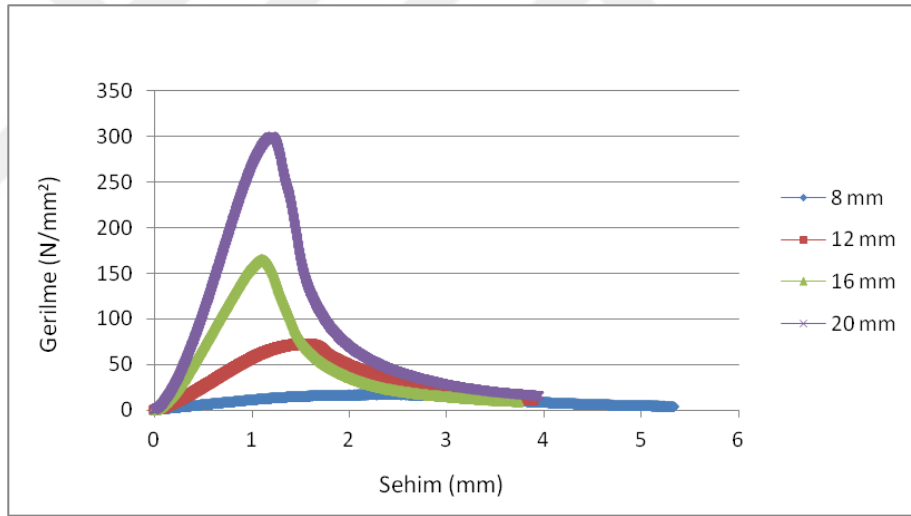
Şekil 4.6 -40°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 19,43 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 3356 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 3423 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-40°C’de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.7.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.7.’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Tüm numunelerin eğilme test sonucu karşılaştırması

(- 40 °C) fibercement karşılaştırmaları		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	16,72	32
12mm	21,84	134
16 mm	20,78	233
20mm	19,43	427
Ortalama	19.69	206.5



Şekil 4.7. -40°C’de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

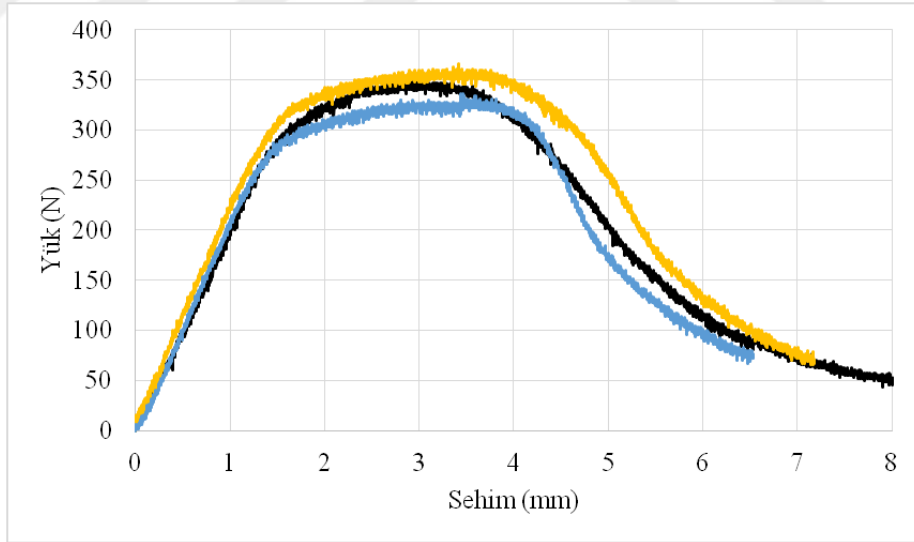
-40°C’de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin gerilme–sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 8 mm’lik numune (16,72 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 12 mm’lik numune (21,84 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 12 mm’lik numune, 8 mm’lik numuneye göre 1,30 kat, % 23 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm’lik numune (427 N.mm) olmuştur, en gevrek malzeme 8 mm’lik numune (32 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.2. Düşük Sıcaklıklarda Yük – Sehim Grafikleri (-20°C)

-20°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.8.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.8.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.8. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 20 C°) 8 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	16.19	1595
2	17.14	1628
3	15.75	1472
Ortalama	16.36	1565



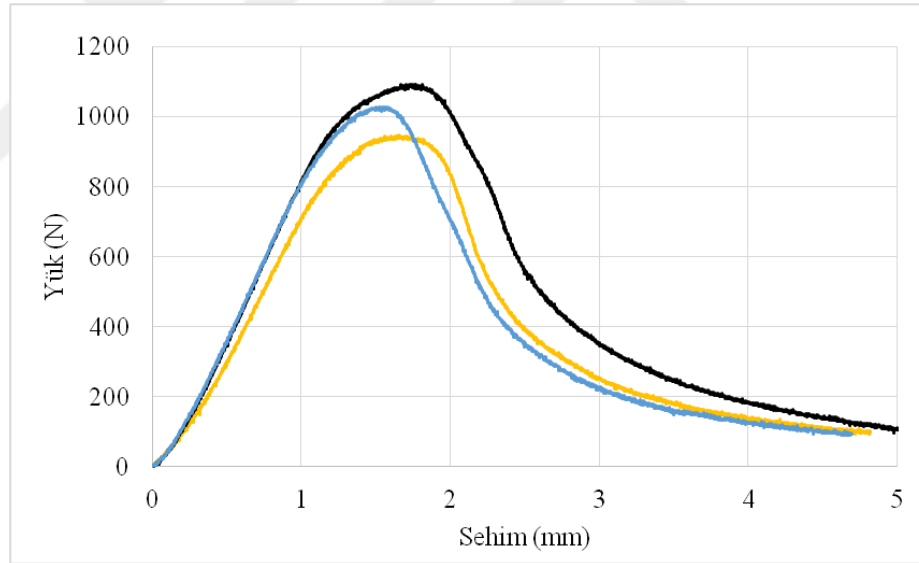
Şekil 4.8. -20°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 16,36 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1472 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1628 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-20°C’de 12 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.9.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.9.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.9. 12 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 20 C°) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	19.73	1484
2	22.72	2165
3	21.39	1532
Ortalama	21.28	1727

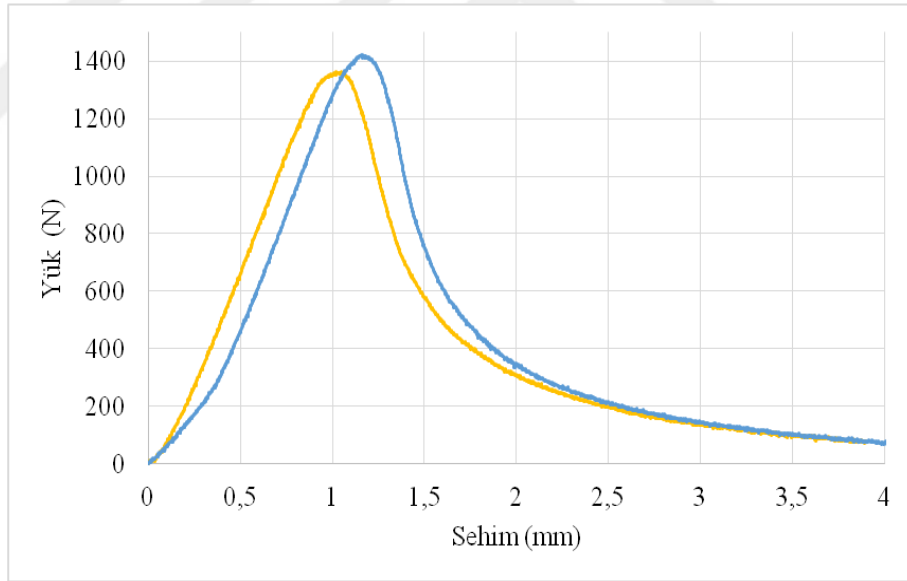


12 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 21,28 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1484 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 2165 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-20°C’de 16 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.10.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.10.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.10. 16 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 20 C°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	8.94	672
2	15.99	1145
3	16.64	1140
Ortalama	13.85	985.66



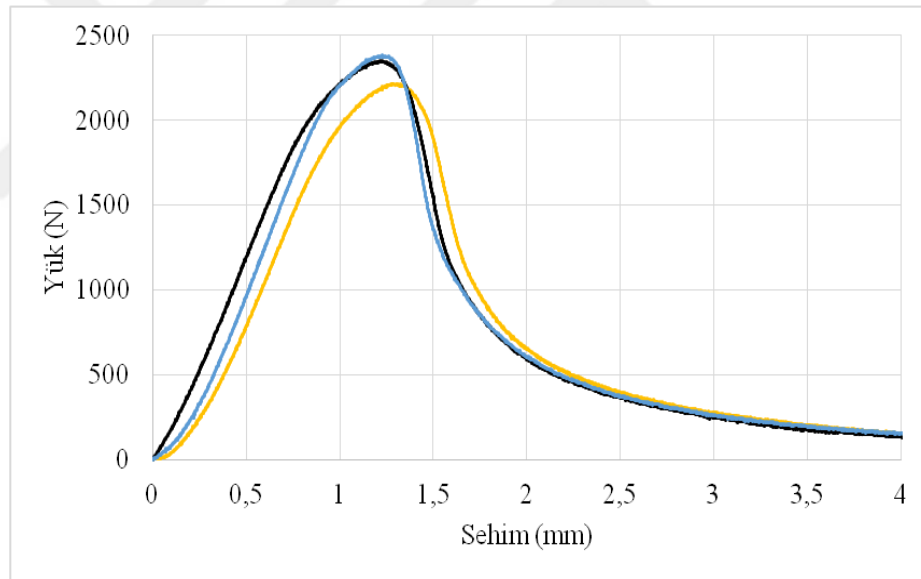
Şekil 4.10. -20°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

16 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 13,85 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 672 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1145 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-20°C’de 20 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.11.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.11.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.11. 20 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(- 20 C°) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	16.62	3105
2	17.57	3659
3	17.81	3542
Ortalama	17.33	3435.33



