

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

154338

**SMC YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN DOĞAL GAZ KUTU
KAPAKLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN PARÇA
KALINLIĞINA BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ**

Metalurji Müh. Nuhmehmet Simitcioğlu

F.B.E.Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Malzeme Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ
154338

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemalettin YAMAN

Prof. Dr. Cemalettin Yaman *[Signature]*
Prof. Dr. Sabriye Bishin SKER *[Signature]*
Y. Doç. Dr. Isıl KERTİ *[Signature]*

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. DÜNDEN BUGÜNE PLASTİK.....	2
2.1 Plastik nedir?.....	2
2.2 Malzeme ve İnsanoğlu.....	3
2.3 Kompozit Malzemeler.....	4
2.4 Polimerik Malzemeler.....	5
2.5 Kompozit Malzeme Çeşitleri.....	6
2.6 Plastik Matrisli Kompozitlerin Dışındaki Kompozitler.....	7
3. SMC.....	8
3.1 SMC Üretim Yöntemi.....	8
3.2 Kalıplama Prosesi.....	10
3.3 SMC Yöntemi ile Üretilmiş Kompozit Malzemelerin Avantajları.....	11
3.4 SMC Yöntemi ile Üretilmiş Malzemelerin Kullanım Alanları.....	12
3.4.1 Otomotiv Endüstrisi.....	12
3.4.2 Demiryolu Endüstrisi.....	16
3.4.3 Elektrik - Elektronik Endüstrisi.....	19
3.4.4 Yapı Endüstrisi.....	19
3.4.5 Havacılık ve Uzay Endüstrisi.....	21
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	26
4.1 Yoğunluk Deneyi.....	30
4.2 Eğme Deneyi.....	40
4.3 Darbe Deneyi.....	59
4.4 Çekme Deneyi.....	78
4.5 Bilya-Basınç Deneyi.....	97
4.6 Alev Deneyi.....	100
4.7 Su Absorbsiyonu Deneyi.....	102
4.8 Kırık Yüzey Analizleri.....	106
5. SONUÇLAR.....	113
KAYNAKLAR.....	117
EKLER.....	119

Ek 1	Barcol Sertlik Deneyi.....	119
	ÖZGEÇMİŞ.....	121



KISALTMA LİSTESİ

CARMAT Carroseric Matériaux

E-Cam Electrical Resistance Glass

SMC Sheet Moulding Compounds



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 İlk çağlardan günümüze malzeme seçimi.....	3
Şekil 2.2 (a) Thermoplastik polimer, (b) Thermoset polimer.....	5
Şekil 3.1 SMC üretim prosesi.....	9
Şekil 3.2 Cam fiberlerin istenilen boyutta kesilerek SMC ara katmanına katılması.....	9
Şekil 3.3 Bekleme deposunda olgunlaşmaya bırakılmış ham SMC.....	10
Şekil 3.4 Açılabilir tavan şasi ve arka tampon kirişi.....	12
Şekil 3.5 Renault Clio.....	13
Şekil 3.6 Citroen AX'in arka taban (CARMAT projesi)	13
Şekil 3.7 a) SMC çamurluk ve kabin basamakları, b) gerilim dağılımı.....	14
Şekil 3.8 Mercedes Benz kamyon kabini.....	15
Şekil 3.9 SMC ön paneller.....	15
Şekil 3.10 SMC motor karterleri.....	16
Şekil 3.11 SMC ile üretilmiş TGV.....	16
Şekil 3.12 (a) Tren kapısı kenar paneli; (b) monte edilmemiş SMC kapı kenar paneli.....	17
Şekil 3.13 Inter Regio treni.....	18
Şekil 3.14 treninin iç kısmındaki SMC bagaj taşıyıcıları.....	18
Şekil 3.15 Pencere çerçevesi.....	19
Şekil 3.16 SMC drenaj ızgaraları.....	20
Şekil 3.17 Çatı zemini.....	20
Şekil 3.18 SMC balkonlar.....	21
Şekil 3.19 Eurofighter Typhoon.....	22
Şekil 3.20 Eurocopter EC 135.....	23
Şekil 3.21 Uçak motoru.....	24
Şekil 3.22 Uydu.....	25
Şekil 4.1a Yoğunluk, eğme, darbe ve çekme deney numunelerinin kesilme düzeni.....	27
Şekil 4.1b Bilya-Basınç ve su absorpsiyonu deneyi numunelerinin kesilme düzeni.....	28
Şekil 4.1c Alev deneyi numunelerinin kesilme düzeni.....	29
Şekil 4.2 Orta kısım yoğunluk deneyi grafiği.....	34
Şekil 4.3 Teorik-Orta kısım yoğunluk deneyi grafiği.....	35
Şekil 4.4 Etek yoğunluğu deneyi grafiği.....	38
Şekil 4.5 Yoğunluğun orta noktaya göre değişim grafiği.....	39
Şekil 4.6 Boyuna numunelerin eğme dayancı grafiği.....	46
Şekil 4.7 Enine numunelerin eğme dayancı grafiği.....	52
Şekil 4.8 Etek numunelerinin eğme dayancı grafiği.....	58
Şekil 4.9 Boyuna numunelerin darbe dayancı grafiği.....	65
Şekil 4.10 Enine numunelerin darbe dayancı grafiği.....	71
Şekil 4.11 Etek numunelerinin darbe dayancı grafiği.....	77
Şekil 4.12 Boyuna numunelerini çekme dayancı grafiği.....	84
Şekil 4.13 Enine numunelerini çekme dayancı grafiği.....	90
Şekil 4.14 Etek numunelerinin çekme dayancı grafiği.....	96
Şekil 4.15 Bilya-basınç deneyi düzeneği.....	97
Şekil 4.16 Bilya-basınç deneyi grafiği.....	99
Şekil 4.17 Alev deneyi düzeneği.....	100
Şekil 4.18 Alev deneyi grafiği.....	102
Şekil 4.19 Su absorpsiyonu deneyi sonuçlarının grafiği.....	105
Şekil 4.20 Kalıbın orta noktasındaki görüntü.....	107
Şekil 4.21 Etek kısmında ilerlemeye dik yönde demet oluşturmuş fiber yığılması.....	108
Şekil 4.22 Parça kenarına yakın noktadan alınan görüntü.....	109
Şekil 4.23 Boyuna doğrultuda alınmış yetersiz fiberli bölge.....	110
Şekil 4.24 Homojen dağılımlı bölge.....	111

Şekil 4.25 Üç boyutlu kırık yüzey fotoğrafı.....	112
--	-----



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Kompozitlerin yapı bakımından gruplanması.....	6
Çizelge 2.2 Modern Kompozitler (Mikro Kompozitlerin gruplaması).....	7
Çizelge 4.1 5 kg'lık SMC için kimyasal bileşen dağılımı.....	26
Çizelge 4.2 Numunelerin kodlama sistemi.....	30
Çizelge 4.3 Teorik yoğunluk değerleri.....	30
Çizelge 4.4a % 10 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	31
Çizelge 4.4b % 15 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	31
Çizelge 4.4c % 20 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	32
Çizelge 4.4d % 25 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları	32
Çizelge 4.4e % 30 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	33
Çizelge 4.5a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	36
Çizelge 4.5b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	36
Çizelge 4.5c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	36
Çizelge 4.5d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	37
Çizelge 4.5e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.....	37
Çizelge 4.6a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	41
Çizelge 4.6b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	42
Çizelge 4.6c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	43
Çizelge 4.6d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	44
Çizelge 4.6e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	45
Çizelge 4.7a % 10 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 4.7b % 15 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	48
Çizelge 4.7c % 20 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	49
Çizelge 4.7d % 25 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	50
Çizelge 4.7e % 30 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	51
Çizelge 4.8a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	53
Çizelge 4.8b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	54
Çizelge 4.8c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	55
Çizelge 4.8d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	56
Çizelge 4.8e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.....	57
Çizelge 4.9a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	60
Çizelge 4.9b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	61
Çizelge 4.9c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	62
Çizelge 4.9d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	63
Çizelge 4.9e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	64
Çizelge 4.10a % 10 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	66
Çizelge 4.10b % 15 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	67
Çizelge 4.10c % 20 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	68
Çizelge 4.10d % 25 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	69
Çizelge 4.10e % 30 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.....	70
Çizelge 4.11a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.....	72
Çizelge 4.11b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.....	73
Çizelge 4.11c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.....	74
Çizelge 4.11d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.....	75
Çizelge 4.11e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.....	76
Çizelge 4.12a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	79
Çizelge 4.12b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	80
Çizelge 4.12c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	81
Çizelge 4.12d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	82
Çizelge 4.12e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	83

Çizelge 4.13a % 10 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	85
Çizelge 4.13b % 15 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	86
Çizelge 4.13c % 20 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	87
Çizelge 4.13d % 25 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	88
Çizelge 4.13e % 30 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	89
Çizelge 4.14a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	91
Çizelge 4.14b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	92
Çizelge 4.14c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	93
Çizelge 4.14d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	94
Çizelge 4.14e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.....	95
Çizelge 4.15 Bilya-Basınç deneyi sonuçları.....	98
Çizelge 4.16 Alev deneyi sonuçları.....	101
Çizelge 4.17 Su absorbsiyonu deneyi sonuçları.....	104



ÖNSÖZ

Bu bitirme tezinde incelenen konuyu araştırma ve hazırlama fırsatını veren; mevcut bütün imkanlarını, gerekli bilgiye ulaşma yollarını ve bunlardan yararlanma şekillerini gösterip, her ihtiyaç duyduğumda değerli vaktini ayırarak yardımını gece-gündüz demeden esirgemeyen hocam, Prof. Dr. Ahmet Ünal'a, tez danışmanlığımı yürüten Prof. Dr. Cemalettin Yaman'a, deney numunelerinin üretildiği Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited Şirketi'ne, numunelerin deney standartlarına uygun hale getirilmesine yardımcı olan Tamtaş Makina Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'ne her zaman yanımda olan aileme ve yaptığım imla hatalarını en aza indirmeme yardımcı olan dayım Mehmet Akif Kahraman'a teşekkür ederim.



ÖZET

Günümüzde malzeme biliminin büyük bir hızla ilerlediği en önemli araştırma konularından birisi kuşkusuz kompozit malzemelerdir. Kompozit malzemeler, istenilen özelliklere göre çok geniş bir formülasyon yelpazesine sahiptir. Termosetling reçine, cam elyaf fiber takviye ve dolgu maddelerinden oluşan üç bileşenli kompozit bir malzeme olan SMC (Sheet Moulding Compound), üstün korozyon dayanımı, yüksek elektriksel yalıtım, mükemmel yüzey pürüzsüzlüğüne sahiptir. SMC üretim teknolojisi esasen taşıyıcı matris malzemesi ile kırılmış cam fiberlerin belirli bir sıcaklık ve yüksek basınç altında kalıplanarak pişirilmesidir. SMC kompozitler yüksek dayanım, pürüzsüz yüzey ve düşük maliyet gibi daha birçok üstün özelliğin bir arada istendiği uygulamaların vazgeçilemeyen seçeneği haline gelmektedirler.

Son on sene içinde özellikle otomotiv, havacılık, denizcilik ve demiryolu gibi büyük endüstri kolları başta olmak üzere daha birçok alanda plastik matrisli kompozit malzeme kullanımı üzerinde yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları, biyomedikal uygulamaları gibi hassas yüksek teknoloji alanlarına da yayılmıştır.

SMC yöntemi ile üretilmiş doğal gaz kutuları ise şu anda ülkemizde dahil olmak üzere tüm dünyada tercih edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Plastik matrisli kompozit, cam fiber takviyeli kompozit, SMC, E-camı, basınçlı kalıplama.

ABSTRACT

Nowadays one of the most popular research subject for materials science is composites technology. Composite materials can easily be formulated for any kind of need and usage area.

SMC (Sheet Moulding Compounds) is a type of fiber-reinforced composite material which primarily consists of a thermosetting resin, glass fiber reinforcement and filler, has a great corrosion resistance, high electrical insulation, excellent surface smoothness. SMC manufacturing technology offers a wide range of possibilities to combine short and chopped fibers with matrix material under heat and high pressure by compression moulding. SMC composites technology is a valid choice for use in any industry where applications require high strength, smooth surface, low cost effectiveness and more together.

For ten years SMC composites are basic materials for aerospace, automotive, marine and railway industries which have extended their usage area to biomedical and new hi-tech research and development areas for more suitable applications.

Including our country natural gas boxes produced by SMC technology is used all over the world.

Keywords: Plastic matrix composite (PMC), glass fiber reinforced composite, SMC (Sheet Moulding Compounds), E-glass, compression moulding (molding).



1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde malzeme biliminin ilerlediği üç önemli kulvar,

- Melez ya da çok bileşenli kompozitler,
- Melez seramikler,
- Pirolitik karbon kaplı titanyum alaşımları

olarak verilebilir. Çok bileşenli kompozitlerin temel amacı, istenilen özellikleri sağlamak amacı ile farklı elastiklik modüllü ve geometrik biçimli destekleyicileri matris içerisinde birlikte kullanmaktır. En basit anlatımıyla matris hacim oranının sabit kalması ile birlikte bileşenlerin oranlarını değiştirerek dahi çok farklı özellik spektrumu elde edilir. Ayrıca kompozitin doğası gereği anizotropi sorunu da ele alındığında incelenecek çok konuların olduğu da kolayca ortaya çıkmaktadır.

Plastik matrisli kompozitlerde, SMC son 15 yılın en çok üzerinde çalışılmış üretim yöntemlerinden biridir. Karmaşık ve ince cidarlı parçaların bir kerede ve düzgün geometride elde edilmesinde şu anda bilinen yegane yöntemlerden biridir. Ülkemizde ilk defa YTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği'nin ARGE çalışmalarının desteğinde Kimelsan LTD. ve Avitaş A.Ş.'de üretimine başlanmıştır. İnce cidarlı büyük parçalarda noktadan noktaya üretim şeklinin doğal bir sonucu olarak özellik değişimleri görülmektedir. Çalışmanın temel konusu söz konusu özellik değişimlerini incelemek ve kullanılabilir diyagramlar elde etmektir. Daha önce yapılan çalışmalarda matris içerisindeki güçlendiricilerin kalıplama ve pişirme sırasındaki akış hareketleri incelenmiş ancak verilen kompozisyonlardaki özellik değişimi yeterince ele alınmamıştır. Ayrıca karmaşık şekillerde bulunan köşe , çap ve kalınlık değişiminin özellikleri ne yönde etkilediği de henüz açık değildir.

Anılan verilerden hareketle matrisin sabit kaldığı halde güçlendiricilerin değişimi sonucu özelliklerin değişimi öncelikle ele alınmıştır. Üretim yöntemi gereği akış sırasında farklı geometrideki güçlendiricilerin noktadan noktaya hareketi ve nihai birikimlerinin mekanik özellikleri ne türde etkilediği de ele alınan diğer konudur. Öte yandan geometride üçüncü boyut sayılan kalınlığın özellikleri nasıl değiştirdiği de çalışmaya orijinalite kazandırabilecek en önemli araştırma konusu olmuştur. Büyük boyutlu parçalarda (plastik matrisli kompozitlerde ortalama 1 metre karenin üzerindeki parçalar büyük boyutlu olarak tanımlanır) dayanç bütünselliği, form bütünselliği ile birlikte ele alındığında çalışmanın özgün kısımları kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

2. DÜNDEN BUGÜNE PLASTİK

İnsanlık tarihinin bir dönemi neden "Taş Devri" olarak, ya da bir başkası neden "Bronz Devri" olarak anılır? Bu deyimler, uygarlığın gelişimine büyük etkileri olan bazı malzemeleri belirtiyor. Yaşantı biçiminden tekniğe, sanattan savaşımlara kadar bir döneme, tümüyle damgasını vuran malzemeleri simgeliyor. Bu açıdan bakıldığında, çağımıza verilecek ad ne olabilir? Kuşkusuz "Plastik Devri".

Çünkü, günümüze damgasını vuran malzeme plastiktir. Oysa, daha 1920'lere değin, plastik konusunu inceleyen polimer kimyası, genel kimyanın ayrı bir kolu bile değildi. Ama bugün, moleküllerin yapısı ile oynanarak istenilen amaca uygun plastik üretilebilmektedir. Nitekim hergün yeni bir plastiğin yapılmış olduğunu görmekte veya duymaktayız. Bu denli hızla gelişen, çağdaş endüstri toplumlarını hergün biraz daha artan bir biçimde etkileyen, kullanım alanları baş döndürücü bir hızla yayılan bir ikinci malzeme sayabilmek güçtür. Belki mermere, ahşaba, ya da metale tutkun olabiliriz. Ama gene de kabul etmek zorundayız: İçinde yaşadığımız çağ plastik çağıdır.

Malzeme alanında bu büyük dönüşümü sağlayan, plastiği böylesine etkin ve yaygın yapan sır nedir? Doğal malzemelerden yararlanma olanaklarının, doğal kaynakların (taş ocaklarının, ormanların, maden yataklarının...) verimliliğiyle sınırlı oluşu mu? Yoksa hızla gelişen teknolojinin, artan gereksinimlerinin, doğal malzemeleri tükenme tehlikesiyle karşı karşıya getirmesi mi? Yoksa, plastiğin geleneksel malzemelerin bazı dezavantajlarını gidermesi, söz gelişi, paslanmaması, hafifliği, ya da buna benzer özellikleri mi? Plastiğin önem kazanmasında, kuşkusuz bu etkenlerin payı vardır. Ama., plastiği çağın malzemesi yapan, onu geleneksel malzemelerden ayıran en önemli niteliği kendi iç yapısıyla ilgilidir.

2.1 Plastik nedir?

Doğada bulunan ve sentetik olarak üretilen tüm cinsler, ya atom gruplarından, veya küçük ya da büyük moleküllerden oluşur. Bazı moleküller birbirine eklenme özelliği gösterirler. Plastik, birbirine eklenme özelliği gösteren moleküllerin, bir düzen içerisinde sıralanarak eklenmesi ile oluşturulan organik kimyasal bir maddedir. Sıralama düzeninde yapılacak bir değişim, bir ekleme veya bir çıkartma, plastiğe değişik özellikler kazandırır. Ayrıca değişik nitelikli moleküllerin bir araya getirilerek sıralanması ile değişik özellikler sağlanabilir. Günümüzde moleküller üzerinde değişiklik yapmak çok kolaylaşmış bulunmaktadır ve istenilen amaca uygun özel plastik üretilebilmektedir (Ünal, A., 2000).

Plastikleri iki ana grupta toplayabiliriz: Termoplastikler ve termosetler. Termoplastikler adından da anlaşılabilceği gibi, ısı etkisi ile şekil değiştirilebilen plastiklerdir. Tıpkı mumun eriyip tekrar mum haline getirilebilmesinde olduğu gibi, termoplastikler de ısı ile şekil değiştirdiğinde yapısal bir değişikliğe uğramaz. Termosetler ise, bir kez ısı ile şekillendirildikten sonra ısı ile yeniden şekillendirilemeyen plastiklerdir. Tıpkı pişmiş

yumurtanın tekrar çiğ yumurta haline dönüştürülememesinde olduğu gibi, termosetler de ısı ile yapısal bir değişikliğe uğrar.

Tüm plastikler bir bütün olarak ele alındığında, Cam Elyafı Takviyeli Plastik bu bütün içinde en önemli yerlerden birini almalıdır. Çünkü, Cam Elyafı Takviyeli Plastik, yeni bir aşamadır ve birçok kullanım alanı için en uygun nitelikte malzemeyi, amaçlanan işleve en uygun şekilde üretebilme olanağı sağlar (Ünal, A., 2000).

2.3 Kompozit Malzemeler

Modern teknolojinin malzemeye olan gereksinimi gittikçe artmaktadır. Bu gereksinim yalnızca yüksek dayancın değil, aynı zamanda düşük ağırlığın da istendiği dinamik yapılarda daha fazla duyulmaktadır. Yüksek hızla üretim yapan makineler, enerji üretim kaynakları, uçaklar, uzay araçları, otomobil ve sürat tekneleri gibi kara, deniz ve hava taşıtları için mukavemet ağırlık oranı yüksek olan yapı malzemelerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yapı malzemelerinin dizaynında göz önünde tutulması gereken bir önemli özellikte malzemenin rijitliğidir. Rijitliği kontrol eden parametre ise özgül modüldür (Elastiklik modülü/yoğunluk). Çelik-alüminyum-titanyum ve cam gibi bazı mühendislik malzemelerinin özgül modülleri birbirine yakın değerdendirler. Organik malzemelerde ise özgül modül çok daha düşük değerlere ulaşır. Bu durumda tasarımcı, yoğunluğu düşük olan malzemeyi, seçtiğinde burma, eğme rijitliğini sağlamak için kesit kalınlığını artırma yoluna gidecektir. Ancak teknik olarak yanlış olan bu yöntem aynı zamanda pratik bir çözüm de değildir ve mühendislikle bağdaşmaz. Bu nedenle özgül modülleri yüksek olan malzemeler seçilmelidir. Bor ve karbür kovalent bağ yapısına sahip olup, metalik veya iyonik bağlı diğer malzemelerle karşılaştırıldığında çok yüksek özgül modüle sahip oldukları görünür ($1,5 \times 10^8 \text{ cm}$). Kovalent bağ yüzdesinin yüksek olduğu diğer bazı malzemelerin, örneğin bor karbür, alüminyumoksit ve silisyum karbürün özgül modüllerinde yüksektir. Ancak katı malzemelerde yalnızca kovalent bağ yüzdesinin yüksek olması yeterli olmayıp, atom numarasında düşük olması gerekir. Al, Cu, Te, Cr, Mg, Ti ve Ni gibi malzemelerin özgül modülleri $1,3 - 3,5 \times 10^7 \text{ cm}$ arasındadır. Polimerlerin özgül modülleri çok daha küçüktür. Bor ve karbürler gibi özgül modülleri yüksek olan malzemelerin üretimleri güç olup mühendislik malzemeleri olarak yalnız başlarına kullanım alanları sınırlıdır. Bu tür malzemeler gevrek olup çentik duyarlılıkları yüksektir. Herhangi bir şekilde yapıda oluşan çatlak kolayca ilerler ve yayılır.

Malzeme dizaynı ve seçiminde sertlik, mukavemet ve rijitliğin yanı sıra kullanılacakları amaca göre diğer bazı özelliklerinde göz önünde bulundurulması gerekir. Bunlar yorulma,

yüksek sıcaklığa dayanım, korozyon direnci, aşınma direnci, ısı iletkenlik, ısı ve akustik izolasyon gibi özelliklerdir. Kuşkusuz bütün bu özelliklerin aynı zamanda aynı malzemede bulunması istenmez. Çünkü mühendislikte her zaman her yerde kullanılabilecek tek bir malzeme, çeşidi söz konusu olamaz, böyle bir şey istenmezde söz konusu özellikler kompozit bir malzemede geliştirilebilecek olan özelliklerdir.

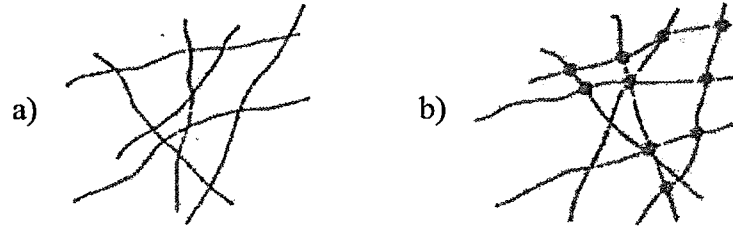
Kompozit malzeme tanım olarak en az iki veya daha fazla malzemenin makro ölçüde bir araya getirilmesinden oluşan malzemedir. Farklı malzemeler alaşımlandırmada olduğu gibi mikro ölçülerde de bir araya getirilebilirler. Fakat sonuçta oluşan malzeme makro ölçülerde homojendir. Buna karşın kompozit malzemeler heterojendirler. Kompozit malzemenin avantajı yapı bileşenlerinin en iyi kalitede seçilebilmesi ve yapı bileşenlerinin geliştirilen malzeme özelliklerine sahip olmasıdır.

Kompozit malzemelerde yüksek dayanma veya yüksek elastik modülüne sahip olan ve pekiştirici takviye edici ve kuvvetlendirici olarak adlandırılan bir malzeme matris olarak adlandırılan ikinci bir malzeme ile bir araya getirilir. Örnek çelik takviyeli çimento, cam fiber takviyeli plastikler ve lif takviyeli plastikler birer kompozit malzemedir.

2.4 Polimerik Malzemeler

Organik polimerler her şeyden önce iki elementten oluşmuştur: C ve H. Doğada var olan pek çok sayıdaki C bileşenleri veya sentezlenebilenleri, C 'un dört dış elektrona sahip olduğu ve bu elektronlarında her birini, dış elektronları olan diğer atom grupları veya diğer C grupları ile kararlı hale getirilebilme gücüne sahip olarak tanımlanabilir. Polimerler organik maddelerdir. Bunlar basit kimyasal üniteleri katalitik olayların ve sıcaklığın uygun olduğu koşullarda birbirini tekrar etmelerinden oluşan yüksek molekül ağırlıklı maddelerdir. Monomer denen bu küçük moleküler ünitelerin çok sayıda kimyasal polimerizasyonla birleşmesi ile uzun zincirli moleküller oluşur. Sonuçta meydana gelen ürüne yüksek polimer denir.

Doğal maddeler naylon ve selüloz bu tip yapıya sahiptirler. Polimerizasyonun iki ana tipi vardır. Birincisinde termoplastik diye adlandırılan madde oluşur. Bu da ayrı ve birbiri üzerinde kayabilen uzun zincirli polimerize moleküllerin bir serisinden oluşmuştur, ikinci tipte zincirlerin çapraz bağlı olmasından dolayı yumuşamayan ve akmayan bir katı madde üretilir. Böyle katılara termoset polimerler denir. Polimer malzemeleri bu iki grup sınıflar şekil 2.2 de, bu iki polimerin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.2 (a) Termoplastik polimer, (b) Termoset polimer

2.5 Kompozit Malzeme Çeşitleri

Kompozit malzeme fikri, 20. Yüzyılın başlarında öne sürülmüşse de, aslında insanoğlunun kullandığı malzemelerin bir çoğu doğal kompozit malzemelerdir. Kullanım amacına, elde ediliş yöntemlerine, dokusal durumlarına bakarak kompozitler çeşitli şekillerde gruplanabilir. Çizelge 2.1’de kompozitlerin yapı bakımından gruplanması verilmiştir.

Çizelge 2.1 Kompozitlerin yapı bakımından gruplanması.

Kompozit Türü	Örnekleri
Doğal Kompozit Malzemeler	Ağaç, Kamış, Kemik, Kas,...
Mikro Kompozit Malzemeler	Çelik, toz metalurjisi ile üretilmiş metalsel malzemeler, cam takviyeli plastikler, farklı fiberli kompozitler
Makro Kompozit Malzemeler	Galvanizli saclar, emaye kaplama, beton, helikopter kanadı, kayak takımları vs.,...

Malzeme özelliklerini tanımlayan en önemli iki büyüklük, Çekme Dayancı ve Elastiklik Modülü' dür. Bu iki değerin büyük olması, bir malzemeyi diğerine göre daha rijit kılar. Fakat, malzemelerin birim ağırlıktaki dayancı veya birim ağırlıktaki elastiklik modülü göz önünde bulundurulduğunda, anılan değerler değişmektedir.

Çekme dayancının, malzemenin yoğunluğuna oranı “Özgül Dayanç”, benzer şekilde elastiklik modülünün yoğunluğa oranı “Özgül Modül” kavramlarını oluşturmuşlardır. Kompozit malzemelerin alışlagelmiş diğer malzemelere üstünlüklerinden biri de özgül dayanç ve özgül modüllerinin yüksek oluşlarındandır. Böylesi bakış açısından kompozit kuramı; yüksek dayanç ve elastiklik modüllü yükü taşıyıcı destek malzemesi (fiber) ile matris olarak tanımlanan ancak destek malzemesine göre daha düşük dayanç ve elastiklik modüllü olan taşıyıcıların birlikte kullanımı olarak açıklanabilir.

Çizelge 2.1' deki doğal kompozitler ile makro kompozit malzemeler alışlagelmiş mühendislik malzemesi olup, özgül dayanç ve modül kavramı yerine değişik amaçlar doğrultusunda geliştirilmiş klasik yapı malzemeleridir. Buna karşın mikro kompozitler, belirli amaçlar için yüksek özgül dayanç ve modülleri nedeniyle geniş kullanım alanı bulmuş ve üzerinde çok çalışılan gruba oluşturmuşlardır. Böylesi kompozitler, Modern Kompozit Malzemeler olarak tanımlanmaktadır. modern kompozitlerin genel bir gruplaması Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Modern Kompozitler (Mikro Kompozitlerin gruplaması).

Mikro Kompozitler
1. Dağılma ile dayancı arttırılmış kompozitler
2. Parçacık destekli kompozitler
3. Tabakalı kompozitler
4. Kısa fiberli kompozitler a) Düzenli, b) Düzensiz
5 . Sürekli fiberli kompozitler a) Düzenli, b) Düzensiz
6. Çok bileşenli kompozitler

2.6 Plastik Matrisli Kompozitlerin Dışındaki Kompozitler

Bu tür kompozitlerde; dokuda dağılmış ikincil parçacıklarla kalıcı biçim değişikliğine karşı direnç artarken, bu artışa paralel olarak çekme dayancı ve sertlik de artmaktadır. Böylece dayanç ve sertlik, malzeme dokusunda dağılı bulunan ikincil bir fazın varlığı ve morfolojisi ile açıklanabilir. Çökelme sertleşmesi gösteren alüminyum alaşımları ile ıslah işlemi uygulanmış çelikler bu tür kompozitlere örnek olarak gösterilebilir. Dağılmış fazın dokudaki yerleşimi ve boyutu uygun ısı işlem koşulları ile belirlenir. Genel anlamda dağılma ile dayancı arttırılmış kompozitlerde, dağılmış parçacıkların belirli özellikleri sağlanması istenir. Bunlar matrise göre sert, eş büyüklüklü, çapları 5-10 Å arası ve matriste homojen dağılma gibi özelliklerdir. Örneğin metallerde 10^{12} adet/mm³ lük bir dağılım konsantrasyonu alt sınır olarak kabul edilir. Ayrıca dağılmış parçacıklar arası optimum uzaklığın 10^3 Å olması homojen bir dağılım için gereklidir. Söz konusu koşullar sağlandığında hem tane içinde ve hem de tane sınırlarındaki kümelenmelere engel olunabilir.

Dağılma ile sertleştirmenin temel felsefesi, bir matris malzemesi içerisine kendisinden çok daha sert, matrisle bileşik oluşturmayan ve 10^3 mm den daha büyük tane boyutuna sahip olmayan takviye malzemesini dağıtmaktır (Ünal, A., 2000).

3. SMC

SMC (Sheet Moulding Compounds), termoset reçine, cam fiber takviye ve dolgu maddelerinden oluşan üç bileşenli kompozit bir malzemedir. Büzülme önleyiciler, polimerizasyon başlatıcılar, yoğunlaştırıcılar, proses ilaveleri ve kalıp ayırma maddeleri gibi ilave katkıları, malzemenin performansını ya da işlenmesini arttırmak için kullanılır. Yapısındaki cam fiber, malzemeye üstün mekanik özellikler, polyester ise izolasyon, dış etkenlere dayanma, form zenginliği gibi özellikler verir (Hamid, 1993).

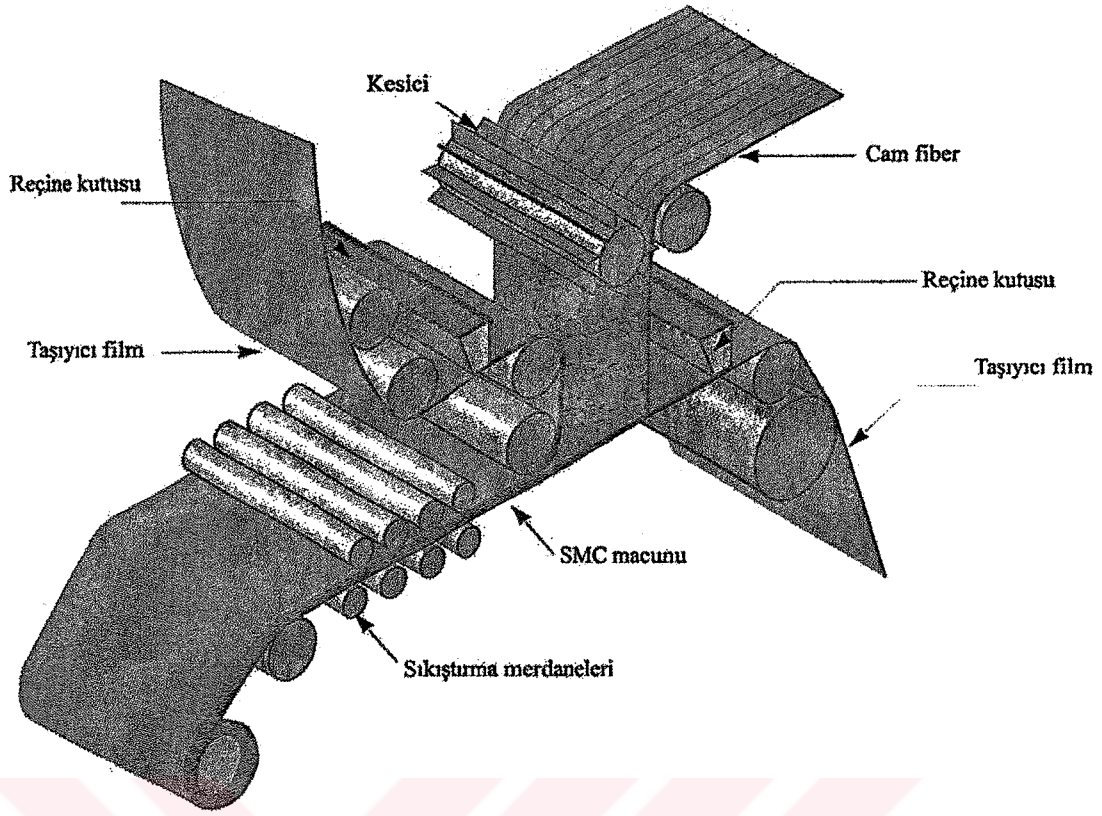
SMC ile üretilen parçalar, yüksek mekanik direnç, elektriksel, ısı ve kimyasal özellikleri, hafiflik ve mükemmel dış görünüşle kusursuz birleşirler. SMC, küçük komplike konstrüksiyon parçalarının yanı sıra büyük yüzeyli parçaların üretiminde de başarıyla kullanılmaktadır. Bu nedenlerle, diğer termosetlerde ve termoplastiklerin yerine kullanılabilirler gibi, alüminyum, diğer metaller, ahşap ve porselen gibi klasik malzemeler yerine de başarıyla kullanılabilirler (Chawla, 1987, Hamid, 1993).

SMC, termoset reçine, (%20-35 ağırlık oranında) ve 12-50 mm uzunluğunda takviye edici cam fiber, dolgu ve katkı maddelerinin taşıyıcı bir film üzerine konularak, sürekli bir proses ile kalınlığı yaklaşık 6,5 mm olan levha formuna getirilerek üretilen kalıplanmaya hazır bir kompozit malzemedir. Kompozisyonun farklı kombinasyonları ile yani malzemelerin türleri ve yüzde bileşimleri değiştikçe, parçaların mekanik özellikleri ve prosese uygunluğu değişir. Bu durum yüzey kalitesini etkilemektedir (Cam Elyaf Sanayi A.Ş., 1997, Le Corre, 2002).

Birleştirilebilir çok sayıda farklı malzemeye ek olarak, her bir malzemenin farklı şekilleri ve oranları vardır. SMC içindeki cam fiberler 12-50 mm uzunluğunda kesilir. Miktarı ise ağırlığa göre %25 - 60 arasında değişebilmektedir. Fiber miktarının artması genellikle mekanik özellikleri artırır. Sürekli örgüler, dokunmuş iplikler ve cam kumaşlardan yüzey düzgünlüğünü uygun hale getirmek için kaçınılır.

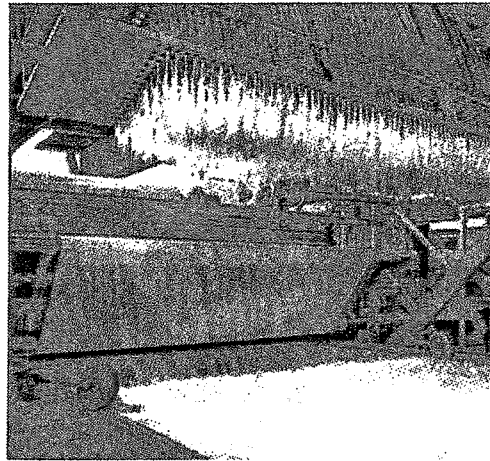
3.1 SMC Üretim Yöntemi

İki aşamalı bir proses sonucunda üretimin gerçekleştirildiği yöntemde; reçine, dolgu ve diğer katkı maddeleri bir mikser ile yüksek hızda karıştırılır ve yüksek viskoziteli bir şerbet elde edilir. İkinci etapta viskozite artırıcı madde ilavesinden (%1-3) sonra karışım SMC makinesinin konveyör bandında ilerlemekte olan PE film üzerine sürülürken, sürekli cam fiber istenilen boyutta kırılarak eklenir. Üstten gelen ve yine karışımla sıvanmış ayrı bir PE film ile sandviç haline getirilir. Sıkılaştırma merdanelerinden arasından geçirilip rulo olarak sarılır (Cam Elyaf Sanayi A.Ş., 1997, European Alliance for SMC, 1998).

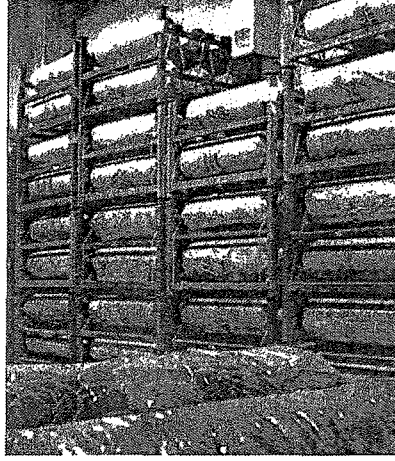


Şekil 3.1 SMC üretim prosesi (European Alliance for SMC, 1998).

İstenmeyen bir reaksiyonun (fiziksel veya kimyasal) gerçekleşmemesi için malzeme hava almayacak şekilde paketlenir. 3-5 gün sürecek bir olgunlaştırma (koyulaştırma) döneminin ardından kullanıma hazır hale gelir. Eğer hemen kullanılmayacak ise hava kondisyonu ayarlanmış depolarda stoklanır. Genellikle birkaç ay içinde tüketilmesi gerekir. Çünkü malzeme olgunlaşmaya devam edecektir ve kalıpmaya elverişsiz bir hal alacaktır. Fakat istenilirse bu süre üretim aşamasında eklenebilecek bazı kimyasallar ile uzatılabilir.



Şekil 3.2 Cam fiberlerin istenilen boyutta kesilerek SMC ara katmanına katılması (European Alliance for SMC, 1998).



Şekil 3.3 Bekleme deposunda olgunlaşmaya bırakılmış ham SMC (European Alliance for SMC, 1998).

3.2 Kalıplama Prosesi

Kalıplamada kullanılacak hidrolik pres, kalıp yüzeyine $50-70 \text{ kgf/cm}^2$ lik bir basınç uygulayabilecek güçte olmalıdır. Üretimin miktarına göre değişen kalıp malzemesi yüksek kapasiteli üretimlerde sertleştirilmiş krom kaplı çelikten, düşük kapasiteli üretimlerde ise daha yumuşak çelik malzemelerden yapılır. Kalıpları ısıtmak için genellikle elektrik rezistansları kullanılır.

Kalıp yüzeyinin % 50-80'inin kaplayacak şekilde yerleştirilip kalıplanmaya hazır hale gelmeden önce SMC hamuru tartılarak belirlenen ağırlıkta getirilir. Hamurun kalıp içine yer kalıp içine yerleştirilmesi ile pres kapanır.

Önceden 150°C 'ye ayarlanmış olan kalıp içinde sıcaklığın etkisiyle malzemenin viskozitesi düşmeye başlar ve hidrolik basıncın sayesinde malzeme kalıp boşluğu içinde akarak dişi ve erkek kalıp parçaları arasında kalan tüm boşlukları doldurur. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta polyester reçinenin jelleşmeden önce kalıp içinde malzemenin tamamen yayılmasını ve kalıp boşluğunu doldurmasını sağlamaktır. 130°C 'nin üstündeki kalıp ayırıcı olarak, genellikle metal stearatlar kullanılmaktadır (Dumont, 2001, Le Corre, 2002).

Ayrıca istenildiği takdirde ürünler henüz kalıp içindeyken renklendirilebilmektedir. Kalıplama süresinin bitimine doğru kalıp açılarak ürünün yüzeyine boya maddesi püskürtülür ve kalıplamaya bir süre daha devam edilir. Bir başka yöntem ise kalıplama sırasında uygun bir enjektör yardımı ile sıvı veya toz haldeki renkli kaplama malzemesinin kalıp içine püskürtülmesidir. Karmaşık bir sistem olmasına rağmen parça kalıp içinde kaplanarak boya işlemi bitirilir ve kısa sürede çok daha düzgün yüzeyler elde edilebilir.

Kalıplama süresi sonunda kalıp açılmakta ve kalıplanmış ürün, kalıptan çıkarılarak bir master üzerinde soğumaya bırakılır. Master kullanılmasının nedeni ürünün soğuma sırasında deforme olmasını önlemektir. Kalıplanan ürün daha sonra kenar düzeltme işlemine tabi tutulur (European Alliance for SMC, 1998).

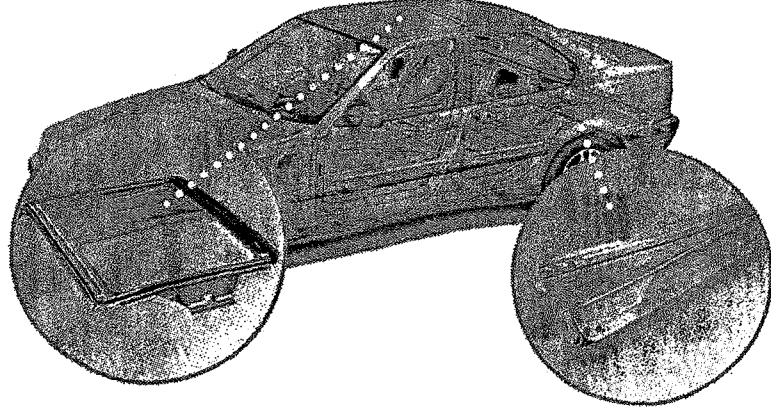
3.3 SMC Yöntemi ile Üretilmiş Kompozit Malzemelerin Avantajları

- Hafiflik ve yüksek mekanik dayanımı bir arada sağlayabilme,
- Yüksek darbe dayanımına sahip olma ve şok absorblama özelliği,
- Ürünün niteliklerine uygun bileşimi gerçekleştirme olanağı sunar. Formül yelpazesi zengindir,
- Kolayca laklanabilme/boyanabilme ve kalıp içinde yüzeyin kaplanabilmesi,
- Metal gömme parçaların kolayca yerleştirilmesi sayesinde montaj kolaylığı,
- Otomatik proseslere uygunluk,
- Geri dönüştürülebilme ve üretiminde geri dönüştürülmüş malzeme kullanabilme,
- Çevre koşullarından (Toz, nem, güneş, korozyon ortam,...) etkilenmeme,
- 1,1-60 mm arasında çeşitli kalınlıklarda kalıplanabilme,
- Kalıp dizayn olanakları geniştir, bir çok eleman aynı üniteye birleştirilebilir,
- Preslenmesi kolay ve çabuktur (Pres süresi 1-3 dakika) (Nilsson, 2001),
- Çekme değeri düşüktür (%0,05 - %0,1),
- Üretilen parçalar sonradan çekmez,
- Plastikler arasında ısıya dayanıklılığı en yüksek malzemelerden biridir,
- Alev dayanıklıdır. Çeşitli derecelerde yanmazlık verebilir,
- Elektriksel değerleri yüksektir, tam elektrik izolasyonu sağlar,
- İyi elektrik yalıtımı,
- Yüksek alev dayanımı,
- Isı izolasyonu,
- Soğukta kırılgan olmama,
- Düzgün yüzey,
- Taşıyıcı konstrüksiyonlar için mekanik değerleri yüksektir,
- Dış etkenlere dayanıklıdır.

3.4 SMC Yöntemi İle Üretilmiş Malzemelerin Kullanım Alanları

3.4.1 Otomotiv Endüstrisi

Audi, BMW, Mercedes-Benz ve Porsche gibi Alman otomobil ürünlerinde ön ve arka panel parçalarında fonksiyonelliği, dizayn ve şekillendirme yönünden avantajlı olması nedeniyle uzun süredir kullanılmaktadır (Bourban, 2000, Karaman 2002).

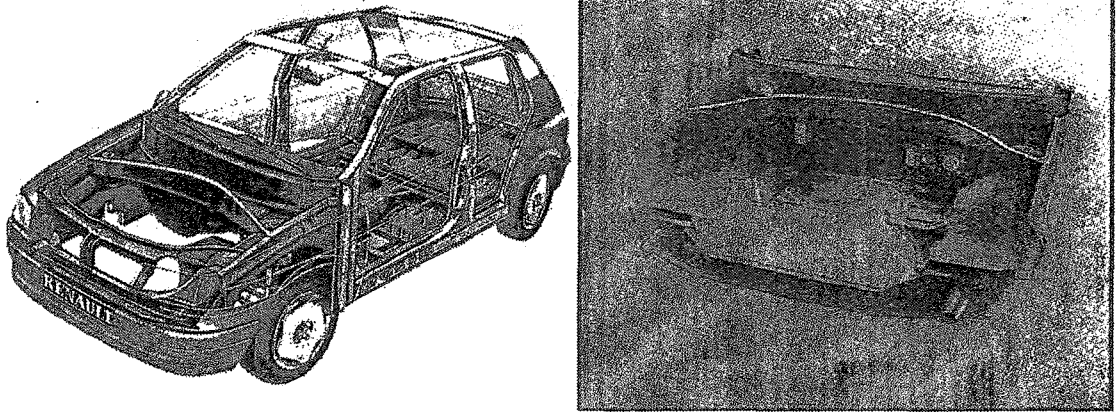


Şekil 3.4 Açılabilir tavan şasi ve arka tampon kirişi (European Alliance for SMC, 1998).

Buna modern otomobiller için birinci hedef olan, emniyet ve konfor da ilave edilebilir. BMW uygulamalarında, muhtelif dizayn modüllerinde geniş şekil serbestliği ve pürüzsüz dizaynı nedeniyle tamponlarda kullanılırlar. Ayrıca sürekli cam örgü içeren SMC yapılarda sertliğin mükemmel olması, çarpma esnasında yapı yüzeyinde oluşabilecek eğilmenin az olmasını sağlamaktadır (Bourban, 2000, Nilsson, 2001).

Diğer bir uygulaması da, açılabilir tavan şasilerdir. Kısmi tamamlayıcı alüminyum kılavuzlama yataklarının yüksekliğinde, 53 mm'den 35 mm'ye azalma elde edilir ki; bu durum, yolcular için geniş tünel açıklığı sağlamaktadır. Üretimin ilk adımında modüller kalıplanır, son birleştirmede tam otomatik operatörler ile bağlantı noktalarından birleştirilir.

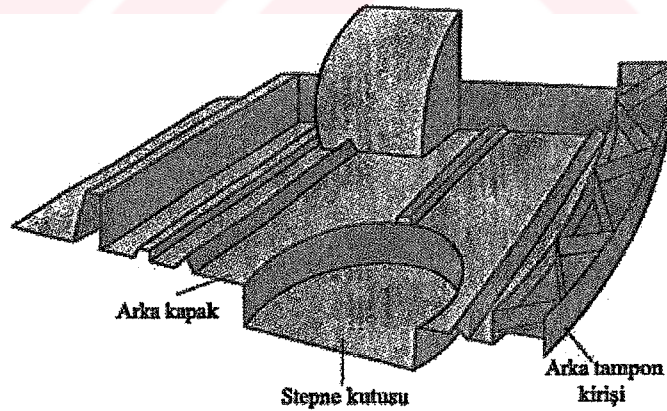
SMC'den yararlanılarak ağırlığın daha fazla düşürülmesi, özellikle düşük yoğunluklu SMC'ler için tek amaçtır. Bu modül, farklı otomobil modelleri için üretilmiştir.



Şekil 3.5 Renault Clio (MOSAIC projesi) (Modern Plastics, 1995).

1990 yılında başlayan EUREKA programı içinde geliştirilen MOSAIC projesi kapsamında, dört yıl süren bir çalışma sonucunda, Renault-Clio otomobillerinde ilk kez “yapısal parça” üretiminde SMC kompozitleri kullanılmıştır. Kullanılan kompozit malzemenin %45 cam fiber hacim oranına sahip, vinil ester ve polyester reçinelerin bileşiminden oluştuğu belirtilmiştir.

Çelik malzeme kullanılarak yapıldığında 60 ayrı parçadan oluşturulan blok, kompozit malzemelerle 9 parçadan oluşturulabilmektedir. Bunun dışında çelik yapılarda, 30 adet olan birleştirme ve montaj yerleri kompozit malzemede 3’e indirilmiştir. Bu şekilde oluşan bir konstrüksiyonla da, işçilik maliyetinde %90 oranında bir tasarruf sağlanmıştır. Günde 50-2000 adet otomobil üretimi için ekonomik olduğu hesaplanan bu yöntemle üretilen otomobillerin darbe dayanımlarının da beklenenin üzerinde olduğu belirtilmektedir.



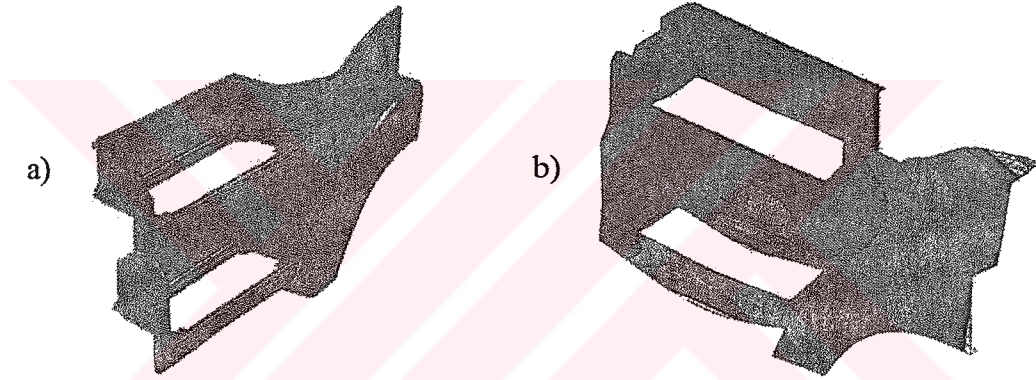
Şekil 3.6 Citroen AX'in arka taban (CARMAT projesi) (European Alliance for SMC, 1998).

1985 yılında başlayan CARMAT programında şahıs otomobillerinin arka kapak konstrüksiyonu, mukavim SMC ile üretmeye çalışılarak, Citroen AX üzerinde çalışılmıştır. CARMAT programı dahilinde otomobil arka kesitinin kombine üretimi mümkün olmaktadır. Kompozit arka kapağın orijinali 40 parça çelik malzemeden yapılmaktayken; SMC ile

üretilmesi parçanın tek olarak elde edilmesini sağlamıştır. Bu şekilde ağırlık tasarrufu sağlanmakta, SMC'nin korozyon dayanım özelliğinden faydalanılmaktadır (Karaman, 2002).