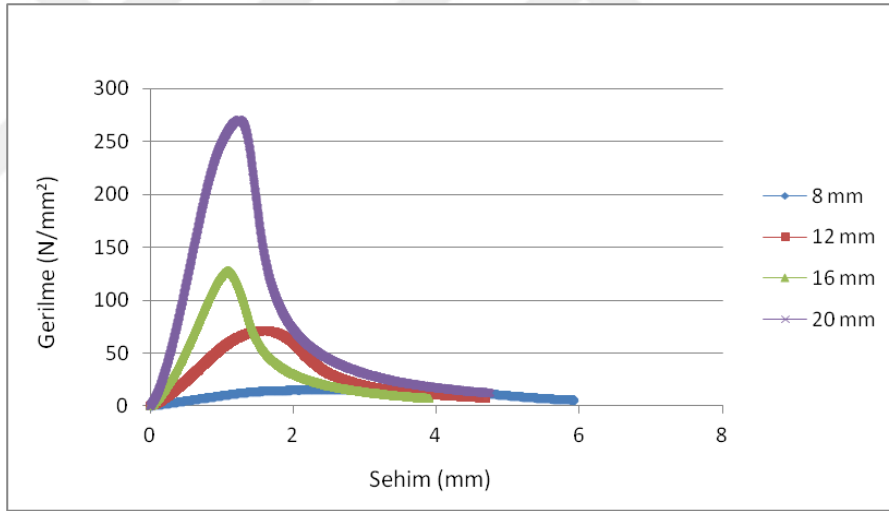
Şekil 4.11. -20°C’de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 17,33 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 3105 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 3659 N.mm olarak hesaplanmıştır.

-20°C’de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.12’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.12.’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Tüm numunelerin eğilme test sonucu karşılaştırması

-20 C° Karşılaştırmaları		
Numune	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	16,36	32
12mm	21,28	125
16 mm	16,32	142
20mm	17,33	436
Ortalama	17.82	183.75



Şekil 4.12. -20°C’de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

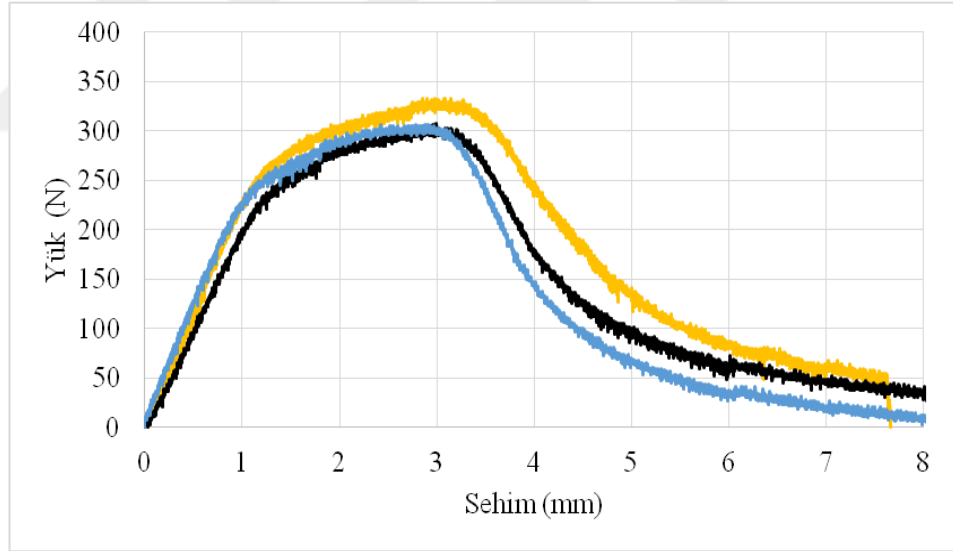
-20°C’de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin yük–sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 16 mm’lik numune (16,32 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 12 mm’lik numune (21,28 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 12 mm’lik numune, 16 mm’lik numuneye göre 1,30 kat, %23 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm’lik numune (436 N.mm) olmuştur, en gevrek malzeme 8 mm’lik numune (32 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.3. Oda Sıcaklığında Yük – Sehim Grafikleri (+20°C)

+20°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.13.’de verilmiştir.Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.13.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.13. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(20C°) 8 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	15,6	1118
2	14,06	924
3	14,28	1029
Ortalama	14,65	1023.66



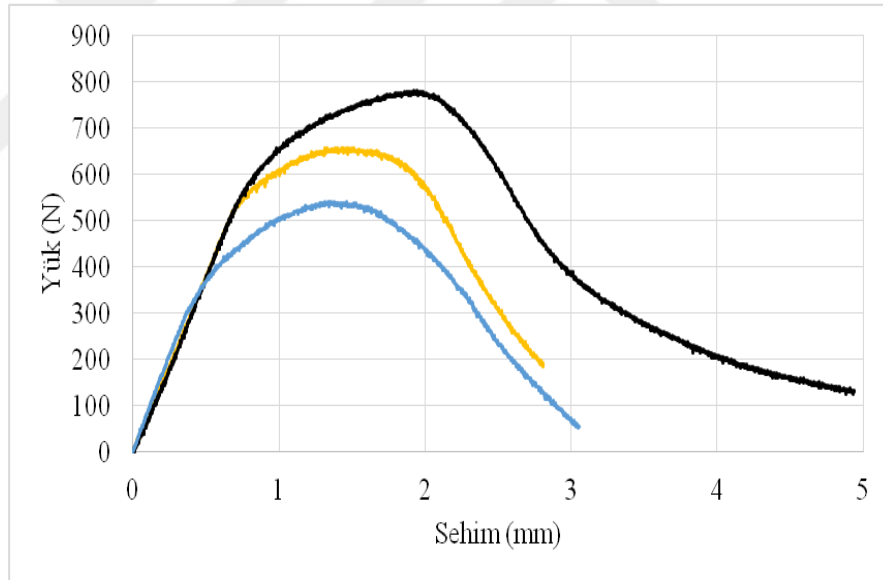
Şekil 4.13. +20°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 14,65 N/mm² bulunmuştur. Yük – sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 924 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1118 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+20°C’de 12 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.14.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.14.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.14. 12 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(20 °C) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	13,64	1194
2	16,21	2115
3	11,23	823
Ortalama	13,69	1377.33



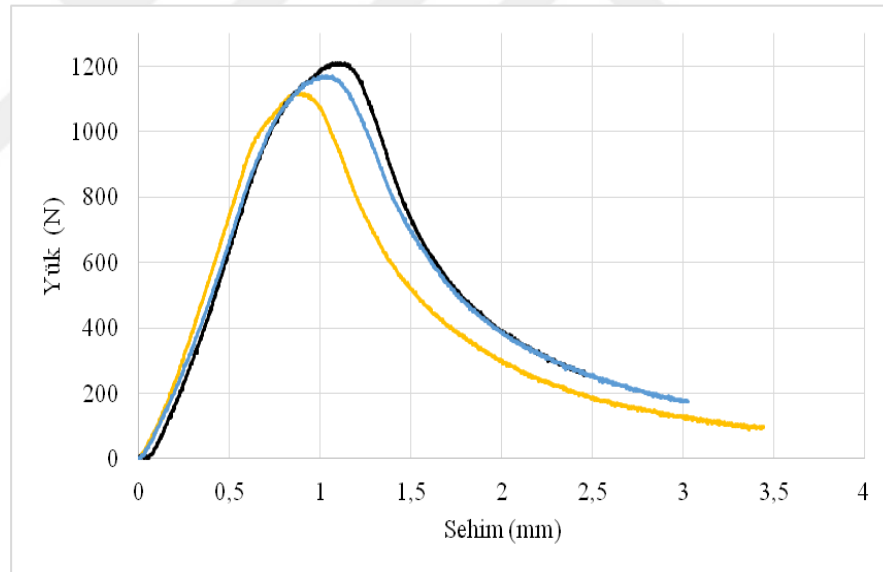
Şekil 4.14. +20°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği

12 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 13,69 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 823 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 2115 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+20°C’de 16 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.15.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.15.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.15. 16 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(20 C°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	13,04	1408
2	14,14	1715
3	13,62	1657
Ortalama	13,60	1593.33

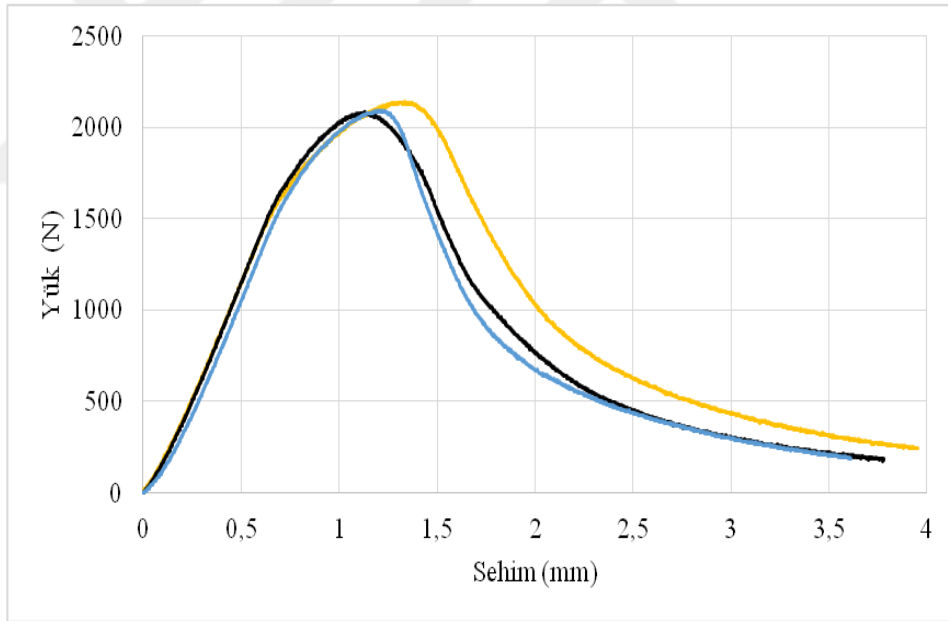


16 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 13,60 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1408 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1715 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+20°C'de 20 mm'lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.16.'de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.16.'de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.16. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları

(20 C°) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	15,98	2932
2	15,50	2948
3	15,60	3750
Ortalama	15,70	3210



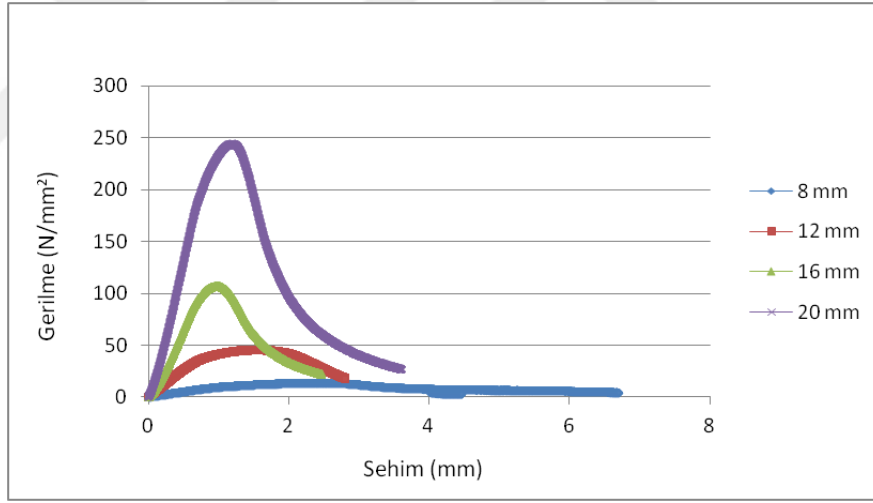
Şekil 4.16. +20°C'de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm'lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 15,70 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 2932 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 3750 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+20°C’de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.17.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.17.’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması

20 °C Karşılaştırmaları		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	14,64	17
12mm	13,69	86
16 mm	13,59	112
20mm	15,69	321
Ortalama	14.40	133.25



Şekil 4.17. +20°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

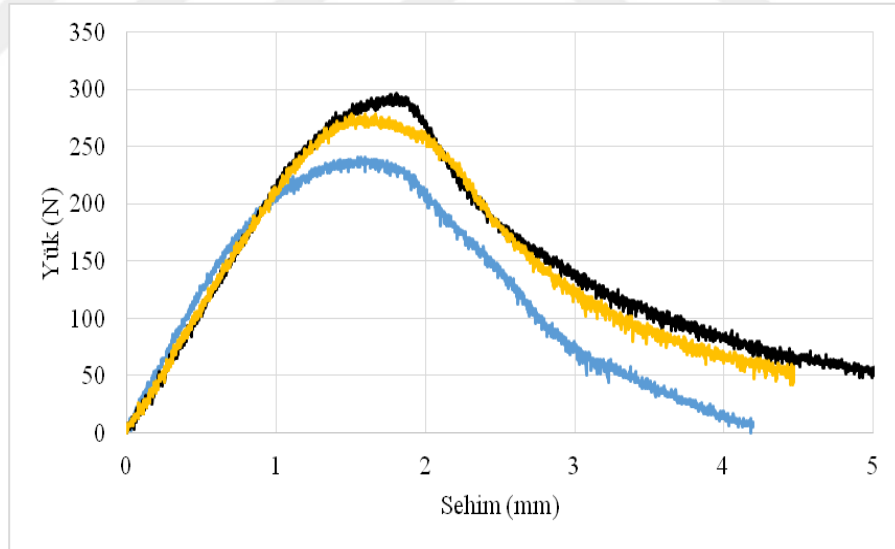
+ 20°C’de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin yük–sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 16 mm’lik numune (13,59 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 20 mm’lik numune (15,69 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 20 mm’lik numune, 16 mm’lik numuneye göre 1,15 kat, %14 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm’lik numune (321 N.mm) olmuştur en gevrek malzeme 8 mm’lik numune (17 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.4. Yüksek Sıcaklıklarda Yük – Sehim Grafikleri (+100°C)

+100°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.18.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.18.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.18. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(100 C°) 8mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	11,28	491
2	13,92	740
3	13,04	695
Ortalama	12,74	642



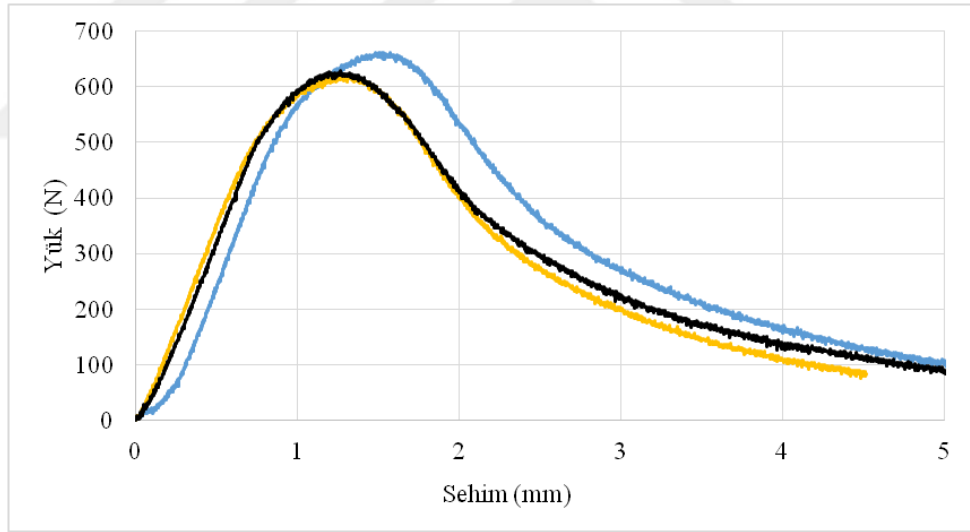
Şekil 4.18. +100°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 12,74 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 491 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 740 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+100°C’de 12 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.19.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.19.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.19. 12 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(100 C°) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	13,8	1770
2	12,92	1412
3	13,12	1420
Ortalama	13,28	1534



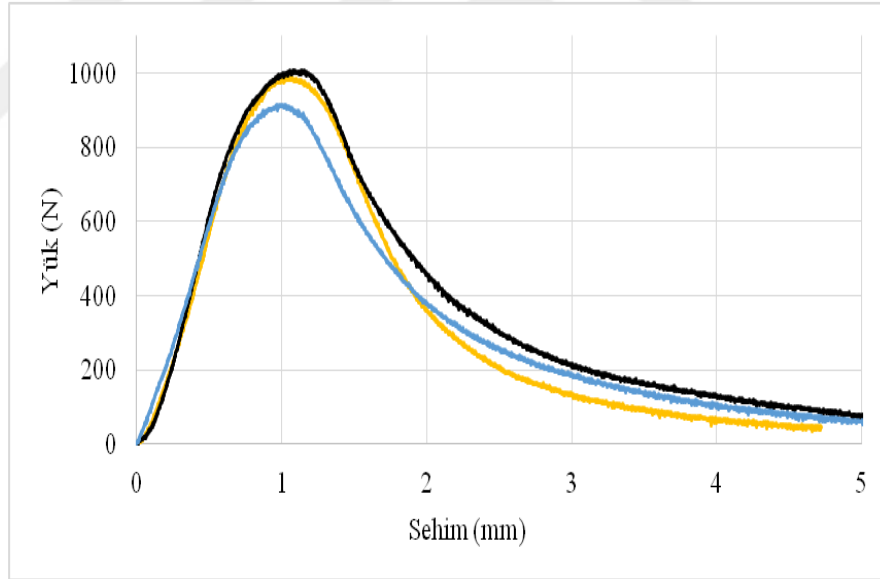
Şekil 4.19. +100°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği

12 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 13,28 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1412 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1770 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+100°C'de 16 mm'lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.20.'de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.20.'de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.20. 16 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları

(100 C°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	11,61	1702
2	11,81	1875
3	10,71	1672
Ortalama	11,38	1749.66



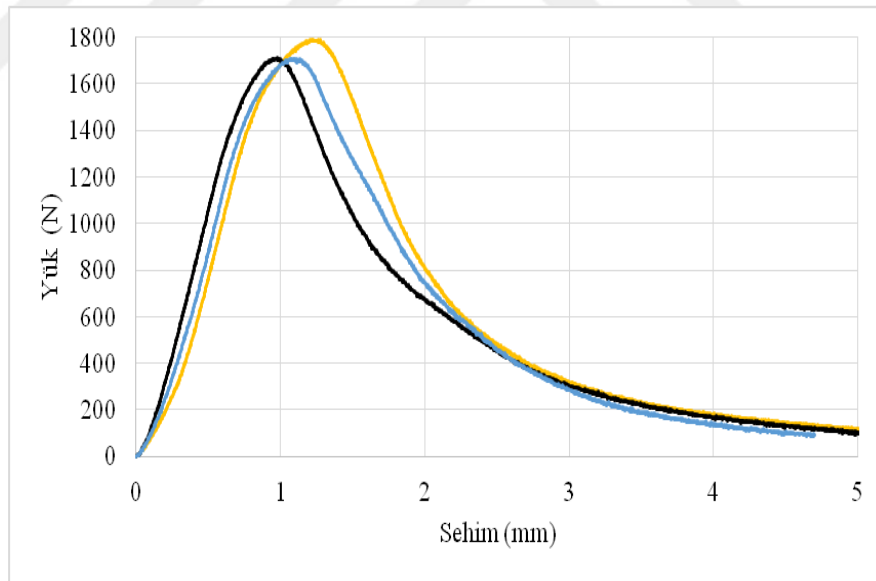
Şekil 4.20. +100°C'de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

16 mm'lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 11,38 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 1672 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 1875 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+100°C'de 20 mm'lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.21.'de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.21.'de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.21. 20 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları

(100 C°) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	13,42	2710
2	12,83	2930
3	12,82	2928
Ortalama	13,02	2856