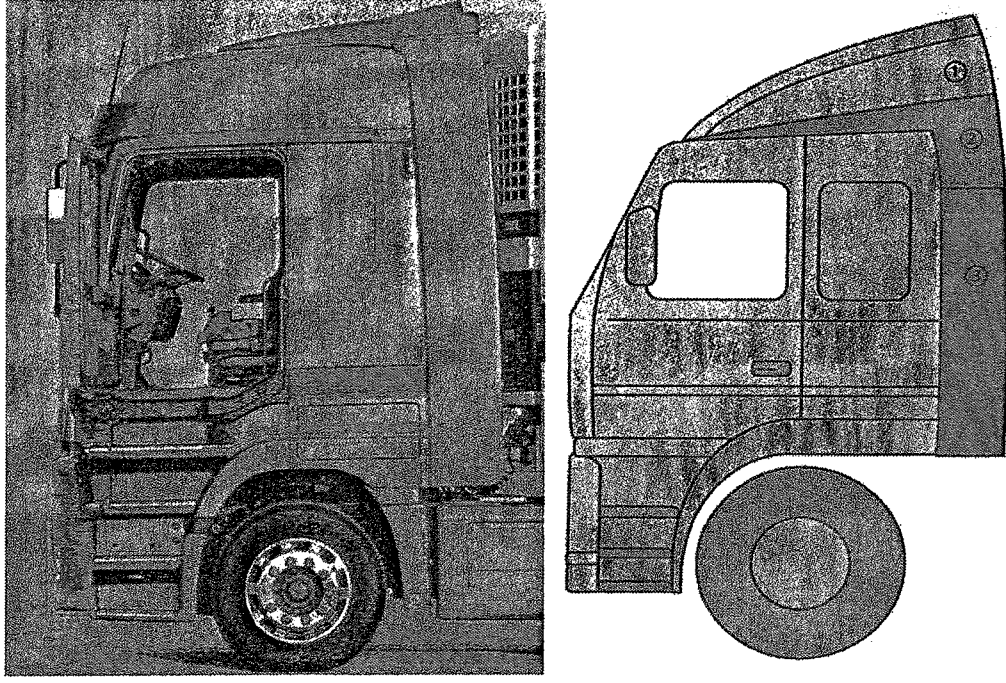
BMW, Audio, Mercedes, Volkswagen ve Peugeot otomobillerinde SMC, arka tampon kirişi yapımında kullanılmaktadır. Citroen, Audio, Renault ve Opel'de stepne kutusu SMC ile üretilmektedir.

Fiyat düşüklüğü, hafifliği, korozyon dayanımı, fonksiyon bütünlüğünün olması ve renkli parçaların üretilmesi nedeniyle SMC kompozitler; tampon, giriş basamakları, korsan tamponlar ve çok fonksiyonlu taşıyıcılar gibi yapısal parçalarda kullanılmaktadır (Fernberg, 2001). Şekil 3.7a'da Mercedes Benz kamyonlarındaki kabin basamakları gösterilmektedir. FEM hesaplamalarıyla gerilim dağılımının Şekil 3.7.b'de verildiği basamak malzemesi olarak kullanılan çelikten beklenen mekanik özellikler son yıllarda SMC kompozitleri ile de yakalanmıştır.

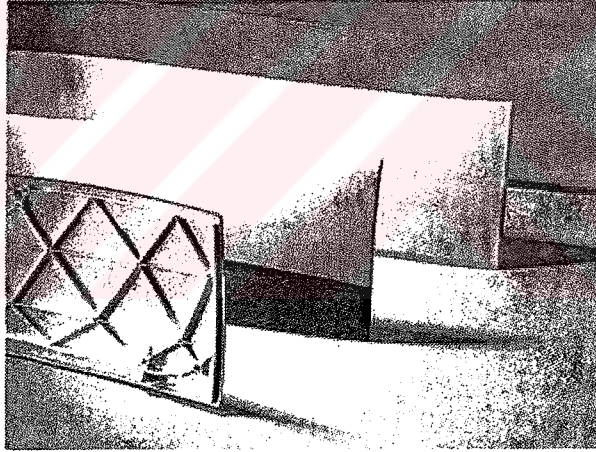


Şekil 3.7 a) SMC çamurluk ve kabin basamakları, b) gerilim dağılımı (European Alliance for SMC, 1998).

IMC düşük basınç veya yüksek basınç ile şekillendirilerek elde edilmiş düşük-profil SMC parçalarında A sınıfı kaliteli yüzeyin elde edilmesi, şekillendirme serbestliğinin ve mekanik özelliklerinin iyi olması nedeniyle; ön panel, ızgara, kapı ve çamurluk imalinde de kullanılmaktadır. Şekil 6.5'de düşük-profil SMC veya standart SMC ile üretilmiş ön paneller gösterilmektedir.



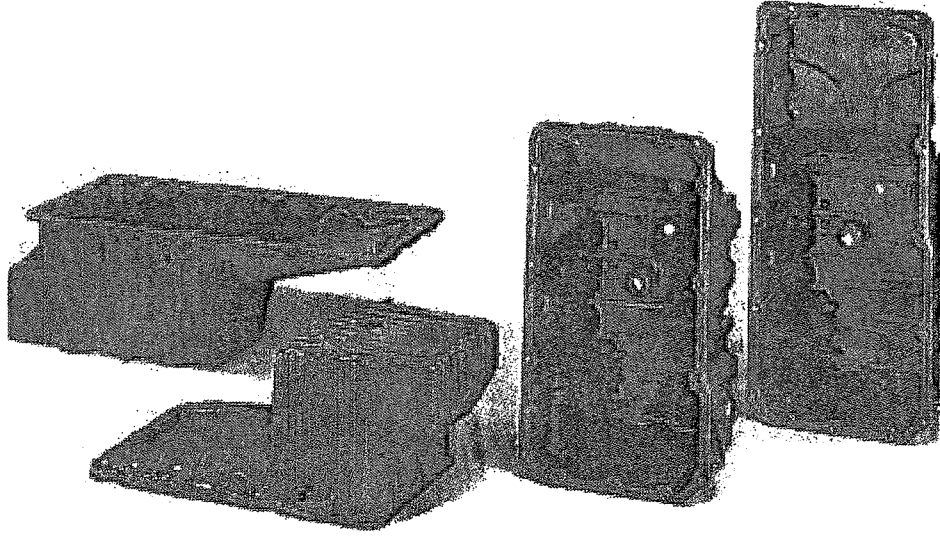
Şekil 3.8 Mercedes Benz kamyon kabini: 1) Tavan spoileri, 2) tavan kenar spoileri, 3) kabin yan spoileri (European Alliance for SMC, 1998).



Şekil 3.9 SMC ön paneller (European Alliance for SMC, 1998).

SMC kompozitlerin kalitelerinin artması ve ekonomikliği nedeniyle, tavan ve tavan kenar spoilerleri ile kabin yan spoilerleri üretimi de yapılmaktadır. Tavan spoiler'ları gibi büyük boyutlu parçalarda 3-4 mm et kalınlığı yeterli olmaktadır. Kamyon sürücü kabin spoilerlerinde yeterli dayanım göstermesinin yanında sadece 30-35 kg ağırlığındadır.

Hafiflik ve gürültüyü azaltması, şekillendirme serbestliği ve fonksiyonel bütünlüğünün olması, karmaşık şekillerinde üretimini mümkün kılmaktadır. Alüminyum ve çelikten yapılan motor karter tabanlarının, yukarıda sayılan özellikler ve sönüm özelliğinin iyi olması nedeniyle kullanım alanı bulmuştur.



Şekil 3.10 SMC motor karterleri (European Alliance for SMC, 1998).

Bunun dışında kamyonlarda, motor kapağı ve emme manifoldu olarak ta kullanılmaktadır. Bu tür parçalardan istenen gürültü sönümü; hafiflik; -40°C ve 160°C sıcaklıkları arasında dayanım; yağ, mazot, fren yağı, soğutma sularına karşı kimyasal dayanım; titreşime karşı mekanik dayanım gibi özellikleri, SMC ile üretilmiş parçalarla karşılamak mümkündür (Karaman, 2002).

3.4.2 Demiryolu Endüstrisi



Şekil 3.11 SMC ile üretilmiş TGV (European Alliance for SMC, 1998).

Toplu taşıma araçlarında kullanılacak SMC parçaların eğme mukavemetinin, 160 N/mm^2 ; E modülünün, 10.000 N/mm^2 ; çekme mukavemetinin 85 N/mm^2 ; darbe mukavemetinin 70 kJ/m^2 ; ısıl deformasyon sıcaklığının 200°C olması istenir. Toplu taşıma parçalarından istenen diğer özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Ateşe Karşı Dayanım (Yanma Direnci)

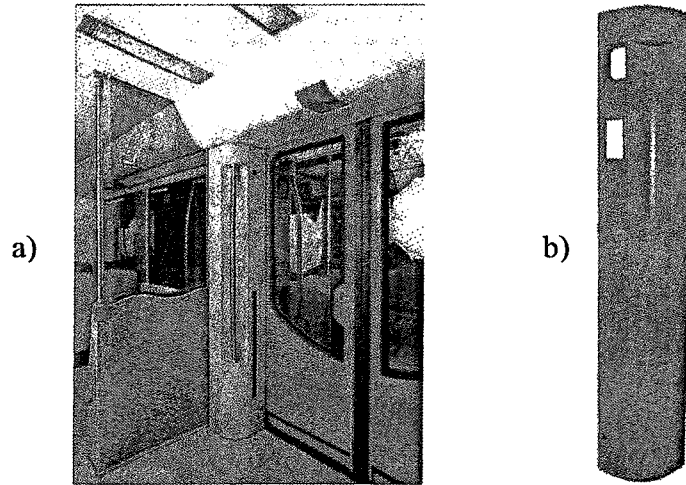
Toplu taşıma aracı olan lokomotiflerde, ateşe dayanım kritik noktadır. Genellikle trenin tünel içindeki hareket hali veya sabit hali kritik koşuldur. Duman emisyonu gibi kritik durumlarda, yolcuların tahliye edilmesi, tünel koşuludur. Bununla beraber, malzeme karakteristiği, yüksek ateş dayanımı, düşük duman emisyonu olmalıdır.

Konstrüksiyon ağırlığının düşüklüğü

SMC ile farklı yollarla ağırlıktan kazanç sağlanmaktadır. Bunlardan biri, duvar kalınlığının ince olmasıdır. Kuvvetlendirici maddelerin ilavesi ile mükemmel mekanik özelliklerle beraber kalınlığı az olan parçalar üretmek mümkündür. Diğer, SMC yoğunluğunun düşük olmasıdır. Düşük yoğunluklu dolgu maddelerini ilavesi ile malzemenin yoğunluğu düşürülmektedir. Aynı zamanda cam içeriğinin hacimce oranı ve ATH içeriği ayarlanarak, mekanik ve ateş dayanım özellikleri değiştirilebilmektedir.

Fonksiyon bütünlüğü

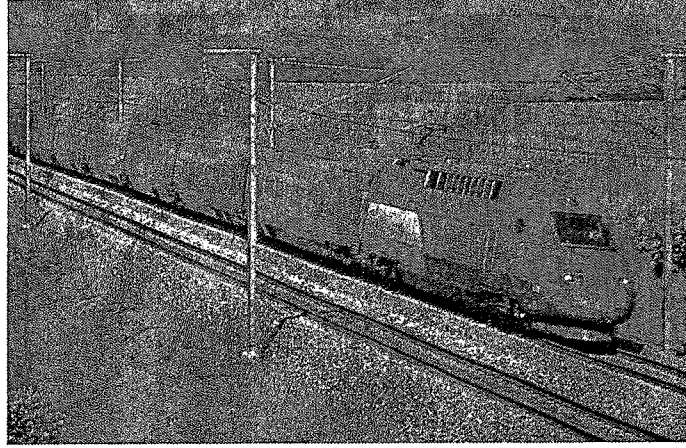
SMC'nin en büyük avantajlarından biri fonksiyon bütünlüğüdür. Lokomotif üretiminde, montaj bölgelerinde çalışma adımlarının ve zamanının azaltılması yani tabaka panellerinde multifonksiyonel sistem üretimi mümkündür. Direkt kalıplanabilme bütünlüğünde, vida-somun, mil, menteşe gibi montaj araçları uygulanabilmektedir. İnce duvar kalınlığına sahip büyük parçaların kalıplanabilmesinin yanı sıra, parça içinde istenen bölgelerde duvar kalınlığının değişimi söz konusudur. Geometri ve kuvvetlendirme bütünlüğü mevcuttur. Parçaların yüzey kalitesi iyidir (Şekil 3.12). Ayrıca hoparlör, el freni ve çeşitli elektriksel donanım gibi fonksiyonel parçaların yerleştirilebilmesi için, parça içi boşluklar oluşturulabilir.



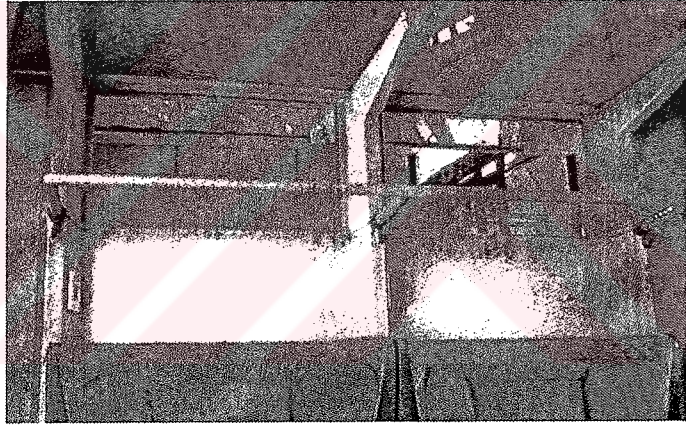
Şekil 3.12 (a) Tren kapısı kenar paneli; (b) monte edilmemiş SMC kapı kenar paneli (European Alliance for SMC, 1998).

Yapısal sistemler

SMC'nin yüksek mekanik özelliklere sahip olması, bagajlık gibi yapısal parçalarda da kullanımını sağlamaktadır. Uygulamaları Şekil 3.13 ve 3.14'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Inter Regio treni (European Alliance for SMC, 1998).



Şekil 3.14 treninin iç kısmındaki SMC bagaj taşıyıcıları (European Alliance for SMC, 1998).

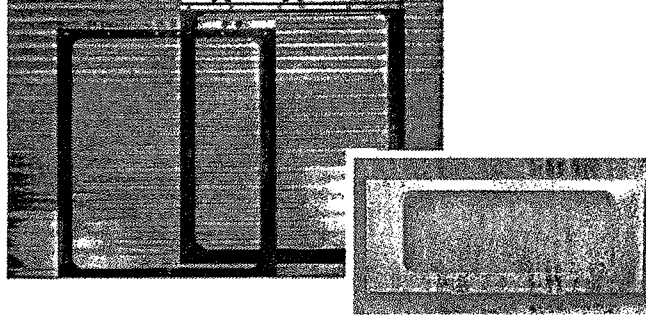
Kalıplama davranışları

SMC parçalara zımbalama, matkapla delme, frezeleme, testereleme, kesme ile de son şekilleri verilebilir. Bunun dışında SMC parçaların ısı performansını, inceliğine, açık/kapalı boyanmasına ve yoğunlaştırılmasına bağlı olarak değişir.

Ekonomiklik

Şekil 3.15'de görülen pencere çerçevesi, geleneksel yöntem ve metal malzeme ile yapıldığında 20'den fazla işlem uygulanmaktadır. Oysa ki SMC malzeme kullanıldığında, tek bir işlem adımıyla 5 dakikadan daha kısa bir zaman diliminde üretilmektedir. Üretim maliyetini düşürücü diğer etkiler ise SMC'nin pigmentlerle renklendirilebilmesi ve renkli

parçaların oluşturularak boyama masrafının ortadan kaldırılması, SMC parçaların dayanıklı olması nedeniyle bakım ve onarım masrafının en aza indirgenilmesi, korozyona dayanıklı olmalarının kullanım ömürlerini uzatmasıdır (Karaman, 2002).



Şekil 3.15 Pencere çerçevesi (European Alliance for SMC, 1998).

3.4.3 Elektrik - Elektronik Endüstrisi

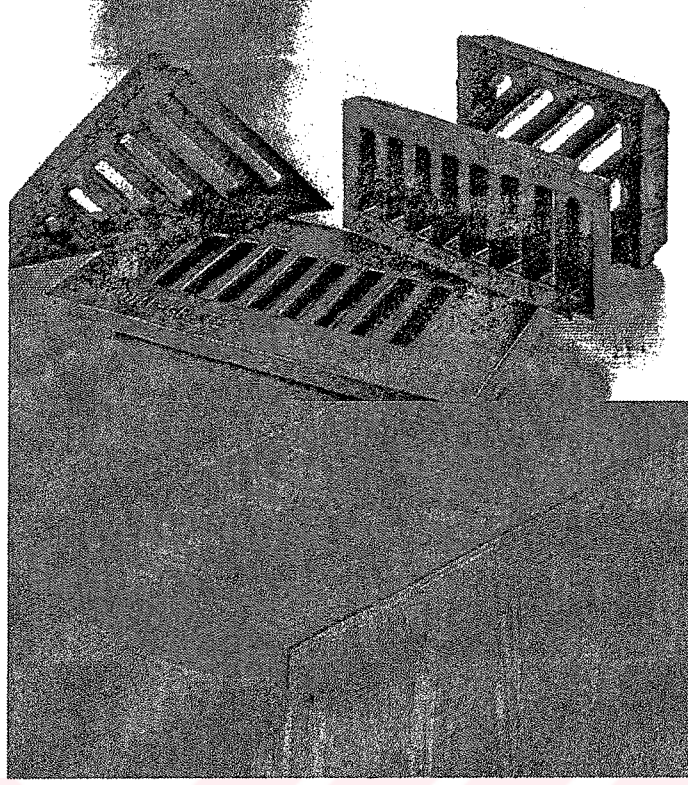
Tavan ışık ekipmanları veya endüstriyel reflektör gibi aydınlatma uygulamalarında, alüminyum ve çelik yaygın kullanılsa da; kompozit malzemelerin kullanıldığı başlıca iki ürün vardır: pist aydınlatma, rutubete dayanıklı lambalar ve ölçü kabinleri. Aydınlatma ürünlerin kompozit malzeme ile üretilmesindeki avantajlar şöyle sıralanabilir: toz ve suya karşı koruma özelliği iyi, kalıplanabilme, yüksek şok dayanımı, termal şoklara ve korozyon atmosfere karşı dayanım gösterme, su sızdırmazlık. Bunların dışında ölçü, ince duvar kalınlığı, dış açabilme, perçinlenme vb. işlemler, kalıptan direkt yarım menteşe oluşturabilme gibi fonksiyonel özelliklerde dikkate alınmaktadır. Elektrik, gaz ve su için ölçü kabinlerinin kasaları da SMC ile üretilmektedir. Kabinlerde tercih edilmesinin başlıca nedenleri, rijitlik ve izolatörlük özelliği ile yük güç dayanımı için yüksek sıcaklığa dayanımıdır.

3.4.4 Yapı Endüstrisi

Drenaj ızgaraları ve kapakları

SMC ile üretilmiş kompozitin yükleme kapasitesi yüksektir, anti korozyondur ve fonksiyonel bütünlüğü vardır. Bunun dışında üretim maliyetinin düşüklüğü de kullanım yerine göre bu malzemeyi cazip kılmaktadır. Üretim maliyetini etkileyen faktörler çok sayıda üretimin yapılabilmesi, minimum bakım istemesi, taşıma ve montaj kolaylığıdır. Sayılan özellikler nedeniyle SMC, drenaj ızgaraları ve kapaklarında da kullanılmaktadır.

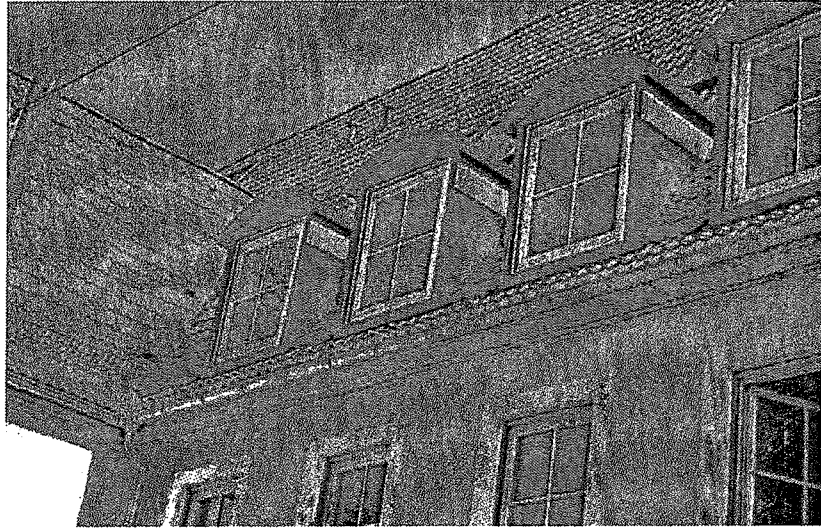
Sızdırmaz olması, korozyon dayanımının yüksek olması, taşıma-monte edilebilme kolaylığı dolayısıyla üretim maliyetinin düşüklüğü, termal ve akustik izolasyon özelliği göstermesi nedeniyle, balkon ve çatı zeminlerinde kullanılmaktadır. Şekil stabilitesi ve dayanımı yüksektir. Ayrıca çatı arası ve restorasyon için ideal bir mimari malzemedir.



Şekil 3.16 SMC drenaj ızgaraları (European Alliance for SMC, 1998, Karaman, 2002).

Telefon Kabinleri

Almanya’da kullanılan telefon kulübelerinde, CTP malzeme kullanılmaktadır. Siemens’in bir yan kuruluşu olan RXS/Hagen firması tarafından, SMC metodu ile kalıplanan telefon kulübeleri, dört taşıyıcı silindirik kolona bağlanan iki adet cam yan duvar ile CTP arka panel, çatı ve taban modüllerinden oluşmaktadır. Bu uygulamaların dışında cazip renk seçeneğinin olması ve yukarda sayılan özellikleri nedeniyle posta kutusu üretiminde kullanılmaktadır.



Şekil 3.17 Çatı zemini (European Alliance for SMC, 1998).



Şekil 3.18 SMC balkonlar (European Alliance for SMC, 1998).

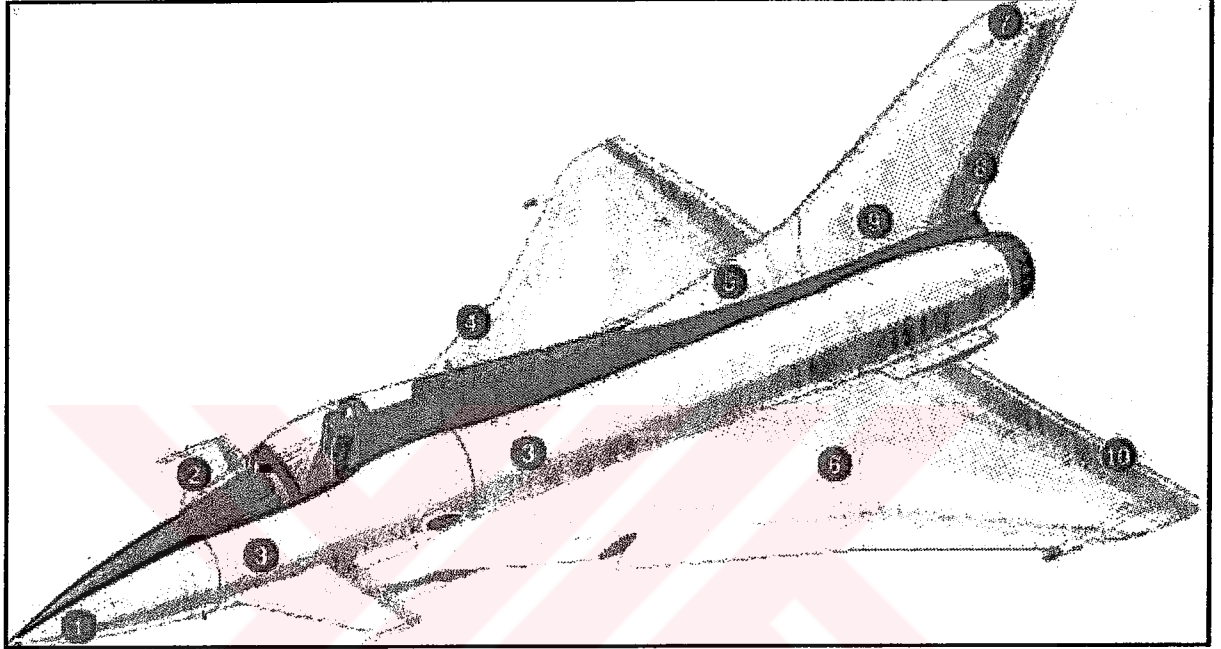
3.4.5 Havacılık ve Uzay Endüstrisi

SMC yöntemi ile üretilmiş plastik matrisli kompozitler başta hafifliği ve yüksek mukavemet özellikleri olmak üzere, pürüzsüz yüzey, kolay dizayn, hızlı kalıplama, kalıpta renklendirilebilme ve çok ince cidarlı uygulamalara uygunluğu ile havacılık ve uzay sanayi için de vazgeçilmez malzemeler halini almıştır.

Savaş Uçakları

Her zaman en yüksek performans ve mükemmel malzemeyi arayan savunma sanayi tasarımcıları, kompozit malzemeleri ilk olarak test etmiş ve hafiflik ile dayanıklılığın bir arada gerekli olduğu uçak üretiminde kullanmışlardır.

Günümüzde pilotların en ileri acrobatik manevraları yapabilmelerine imkan tanıyabilecek tasarım harikası uçakların üretimi ancak kompozit malzeme kullanımı ile mümkündür.

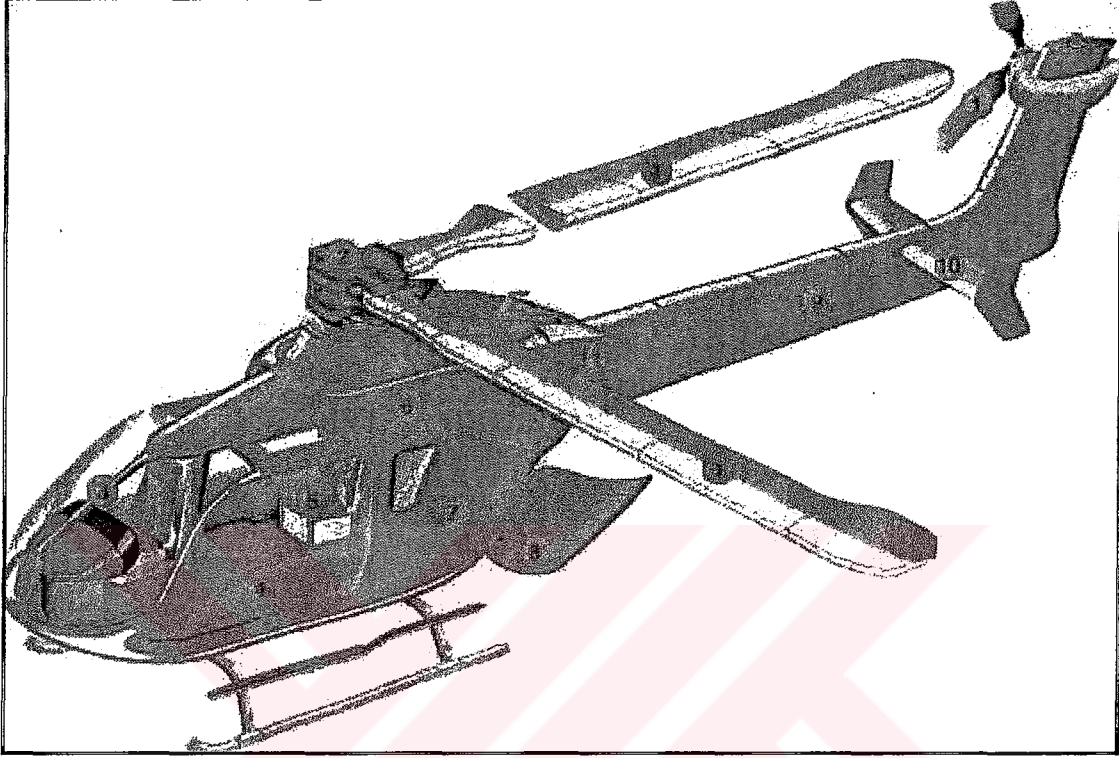


Şekil 3.19 Eurofighter Typhoon (www.hexcelcomposites.com).