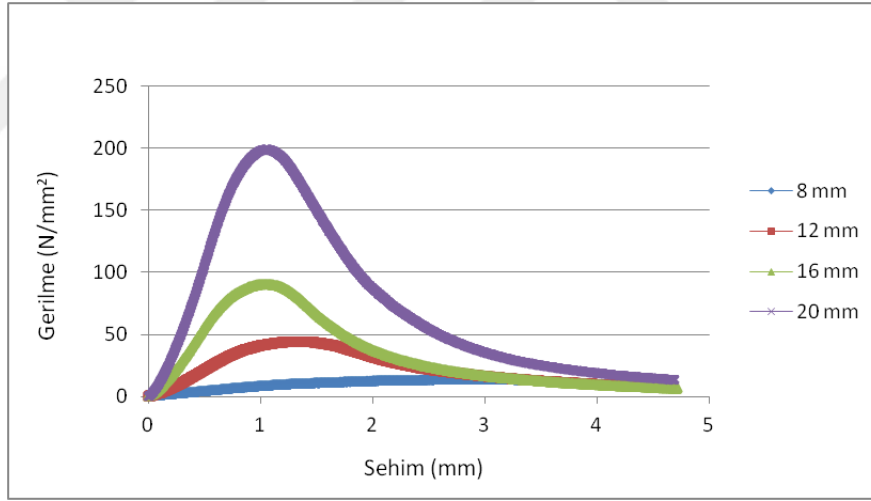
Şekil 4.21. +100°C'de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm'lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 13,02 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 2710 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 2930 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+100°C’de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.22.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.22.’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması

(100 °C) Karşılaştırmaları		
Numune No	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	12,74	27
12mm	13,28	98
16 mm	11,38	120
20mm	13,02	340
Ortalama	12.60	146.25



Şekil 4.22. +100°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

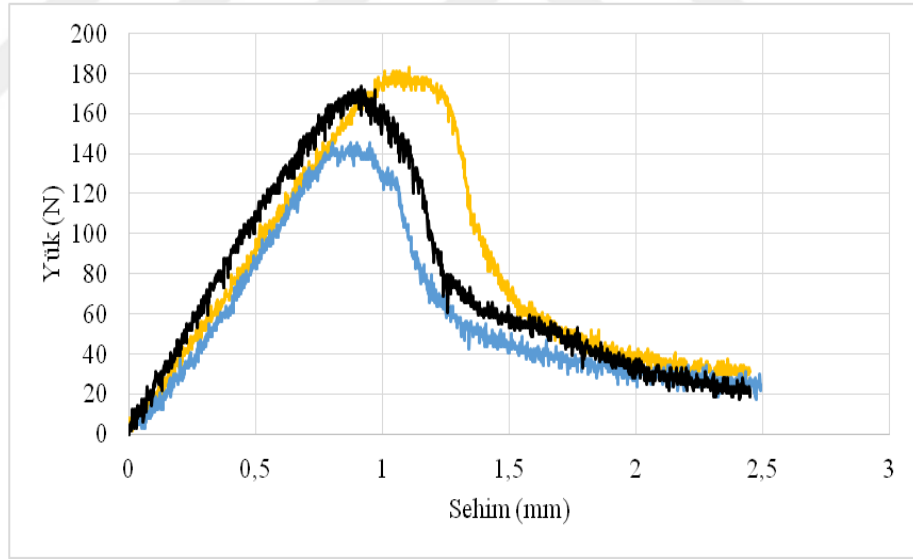
+100°C’de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin yük–sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 8 mm’lik numune (12,74 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 12 mm’lik numune (13,28 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 12 mm’lik numune, 8 mm’lik numuneye göre 1,04 kat, %4 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm’lik numune (340 N.mm) olmuştur, en gevrek malzeme 8 mm’lik numune (27 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.5. Yüksek Sıcaklıklarda Yük – Sehim Grafikleri (+200°C)

+200°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.23.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.23.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.23. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(200 C°) 8mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	8.57	208
2	8.13	170
3	6.81	110
Ortalama	7.84	162.66



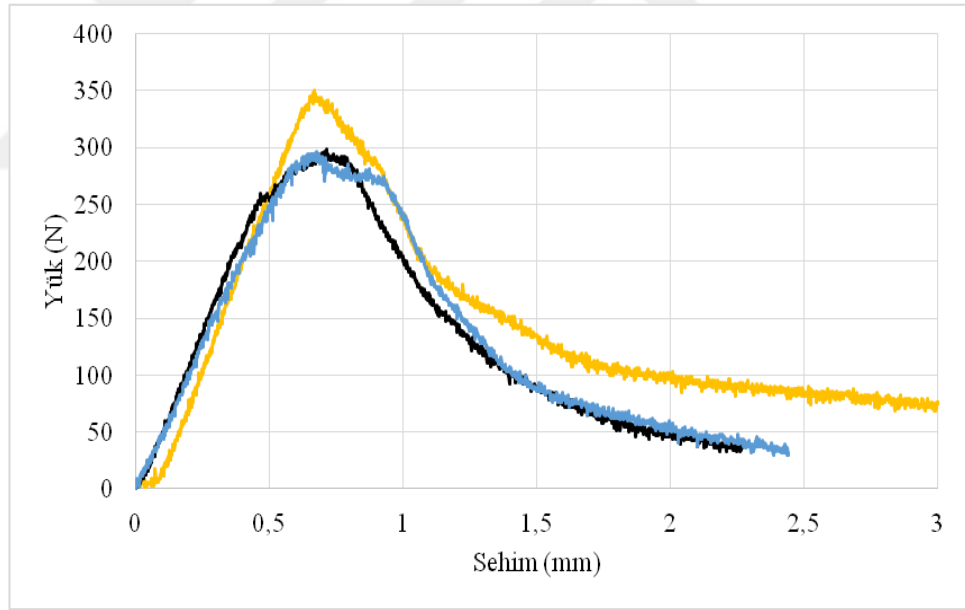
Şekil 4.23. +200°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 7,84 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 110 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 208 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+200°C’de 12 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.24.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.24.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.24. 12 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(200 C°) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	7.29	465
2	6.22	327
3	6.18	332
Ortalama	6.56	374.65



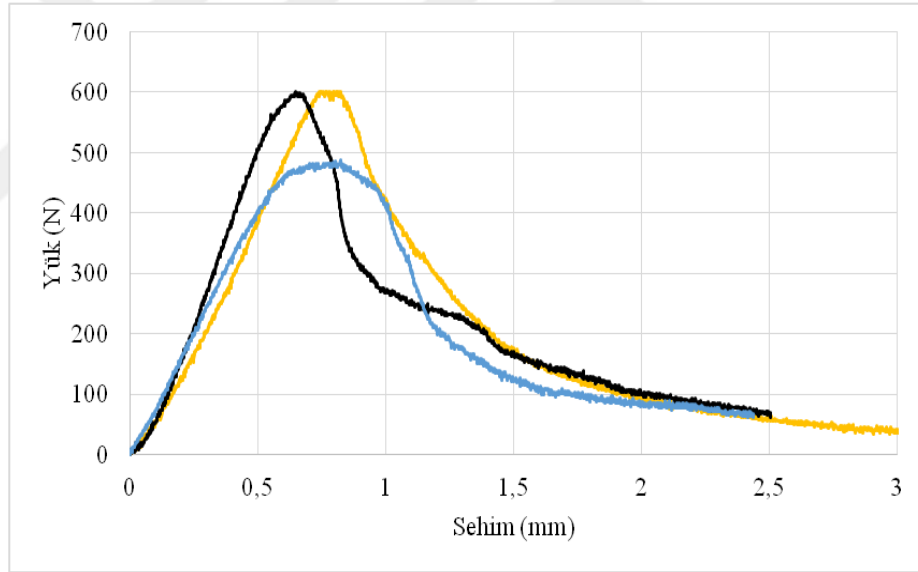
Şekil 4.24. +200°C’de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği

12 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 6,56 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 327 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 465 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+200°C’de 16 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.25.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.25.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.25. 16 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(200 C°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	7.05	410
2	7.03	403
3	5.71	352
Ortalama	6.60	388.34



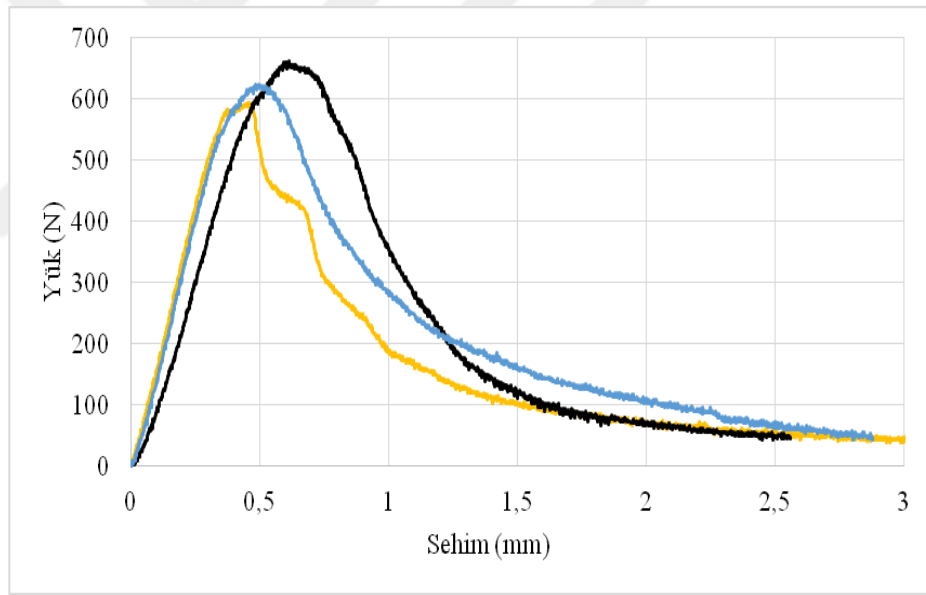
Şekil 4.25. +200°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