1. Radar kubbesi: Epoksi matrisli kompozit veya önörgülü RTM.
2. Ön kanatcıklar: Epoksi matrisli kompozit (Karbon fiber takviyeli).
3. Ana gövde kaplamaları: Balpeteği ve epoksi matrisli kompozit (karbon fiber takviyeli).
4. Leading Edge Devices: Epoksi matrisli kompozit (cam ve karbon takviyeli).
5. Dümen kanadı altı: Epoksi matrisli kompozit (cam ve karbon takviyeli).
6. Kanat yüzeyi ve iskeleti: Epoksi matrisli kompozit (cam ve karbon takviyeli).
7. Dümen kanadı ucu: Epoksi matrisli kompozit (kuartz takviyeli).
8. Dümen: Epoksi matrisli kompozit (karbon takviyeli).
9. Dümen kanadı: Epoksi matrisli kompozit (cam veya karbon takviyeli).
10. Uçuş kontrol yüzeyleri (flaplar): Balpeteği ve epoksi matrisli kompozit (cam ve karbon fiber takviyeli).

Helikopterler

Sivil Eurocopter EC 135) ve askeri (Comanche, Apache, NH90, Tiger) helikopterlerin üretiminde büyük ölçüde plastik matrisli fiber takviyeli kompozit malzemeler kullanılmaktadır.



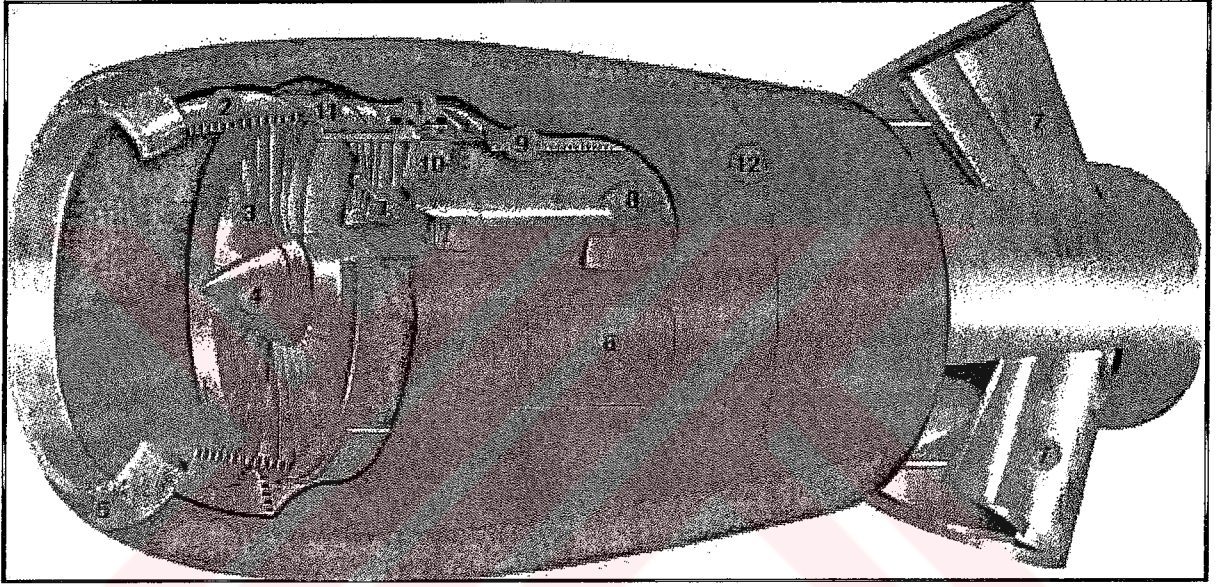
Şekil 3.20 Eurocopter EC 135 (www.hexcelcomposites.com).

1. Pervaneler: Cam - karbon fiber kompozit kaplı balpeteği.
2. Pervane göbeği: Epoksi matrisli kompozit (karbon fiber takviyeli)
3. Çerçeve çubukları: Epoksi matrisli kompozit (cam veya karbon fiber takviyeli).
4. Yer döşemesi: Fibrelam paneller.
5. Koltuklar: Cam fiber takviyeli kompozit.
6. Motor gövdesi: Epoksi matrisli kompozit (cam, karbon veya aramid fiber takviyeli).
7. Ana gövde: Cam ve karbon fiber takviyeli kompozit.
8. Kapılar: Epoksi matrisli cam veya karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.
9. Kuyruk: Epoksi matrisli cam veya karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.
10. Yatay dengeleyiciler: Epoksi matrisli kompozit (cam, karbon, aramid fiber takviyeli).
11. Gövde panelleri: Epoksi matrisli cam/karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.

Uçak Motorları

1950’lerde tasarlanan Rolls-Royce RB108, dünyanın kompozit malzeme teknolojisi kullanılarak üretilen ilk uçak motorlarından biridir. 1970 lerde tasarımcılar büyük jeneratör motorlarda ağırlığı azaltmak için kompozit malzeme kullanımına yönelmişlerdir.

Günümüzde bir uçak motorunun görünen tüm dış parçaları kompozit malzemedir ve motor ağırlığının yaklaşık %10’unu oluşturmaktadır. Motor şasisi, itiş yönü değiştiricileri ile birlikte birçok motor parçası kompozit malzemelerden üretilmektedir. Son gelişmelerle birlikte motorun iç kısmındaki kılavuz borular ve kompresör pervaneleri gibi yüksek sıcaklıklarda çalışan parçaların üretiminde de kompozit malzemeler kullanılmaya başlanmıştır.



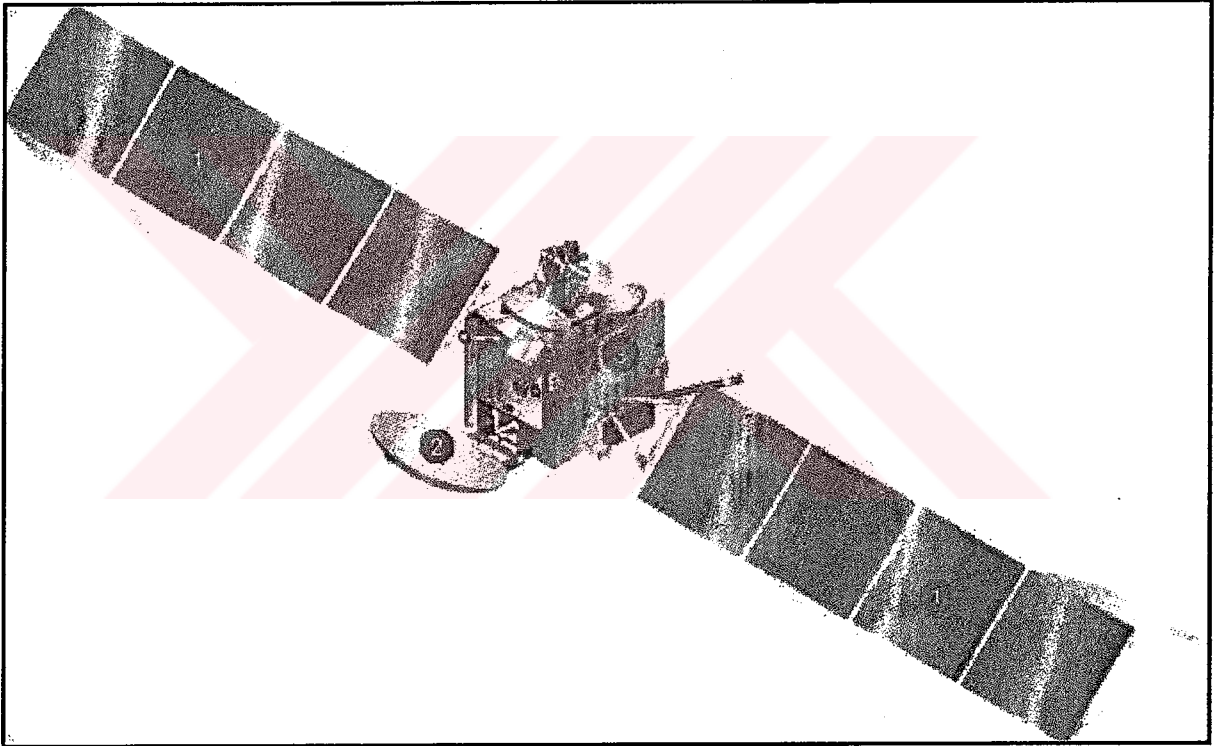
Şekil 3.21 Uçak motoru (www.hexcelcomposites.com).

1. Elektronik kontrol birimi kutusu: Epoksi matrisli kompozit (karbon fiber takviyeli).
2. Akustik sıra panelleri: Cam veya karbon fiber takviyeli kompozit ve Al balpeteği.
3. Pervaneler: Epoksi matrisli kompozit veya RTM.
4. Burun konisi: Epoksi matrisli kompozit veya RTM (cam fiber takviyeli).
5. Burun başlığı: Epoksi matrisli kompozit veya RTM (cam fiber takviyeli).
6. Motor giriş kapısı: Dokuma cam veya karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.
7. İtiş yönü değiştiricileri: Epoksi matrisli dokuma karbon fiber takviyeli kompozit veya RTM.
8. Kompresör girişi: Karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.

9. Yan hava boruları: Karbon fiber takviyeli kompozit kaplı metaldışı balpeteği.
10. Kılavuz pervane kanatları: Epoksi matrisli RTM.
11. Tutucu halka: Dokuma aramid kumaş.
12. Motor kaportası: Cam veya karbon fiber takviyeli kompozit kaplı balpeteği.

Uydular

1970’li yıllardan beri diğer tüm uzay araçlarında olduğu gibi uydu teknolojisinde de kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Atılan her yeni uydu, hafiflik ve yüksek mekanik dayanıklılığın yanı sıra bir takım kimyasal ilaveler ile ani ısı değişikliklerine ve Güneş’in yaydığı ultraviyole ışınlarına karşı da dayanıklılığı artırılabilen plastik matrisli kompozitlerle yapılan yeni bir deney anlamına gelmektedir.



Şekil 3.22 Uydu (www.hexcelcomposites.com).

1. Güneş panelleri: Epoksi matrisli karbon fiber takviyeli SMC kompozit ve alüminyum balpeteği.
2. Anten: Epoksi matrisli aramid veya karbon fiber takviyeli kompozit ve Al/aramid balpeteği.
3. Uydu parçaları: Karbon fiber takviyeli kompozit ve alüminyum balpeteği.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan numuneler Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited Şirketi tarafından bu çalışma için özel olarak üretilen elektrik ve doğal gaz kutu kapaklarından Tamtaş Makina Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nin tesislerinde dekupaj testeresi ile ilgili deneyin ISO 2818 standardında belirtildiği şekil ve boyutlarda özenle kesilmiştir. Önce dekupaj testeresi ile pantograf tekniği kullanılarak numuneler ana plakadan çıkarılmıştır. Daha sonra su zımparası ile 220, 400, 600 nolu türler kullanılarak kenarlar ISO 2818 uyarınca elde edilmiştir. Numunelerin plakalardan kesilme düzeni Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir. Her bir plakadan boyuna ve enine olmak üzere 2 tip numune çıkarılmıştır. Boyuna numuneler "Bo", enine numuneler ise "En" kodu ile gösterilmiştir. Plakanın fiber ilerleme yönünün 90° kıvrılmış "etek" adı verilen yan kısımlarından da aynı standard uyarınca numuneler teker teker çıkarılmıştır. Benzer şekilde etekte "Et" kodu ile simgelenmiştir. Diğer taraftan; kodlamada, "Ç" çekme numunesini, "E" eğme numunesini, "D" darbe numunesini ve "Y" yoğunluk numunelerini simgelemektedir. Bilya basınç, alev ve su absorpsiyon deneyleri de "Y" simgeli numuneler üzerinde yapılmıştır. Kodlama detaylı olarak Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bir örnek olması bakımından "25T6-3 En(Et) 4E" kodu, %25 cam hacim oranına sahip 6 mm'lik 3. plakadan, enine paralel etek kısmından kesilmiş 4. eğme deneyi numunesini simgelediği anlaşılmaktadır.

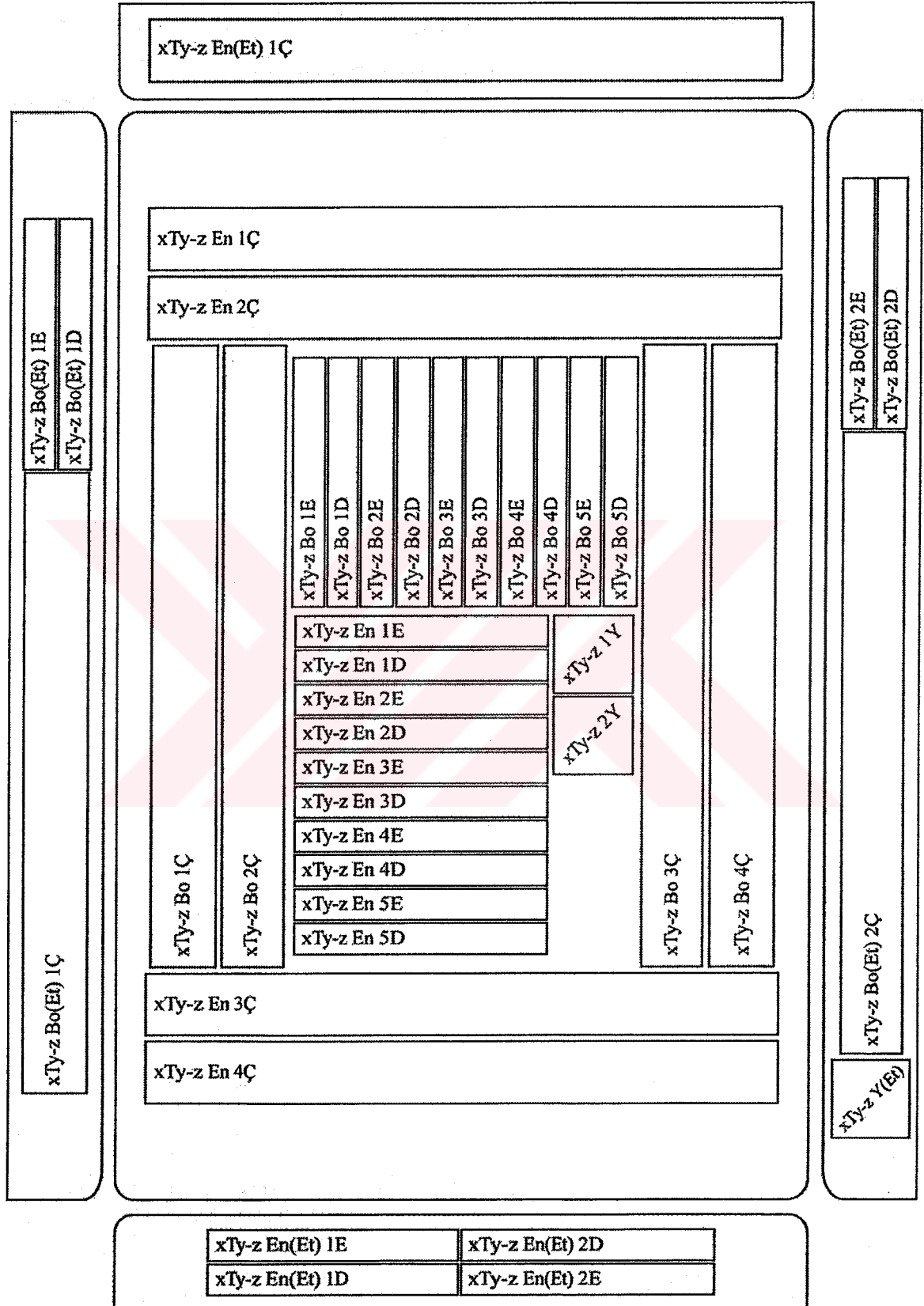
Malzemenin 3 ana bileşeninden, cam fiberin mekanik özellikleri arttırdığı bilindiğinden beş farklı cam fiber hacim oranının (%10, 15, 20, 25, 30), beş farklı kalınlığı (2, 3, 4, 5, 6 mm) üzerinde çalışılmıştır. 5 kg'lık SMC bileşiminde, matriks malzemesi sabit tutulup cam fiber ve dolgu maddesinin oranları ters orantılı olarak değiştirilirken, toplam ağırlık sabit tutulmuştur. Çizelge 4.1'de deneylerde kullanılan numunelerin kimyasal kompozisyonları verilmiştir.

Çizelge 4.1 5 kg'lık SMC için kimyasal bileşen dağılımı.

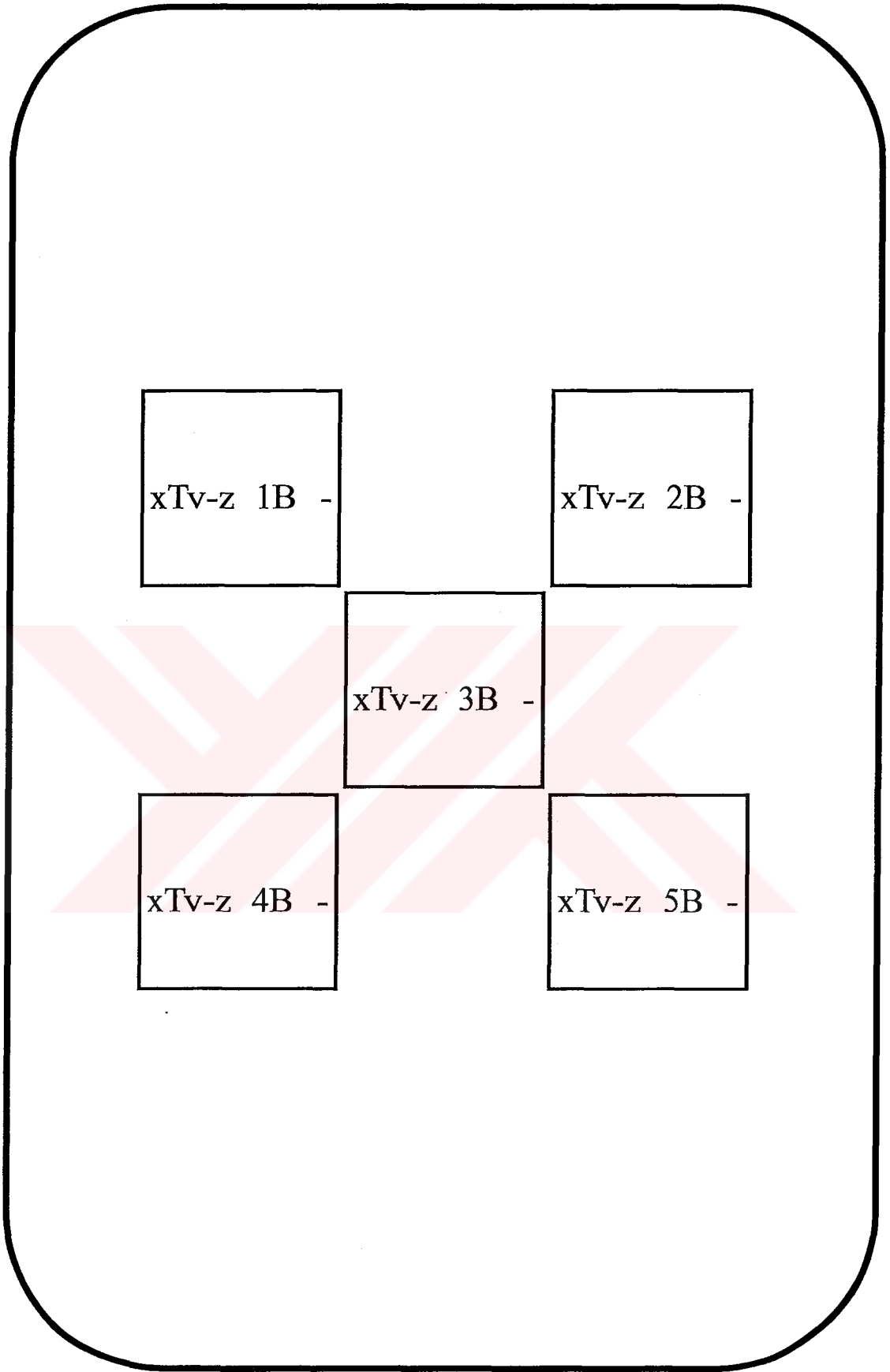
Cam fiber hacim oranı (%)	Kompozisyon (5 kg'lık SMC için)*			
	Matris (Polyester)	Takviye (E-camı)	Dolgu (Kalsit)	Diğer
10	1,25	0,50	3,00	0,25
15	1,25	0,75	2,75	0,25
20	1,25	1,00	2,50	0,25
25	1,25	1,25	2,25	0,25
30	1,25	1,50	2,00	0,25

* Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited Şirketi'nde deneyler için özel olarak hazırlanan kompozisyon ağırlık oranı olarak alınmıştır. Ağırlık oranından numuneleri tanımlayan cam hacim oranına geçiş yapılmıştır.

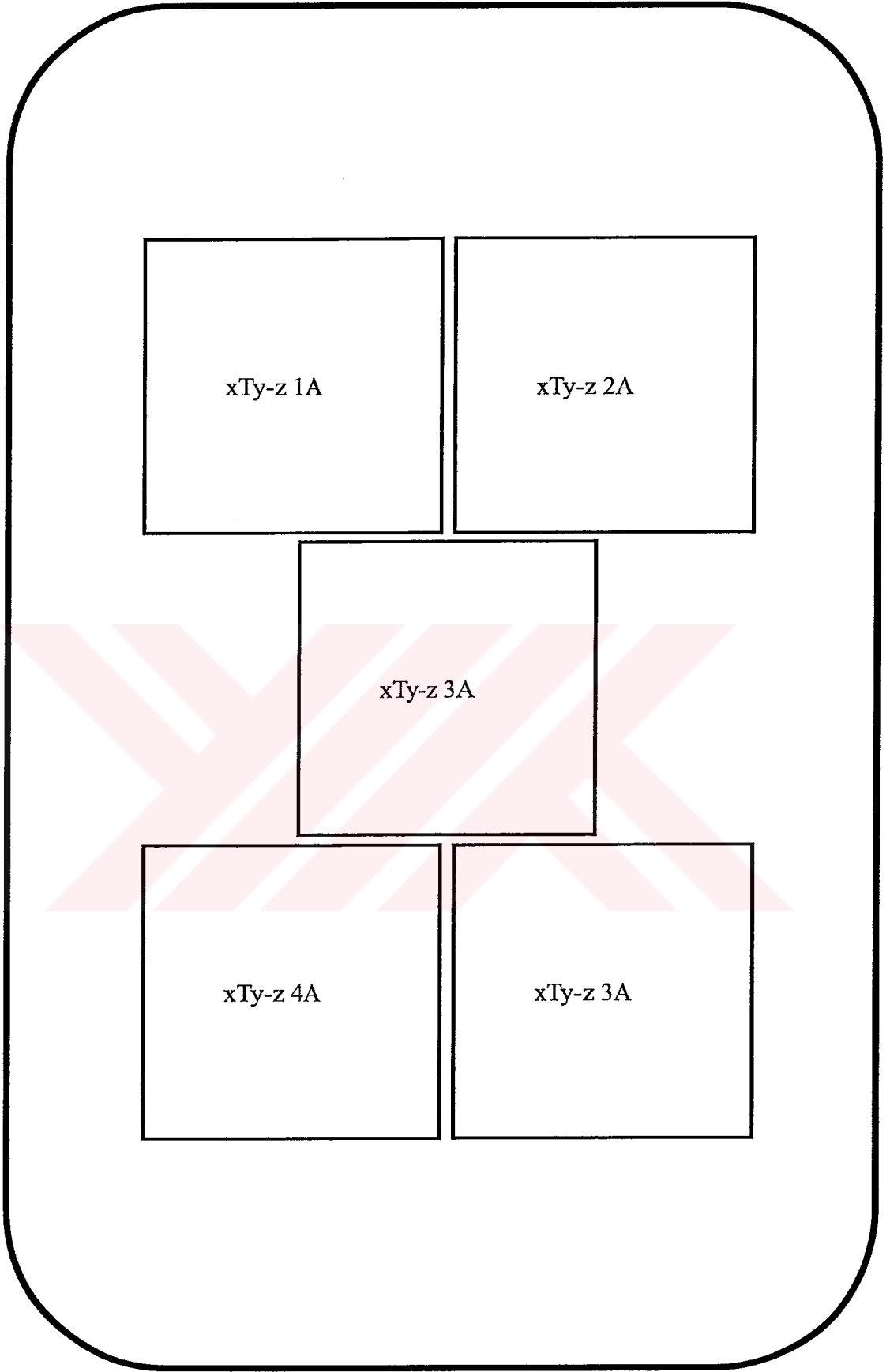
Deneylerden elde edilen verilerde cam fiber oranı ve kalınlık değişiminin mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.1a Yoğunluk, eğme, darbe ve çekme deney numunelerinin kesilme düzeni.



Şekil 4.1b Bilya-Basınç ve su absorpsiyonu deneyi numunelerinin kesilme düzeni.



Şekil 4.1c Alev deneyi numunelerinin kesilme düzeni.

Çizelge 4.2 Numunelerin kodlama sistemi.