16 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 6,60 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 352 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 410 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+200°C’de 20 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.26.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.26.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.26. 20 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(200 C°) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	4.45	390
2	4.96	660
3	4.68	625
Ortalama	4.70	558.32



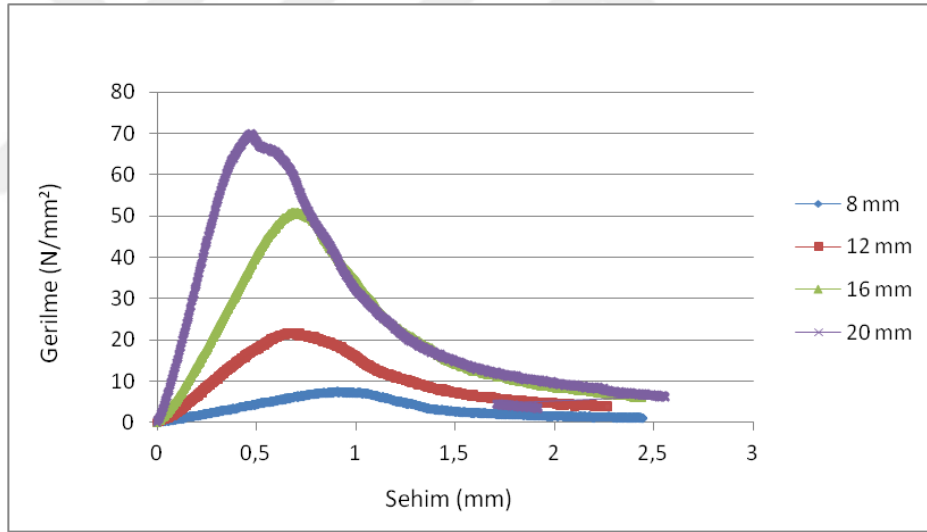
Şekil 4.26. +200°C’de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 4,70 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 390 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 660 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+200°C'de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.27.'de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.27.'de verilmiştir.

Tablo 4.27. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması

200 C° Karşılaştırmaları		
Numune No	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	7.84	12
12mm	6.56	23
16 mm	6.60	41
20mm	4,70	62
Ortalama	6.42	34.5



Şekil 4.27. +200°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

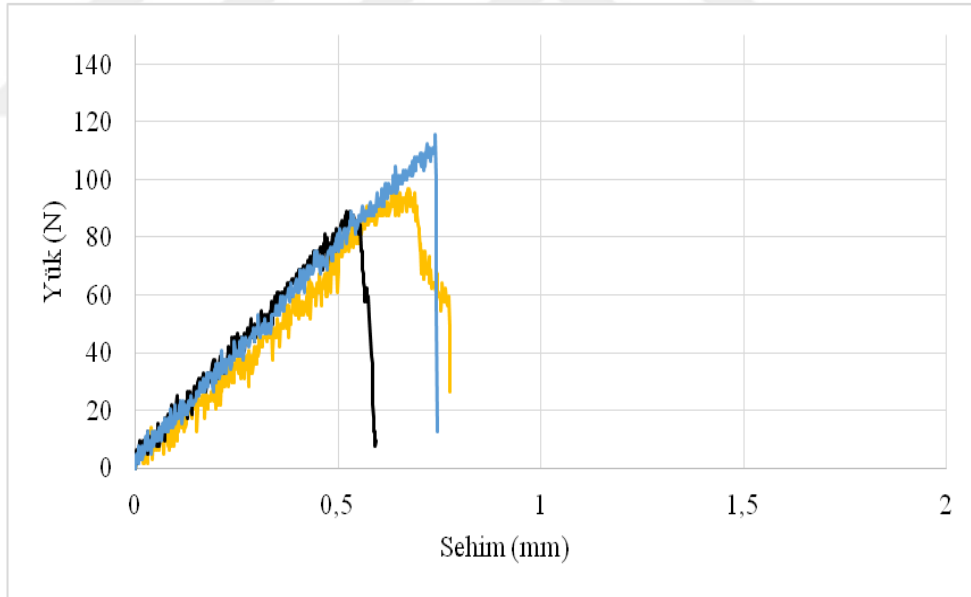
+200°C'de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin yük-sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 20 mm'lik numune (4,70 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 8 mm'lik numune (7,84 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 8 mm'lik numune, 20 mm'lik numuneye göre 1,66 kat, %40 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm'lik numune (62 N.mm) çıkarken en gevrek malzeme 8 mm'lik numune (12 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.6 Yüksek Sıcaklıklarda Yük–Sehim Grafikleri (+300°C)

+300°C’de 8 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.28.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.28.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.28. 8 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(300 C°) 8 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	4.69	41
2	4.17	26
3	5.42	42
Ortalama	4.76	36.30



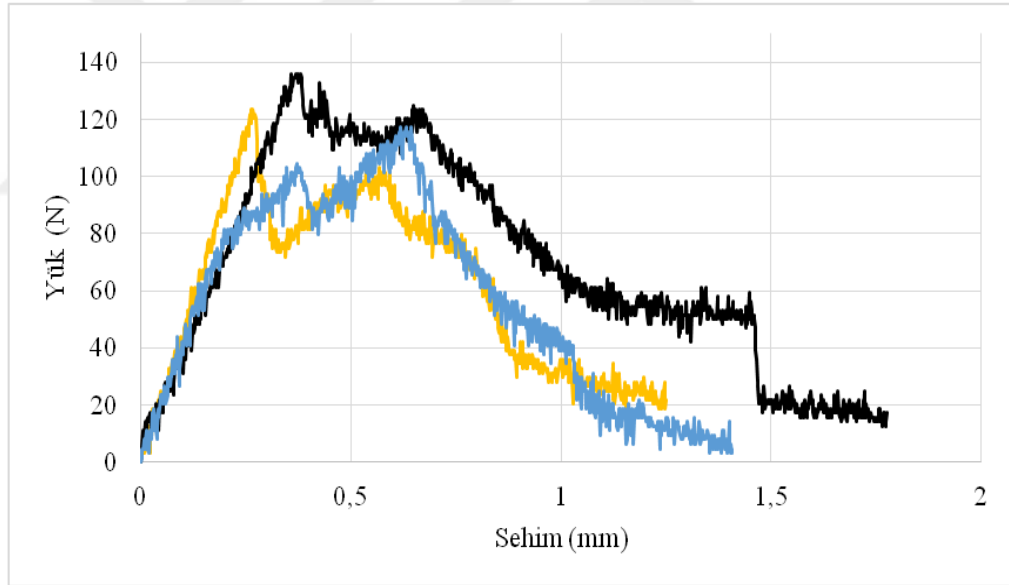
Şekil 4.28. +300°C’de 8 mm fibercement yük - sehim grafiği

8 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 4,76 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 26 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 42 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+300°C'de 12 mm'lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.29.'de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.29.'de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.29. 12 mm'lik numunelerin eğilme test sonuçları

(300 C°) 12 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	2.57	74
2	2.83	113
3	2.44	76
Ortalama	2.62	87.65



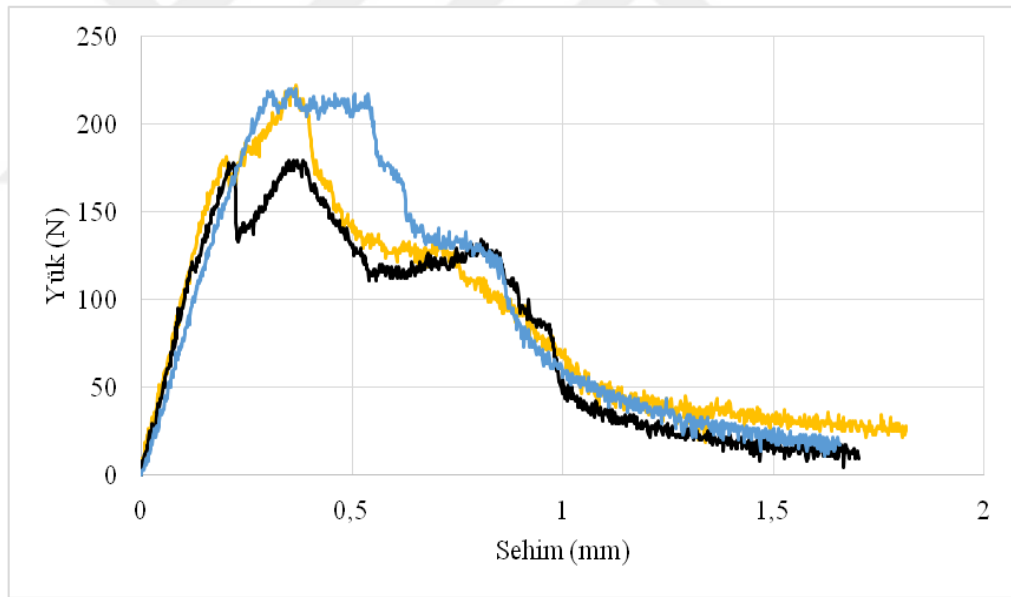
Şekil 4.29. +300°C'de 12 mm fibercement yük - sehim grafiği

12 mm'lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 2,62 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 74 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 113 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+300°C’de 16 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.30.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.30.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.30. 16 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(300 C°) 16 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	2.6	170
2	2.11	157
3	2.56	138
Ortalama	2.42	155



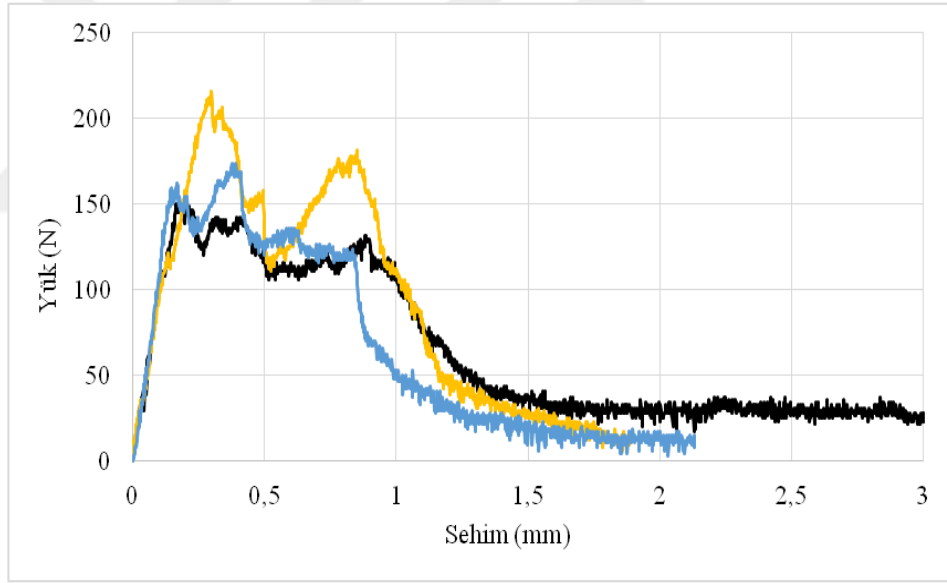
Şekil 4.30. +300°C’de 16 mm fibercement yük - sehim grafiği

16 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 2,42 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 138 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 170 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+300°C’de 20 mm’lik fibercement numunede yapılan eğilme deneyindeki değerler aşağıdaki Tablo 4.31.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.31.’de verilmiştir, tokluk değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.31. 20 mm’lik numunelerin eğilme test sonuçları

(300 C°) 20 mm Fibercement		
Deney no	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
1	1.14	179
2	1.62	162
3	1.30	113
Ortalama	1.35	151,3



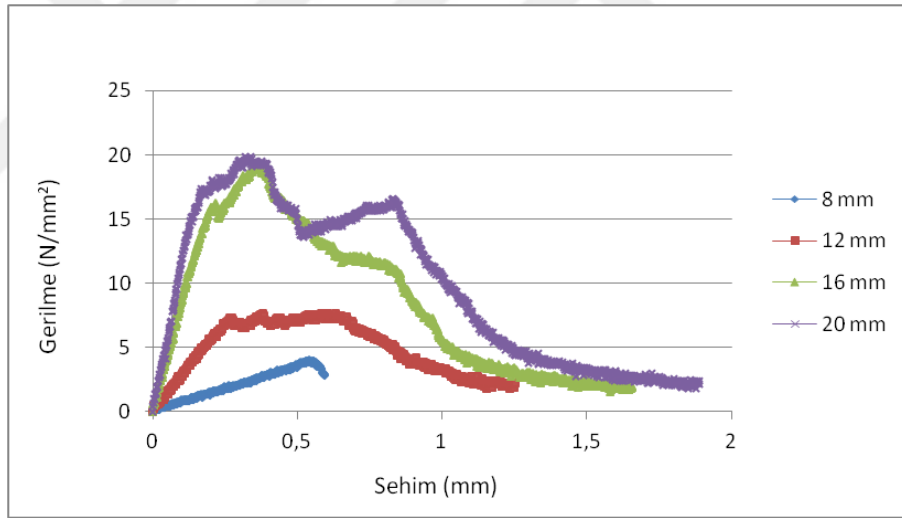
Şekil 4.31. +300°C’de 20 mm fibercement yük - sehim grafiği

20 mm’lik fibercement numunesinin eğilme deneyi sonucunda ortalama eğilme dayanımı 1,35 N/mm² bulunmuştur. Yük-sehim grafiğine göre en düşük tokluk değeri 113 N.mm, en yüksek tokluk değeri ise 179 N.mm olarak hesaplanmıştır.

+300°C’de tüm numunelerin karşılaştırmalardaki değerler aşağıdaki Tablo 4.32.’de verilmiştir. Yük-sehim grafiği ise Şekil 4.32.’de verilmiştir.

Tablo 4.32. Numunelerin eğilme test sonuçları karşılaştırılması

(300 C°) Karşılaştırmaları		
Numune No	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Tokluk Değeri (N.mm)
8 mm	4.76	2,5
12mm	2.62	9
16 mm	2.42	15
20mm	1.35	24
Ortalama	2.78	12.62



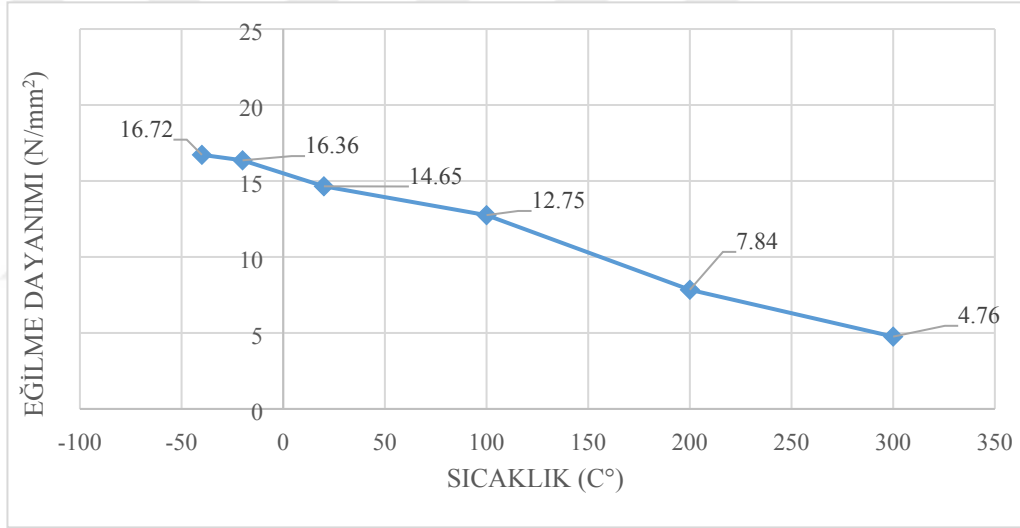
Şekil 4.32. +300°C de karşılaştırmalı fibercement gerilme - sehim grafiği

+300°C’de 4 farklı kalınlıktaki fibercement numunelerin yük–sehim karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına sahip numunenin 20 mm’lik numune (1,35 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir ve en büyük eğilme dayanımına sahip numunenin ise 8 mm’lik numune (4,76 N/mm²) olduğu gözlemlenmiştir. 8 mm’lik numune, 20 mm’lik numuneye göre 3,52 kat, % 72 daha fazla yük taşımıştır. Tokluk değerine bakılırsa en sünek malzeme 20 mm’lik numune (24 N.mm) olurken, en gevrek malzeme 8 mm’lik numune (2,5 N.mm) olduğu gözlemlenmiştir.

4.4 Eğilme Dayanımı- Sıcaklık Grafikleri

Tablo 4.33. 8 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları

8 (mm) Fibercement Numunesi	
Sıcaklık (C°)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
-40	16,72
-20	16,36
20	14,65
100	12,75
200	7,84
300	4,76

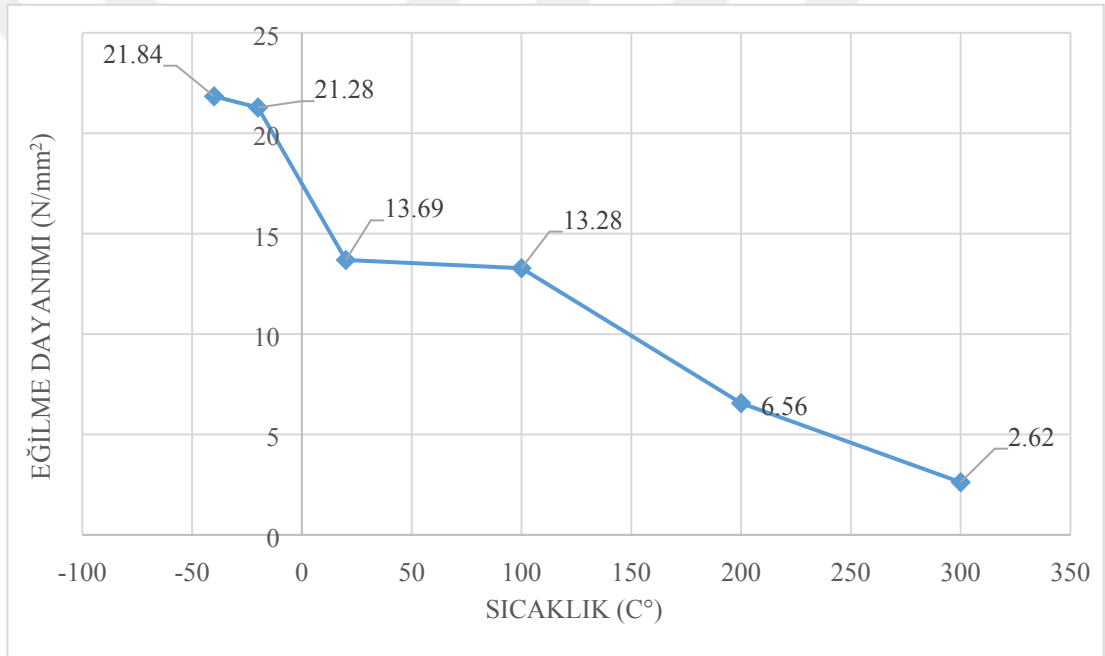


Şekil 4.33 8mm'lik Fibercement Numunenin Eğilme Dayanımı-Sıcaklık Grafiği

6 farklı sıcaklıktaki 8mm'lik fibercement numunelerin eğilme değerine göre eğilme dayanımları bulundu ve farklı sıcaklıklartaki karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına +300 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir. En büyük eğilme dayanımına -40C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.34. 12 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları

12 (mm) Fibercement Numunesi	
Sıcaklık (C°)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
-40	21,84
-20	21,28
20	13,69
100	13,28
200	6,56
300	2,62