Kod	Açıklama
x	Cam fiber oranı
y	Kalınlık
z	Plaka numarası
Bo	Boyuna kesilmiş numune
En	Enine kesilmiş numune
(Et)	Etek kısmından kesilmiş numune
A	Alev deneyi için hazırlanmış numune
B	Bilye-Basınç deneyi için hazırlanmış numune
Ç	Çekme deneyi için hazırlanmış numune
D	Darbe deneyi için hazırlanmış numune
E	Eğme deneyi için hazırlanmış numune
S	Su absorpsiyonu deneyi için hazırlanmış numune
Y	Yoğunluk deneyi için hazırlanmış numune

4.1 Yoğunluk Deneyi

ASTM D 792-86 standardına göre yapılan yoğunluk deneylerinde Şekil 4.1a'da verildiği üzere orta ve etek kısımlarından çıkarılan $[25 \times 25 \times (h = 2, 3, 4, 5, 6)]$ boyutlarındaki numuneler hassas terazide tartıldıktan sonra hacim-ağırlık ilişkisinden yola çıkılarak yoğunlukları hesaplanmıştır. Ayrıca,

$$(\eta_o \cdot \eta_l \cdot \rho_f \cdot V_f) + (\rho_m \cdot V_m) + (\rho_p \cdot V_p) = \rho_c \quad (4.1)$$

formülüne göre hesaplanan teorik yoğunluk sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Teorik yoğunluk değerleri.

	η_o	η_l	ρ_f	V_f	ρ_m	V_m	ρ_p	V_p	$= \rho_c$
10T2	0,375	0,990	2,540	0,100	1,250	0,300	2,850	0,600	2,1793
15T2	0,375	0,990	2,540	0,150	1,250	0,300	2,850	0,550	2,0839
20T2	0,375	0,990	2,540	0,200	1,250	0,300	2,850	0,500	1,9886
25T2	0,375	0,990	2,540	0,250	1,250	0,300	2,850	0,450	1,8932
30T2	0,375	0,990	2,540	0,300	1,250	0,300	2,850	0,400	1,7979

Çizelge 4.4a % 10 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
10T2-1 1Y	25,100	25,110	2,050	2,3935	1,292	1,8525	1,8207
10T2-1 2Y	25,070	25,130	2,130	2,4005	1,342	1,7889	
10T3-1 1Y	25,010	25,060	2,960	3,3414	1,855	1,8011	1,8102
10T3-1 2Y	25,240	25,110	3,020	3,4823	1,914	1,8194	
10T4-1 1Y	25,030	25,250	3,920	4,5204	2,477	1,8246	1,8201
10T4-1 2Y	25,060	24,890	3,960	4,4844	2,470	1,8155	
10T5-1 1Y	25,150	24,950	5,170	5,9543	3,244	1,8354	1,8217
10T5-1 2Y	25,200	25,110	5,220	5,9717	3,303	1,8079	
10T6-1 1Y	25,300	25,180	6,170	7,1737	3,931	1,8251	1,8291
10T6-1 2Y	25,110	24,920	6,200	7,1118	3,880	1,8331	

Çizelge 4.4b % 15 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	
	A (mm)	b (mm)	h (mm)				
15T2-1 1Y	25,230	25,010	2,120	2,4585	1,338	1,8378	1,7999
15T2-1 2Y	25,240	25,100	2,240	2,5005	1,419	1,7620	
15T3-1 1Y	25,320	25,160	3,150	3,6034	2,007	1,7957	1,7915
15T3-1 2Y	25,070	25,340	3,190	3,6219	2,027	1,7872	
15T4-1 1Y	25,390	25,050	4,190	4,8164	2,665	1,8073	1,8022
15T4-1 2Y	24,460	25,390	4,150	4,6317	2,577	1,7971	
15T5-1 1Y	24,540	25,350	5,220	5,8593	3,247	1,8044	1,7987
15T5-1 2Y	25,330	25,190	5,150	5,8917	3,286	1,7930	
15T6-1 1Y	25,490	25,340	6,090	7,0728	3,934	1,7980	1,8050
15T6-1 2Y	25,410	24,760	6,070	6,9199	3,819	1,8120	

Çizelge 4.4c % 20 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

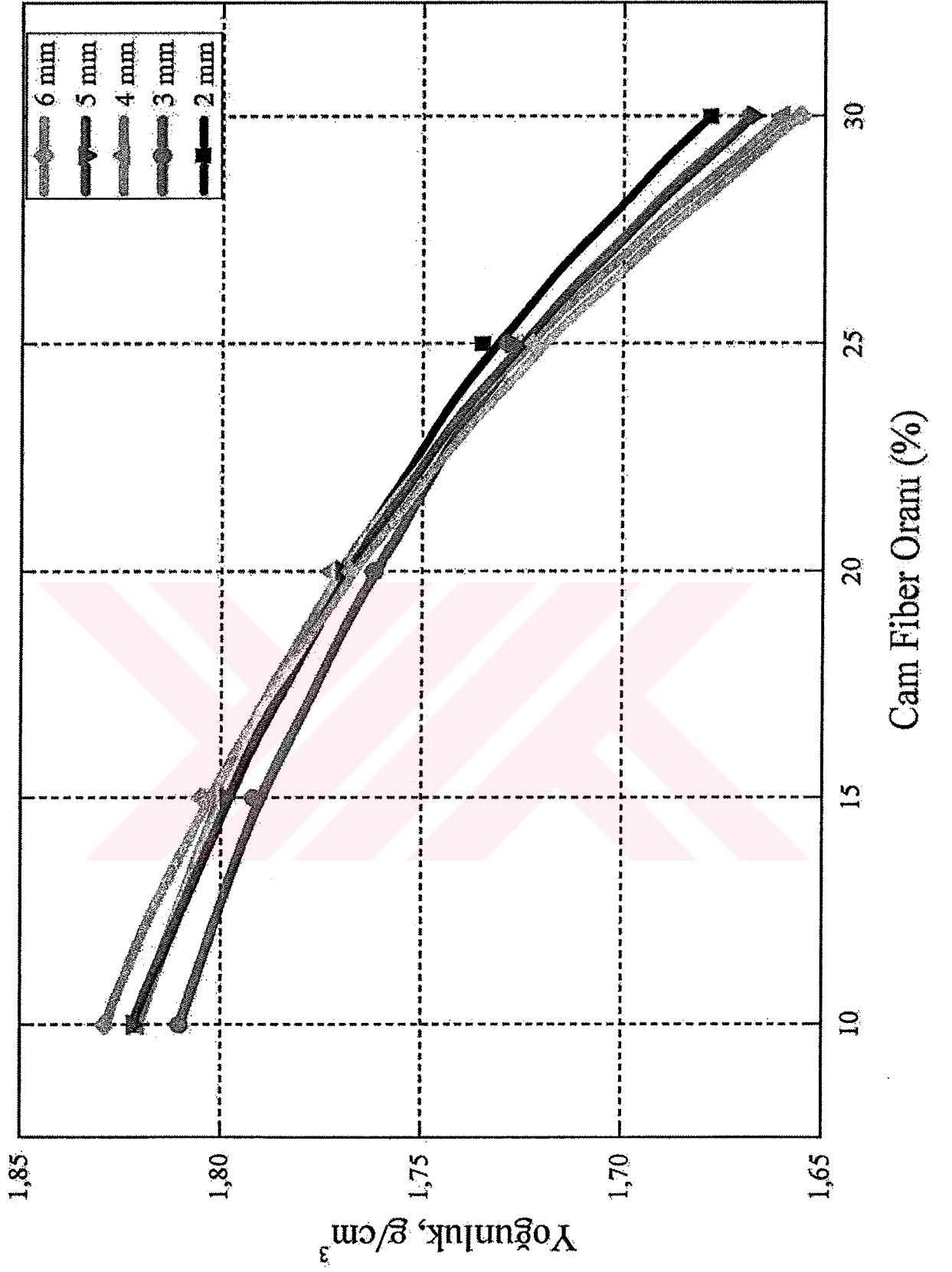
Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	A (mm)	b (mm)	h (mm)				
20T2-1 1Y	25,100	25,220	2,220	2,4952	1,405	1,7756	1,7688
10T2-1 2Y	25,070	25,380	2,250	2,5225	1,432	1,7620	
20T3-1 1Y	25,130	24,760	3,030	3,3192	1,885	1,7605	1,7615
20T3-1 2Y	25,040	25,340	2,990	3,3439	1,897	1,7625	
20T4-1 1Y	25,400	24,890	4,310	4,8084	2,725	1,7647	1,7725
20T4-1 2Y	24,930	25,250	4,300	4,8188	2,707	1,7803	
20T5-1 1Y	25,260	24,950	5,210	5,8148	3,284	1,7709	1,7698
20T5-1 2Y	25,020	25,110	5,230	5,8117	3,286	1,7688	
20T6-1 1Y	25,300	25,180	5,970	6,6528	3,803	1,7493	1,7675
20T6-1 2Y	25,110	24,920	5,920	6,6151	3,704	1,7857	

Çizelge 4.4d % 25 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

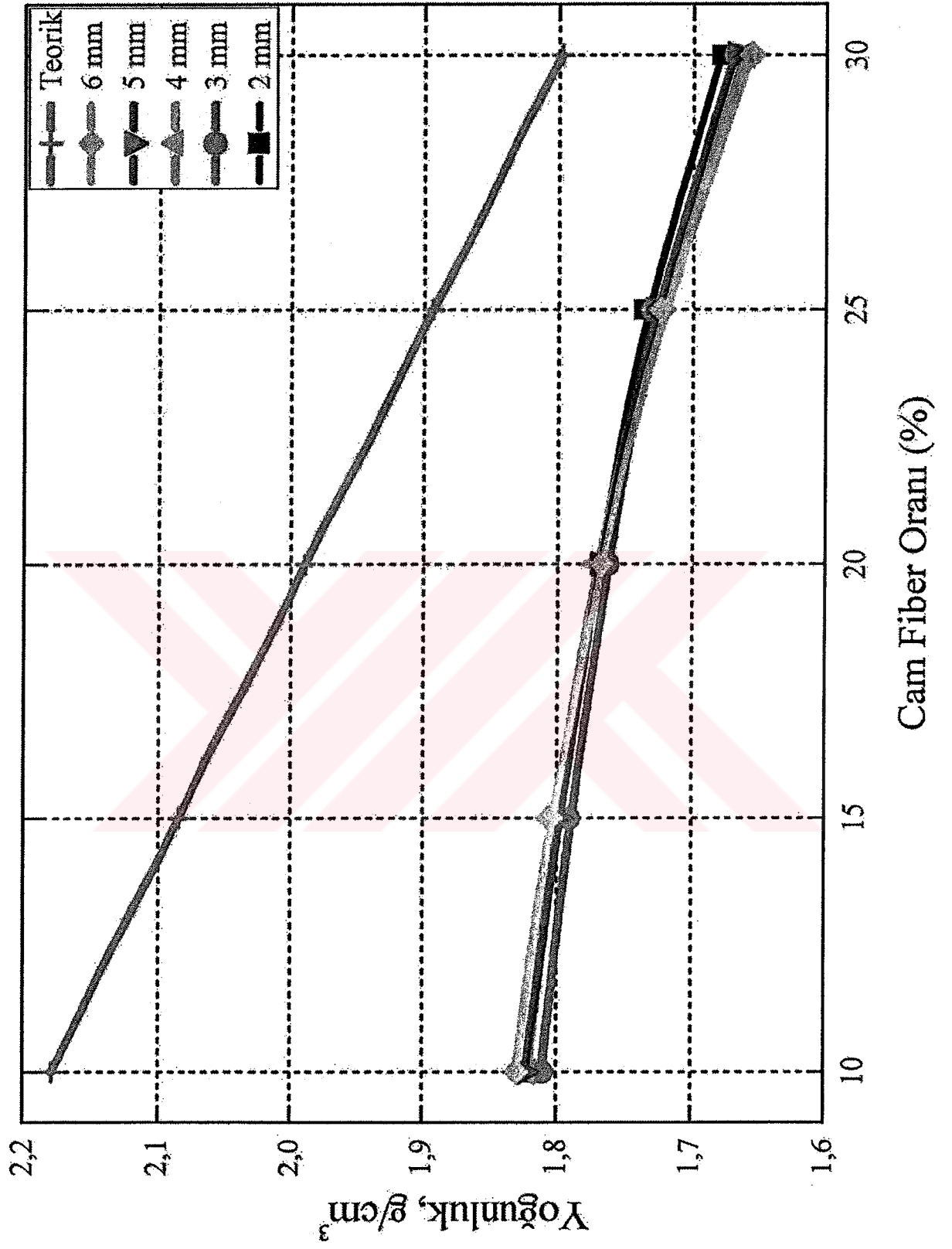
Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (g/cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	A (mm)	b (mm)	h (mm)				
25T2-1 1Y	24,880	25,420	2,250	2,4605	1,423	1,7291	1,7349
25T2-1 2Y	25,250	25,640	2,280	2,5695	1,476	1,7407	
25T3-1 1Y	25,360	25,690	3,160	3,4954	2,059	1,6978	1,7289
25T3-1 2Y	24,590	24,910	3,150	3,3959	1,929	1,7600	
25T4-1 1Y	25,130	24,890	4,240	4,3104	2,652	1,6253	1,7265
25T4-1 2Y	24,950	25,630	4,270	4,9907	2,731	1,8277	
25T5-1 1Y	25,530	25,290	5,150	5,7233	3,325	1,7212	1,7280
25T5-1 2Y	25,080	25,240	5,170	5,6777	3,273	1,7349	
25T6-1 1Y	24,760	25,090	5,930	6,2635	3,684	1,7002	1,7225
25T6-1 2Y	25,000	25,230	5,970	6,5701	3,766	1,7448	

Çizelge 4.4e % 30 cam fiber içeren orta kısım numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	
	A (mm)	b (mm)	h (mm)	(g)	(cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)
30T2-1 1Y	25,090	25,270	2,050	2,1656	1,300	1,6662	1,6784
30T2-1 2Y	24,810	25,090	2,130	2,2415	1,326	1,6906	
30T3-1 1Y	25,010	25,460	2,960	3,0344	1,885	1,6099	1,6685
30T3-1 2Y	24,840	25,330	3,080	3,3468	1,938	1,7270	
30T4-1 1Y	25,020	25,620	3,790	4,0179	2,429	1,6538	1,6597
30T4-1 2Y	25,380	25,290	3,920	4,1907	2,516	1,6656	
30T5-1 1Y	24,850	25,340	5,170	5,3333	3,256	1,6382	1,6678
30T5-1 2Y	25,050	25,260	5,290	5,6817	3,347	1,6974	
30T6-1 1Y	24,830	25,410	6,170	6,5028	3,893	1,6705	1,6556
30T6-1 2Y	25,240	25,280	6,270	6,5644	4,001	1,6408	



Şekil 4.2 Orta kısım yoğunluk deneyi grafiği.



Şekil 4.3 Teorik-Orta kısım yoğunluk deneyi grafiği.

Çizelge 4.5a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
10T2-1 Y(Et)	25,180	25,240	2,100	2,3683	1,335	1,7745	1,7745
10T3-1 Y(Et)	25,010	25,410	3,040	3,4393	1,932	1,7802	1,7802
10T4-1 Y(Et)	25,310	25,290	3,740	4,2361	2,394	1,7695	1,7695
10T5-1 Y(Et)	25,110	24,840	5,180	5,7731	3,231	1,7868	1,7868
10T6-1 Y(Et)	24,950	25,410	6,160	6,8831	3,905	1,7625	1,7625

Çizelge 4.5b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
15T2-1 Y(Et)	25,180	25,420	2,130	2,3935	1,363	1,7556	1,7556
15T3-1 Y(Et)	25,020	25,620	3,110	3,5217	1,994	1,7665	1,7665
15T4-1 Y(Et)	24,950	25,370	4,260	4,7341	2,697	1,7556	1,7556
15T5-1 Y(Et)	25,120	25,210	5,120	5,7033	3,242	1,7590	1,7590
15T6-1 Y(Et)	25,210	25,360	5,900	6,5968	3,772	1,7489	1,7489

Çizelge 4.5c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

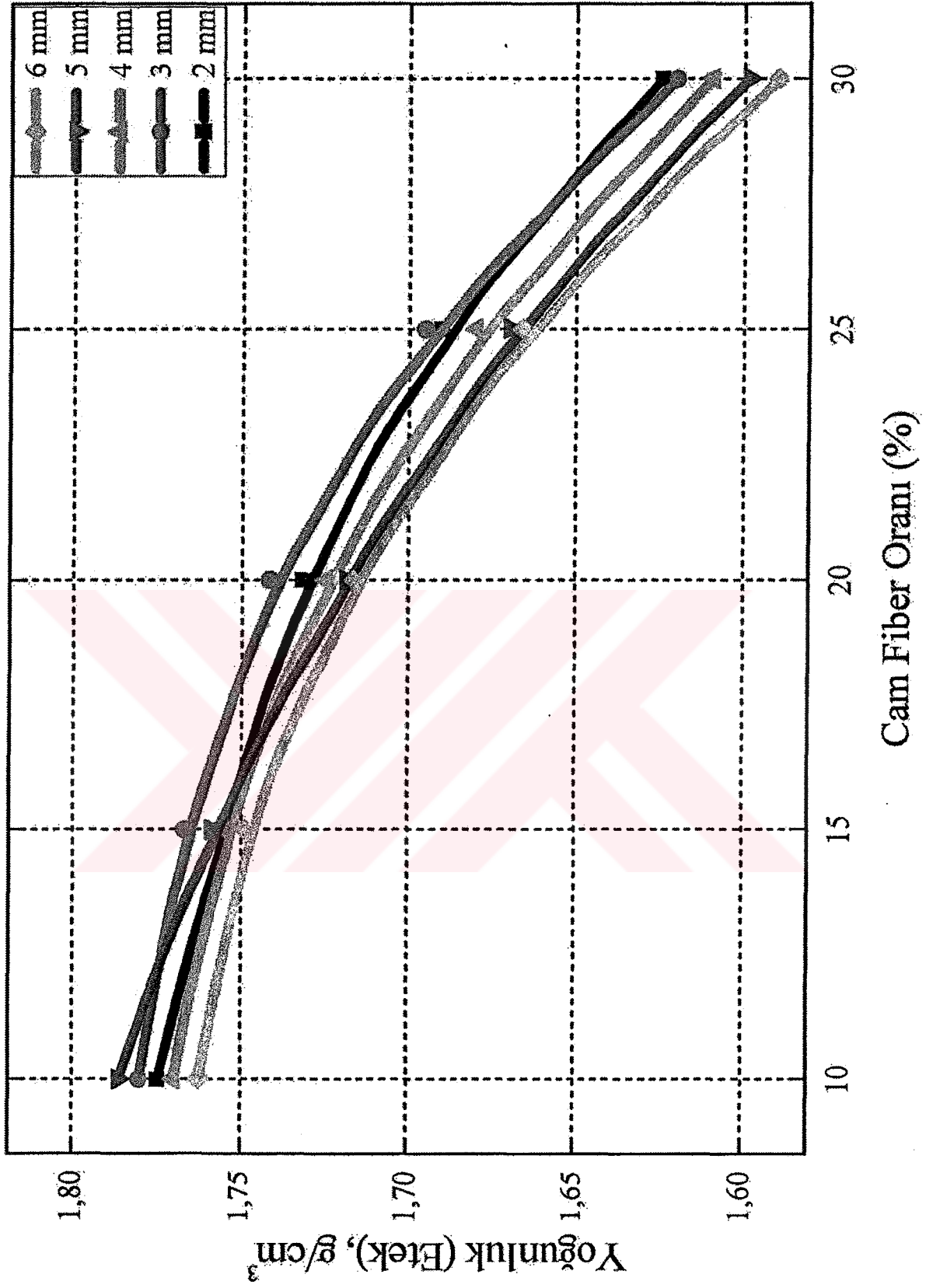
Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
20T2-1 Y(Et)	25,530	25,290	2,080	2,3254	1,343	1,7315	1,7315
20T3-1 Y(Et)	24,960	25,170	2,920	3,1942	1,834	1,7412	1,7412
20T4-1 Y(Et)	25,030	25,050	3,980	4,3042	2,495	1,7248	1,7248
20T5-1 Y(Et)	25,050	24,850	5,210	5,5743	3,243	1,7188	1,7188
20T6-1 Y(Et)	25,320	25,180	6,130	6,7082	3,908	1,7164	1,7164

Çizelge 4.5d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

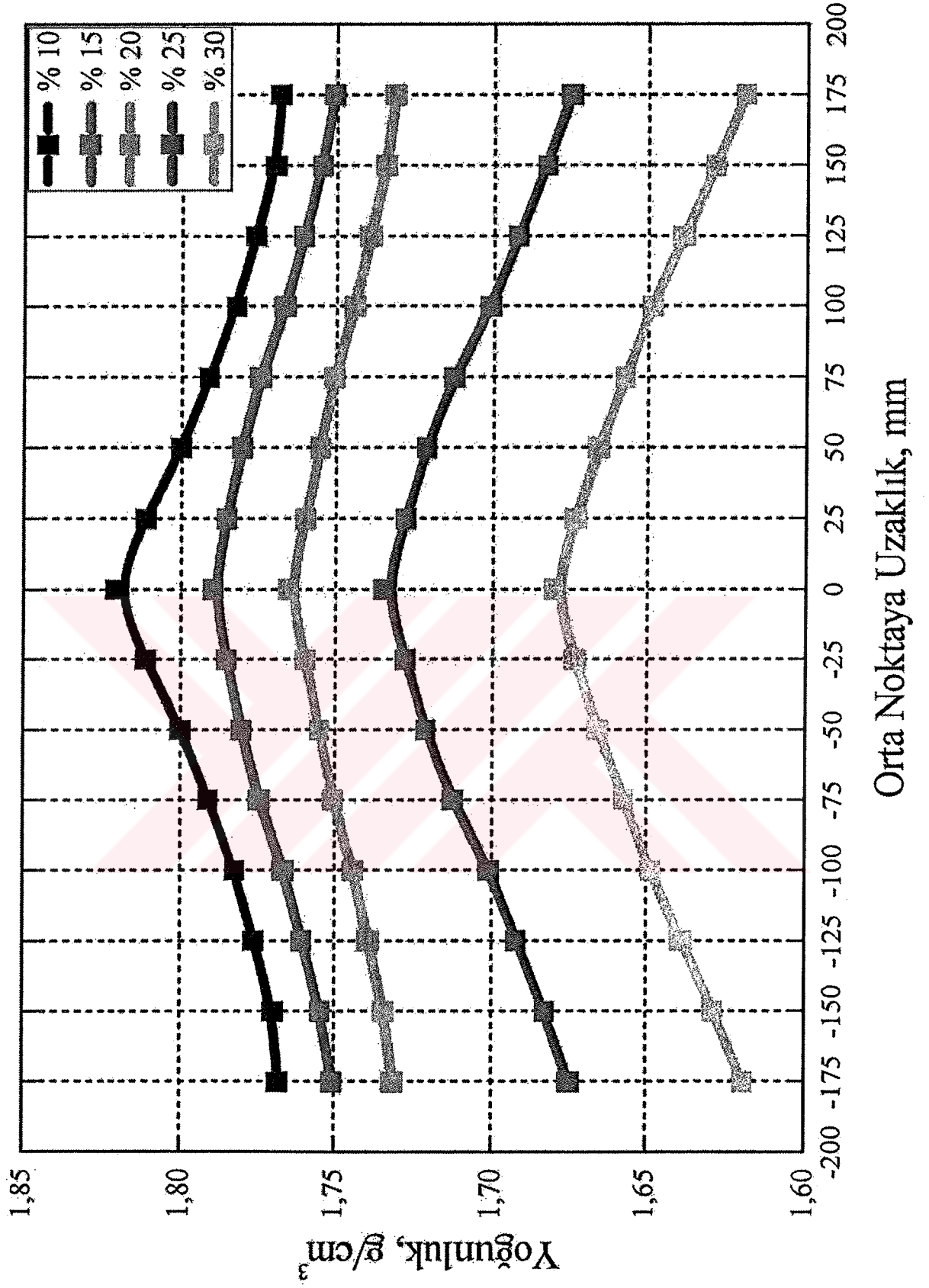
Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
25T2-1 Y(Et)	25,140	24,980	2,100	2,2296	1,319	1,6906	1,6906
25T3-1 Y(Et)	25,300	25,050	3,180	3,4168	2,015	1,6954	1,6954
25T4-1 Y(Et)	25,210	25,110	4,250	4,5186	2,690	1,6796	1,6796
25T5-1 Y(Et)	24,810	25,270	5,230	5,4742	3,279	1,6695	1,6695
25T6-1 Y(Et)	25,440	24,940	6,140	6,4909	3,896	1,6662	1,6662

Çizelge 4.5e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin yoğunluk deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama (g/cm ³)
	a (mm)	b (mm)	h (mm)				
30T2-1 Y(Et)	25,180	25,020	2,250	2,3028	1,418	1,6245	1,6245
30T3-1 Y(Et)	25,130	24,930	3,100	3,1456	1,942	1,6197	1,6197
30T4-1 Y(Et)	25,030	25,150	4,280	4,3349	2,694	1,6089	1,6089
30T5-1 Y(Et)	25,140	25,160	5,230	5,2883	3,308	1,5986	1,5986
30T6-1 Y(Et)	25,260	25,050	6,020	6,0551	3,809	1,5896	1,5896



Şekil 4.4 Etek yoğunluğu deneyi grafiği.



Şekil 4.5 Yoğunluğun orta noktaya göre değişim grafiği.

4.2 Eğme Deneyi

ISO 2818'ye göre çıkarılan numuneler üzerinde eğme deneyleri yapılmıştır. Deneyler ASTM D 790M-86 standardına göre yapılmıştır. Deney parçası boyutları Ek-1 de, deney verileri Çizelge 4.6 (boyuna), 4.7 (enine) ve 4.8 (etek)'de verilmiştir. Eğme deneyi sonuçlarının grafikleri sırası ile boyuna, enine ve etek olmak üzere Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8'dedir.

$$\sigma_{egme} = \frac{3 F_{max} l}{2 b h^2} \quad (4.2)$$

eşitliğinden çekme dayancı hesaplanmıştır. Eşitlikte F_{max} maksimum yük (N), l mesnetler arası uzaklık, b numunenin eni (mm) ve h numunenin yüksekliği (mm)'dir.

Çizelge 4.6a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
10T2-1 Bo 1E	9,560	2,120	55,000	4,600	45,126	86,647	
10T2-1 Bo 2E	9,890	2,190	55,000	4,700	46,107	80,193	
10T2-1 Bo 3E	10,180	2,170	55,000	4,800	47,088	81,040	75,572
10T2-1 Bo 4E	9,750	2,120	55,000	4,400	43,164	81,264	
10T2-1 Bo 5E	11,500	2,150	55,000	3,200	31,392	48,719	
10T3-1 Bo 1E	9,620	3,280	55,000	9,900	97,119	77,417	
10T3-1 Bo 2E	11,520	3,250	55,000	11,300	110,853	75,159	
10T3-1 Bo 3E	10,160	3,300	55,000	11,800	115,758	86,314	80,349
10T3-1 Bo 4E	9,860	3,260	55,000	11,700	114,777	90,364	
10T3-1 Bo 5E	10,170	3,280	55,000	9,800	96,138	72,490	
10T4-1 Bo 1E	9,960	3,970	55,000	17,500	171,675	90,224	
10T4-1 Bo 2E	9,890	4,060	55,000	17,800	174,618	88,368	
10T4-1 Bo 3E	10,410	4,010	55,000	16,600	162,846	80,259	86,110
10T4-1 Bo 4E	11,290	3,970	55,000	19,200	188,352	87,327	
10T4-1 Bo 5E	10,320	4,010	55,000	17,300	169,713	84,372	
10T5-1 Bo 1E	10,980	5,150	55,000	31,400	308,034	87,264	
10T5-1 Bo 2E	10,220	5,130	55,000	32,700	320,787	98,398	
10T5-1 Bo 3E	9,860	5,150	55,000	32,200	315,882	99,652	93,465
10T5-1 Bo 4E	9,970	5,170	55,000	30,400	298,224	92,325	
10T5-1 Bo 5E	10,200	5,220	55,000	30,800	302,148	89,688	
10T6-1 Bo 1E	10,540	6,100	55,000	46,700	458,127	96,369	
10T6-1 Bo 2E	9,360	6,150	55,000	47,600	466,956	108,819	
10T6-1 Bo 3E	9,870	6,130	55,000	48,900	479,709	106,707	103,801
10T6-1 Bo 4E	10,650	6,130	55,000	48,600	476,766	98,285	
10T6-1 Bo 5E	9,480	6,130	55,000	47,900	469,899	108,825	

Çizelge 4.6b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 Bo 1E	10,420	2,230	55,000	5,200	51,012	81,217	
15T2-1 Bo 2E	10,630	2,280	55,000	5,400	52,974	79,089	
15T2-1 Bo 3E	9,850	2,300	55,000	4,600	45,126	71,448	77,395
15T2-1 Bo 4E	10,920	2,270	55,000	5,300	51,993	76,230	
15T2-1 Bo 5E	10,550	2,290	55,000	5,400	52,974	78,994	
15T3-1 Bo 1E	10,150	3,020	55,000	10,600	103,986	92,672	
15T3-1 Bo 2E	9,920	3,030	55,000	9,300	91,233	82,644	
15T3-1 Bo 3E	10,990	3,030	55,000	9,500	93,195	76,202	83,171
15T3-1 Bo 4E	11,070	3,010	55,000	9,800	96,138	79,080	
15T3-1 Bo 5E	10,200	3,020	55,000	9,800	96,138	85,258	
15T4-1 Bo 1E	10,320	3,97	55,000	18,400	180,504	91,555	
15T4-1 Bo 2E	10,590	4,09	55,000	19,600	192,276	89,544	
15T4-1 Bo 3E	9,560	4,09	55,000	19,300	189,333	97,673	93,207
15T4-1 Bo 4E	9,730	4,07	55,000	18,500	181,485	92,895	
15T4-1 Bo 5E	10,230	3,97	55,000	18,800	184,428	94,368	
15T5-1 Bo 1E	9,910	5,290	55,000	33,500	328,635	97,765	
15T5-1 Bo 2E	10,710	5,200	55,000	33,400	327,654	93,341	
15T5-1 Bo 3E	9,770	5,210	55,000	34,800	341,388	106,202	102,481
15T5-1 Bo 4E	9,330	5,220	55,000	35,100	344,331	111,740	
15T5-1 Bo 5E	10,010	5,210	55,000	34,700	340,407	103,358	
15T6-1 Bo 1E	10,970	5,980	55,000	51,500	505,215	106,248	
15T6-1 Bo 2E	9,870	6,060	55,000	50,200	492,462	112,089	
15T6-1 Bo 3E	9,780	6,060	55,000	50,600	496,386	114,022	111,821
15T6-1 Bo 4E	9,560	6,020	55,000	49,500	485,595	115,632	
15T6-1 Bo 5E	10,230	6,020	55,000	50,900	499,329	111,115	

Çizelge 4.6c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

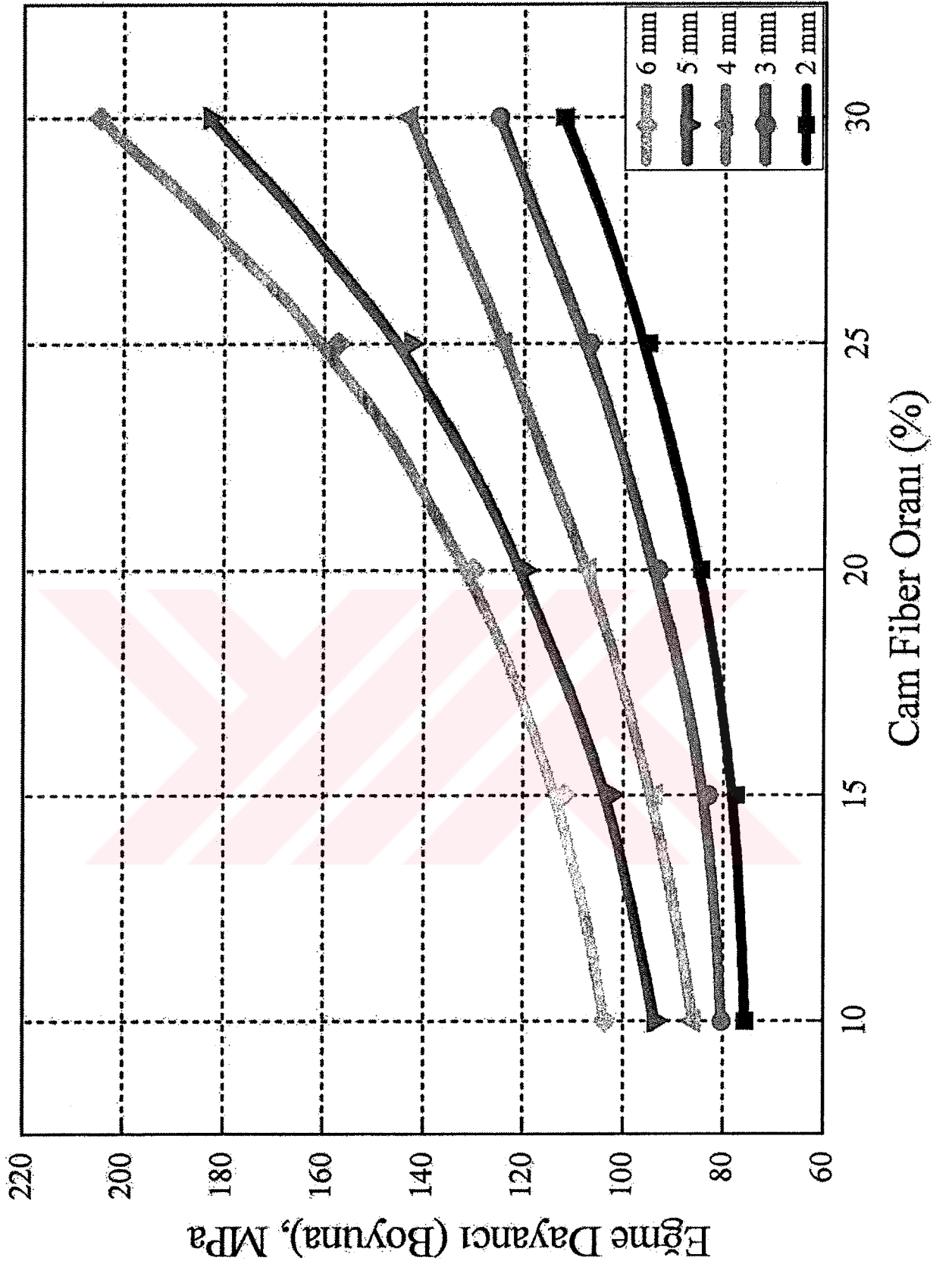
Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 Bo 1E	9,900	2,210	55,000	5,200	51,012	87,038	
20T2-1 Bo 2E	10,160	2,210	55,000	5,100	50,031	83,179	
20T2-1 Bo 3E	9,390	2,190	55,000	5,300	51,993	95,246	85,008
20T2-1 Bo 4E	10,030	2,180	55,000	5,100	50,031	86,592	
20T2-1 Bo 5E	10,500	2,180	55,000	4,500	44,145	72,985	
20T3-1 Bo 1E	10,080	3,330	55,000	13,200	129,492	95,576	
20T3-1 Bo 2E	10,010	3,320	55,000	12,100	118,701	88,756	
20T3-1 Bo 3E	10,270	3,270	55,000	12,500	122,625	92,123	93,049
20T3-1 Bo 4E	9,750	3,300	55,000	12,200	119,682	92,993	
20T3-1 Bo 5E	9,210	3,290	55,000	11,800	115,758	95,797	
20T4-1 Bo 1E	9,217	4,090	55,000	21,900	214,839	114,956	
20T4-1 Bo 2E	10,320	4,160	55,000	22,500	220,725	101,962	
20T4-1 Bo 3E	10,110	4,090	55,000	22,300	218,763	106,716	107,126
20T4-1 Bo 4E	10,690	4,120	55,000	23,300	228,573	103,922	
20T4-1 Bo 5E	9,890	4,100	55,000	22,200	217,782	108,072	
20T5-1 Bo 1E	8,670	5,030	55,000	35,700	350,217	131,715	
20T5-1 Bo 2E	10,270	5,030	55,000	37,400	366,894	116,490	
20T5-1 Bo 3E	9,460	5,030	55,000	36,800	361,008	124,435	119,926
20T5-1 Bo 4E	10,570	5,050	55,000	35,900	352,179	107,785	
20T5-1 Bo 5E	10,090	5,030	55,000	37,600	368,856	119,202	
20T6-1 Bo 1E	10,250	6,190	55,000	62,600	614,106	129,001	
20T6-1 Bo 2E	10,980	6,130	55,000	62,700	615,087	122,989	
20T6-1 Bo 3E	10,210	6,130	55,000	62,200	610,182	131,210	130,553
20T6-1 Bo 4E	9,870	6,150	55,000	62,100	609,201	134,632	
20T6-1 Bo 5E	9,960	6,130	55,000	62,400	612,144	134,936	

Çizelge 4.6d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 Bo 1E	9,840	2,200	55,000	5,800	56,898	98,562	
25T2-1 Bo 2E	10,230	2,250	55,000	6,200	60,822	96,889	95,114
25T2-1 Bo 3E	10,120	2,220	55,000	5,600	54,936	90,871	
25T2-1 Bo 4E	10,210	2,210	55,000	5,800	56,898	94,133	
25T2-1 Bo 5E							
25T3-1 Bo 1E	9,420	3,280	55,000	13,500	132,435	107,810	
25T3-1 Bo 2E	9,970	3,270	55,000	13,900	136,359	105,523	
25T3-1 Bo 3E	9,710	3,260	55,000	13,500	132,435	105,877	107,270
25T3-1 Bo 4E	8,930	3,260	55,000	14,000	137,340	119,389	
25T3-1 Bo 5E	10,050	3,260	55,000	12,900	126,549	97,749	
25T4-1 Bo 1E	10,480	4,260	55,000	28,600	280,566	121,705	
25T4-1 Bo 2E	10,360	4,300	55,000	28,200	276,642	119,145	
25T4-1 Bo 3E	10,970	4,300	55,000	28,700	281,547	114,515	124,078
25T4-1 Bo 4E	10,100	4,250	55,000	29,500	289,395	130,872	
25T4-1 Bo 5E	9,560	4,300	55,000	29,300	287,433	134,152	
25T5-1 Bo 1E	9,210	5,330	55,000	49,900	489,519	154,351	
25T5-1 Bo 2E	10,220	5,350	55,000	49,700	487,557	137,506	
25T5-1 Bo 3E	9,950	5,350	55,000	48,800	478,728	138,679	142,979
25T5-1 Bo 4E	10,380	5,360	55,000	48,600	476,766	131,896	
25T5-1 Bo 5E	9,010	5,340	55,000	48,400	474,804	152,462	
25T6-1 Bo 1E	10,160	6,240	55,000	79,700	781,857	163,049	
25T6-1 Bo 2E	9,860	6,240	55,000	79,600	780,876	167,799	
25T6-1 Bo 3E	11,320	6,200	55,000	80,500	789,705	149,723	157,253
25T6-1 Bo 4E	10,860	6,220	55,000	79,300	777,933	152,752	
25T6-1 Bo 5E	11,060	6,210	55,000	80,600	790,686	152,940	

Çizelge 4.6e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 Bo 1E	9,260	2,010	55,000	5,200	51,012	112,492	
30T2-1 Bo 2E	10,120	2,030	55,000	5,400	52,974	104,796	
30T2-1 Bo 3E	10,620	2,030	55,000	5,800	56,898	107,259	112,199
30T2-1 Bo 4E	9,770	2,030	55,000	6,200	60,822	124,632	
30T2-1 Bo 5E	10,570	2,010	55,000	5,900	57,879	111,817	
30T3-1 Bo 1E	10,010	3,330	55,000	16,000	156,960	116,660	
30T3-1 Bo 2E	8,590	3,360	55,000	15,800	154,998	131,859	
30T3-1 Bo 3E	9,510	3,310	55,000	16,200	158,922	125,835	125,281
30T3-1 Bo 4E	8,550	3,380	55,000	15,500	152,055	128,427	
30T3-1 Bo 5E	9,220	3,360	55,000	15,900	155,979	123,626	
30T4-1 Bo 1E	10,690	4,090	55,000	30,400	298,224	137,585	
30T4-1 Bo 2E	9,950	4,120	55,000	31,100	305,091	149,027	
30T4-1 Bo 3E	9,650	4,120	55,000	31,300	307,053	154,648	143,077
30T4-1 Bo 4E	10,560	4,150	55,000	30,100	295,281	133,946	
30T4-1 Bo 5E	10,170	4,120	55,000	29,900	293,319	140,178	
30T5-1 Bo 1E	9,180	5,010	55,000	71,900	705,339	180,260	
30T5-1 Bo 2E	8,670	5,050	55,000	72,600	712,206	192,722	
30T5-1 Bo 3E	9,900	5,010	55,000	73,100	717,111	172,842	183,232
30T5-1 Bo 4E	8,370	5,040	55,000	72,500	711,225	200,029	
30T5-1 Bo 5E	9,640	5,010	55,000	72,300	709,263	170,308	
30T6-1 Bo 1E	9,450	5,930	55,000	87,600	859,356	213,347	
30T6-1 Bo 2E	8,770	5,930	55,000	86,400	847,584	226,740	
30T6-1 Bo 3E	10,560	5,880	55,000	86,700	850,527	192,187	205,167
30T6-1 Bo 4E	10,470	5,920	55,000	87,600	859,356	193,213	
30T6-1 Bo 5E	9,770	5,970	55,000	86,200	845,622	200,349	



Şekil 4.6 Boyuna numunelerin eğme dayancı grafiği.

Çizelge 4.7a % 10 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
10T2-1 En 1E	9,990	2,230	55,000	3,700	36,297	60,277	
10T2-1 En 2E	10,230	2,260	55,000	3,700	36,297	57,310	
10T2-1 En 3E	10,580	2,260	55,000	3,800	37,278	56,912	61,180
10T2-1 En 4E	9,380	2,200	55,000	4,100	40,221	73,090	
10T2-1 En 5E	9,870	2,250	55,000	3,600	35,316	58,310	
10T3-1 En 1E	10,630	3,200	55,000	9,700	95,157	72,121	
10T3-1 En 2E	9,920	3,230	55,000	8,900	87,309	69,598	
10T3-1 En 3E	10,870	3,270	55,000	8,800	86,328	61,275	69,045
10T3-1 En 4E	9,860	3,240	55,000	8,700	85,347	68,026	
10T3-1 En 5E	9,690	3,270	55,000	9,500	93,195	74,204	
10T4-1 En 1E	9,760	4,200	55,000	16,500	161,865	77,564	
10T4-1 En 2E	10,270	4,230	55,000	17,600	172,656	77,515	
10T4-1 En 3E	10,310	4,210	55,000	16,400	160,884	72,635	74,396
10T4-1 En 4E	11,210	4,200	55,000	16,900	165,789	69,168	
10T4-1 En 5E	10,420	4,230	55,000	17,300	169,713	75,097	
10T5-1 En 1E	9,760	5,190	55,000	28,400	278,604	87,429	
10T5-1 En 2E	9,810	5,150	55,000	28,700	281,547	89,273	
10T5-1 En 3E	10,380	5,150	55,000	28,900	283,509	84,959	84,317
10T5-1 En 4E	9,850	5,160	55,000	28,300	277,623	87,332	
10T5-1 En 5E	11,050	5,200	55,000	26,800	262,908	72,592	
10T6-1 En 1E	9,260	6,190	55,000	44,700	438,507	101,962	
10T6-1 En 2E	9,940	6,160	55,000	44,600	437,526	95,700	
10T6-1 En 3E	9,620	6,150	55,000	45,900	450,279	102,096	95,816
10T6-1 En 4E	11,020	6,180	55,000	44,600	437,526	85,763	
10T6-1 En 5E	10,260	6,180	55,000	45,300	444,393	93,561	

Çizelge 4.7b % 15 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 En 1E	10,570	2,220	55,000	3,500	34,335	54,376	
15T2-1 En 2E	9,670	2,280	55,000	4,400	43,164	70,840	
15T2-1 En 3E	9,760	2,230	55,000	4,700	46,107	78,372	68,349
15T2-1 En 4E	9,820	2,170	55,000	4,300	42,183	75,259	
15T2-1 En 5E	10,350	2,230	55,000	4,000	39,240	62,897	
15T3-1 En 1E	9,780	3,180	55,000	8,600	84,366	70,377	
15T3-1 En 2E	9,330	3,150	55,000	9,300	91,233	81,302	
15T3-1 En 3E	10,100	3,170	55,000	9,500	93,195	75,754	75,641
15T3-1 En 4E	9,730	3,140	55,000	9,000	88,290	75,926	
15T3-1 En 5E	10,330	3,170	55,000	9,600	94,176	74,847	
15T4-1 En 1E	10,320	4,150	55,000	18,400	180,504	83,785	
15T4-1 En 2E	10,490	4,170	55,000	18,600	182,466	82,526	
15T4-1 En 3E	9,560	4,170	55,000	17,800	174,618	86,659	84,585
15T4-1 En 4E	9,810	4,170	55,000	18,500	181,485	87,772	
15T4-1 En 5E	10,750	4,150	55,000	18,800	184,428	82,182	
15T5-1 En 1E	10,690	5,190	55,000	31,500	309,015	88,536	
15T5-1 En 2E	9,610	5,100	55,000	31,300	307,053	101,345	
15T5-1 En 3E	10,200	5,190	55,000	31,800	311,958	93,673	93,377
15T5-1 En 4E	10,520	5,120	55,000	30,100	295,281	88,335	
15T5-1 En 5E	10,230	5,130	55,000	31,600	309,996	94,995	
15T6-1 En 1E	9,850	6,210	55,000	51,500	505,215	109,726	
15T6-1 En 2E	10,720	6,280	55,000	50,500	495,405	96,672	
15T6-1 En 3E	10,350	6,260	55,000	50,600	496,386	100,968	103,102
15T6-1 En 4E	10,250	6,220	55,000	49,500	485,595	101,024	
15T6-1 En 5E	9,940	6,220	55,000	50,900	499,329	107,121	

Çizelge 4.7c % 20 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

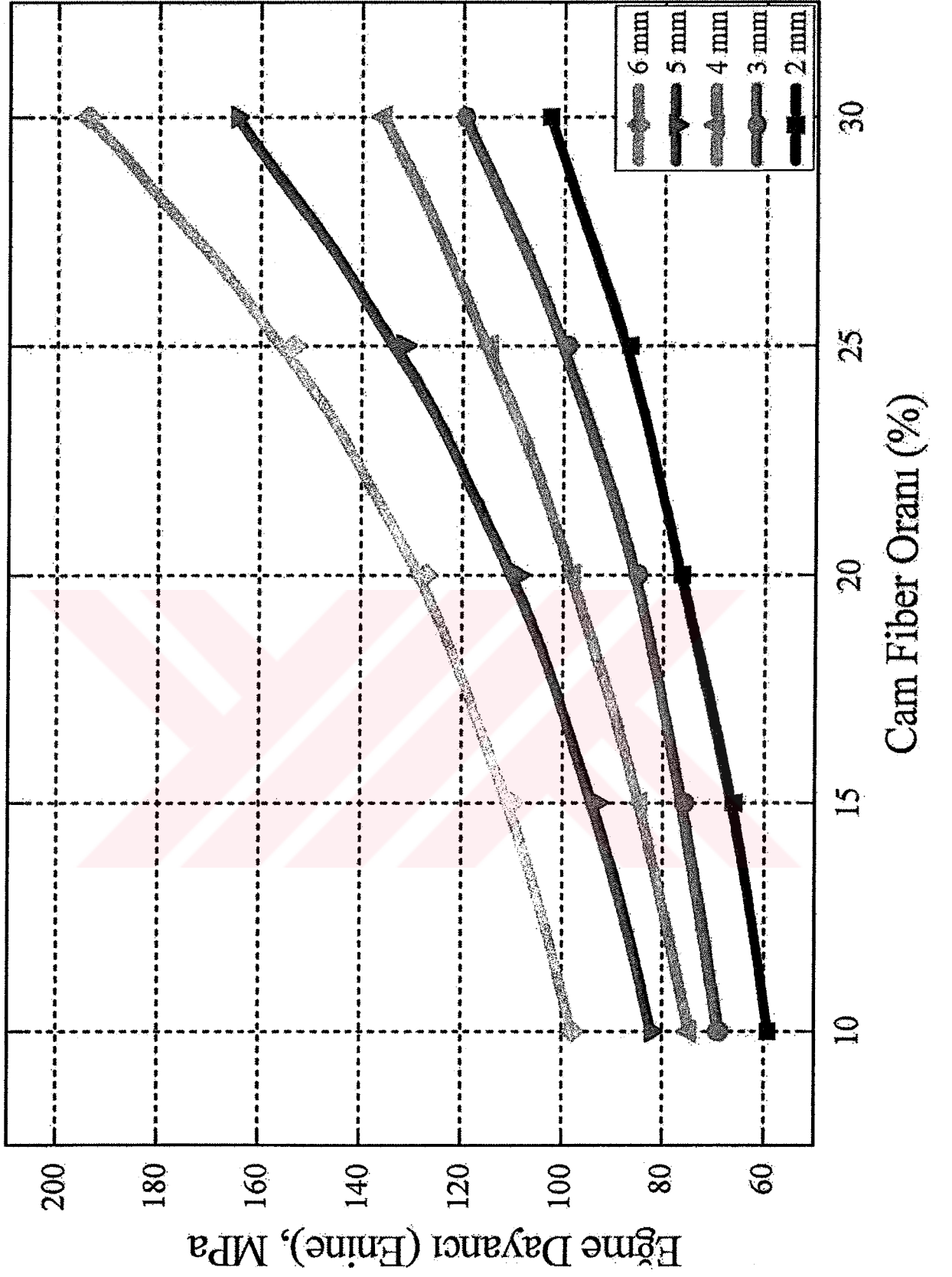
Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 En 1E	10,210	2,160	55,000	4,200	41,202	74,116	
20T2-1 En 2E	10,590	2,180	55,000	4,900	48,069	81,331	
20T2-1 En 3E	9,870	2,190	55,000	4,300	42,183	74,117	78,336
20T2-1 En 4E	8,970	2,160	55,000	5,000	49,050	85,620	
20T2-1 En 5E	10,370	2,150	55,000	4,500	44,145	76,493	
20T3-1 En 1E	9,290	3,210	55,000	11,200	109,872	85,573	
20T3-1 En 2E	10,120	3,300	55,000	12,100	118,701	88,075	
20T3-1 En 3E	10,310	3,260	55,000	11,500	112,815	84,451	88,373
20T3-1 En 4E	9,890	3,300	55,000	12,200	119,682	91,124	
20T3-1 En 5E	9,860	3,240	55,000	11,800	115,758	92,641	
20T4-1 En 1E	10,280	4,210	55,000	21,900	214,839	107,643	
20T4-1 En 2E	10,480	4,230	55,000	21,500	210,915	96,095	
20T4-1 En 3E	9,760	4,210	55,000	21,300	208,953	95,260	97,766
20T4-1 En 4E	10,370	4,200	55,000	21,500	210,915	93,147	
20T4-1 En 5E	10,190	4,190	55,000	20,700	203,067	96,683	
20T5-1 En 1E	10,130	5,180	55,000	35,700	350,217	120,044	
20T5-1 En 2E	10,300	5,160	55,000	37,400	366,894	109,627	
20T5-1 En 3E	9,950	5,190	55,000	36,800	361,008	113,289	111,311
20T5-1 En 4E	10,280	5,180	55,000	35,900	352,179	104,419	
20T5-1 En 5E	10,210	5,160	55,000	36,600	359,046	109,177	
20T6-1 En 1E	9,830	6,150	55,000	59,400	582,714	123,642	
20T6-1 En 2E	10,260	6,150	55,000	60,300	591,543	123,120	
20T6-1 En 3E	9,790	6,130	55,000	60,100	589,581	125,550	125,550
20T6-1 En 4E	10,370	6,150	55,000	59,100	579,771	127,869	
20T6-1 En 5E	9,820	6,130	55,000	58,400	572,904	127,567	

Çizelge 4.7d % 25 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 En 1E	9,620	2,220	55,000	4,600	45,126	78,524	
25T2-1 En 2E	9,970	2,250	55,000	5,300	51,993	84,984	
25T2-1 En 3E	9,930	2,220	55,000	5,600	54,936	89,982	87,272
25T2-1 En 4E	10,250	2,220	55,000	5,800	56,898	91,494	
25T2-1 En 5E	10,330	2,230	55,000	5,800	56,898	91,378	
25T3-1 En 1E	9,740	3,270	55,000	13,100	128,511	101,798	
25T3-1 En 2E	10,130	3,270	55,000	13,200	129,492	98,626	
25T3-1 En 3E	9,910	3,260	55,000	12,500	122,625	96,056	97,182
25T3-1 En 4E	10,220	3,230	55,000	12,600	123,606	95,640	
25T3-1 En 5E	10,410	3,270	55,000	12,900	126,549	93,792	
25T4-1 En 1E	9,310	4,270	55,000	25,600	251,136	122,056	
25T4-1 En 2E	10,420	4,300	55,000	25,700	252,117	107,957	
25T4-1 En 3E	10,270	4,300	55,000	26,400	258,984	112,517	114,442
25T4-1 En 4E	10,140	4,250	55,000	25,800	253,098	114,006	
25T4-1 En 5E	9,860	4,320	55,000	26,300	258,003	115,674	
25T5-1 En 1E	10,380	5,310	55,000	47,600	466,956	131,627	
25T5-1 En 2E	10,160	5,290	55,000	46,700	458,127	132,934	
25T5-1 En 3E	9,820	5,320	55,000	46,800	459,108	136,281	129,866
25T5-1 En 4E	10,660	5,310	55,000	46,600	457,146	125,477	
25T5-1 En 5E	11,060	5,310	55,000	47,400	464,994	123,015	
25T6-1 En 1E	10,160	6,227	55,000	70,700	693,567	145,242	
25T6-1 En 2E	9,750	6,240	55,000	69,600	682,776	148,374	
25T6-1 En 3E	9,790	6,220	55,000	70,500	691,605	150,183	142,494
25T6-1 En 4E	10,480	6,220	55,000	69,300	679,833	135,994	
25T6-1 En 5E	9,210	6,240	55,000	70,600	692,586	132,679	

Çizelge 4.7e % 30 cam fiber içeren enine numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 En 1E	9,550	2,120	55,000	5,800	56,898	109,364	
30T2-1 En 2E	9,770	2,140	55,000	5,300	51,993	95,869	
30T2-1 En 3E	10,460	2,120	55,000	5,800	56,898	99,850	102,976
30T2-1 En 4E	9,760	2,120	55,000	6,200	60,822	114,391	
30T2-1 En 5E	10,670	2,110	55,000	5,600	54,936	95,407	
30T3-1 En 1E	9,680	3,320	55,000	14,200	139,302	107,711	
30T3-1 En 2E	8,970	3,320	55,000	15,800	154,998	129,334	
30T3-1 En 3E	9,950	3,310	55,000	14,900	146,169	110,619	117,601
30T3-1 En 4E	9,550	3,280	55,000	15,500	152,055	122,097	
30T3-1 En 5E	9,720	3,250	55,000	15,000	147,150	118,245	
30T4-1 En 1E	10,210	4,190	55,000	29,000	284,490	130,938	
30T4-1 En 2E	8,690	4,190	55,000	28,700	281,547	152,250	
30T4-1 En 3E	9,610	4,160	55,000	28,300	277,623	137,721	135,596
30T4-1 En 4E	10,360	4,150	55,000	27,800	272,718	126,099	
30T4-1 En 5E	10,270	4,170	55,000	28,900	283,509	130,972	
30T5-1 En 1E	10,590	5,200	55,000	77,900	764,199	158,950	
30T5-1 En 2E	9,770	5,170	55,000	76,600	751,446	166,681	
30T5-1 En 3E	9,850	5,140	55,000	75,200	737,712	163,363	168,018
30T5-1 En 4E	9,370	5,170	55,000	77,500	760,275	178,724	
30T5-1 En 5E	9,640	5,210	55,000	76,900	754,389	172,373	
30T6-1 En 1E	9,260	6,120	55,000	89,600	878,976	202,733	
30T6-1 En 2E	10,220	6,170	55,000	90,400	886,824	196,710	
30T6-1 En 3E	10,370	6,150	55,000	90,700	889,767	185,545	194,426
30T6-1 En 4E	10,430	6,120	55,000	90,600	888,786	187,700	
30T6-1 En 5E	9,870	6,120	55,000	91,100	893,691	199,444	



Şekil 4.7 Enine numunelerin eğme dayancı grafiği.