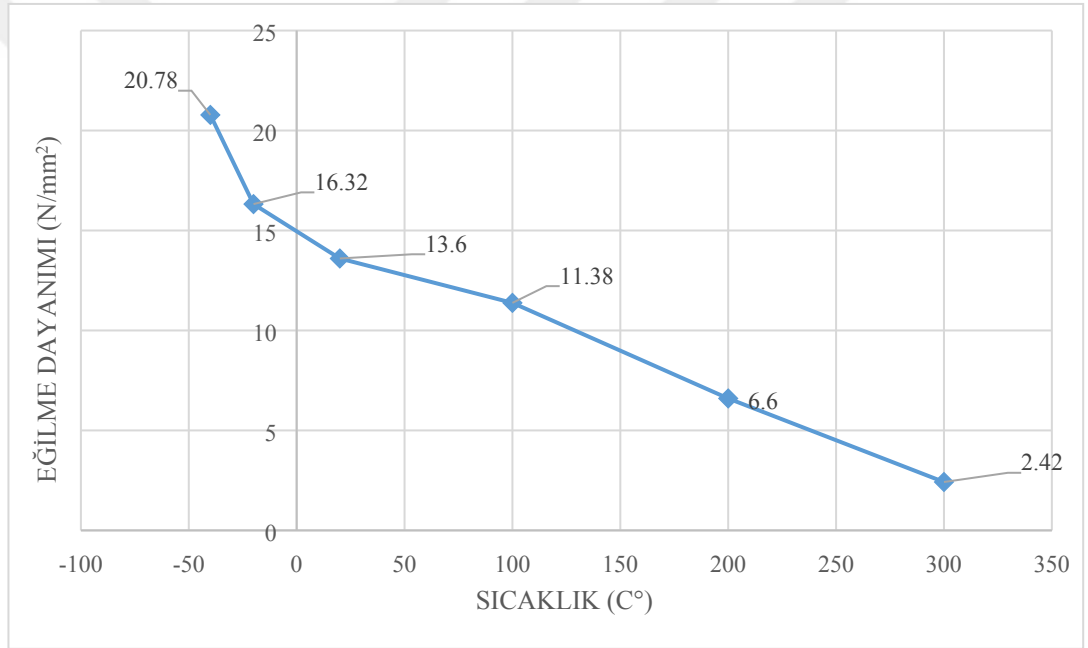


Şekil 4.34. 12 mm'lik Fibercement Numunenin Eğilme Dayanımı-Sıcaklık Grafiği

6 farklı sıcaklıktaki 12 mm'lik fibercement numunelerin eğilme değerine göre eğilme dayanımları bulundu ve farklı sıcaklıklardaki karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına 300 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir. En büyük eğilme dayanımına -40 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.35. 16 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları

16 (mm) Fibercement Numunesi	
Sıcaklık (C°)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
-40	20,78
-20	16,32
20	13,6
100	11,38
200	6,6
300	2,42

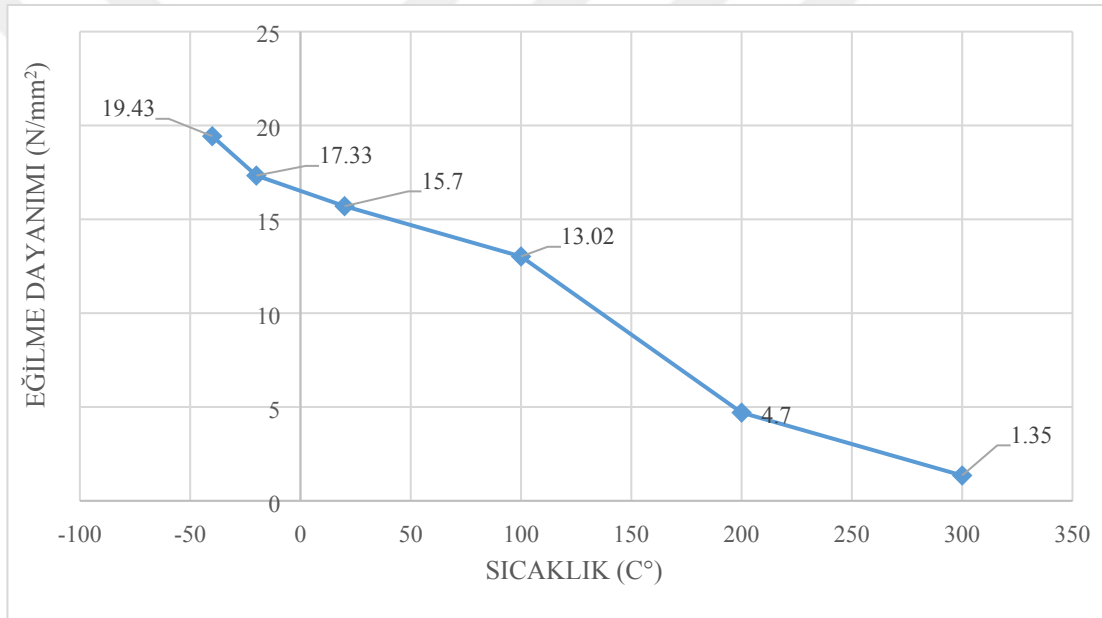


Şekil 4.35. 16 mm'lik Fibercement Numunenin Eğilme Dayanımı-Sıcaklık Grafiği

6 farklı sıcaklıktaki 16 mm'lik fibercement numunelerin eğilme değerine göre eğilme dayanımları bulundu ve farklı sıcaklıklardaki karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına 300 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir. En büyük eğilme dayanımına -40 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir.

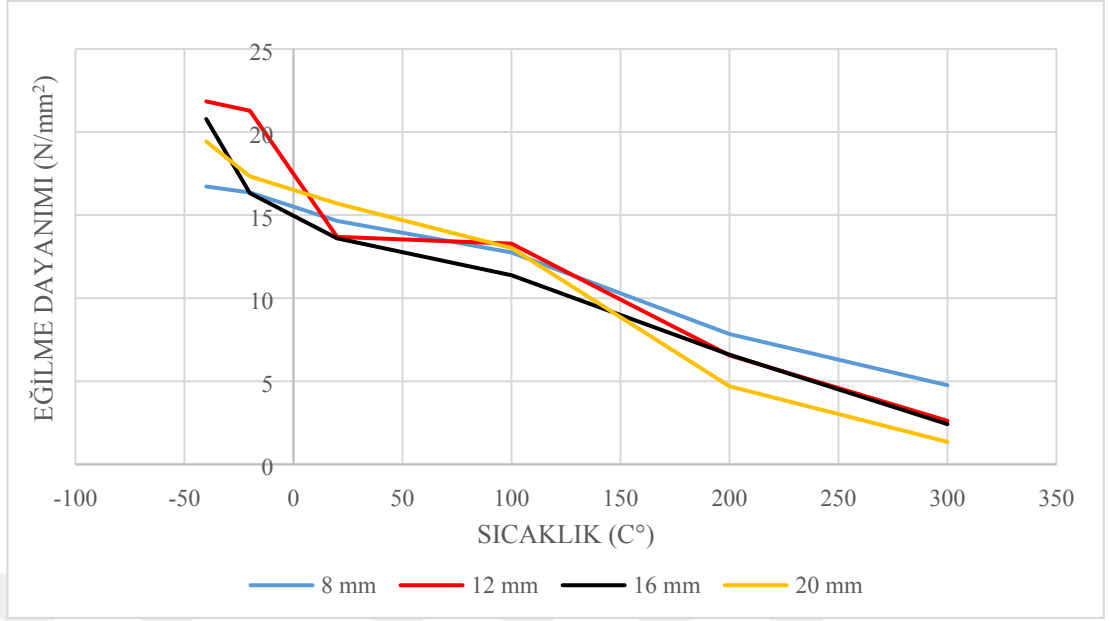
Tablo 4.36. 20 mm'lik numunelerin eğilme dayanım ve sıcaklıkları

20 (mm) Fibercement Numunesi	
Sıcaklık (C°)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
-40	19,43
-20	17,33
20	15,7
100	13,02
200	4,7
300	1,35



Şekil 4.36. 20 mm'lik Fibercement Numunenin Eğilme Dayanımı-Sıcaklık Grafiği

4 farklı sıcaklıktaki 20 mm'lik fibercement numunelerin eğilme değerine göre eğilme dayanımları bulundu ve farklı sıcaklıklardaki karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük eğilme dayanımına 300 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir. En büyük eğilme dayanımına -40 C° sıcaklıkta olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.37. Fibercement Numunenin Eğilme Dayanımı-Sıcaklık Grafiği Karşılaştırması

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada fibercement yapı malzemesinin iklimsel farklılıklar altında mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişimleri ilk olarak birim ağırlık ve su emme deneyi ile hesaplanmıştır daha sonra iklimsel değişiklikleri derin dondurucu ve etüvde belli süre bekletilip sonrasında eğilme deneyi ile test edilmiştir.

Birim ağırlık deneyinde;

- 8 mm fibercement 1,44 gr/cm³
- 12 mm fibercement 1,62 gr/cm³
- 16 mm fibercement 2,01 gr/cm³
- 20 mm fibercement 1,89 gr/cm sonuçları elde edilmiştir.

8 mm, 12 mm, 16 mm'lik numuneye kadar birim ağırlıklar doğru orantılı olarak artmıştır. Fakat 20 mm'lik numune ise hacim artışından dolayı 16 mm'lik numuneye göre az da olsa düşüş göstermiştir. En yüksek birim ağırlığı 16 mm'lik numune, en düşük ise 8 mm'lik numune olmuştur. 16 mm'lik numune 8 mm'lik numuneye oranla % 28 daha fazla birim ağırlık göstermiştir.

Su emme deneyinde;

- 8 mm fibercement % 30,74
- 12 mm fibercement % 28,34
- 16 mm fibercement % 26,06
- 20 mm fibercement % 27,45 sonuçları elde edilmiştir.

8 mm, 12 mm, 16 mm'lik numuneye kadar ağırlık arttıkça su emme oranı doğru orantılı olarak azalmıştır. Fakat 20 mm'lik numune ise hacim artışı ve içerisindeki çimento ve lif oranı artışı sebebiyle 16 mm'lik numuneye oranla artış göstermiştir. En yüksek su emme 8 mm'lik numune, en düşük ise 16 mm'lik numune olmuştur. 8 mm'lik numune 16 mm'lik numuneye oranla % 15 daha fazla su emmeye uğrayan numune olmuştur.

Levha kalınlıklarına göre yük taşıma kapasiteleri;

Düşük sıcaklık -40 C° ;

- 8 mm fibercement 356,77 N
- 12 mm fibercement 1048,43 N
- 16 mm fibercement 1773,56 N
- 20 mm fibercement 2590,62 N sonuçları elde edilmiştir.

Yüksek sıcaklık +100 C° ;

- 8 mm fibercement 271,87 N
- 12 mm fibercement 637,50 N
- 16 mm fibercement 970,833 N
- 20 mm fibercement 1736,46 N sonuçları elde edilmiştir.

Diğer sıcaklıklarda dahil olmak üzere aynı sıcaklıklarda kalınlık arttıca yük taşıma kapasitesi doğru orantılı olarak artmıştır.

Eğilme dayanımlarının sıcaklık ve numune kalınlığı ilişkisi;

Düşük sıcaklık -40 C° ;

- 8 mm fibercement 16,72 N/mm²
- 12 mm fibercement 21,84 N/mm²
- 16 mm fibercement 20,78 N/mm²
- 20 mm fibercement 19,43 N/mm² sonuçları elde edilmiştir.

Yüksek sıcaklık +100 C° ;

- 8 mm fibercement 12,74 N/mm²
- 12 mm fibercement 13,28 N/mm²
- 16 mm fibercement 11,38 N/mm²
- 20 mm fibercement 13,02 N/mm² sonuçları elde edilmiştir.

Diğer sıcaklıklarda dahil olmak üzere sıcaklık arttıca numunelerin eğilme dayanımlarının doğru orantılı olarak düşüşü gözlemlenmiştir. Sıcaklık arttıca fibercement bileşimindeki su ve imento ilişkisindeki hidrasyonu sebebiyle eğilme dayanımı dşmştr.

Tokluk değerine göre fibercement numuneleri;

Düşük sıcaklık -40 C° ;

- 8 mm fibercement 1144 N.mm
- 12 mm fibercement 1856 N.mm
- 16 mm fibercement 2199 N.mm
- 20 mm fibercement 3380 N.mm sonuçları elde edilmiştir.

Yüksek sıcaklık +100 C° ;

- 8 mm fibercement 642 N.mm
- 12 mm fibercement 1534 N.mm
- 16 mm fibercement 1749 N.mm
- 20 mm fibercement 2856 N.mm sonuçları elde edilmiştir.

Diğer sıcaklıklarda dahil olmak üzere sıcaklık arttıķa numunelerin tokluk değerleri doğru orantılı olarak düşüşü gözlemlenmiştir. Test sonuçlarında sıcaklık arttıķa numunelerin taşıma kapasitesi düşmüştür bu sebeple doğru orantılı olarak tokluk değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Aynı sıcaklıklarda en gevrek malzeme 8 mm'lik fibercement numune olurken en sünek ise 20 mm'lik fibercement numunesi olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak tokluk değerlerinde gevreklik ve süneklik kavramı sıcaklık arttıķa azalma göstermiştir, aynı sıcaklıkta ise numune kalınlařtıķa süneklik artış göstermiştir.

Sehim ve yük taşıma kapasitesi ilişkisi;

Düşük sıcaklık -40 C° ;

- 8 mm fibercement 2,5 mm
- 12 mm fibercement 1,60 mm
- 16 mm fibercement 1,25 mm
- 20 mm fibercement 1,20 mm sonuçları elde edilmiştir.

Yüksek sıcaklık +100 C° ;

- 8 mm fibercement 1,75 mm
- 12 mm fibercement 1,40 mm
- 16 mm fibercement 1,20 mm
- 20 mm fibercement 1,10 mm sonuçları elde edilmiştir.

Diğer sıcaklıklarda dahil olmak üzere yük taşıma kapasitesi arttıkça sehım değeri düşüş göstermiştir. Ayrıca bu düşüş numune kalınlığı ve sıcaklık artışıyla orantılı olarak düşüşü devam etmiştir.

Genel olarak fibercement numunesi içerisindeki lif oranları ve çimento-su ilişkisi (hidratasyon olayı) sebebiyle en büyük değişken faktörü sıcaklık olmuştur;

- Yük taşıma kapasitesi sıcaklık artışlarında doğru orantılı olarak düşüş göstermiştir.
- Numune kalınlığının artışı aynı sıcaklıklarda yük taşıma kapasitesinde yükselmesine sebep olmuştur.
- Eğilme dayanımları ise sıcaklık artışında doğru orantılı olarak azalmasına sebep olmuştur.
- Sehım oranı sıcaklık ve numune kalınlığı arttıkça doğru orantılı olarak düşmüştür.
- Süneklilik kavramı sıcaklık arttıkça azalmıştır, numune kalınlaştıkça artmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Dr. Morteza Khorami, Dr.Eshmaeil Ganjian, Dr. Anupam Srivastav, Feasibility Study on Production of Fiber Cement Board Using Waste Kraft Pulp in Corporation with Polypropylene and Acrylic Fibers, Advances in Functional Materials (Conference 2015), AFM 2015
- [2] <http://www.hekimyapi.com/referanslar/hekimboard>
- [3] <http://www.hekimyapi.com/fibercement>
- [4] Tomasz Chady, Krzysztof Schabowicz, Mateusz Szymków, Automation in Construction 2018, Automated multisource electromagnetic inspection of fibre-cement boards
- [5] Zbigniew Ranachowski, Krzysztof Schabowicz, The Fabrication, Testing and Application of Fibre Cement Boards,2018
- [6] <https://www.allurausa.com/blog/benefits-of-fiber-cement-siding>
- [7] Tony Cooke M.App.Sc, M.R.A.C.I., M.A.I.Ch.E., Building Materials and Technology Pty Ltd. Australia, Formation of Films on Hatschek Machines
- [8] Moslemi, A., (2008). “Technology and Market Considerations For Fiber Cement Composites”, 11th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composite Conference, November 5-7, Madrid – Spain
- [9] <http://www.ekobord.com/Sayfalar/46/Kurumsal/Uretim-Tesisleri.aspx>
- [10] <http://www.globalcement.com/magazine/articles/825-cement-boards-101>
- [11] Research and Markets: Global Fiber Cement Industry Report 2014
<https://www.businesswire.com/news/home/20141118006136/en/Research-Markets-Global-Fiber-Cement-Industry-Report#.VLJ6qSvz0wA>
- [12] <http://www.hekimyapi.com/kurumsal>
- [13] <http://www.hekimyapi.com/kurumsal/fabrikalarimiz>
- [14] <http://www.ekobord.com/Sayfalar/46/Kurumsal/Uretim-Tesisleri.aspx>
- [15] <https://www.betopan.com.tr/tr/kurumsal>

- [16] <http://www.atermit.com/Sayfalar/kurumsal-bilgiler>
- [17] Dr. Morteza Khorami, Dr. Eshmaeil Ganjian, Dr. Anupam Srivastav. Advances in Functional Materials (Conference 2015), AFM 2015
- [18] Krzysztof Schabowicz, Tomasz Gorzelańczyk, Mateusz Szymków. Identification of the degree of fibre-cement boards degradation under the of high temperature
- [19] Tomasz Chadya, Krzysztof Schabowicz, Mateusz Szymków. Automated multisource electromagnetic inspection of fibre-cement boards, 2018
- [20] Zbigniew Ranachowski, Krzysztof Schabowicz, The contribution of fiber reinforcement system to the overall toughness of cellulose fiber concrete panels, 2017
- [21] Robert S.P. Coutts, A review of Australian research into natural fibre cement Composites, Cement & Concrete Composites 27 (2005)
- [22] Alireza Akhavan, Jeffrey Catchmark, Farshad Rajabipour. Construction and Building Materials, 2018
- [23] Krzysztof Schabowicz, Tomasz Gorzelanczyk. A nondestructive methodology for the testing of fibre cement boards by means of a non-contact ultrasound scanner, 2016
- [24] Katherine G. Kuder, Surendra P. Shah, Processing of high-performance fiber-reinforced cement-based composites, 2010
- [25] Yu Wen Liu ve Huang Hsing Pan, Properties of natural fiber cement board for building partitions
- [26] B.J. Mohr, N.H. El-Ashkar ve K.E. Kurtis, Fiber-Cement Composites for Housing Construction: State-of-the-Art Review
- [27] Stephen O. Amiandamhen, Technology and market opportunities in fiber cement composites for scale enterprises in Nigeria, global journal of agricultural sciences, 2012
- [28] J. H. Morton, S. A. S. Akers, T. Cooke, performance of slash pine fibers fiber cement products, Jerry H. Morton, Buckeye Technologies, USA, 2006
- [29] A M Cooke, Durability of Autoclaved Cellulose Fiber Cement Composites, Inorganic-Bonded Wood and Fiber Conference, 2000
- [30] Mehran Zeynalian, H.R. Ronagh, Seismic performance of cold formed steel walls sheathed by fibre-cement board panels, Journal of Constructional Steel Research, 2014

[31] Emin Özgür, Orhan Özgür, The Turkish fiber-cement market from the 1950's to 2010, IIBCC 2006 - Sao Paulo, Brazil. October 15 - 18, 2006



ÖZGEÇMİŞ

Fatih YAVUZ, 22.02.1989'da Kocaeli'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli Darıca'da tamamladı. 2007 yılında STFA Anadolu Teknik Lisesi'nden mezun oldu. 2008 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Yapı Öğretmenliği Bölümü'nü 2012 yılında bitirdi. 2012 yılında Kocaeli ilinde Şantiye Şefi olarak çalışmaya başladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitime başlayıp akabinde İnşaat Mühendisliği lisansını bitirmektedir. C Sınıfı İSG Uzmanıdır. İstanbul'da Hekim Holding A.Ş.'de yurt içi ve yurt dışı Proje Müdürü olarak görev yapmaktadır.