Çizelge 4.8a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	Mpa	MPa
10T2-1 (Et) 1E	9,360	2,130	55,000	3,200	31,392	60,987	
10T2-1 (Et) 2E	9,890	2,170	55,000	3,300	32,373	57,348	
10T2-1 (Et) 3E	9,720	2,150	55,000	2,800	27,468	50,436	53,750
10T2-1 (Et) 4E	9,980	2,130	55,000	2,800	27,468	50,049	
10T2-1 (Et) 5E	10,520	2,150	55,000	3,000	29,430	49,929	
10T3-1 (Et) 1E	9,760	3,170	55,000	7,900	77,499	65,190	
10T3-1 (Et) 2E	10,370	3,180	55,000	7,300	71,613	56,339	
10T3-1 (Et) 3E	10,420	3,170	55,000	6,800	66,708	52,559	59,622
10T3-1 (Et) 4E	9,890	3,140	55,000	7,100	69,651	58,929	
10T3-1 (Et) 5E	9,590	3,180	55,000	7,800	76,518	65,095	
10T4-1 (Et) 1E	9,710	3,930	55,000	13,500	132,435	72,854	
10T4-1 (Et) 2E	9,910	4,030	55,000	13,400	131,454	67,382	
10T4-1 (Et) 3E	10,480	4,010	55,000	13,300	130,473	63,874	66,831
10T4-1 (Et) 4E	11,010	3,970	55,000	14,100	138,321	65,762	
10T4-1 (Et) 5E	10,620	4,030	55,000	13,700	134,397	64,285	
10T5-1 (Et) 1E	10,330	5,120	55,000	24,400	239,364	72,924	
10T5-1 (Et) 2E	9,940	5,150	55,000	24,700	242,307	75,826	
10T5-1 (Et) 3E	10,670	5,150	55,000	25,600	251,136	73,212	73,659
10T5-1 (Et) 4E	9,830	5,120	55,000	24,400	239,364	76,634	
10T5-1 (Et) 5E	11,250	5,100	55,000	25,200	247,212	69,700	
10T6-1 (Et) 1E	9,880	6,130	55,000	40,000	392,400	87,198	
10T6-1 (Et) 2E	10,430	6,100	55,000	39,600	388,476	82,580	
10T6-1 (Et) 3E	10,180	6,130	55,000	40,100	393,381	84,840	83,397
10T6-1 (Et) 4E	11,120	6,120	55,000	38,900	381,609	75,590	
10T6-1 (Et) 5E	10,060	6,120	55,000	40,400	396,324	86,777	

Çizelge 4.8b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 (Et) 1E	9,750	2,130	55,000	4,100	40,221	75,014	
15T2-1 (Et) 2E	10,420	2,180	55,000	3,400	33,354	55,568	
15T2-1 (Et) 3E	9,960	2,170	55,000	4,000	39,240	69,025	62,430
15T2-1 (Et) 4E	9,840	2,170	55,000	3,300	32,373	57,640	
15T2-1 (Et) 5E	10,450	2,190	55,000	3,400	33,354	54,903	
15T3-1 (Et) 1E	10,490	3,120	55,000	8,600	84,366	68,161	
15T3-1 (Et) 2E	9,710	3,130	55,000	9,400	92,214	79,973	
15T3-1 (Et) 3E	10,150	4,130	55,000	9,500	93,195	44,410	68,377
15T3-1 (Et) 4E	9,830	3,110	55,000	8,800	86,328	74,909	
15T3-1 (Et) 5E	10,230	3,110	55,000	9,100	89,271	74,433	
15T4-1 (Et) 1E	9,880	4,040	55,000	15,400	151,074	77,290	
15T4-1 (Et) 2E	9,830	4,080	55,000	15,600	153,036	77,157	
15T4-1 (Et) 3E	9,460	4,070	55,000	15,300	150,093	79,020	76,709
15T4-1 (Et) 4E	9,710	4,070	55,000	15,800	154,998	79,501	
15T4-1 (Et) 5E	10,450	4,030	55,000	14,800	145,188	70,576	
15T5-1 (Et) 1E	10,220	5,160	55,000	28,100	275,661	83,575	
15T5-1 (Et) 2E	10,390	5,160	55,000	28,600	280,566	83,671	
15T5-1 (Et) 3E	10,200	5,110	55,000	27,800	272,718	84,475	84,555
15T5-1 (Et) 4E	10,420	5,120	55,000	28,500	279,585	84,442	
15T5-1 (Et) 5E	10,230	5,120	55,000	28,700	281,547	86,614	
15T6-1 (Et) 1E	10,470	6,140	55,000	42,500	416,925	93,577	
15T6-1 (Et) 2E	9,870	6,080	55,000	42,200	413,982	88,667	
15T6-1 (Et) 3E	10,350	6,080	55,000	43,700	428,697	92,439	91,608
15T6-1 (Et) 4E	10,450	6,140	55,000	42,800	419,868	87,925	
15T6-1 (Et) 5E	9,940	6,120	55,000	43,900	430,659	95,433	

Çizelge 4.8c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

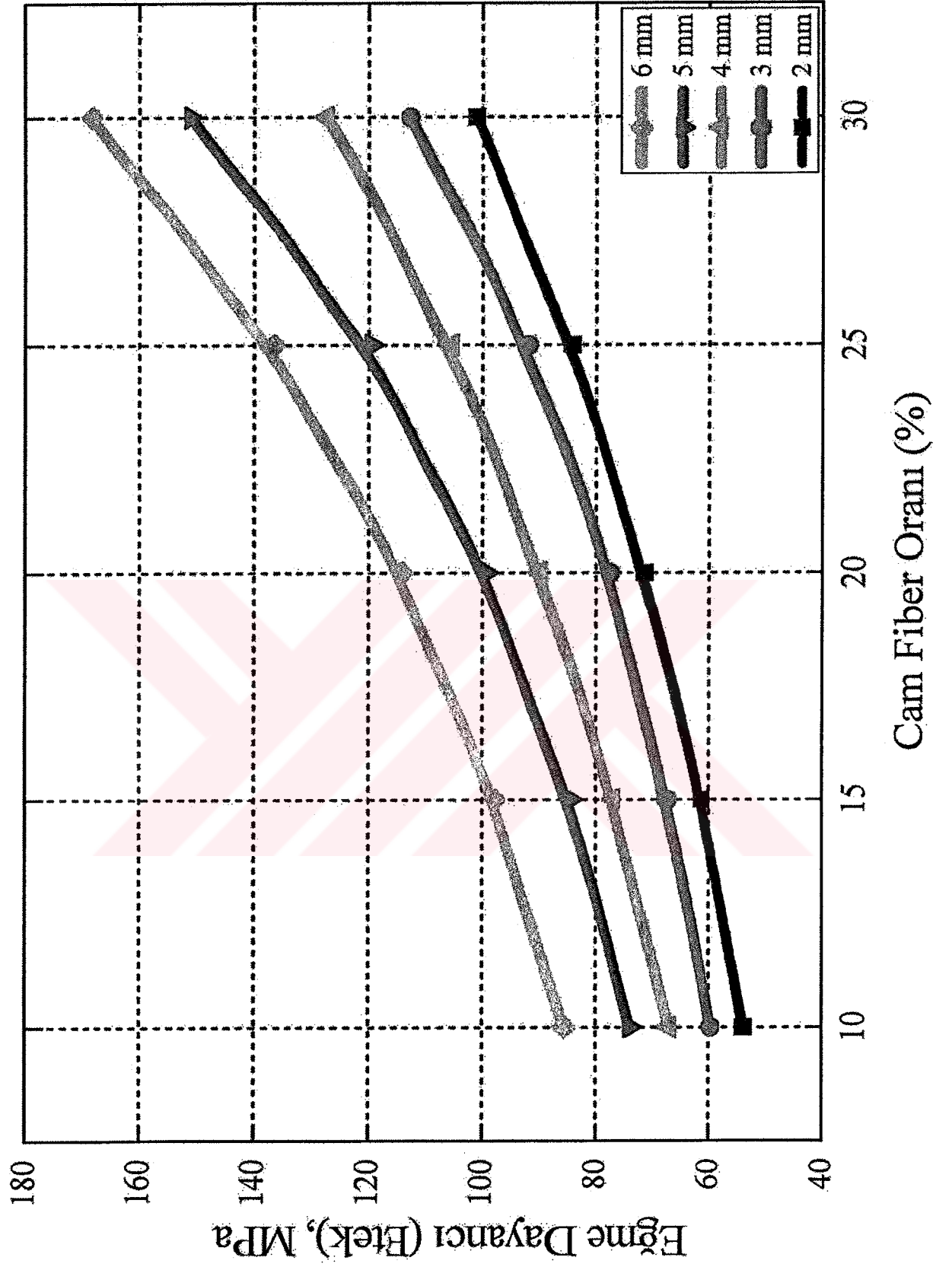
Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 (Et) 1E	10,250	2,130	55,000	4,200	41,202	73,310	
20T2-1 (Et) 2E	10,380	2,160	55,000	4,100	40,221	69,795	
20T2-1 (Et) 3E	9,860	2,160	55,000	4,300	42,183	75,116	76,746
20T2-1 (Et) 4E	9,970	2,110	55,000	4,800	47,088	89,128	
20T2-1 (Et) 5E	10,350	2,160	55,000	4,500	44,145	76,380	
20T3-1 (Et) 1E	9,730	3,220	55,000	10,300	101,043	78,977	
20T3-1 (Et) 2E	10,320	3,230	55,000	10,800	105,948	83,530	
20T3-1 (Et) 3E	9,890	3,260	55,000	11,500	112,815	85,274	83,919
20T3-1 (Et) 4E	9,860	3,260	55,000	11,200	109,872	84,364	
20T3-1 (Et) 5E	10,590	3,260	55,000	11,300	110,853	87,452	
20T4-1 (Et) 1E	10,210	4,160	55,000	18,900	185,409	90,842	
20T4-1 (Et) 2E	10,330	4,160	55,000	19,600	192,276	88,820	
20T4-1 (Et) 3E	9,970	4,120	55,000	19,300	189,333	89,776	90,401
20T4-1 (Et) 4E	10,390	4,160	55,000	19,700	193,257	88,758	
20T4-1 (Et) 5E	10,240	4,120	55,000	19,400	190,314	93,811	
20T5-1 (Et) 1E	9,790	5,110	55,000	33,600	329,616	104,454	
20T5-1 (Et) 2E	10,220	5,160	55,000	33,100	324,711	97,210	
20T5-1 (Et) 3E	10,110	5,140	55,000	32,800	321,768	100,780	99,350
20T5-1 (Et) 4E	10,180	5,140	55,000	32,900	322,749	97,001	
20T5-1 (Et) 5E	10,030	5,130	55,000	32,400	317,844	97,305	
20T6-1 (Et) 1E	10,220	6,030	55,000	55,900	548,379	121,864	
20T6-1 (Et) 2E	10,190	6,100	55,000	54,800	537,588	115,383	
20T6-1 (Et) 3E	9,930	6,100	55,000	54,300	532,683	119,417	117,908
20T6-1 (Et) 4E	10,270	6,110	55,000	55,100	540,531	121,148	
20T6-1 (Et) 5E	9,840	6,100	55,000	54,400	533,664	111,729	

Çizelge 4.8d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 (Et) 1E	10,120	2,130	55,000	4,800	47,088	84,611	
25T2-1 (Et) 2E	9,760	2,130	55,000	4,800	47,088	87,731	
25T2-1 (Et) 3E	9,890	2,150	55,000	5,200	51,012	90,501	84,170
25T2-1 (Et) 4E	10,230	2,140	55,000	4,500	44,145	78,196	
25T2-1 (Et) 5E	10,530	2,150	55,000	4,800	47,088	79,810	
25T3-1 (Et) 1E	9,980	3,150	55,000	11,600	113,796	94,805	
25T3-1 (Et) 2E	10,430	3,190	55,000	11,700	114,777	89,216	
25T3-1 (Et) 3E	9,910	3,220	55,000	11,600	113,796	91,368	92,617
25T3-1 (Et) 4E	10,060	3,220	55,000	12,000	117,720	93,110	
25T3-1 (Et) 5E	10,170	3,230	55,000	12,400	121,644	94,584	
25T4-1 (Et) 1E	10,270	4,160	55,000	23,100	226,611	105,191	
25T4-1 (Et) 2E	9,740	4,230	55,000	24,200	237,402	112,382	
25T4-1 (Et) 3E	9,940	4,230	55,000	22,700	222,687	103,296	106,114
25T4-1 (Et) 4E	10,240	4,250	55,000	22,500	220,725	98,453	
25T4-1 (Et) 5E	9,880	4,230	55,000	24,300	238,383	111,248	
25T5-1 (Et) 1E	9,920	5,210	55,000	40,100	393,381	120,526	
25T5-1 (Et) 2E	10,370	5,190	55,000	39,700	389,457	115,027	
25T5-1 (Et) 3E	9,930	5,220	55,000	39,800	390,438	119,046	115,605
25T5-1 (Et) 4E	10,260	5,220	55,000	39,600	388,476	114,638	
25T5-1 (Et) 5E	11,030	5,220	55,000	40,400	396,324	108,790	
25T6-1 (Et) 1E	9,920	6,210	55,000	61,700	605,277	130,531	
15T6-1 (Et) 2E	9,900	6,230	55,000	62,800	616,068	132,273	
25T6-1 (Et) 3E	9,860	6,210	55,000	61,700	605,277	130,399	126,670
25T6-1 (Et) 4E	10,680	6,210	55,000	61,300	601,353	125,387	
25T6-1 (Et) 5E	10,440	6,240	55,000	60,900	597,429	114,761	

Çizelge 4.8e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin eğme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar			F _{max}		Eğme Dayancı	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 (Et) 1E	9,560	2,030	55,000	5,300	51,993	108,880	
30T2-1 (Et) 2E	10,120	2,060	55,000	5,400	52,974	101,766	
30T2-1 (Et) 3E	10,460	2,060	55,000	5,500	53,955	100,281	101,139
30T2-1 (Et) 4E	9,760	2,030	55,000	5,200	51,012	104,637	
30T2-1 (Et) 5E	10,470	2,050	55,000	4,900	48,069	90,129	
30T3-1 (Et) 1E	10,110	3,150	55,000	12,900	126,549	104,074	
30T3-1 (Et) 2E	8,890	3,140	55,000	13,800	135,378	127,421	
30T3-1 (Et) 3E	9,750	3,140	55,000	13,200	129,492	111,130	112,378
30T3-1 (Et) 4E	9,950	3,100	55,000	12,700	124,587	107,493	
30T3-1 (Et) 5E	9,830	3,130	55,000	13,300	130,473	111,772	
30T4-1 (Et) 1E	10,590	4,120	55,000	26,500	259,965	119,310	
30T4-1 (Et) 2E	9,710	4,120	55,000	26,700	261,927	131,105	
30T4-1 (Et) 3E	9,590	4,120	55,000	27,300	267,813	135,729	126,941
30T4-1 (Et) 4E	10,160	4,150	55,000	27,100	265,851	125,344	
30T4-1 (Et) 5E	10,210	4,160	55,000	26,900	263,889	123,215	
30T5-1 (Et) 1E	9,670	5,090	55,000	65,700	644,517	154,281	
30T5-1 (Et) 2E	9,940	5,140	55,000	64,600	633,726	147,578	
30T5-1 (Et) 3E	9,850	5,120	55,000	65,100	638,631	152,625	151,240
30T5-1 (Et) 4E	10,340	5,140	55,000	65,500	642,555	146,285	
30T5-1 (Et) 5E	9,540	5,110	55,000	65,300	640,593	155,432	
30T6-1 (Et) 1E	9,590	5,970	55,000	77,600	761,256	184,322	
30T6-1 (Et) 2E	9,720	5,970	55,000	78,200	767,142	175,469	
30T6-1 (Et) 3E	10,170	5,920	55,000	78,700	772,047	173,749	178,563
30T6-1 (Et) 4E	10,230	5,920	55,000	78,600	771,066	177,430	
30T6-1 (Et) 5E	9,890	5,970	55,000	79,200	776,952	181,846	



Şekil 4.8 Etek numunelerinin eğme dayancı grafiği.

4.3 DarbeDeneyi

ASTM D256-90b standardına göre yapılan darbe deneylerinde kullanılan numunelerin darbe dayançları Çizelge 4.9 (boyuna), 4.10 (enine) ve 4.11 (etek) olmak üzere verilmiştir. Sonuçların grafik ile gösterimi ise Şekil 4.9 (boyuna), 4.10 (enine) ve 4.11 (etek)'de yapılmıştır. Deneyde elde edilen veriler ile numunelerin darbe dayançları

$$a_{ou} = \frac{W}{b \cdot h} (kj/m^2) \quad (4.3)$$

eşitliğinden, W kırma işinin, (b ve h kırılan kesit alanın uzun ve kısa kenarları iken) kırılan kesit alanına bölünmesi ile bulunmuştur. Tüm darbe deneyleri boyuna, enine ve etek kısmından kesilerek hazırlanan numuneler ile yapılmıştır.



Çizelge 4.9a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a _{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m ²	
10T2-1 Bo 1D	10,310	2,060	62,000	0,130	6,121	
10T2-1 Bo 2D	9,470	2,050	62,000	0,150	7,727	
10T2-1 Bo 3D	9,440	2,050	62,000	0,120	6,201	6,212
10T2-1 Bo 4D	9,940	2,060	62,000	0,110	5,372	
10T2-1 Bo 5D	10,430	2,040	62,000	0,120	5,640	
10T3-1 Bo 1D	9,550	3,170	62,000	0,220	7,267	
10T3-1 Bo 2D	9,840	3,120	62,000	0,350	11,400	
10T3-1 Bo 3D	9,230	3,160	62,000	0,300	10,286	9,659
10T3-1 Bo 4D	10,630	3,110	62,000	0,340	10,285	
10T3-1 Bo 5D	10,450	3,170	62,000	0,300	9,056	
10T4-1 Bo 1D	10,210	4,220	62,000	0,520	12,069	
10T4-1 Bo 2D	8,690	4,220	62,000	0,530	14,453	
10T4-1 Bo 3D	9,610	4,220	62,000	0,530	13,069	12,234
10T4-1 Bo 4D	10,310	4,250	62,000	0,460	10,498	
10T4-1 Bo 5D	10,240	4,230	62,000	0,480	11,082	
10T5-1 Bo 1D	10,590	5,190	62,000	0,920	16,739	
10T5-1 Bo 2D	9,770	5,180	62,000	0,960	18,969	
10T5-1 Bo 3D	9,850	5,200	62,000	1,100	21,476	18,650
10T5-1 Bo 4D	9,380	5,170	62,000	0,880	18,146	
10T5-1 Bo 5D	9,640	5,210	62,000	0,900	17,920	
10T6-1 Bo 1D	9,260	6,190	62,000	1,540	26,867	
10T6-1 Bo 2D	10,200	6,170	62,000	1,500	23,834	
10T6-1 Bo 3D	10,370	6,210	62,000	1,780	27,641	26,875
10T6-1 Bo 4D	10,430	6,200	62,000	1,700	26,289	
10T6-1 Bo 5D	9,870	6,200	62,000	1,820	29,741	

Çizelge 4.9b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
15T2-1 Bo 1D	9,490	2,210	62,000	0,330	15,735	
15T2-1 Bo 2D	10,520	2,220	62,000	0,190	8,136	
15T2-1 Bo 3D	10,310	2,240	62,000	0,270	11,691	11,021
15T2-1 Bo 4D	9,260	2,250	62,000	0,200	9,599	
15T2-1 Bo 5D	8,980	2,240	62,000	0,200	9,943	
15T3-1 Bo 1D	10,220	3,170	62,000	0,390	12,038	
15T3-1 Bo 2D	9,790	3,150	62,000	0,580	18,808	
15T3-1 Bo 3D	11,130	3,150	62,000	0,340	9,698	14,488
15T3-1 Bo 4D	9,160	3,180	62,000	0,550	18,882	
15T3-1 Bo 5D	10,000	3,150	62,000	0,410	13,016	
15T4-1 Bo 1D	10,480	4,220	62,000	0,700	15,828	
15T4-1 Bo 2D	10,360	4,230	62,000	0,780	17,799	
15T4-1 Bo 3D	10,930	4,230	62,000	0,880	19,034	18,952
15T4-1 Bo 4D	10,100	4,220	62,000	0,820	19,239	
15T4-1 Bo 5D	9,560	4,210	62,000	0,920	22,859	
15T5-1 Bo 1D	9,210	5,220	62,000	1,300	27,040	
15T5-1 Bo 2D	10,220	5,260	62,000	1,410	26,229	
15T5-1 Bo 3D	9,950	5,260	62,000	1,320	25,221	26,258
15T5-1 Bo 4D	10,350	5,250	62,000	1,220	22,452	
15T5-1 Bo 5D	9,010	5,230	62,000	1,430	30,347	
15T6-1 Bo 1D	10,160	6,140	62,000	2,250	36,068	
15T6-1 Bo 2D	9,870	6,140	62,000	1,870	30,857	
15T6-1 Bo 3D	11,320	6,100	62,000	2,100	30,412	31,964
15T6-1 Bo 4D	10,870	6,120	62,000	2,040	30,665	
15T6-1 Bo 5D	11,060	6,110	62,000	2,150	31,816	

Çizelge 4.9c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.

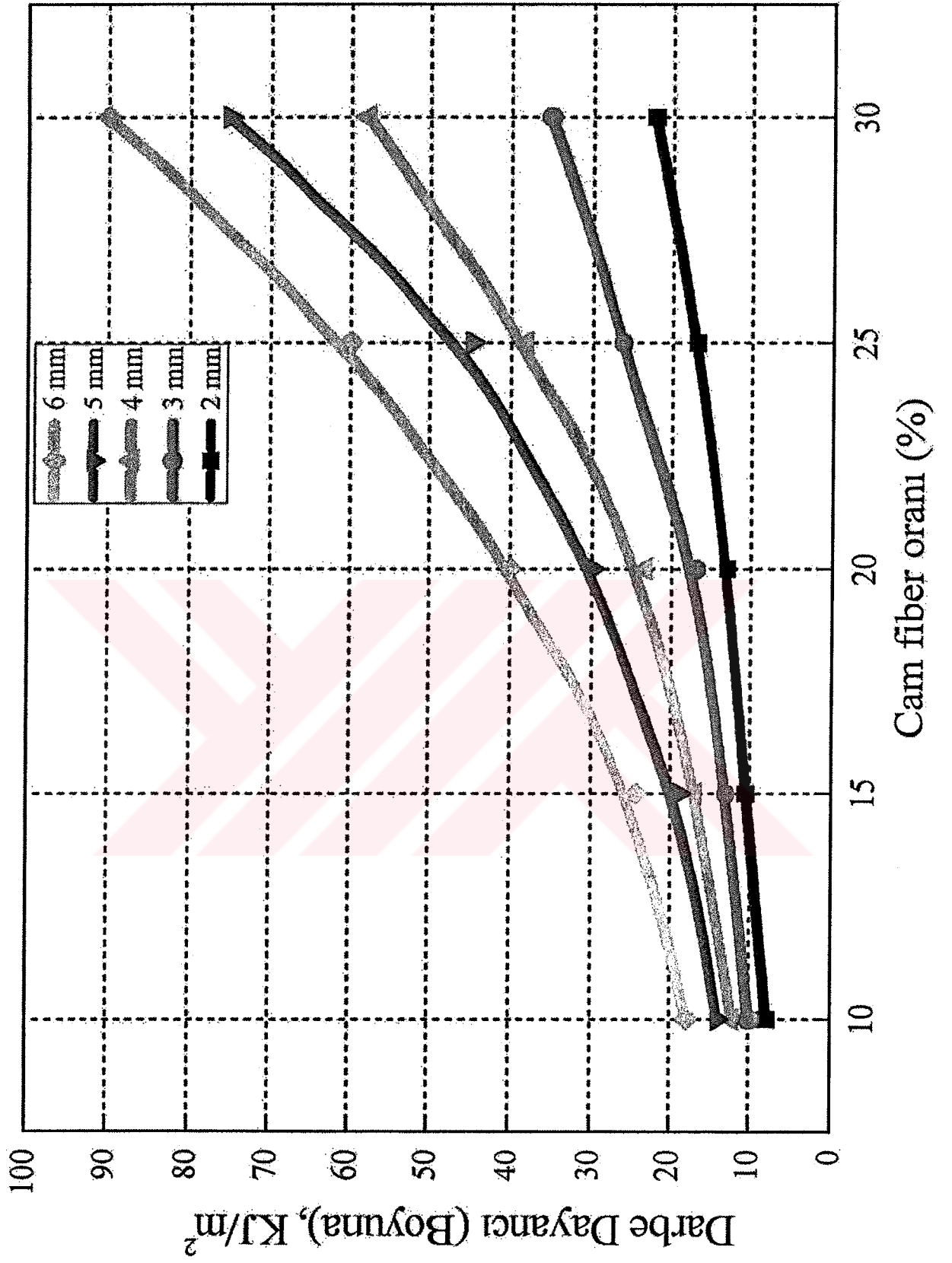
Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a _{oU}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m ²	
20T2-1 Bo 1D	9,160	2,130	62,000	0,340	17,426	
20T2-1 Bo 2D	10,410	2,160	62,000	0,420	18,679	
20T2-1 Bo 3D	9,720	2,120	62,000	0,340	16,500	15,897
20T2-1 Bo 4D	10,190	2,140	62,000	0,350	16,050	
20T2-1 Bo 5D	9,830	2,160	62,000	0,230	10,832	
20T3-1 Bo 1D	9,920	3,430	62,000	0,590	17,340	
20T3-1 Bo 2D	10,950	3,480	62,000	0,850	22,306	
20T3-1 Bo 3D	10,350	3,440	62,000	0,610	17,133	19,314
20T3-1 Bo 4D	10,040	3,400	62,000	0,650	19,041	
20T3-1 Bo 5D	9,160	3,420	62,000	0,650	20,749	
20T4-1 Bo 1D	9,410	4,270	62,000	1,120	27,874	
20T4-1 Bo 2D	10,340	4,300	62,000	1,140	25,640	
20T4-1 Bo 3D	10,270	4,300	62,000	0,900	20,380	26,214
20T4-1 Bo 4D	10,140	4,250	62,000	1,250	29,006	
20T4-1 Bo 5D	9,860	4,320	62,000	1,200	28,172	
20T5-1 Bo 1D	10,380	5,320	62,000	1,820	32,958	
20T5-1 Bo 2D	10,150	5,290	62,000	1,790	33,337	
20T5-1 Bo 3D	9,820	5,320	62,000	1,850	35,412	33,449
20T5-1 Bo 4D	10,660	5,310	62,000	1,880	33,213	
20T5-1 Bo 5D	11,070	5,310	62,000	1,900	32,323	
20T6-1 Bo 1D	10,160	6,227	62,000	2,520	39,832	
20T6-1 Bo 2D	9,760	6,240	62,000	2,410	39,572	
20T6-1 Bo 3D	9,790	6,220	62,000	2,540	41,712	40,353
20T6-1 Bo 4D	10,480	6,220	62,000	2,640	40,500	
20T6-1 Bo 5D	9,220	6,240	62,000	2,310	40,151	

Çizelge 4.9d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a _{ou}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m ²	
25T2-1 Bo 1D	8,480	3,270	62,000	0,560	20,195	
25T2-1 Bo 2D	10,630	3,370	62,000	0,710	19,820	
25T2-1 Bo 3D	9,590	3,350	62,000	0,620	19,299	20,653
25T2-1 Bo 4D	10,340	3,340	62,000	0,850	24,612	
25T2-1 Bo 5D	9,570	3,350	62,000	0,620	19,339	
25T3-1 Bo 1D	8,420	3,540	62,000	1,060	35,562	
25T3-1 Bo 2D	9,330	3,550	62,000	0,950	28,682	
25T3-1 Bo 3D	11,000	3,570	62,000	0,920	23,428	29,131
25T3-1 Bo 4D	10,370	3,560	62,000	0,960	26,004	
25T3-1 Bo 5D	10,190	3,560	62,000	1,160	31,977	
25T4-1 Bo 1D	10,320	4,250	62,000	1,590	36,252	
25T4-1 Bo 2D	10,490	4,230	62,000	1,690	38,086	
25T4-1 Bo 3D	9,560	4,250	62,000	1,580	38,888	39,566
25T4-1 Bo 4D	9,820	4,200	62,000	1,650	40,006	
25T4-1 Bo 5D	9,860	4,230	62,000	1,860	44,596	
25T5-1 Bo 1D	10,130	5,160	62,000	2,380	45,532	
25T5-1 Bo 2D	10,300	5,170	62,000	2,530	47,511	
25T5-1 Bo 3D	9,950	5,190	62,000	2,540	49,186	47,232
25T5-1 Bo 4D	10,280	5,170	62,000	2,440	45,910	
25T5-1 Bo 5D	10,210	5,160	62,000	2,530	48,023	
25T6-1 Bo 1D	10,280	6,050	62,000	3,720	59,813	
25T6-1 Bo 2D	10,210	6,050	62,000	3,480	56,338	
25T6-1 Bo 3D	9,770	6,110	62,000	3,220	53,941	58,589
25T6-1 Bo 4D	10,570	6,070	62,000	3,780	58,915	
25T6-1 Bo 5D	9,830	6,030	62,000	3,790	63,939	

Çizelge 4.9e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U. l (mm)	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)		J	kJ/m^2	
30T2-1 Bo 1D	9,580	3,340	62,000	1,170	36,566	
30T2-1 Bo 2D	8,840	3,320	62,000	0,940	32,029	
30T2-1 Bo 3D	8,010	3,350	62,000	1,140	42,484	37,541
30T2-1 Bo 4D	9,000	3,340	62,000	1,130	37,591	
30T2-1 Bo 5D	8,770	3,330	62,000	1,140	39,036	
30T3-1 Bo 1D	10,190	3,540	62,000	1,520	42,137	
30T3-1 Bo 2D	8,550	3,540	62,000	1,470	48,568	
30T3-1 Bo 3D	9,110	3,530	62,000	1,490	46,333	48,328
30T3-1 Bo 4D	8,930	3,550	62,000	1,590	50,155	
30T3-1 Bo 5D	7,990	3,540	62,000	1,540	54,447	
30T4-1 Bo 1D	9,840	4,150	62,000	2,640	64,649	
30T4-1 Bo 2D	10,260	4,170	62,000	2,460	57,498	
30T4-1 Bo 3D	9,790	4,170	62,000	2,450	60,013	62,367
30T4-1 Bo 4D	9,820	4,170	62,000	2,740	66,912	
30T4-1 Bo 5D	10,750	4,150	62,000	2,800	62,763	
30T5-1 Bo 1D	10,340	5,190	62,000	3,540	65,965	
30T5-1 Bo 2D	10,250	5,100	62,000	3,670	70,206	
30T5-1 Bo 3D	9,960	5,190	62,000	3,790	73,318	71,695
30T5-1 Bo 4D	10,520	5,120	62,000	3,860	71,664	
30T5-1 Bo 5D	10,210	5,130	62,000	4,050	77,324	
30T6-1 Bo 1D	9,850	6,210	62,000	5,460	89,262	
30T6-1 Bo 2D	10,720	6,280	62,000	5,340	79,321	
30T6-1 Bo 3D	10,690	6,260	62,000	5,280	78,901	85,196
30T6-1 Bo 4D	9,610	6,220	62,000	5,450	91,176	
30T6-1 Bo 5D	10,200	6,220	62,000	5,540	87,321	



Şekil 4.9 Boyuna numunelerin darbe dayancı grafiği.

Çizelge 4.10a % 10 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U. l (mm)	Kırma (W) J	a _{0U} kJ/m ²	Ortalama
	b (mm)	h (mm)				
10T2-1 En 1D	10,130	2,120	62,000	0,150	6,985	
10T2-1 En 2D	8,870	2,140	62,000	0,090	4,741	
10T2-1 En 3D	9,520	2,150	62,000	0,120	5,863	5,918
10T2-1 En 4D	9,940	2,160	62,000	0,120	5,589	
10T2-1 En 5D	10,200	2,140	62,000	0,140	6,414	
10T3-1 En 1D	9,830	3,130	62,000	0,220	7,150	
10T3-1 En 2D	10,110	3,170	62,000	0,260	8,113	
10T3-1 En 3D	10,190	3,200	62,000	0,230	7,053	7,712
10T3-1 En 4D	10,140	3,170	62,000	0,290	9,022	
10T3-1 En 5D	10,050	3,170	62,000	0,230	7,219	
10T4-1 En 1D	10,610	4,120	62,000	0,450	10,294	
10T4-1 En 2D	9,260	4,180	62,000	0,480	12,401	
10T4-1 En 3D	9,950	4,170	62,000	0,520	12,533	10,963
10T4-1 En 4D	10,160	4,180	62,000	0,440	10,361	
10T4-1 En 5D	10,210	4,140	62,000	0,390	9,227	
10T5-1 En 1D	9,600	5,050	62,000	0,750	15,470	
10T5-1 En 2D	9,730	5,080	62,000	0,830	16,792	
10T5-1 En 3D	9,930	5,050	62,000	0,840	16,751	15,392
10T5-1 En 4D	9,470	5,070	62,000	0,650	13,538	
10T5-1 En 5D	9,620	5,050	62,000	0,700	14,409	
10T6-1 En 1D	10,290	6,220	62,000	1,320	20,624	
10T6-1 En 2D	9,420	6,170	62,000	1,280	22,023	
10T6-1 En 3D	9,860	6,180	62,000	1,060	17,396	19,930
10T6-1 En 4D	10,410	6,200	62,000	1,250	19,367	
10T6-1 En 5D	9,880	6,200	62,000	1,240	20,243	

Çizelge 4.10b % 15 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U. l (mm)	Kırma (W) J	a _{0U} kJ/m ²	Ortalama
	b (mm)	h (mm)				
15T2-1 En 1D	10,280	2,110	62,000	0,150	6,915	
15T2-1 En 2D	10,160	2,140	62,000	0,120	5,519	
15T2-1 En 3D	10,320	2,140	62,000	0,170	7,698	6,964
15T2-1 En 4D	9,250	2,140	62,000	0,180	9,093	
15T2-1 En 5D	9,980	2,150	62,000	0,120	5,593	
15T3-1 En 1D	8,960	3,070	62,000	0,310	11,270	
15T3-1 En 2D	10,120	3,030	62,000	0,250	8,153	
15T3-1 En 3D	10,060	3,020	62,000	0,310	10,204	10,031
15T3-1 En 4D	9,620	3,070	62,000	0,330	11,174	
15T3-1 En 5D	10,100	3,070	62,000	0,290	9,353	
15T4-1 En 1D	10,200	4,190	62,000	0,640	14,975	
15T4-1 En 2D	9,830	4,210	62,000	0,690	16,673	
15T4-1 En 3D	11,120	4,210	62,000	0,560	11,962	14,230
15T4-1 En 4D	10,160	4,220	62,000	0,530	12,361	
15T4-1 En 5D	9,860	4,210	62,000	0,630	15,177	
15T5-1 En 1D	9,740	5,020	62,000	0,850	17,384	
15T5-1 En 2D	9,890	5,060	62,000	0,960	19,183	
15T5-1 En 3D	10,270	5,050	62,000	0,980	18,896	19,633
15T5-1 En 4D	10,310	5,050	62,000	1,090	20,935	
15T5-1 En 5D	9,500	5,030	62,000	1,040	21,764	
15T6-1 En 1D	9,660	6,170	62,000	1,470	24,664	
15T6-1 En 2D	10,300	6,120	62,000	1,430	22,685	
15T6-1 En 3D	10,940	6,120	62,000	1,410	21,060	22,515
15T6-1 En 4D	10,220	6,120	62,000	1,360	21,744	
15T6-1 En 5D	10,090	6,100	62,000	1,380	22,421	

Çizelge 4.10c % 20 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.

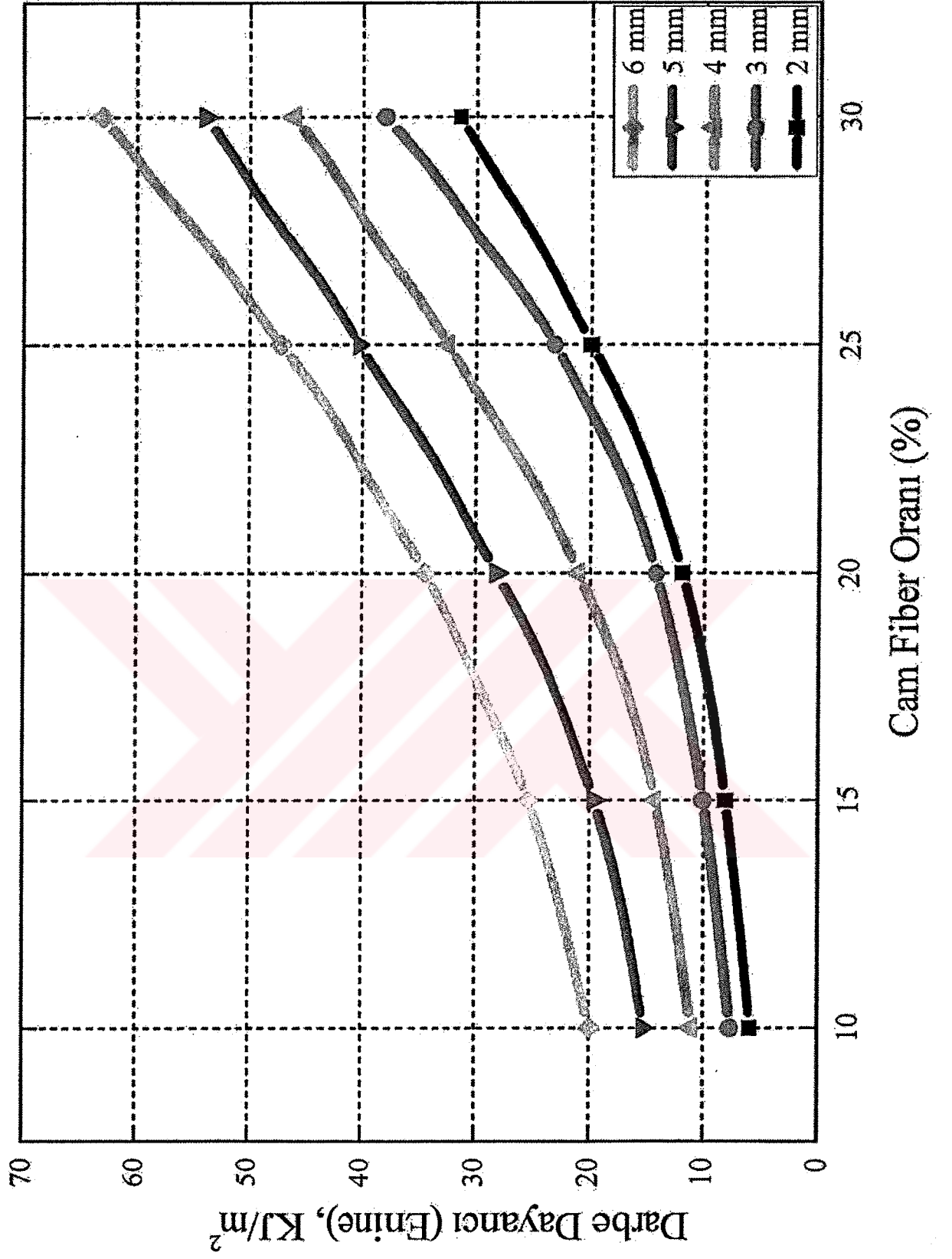
Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
20T2-1 En 1D	9,380	2,060	62,000	0,260	13,456	
20T2-1 En 2D	9,160	2,060	62,000	0,200	10,599	11,879
20T2-1 En 3D	9,820	2,100	62,000	0,280	13,578	11,879
20T2-1 En 4D	10,220	2,090	62,000	0,190	8,895	
20T2-1 En 5D	9,810	2,060	62,000	0,260	12,866	
20T3-1 En 1D	9,480	3,230	62,000	0,500	16,329	
20T3-1 En 2D	9,720	3,220	62,000	0,440	14,058	14,255
20T3-1 En 3D	10,110	3,240	62,000	0,480	14,654	14,254
20T3-1 En 4D	10,240	3,220	62,000	0,390	11,828	
20T3-1 En 5D	9,920	3,220	62,000	0,460	14,401	
20T4-1 En 1D	10,230	4,170	62,000	0,950	22,270	
20T4-1 En 2D	9,790	4,210	62,000	0,820	19,895	21,330
20T4-1 En 3D	9,860	4,210	62,000	0,910	21,922	21,331
20T4-1 En 4D	9,940	4,200	62,000	0,840	20,121	
20T4-1 En 5D	9,840	4,210	62,000	0,930	22,449	
20T5-1 En 1D	9,920	5,220	62,000	1,530	29,547	
20T5-1 En 2D	10,140	5,200	62,000	1,520	28,827	28,253
20T5-1 En 3D	10,050	5,230	62,000	1,450	27,587	28,253
20T5-1 En 4D	9,940	5,220	62,000	1,420	27,367	
20T5-1 En 5D	10,080	5,220	62,000	1,470	27,937	
20T6-1 En 1D	9,370	6,110	62,000	1,940	33,886	
20T6-1 En 2D	10,330	6,140	62,000	2,200	34,686	35,659
20T6-1 En 3D	9,910	6,110	62,000	2,220	36,664	35,659
20T6-1 En 4D	10,300	6,160	62,000	2,210	34,832	
20T6-1 En 5D	9,590	6,110	62,000	2,240	38,229	

Çizelge 4.10d % 25 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
25T2-1 En 1D	10,480	2,250	62,000	0,470	19,932	
25T2-1 En 2D	9,690	2,270	62,000	0,450	20,458	
25T2-1 En 3D	9,660	2,250	62,000	0,450	20,704	19,991
25T2-1 En 4D	10,190	2,210	62,000	0,390	17,318	
25T2-1 En 5D	10,110	2,250	62,000	0,490	21,541	
25T3-1 En 1D	9,590	3,220	62,000	0,730	23,640	
25T3-1 En 2D	10,380	3,280	62,000	0,710	20,854	
25T3-1 En 3D	9,860	3,270	62,000	0,740	22,951	23,321
25T3-1 En 4D	9,530	3,270	62,000	0,804	25,800	
25T3-1 En 5D	9,980	3,260	62,000	0,760	23,360	
25T4-1 En 1D	10,260	4,200	62,000	1,430	33,185	
25T4-1 En 2D	9,490	4,210	62,000	1,410	35,292	
25T4-1 En 3D	9,960	4,240	62,000	1,290	30,547	32,644
25T4-1 En 4D	10,270	4,210	62,000	1,340	30,992	
25T4-1 En 5D	9,800	4,210	62,000	1,370	33,206	
25T5-1 En 1D	10,230	5,110	62,000	2,150	41,128	
25T5-1 En 2D	10,330	5,120	62,000	2,210	41,785	
25T5-1 En 3D	10,140	5,150	62,000	2,050	39,256	41,273
25T5-1 En 4D	9,750	5,140	62,000	2,140	42,702	
25T5-1 En 5D	9,800	5,140	62,000	2,090	41,491	
25T6-1 En 1D	9,080	6,110	62,000	3,120	56,238	
25T6-1 En 2D	10,130	6,090	62,000	3,190	51,709	
25T6-1 En 3D	10,590	6,100	62,000	3,280	50,775	53,202
25T6-1 En 4D	9,340	6,090	62,000	2,970	52,215	
25T6-1 En 5D	9,690	6,090	62,000	3,250	55,073	

Çizelge 4.10e % 30 cam fiber içeren enine numunelerin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
30T2-1 En 1D	9,590	2,020	62,000	0,630	32,522	
30T2-1 En 2D	8,850	2,060	62,000	0,580	31,814	
30T2-1 En 3D	9,060	2,040	62,000	0,510	27,594	31,555
30T2-1 En 4D	9,050	2,060	62,000	0,660	35,402	
30T2-1 En 5D	8,770	2,060	62,000	0,550	30,444	
30T3-1 En 1D	10,190	3,190	62,000	1,120	34,455	
30T3-1 En 2D	8,580	3,140	62,000	1,050	38,974	
30T3-1 En 3D	9,050	3,190	62,000	1,040	36,024	38,037
30T3-1 En 4D	8,930	3,150	62,000	1,090	38,749	
30T3-1 En 5D	7,990	3,190	62,000	1,070	41,980	
30T4-1 En 1D	9,830	4,210	62,000	2,100	50,744	
30T4-1 En 2D	10,250	4,270	62,000	2,030	46,381	
30T4-1 En 3D	9,790	4,230	62,000	1,920	46,364	46,159
30T4-1 En 4D	9,810	4,230	62,000	1,850	44,582	
30T4-1 En 5D	10,730	4,210	62,000	1,930	42,724	
30T5-1 En 1D	10,340	5,070	62,000	2,770	52,839	
30T5-1 En 2D	10,250	5,100	62,000	2,900	55,476	
30T5-1 En 3D	9,940	5,120	62,000	2,840	55,804	54,053
30T5-1 En 4D	10,520	5,120	62,000	2,790	51,799	
30T5-1 En 5D	10,230	5,090	62,000	2,830	54,349	
30T6-1 En 1D	9,850	6,150	62,000	3,940	65,041	
30T6-1 En 2D	10,720	6,180	62,000	4,020	60,680	
30T6-1 En 3D	10,690	6,160	62,000	4,130	62,718	65,125
30T6-1 En 4D	9,610	6,150	62,000	4,220	71,403	
30T6-1 En 5D	10,200	6,140	62,000	4,120	65,785	



Şekil 4.10 Enine numunelerin darbe dayancı grafiği.

Çizelge 4.11a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)		Ortalama
	b (mm)	h (mm)		J	a_{0U} kJ/m ²	
10T2-1 (Et) 1D	9,990	2,090	62,000	0,080	3,832	
10T2-1 (Et) 2D	9,840	2,090	62,000	0,080	3,890	
10T2-1 (Et) 3D	9,360	2,060	62,000	0,100	5,186	3,954
10T2-1 (Et) 4D	10,020	2,060	62,000	0,060	2,907	
10T2-1 (Et) 5D	9,770	2,070	62,000	0,080	3,956	
10T3-1 (Et) 1D	11,190	3,210	62,000	0,180	5,011	
10T3-1 (Et) 2D	9,570	3,160	62,000	0,200	6,613	
10T3-1 (Et) 3D	10,050	3,200	62,000	0,170	5,286	5,503
10T3-1 (Et) 4D	9,930	3,150	62,000	0,150	4,795	
10T3-1 (Et) 5D	9,120	3,210	62,000	0,170	5,807	
10T4-1 (Et) 1D	9,980	4,150	62,000	0,310	7,485	
10T4-1 (Et) 2D	10,260	4,130	62,000	0,290	6,844	
10T4-1 (Et) 3D	9,790	4,150	62,000	0,250	6,153	7,050
10T4-1 (Et) 4D	9,810	4,130	62,000	0,300	7,405	
10T4-1 (Et) 5D	10,750	4,170	62,000	0,330	7,362	
10T5-1 (Et) 1D	10,160	5,020	62,000	0,480	9,411	
10T5-1 (Et) 2D	9,760	5,060	62,000	0,460	9,314	
10T5-1 (Et) 3D	9,350	5,050	62,000	0,390	8,260	8,795
10T5-1 (Et) 4D	10,840	5,060	62,000	0,490	8,933	
10T5-1 (Et) 5D	10,060	5,060	62,000	0,410	8,054	
10T6-1 (Et) 1D	9,930	6,290	62,000	0,720	11,527	
10T6-1 (Et) 2D	10,050	6,230	62,000	0,680	10,861	
10T6-1 (Et) 3D	9,880	6,240	62,000	0,640	10,381	11,457
10T6-1 (Et) 4D	9,720	6,240	62,000	0,780	12,860	
10T6-1 (Et) 5D	10,020	6,250	62,000	0,730	11,657	

Çizelge 4.11b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{oU}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
15T2-1 (Et) 1D	8,480	2,150	62,000	0,140	7,679	
15T2-1 (Et) 2D	10,580	2,160	62,000	0,120	5,251	
15T2-1 (Et) 3D	9,590	2,180	62,000	0,110	5,262	5,208
15T2-1 (Et) 4D	10,340	2,190	62,000	0,080	3,533	
15T2-1 (Et) 5D	9,570	2,180	62,000	0,090	4,314	
15T3-1 (Et) 1D	8,430	3,150	62,000	0,220	8,285	
15T3-1 (Et) 2D	9,330	3,150	62,000	0,230	7,826	
15T3-1 (Et) 3D	11,000	3,150	62,000	0,240	6,926	7,830
15T3-1 (Et) 4D	10,370	3,130	62,000	0,250	7,702	
15T3-1 (Et) 5D	10,190	3,150	62,000	0,270	8,412	
15T4-1 (Et) 1D	10,220	4,030	62,000	0,380	9,226	
15T4-1 (Et) 2D	10,290	4,040	62,000	0,350	8,419	
15T4-1 (Et) 3D	9,860	4,040	62,000	0,380	9,539	9,325
15T4-1 (Et) 4D	9,820	4,030	62,000	0,370	9,349	
15T4-1 (Et) 5D	9,860	4,020	62,000	0,400	10,092	
15T5-1 (Et) 1D	9,300	5,140	62,000	0,620	12,970	
15T5-1 (Et) 2D	10,330	5,180	62,000	0,590	11,026	
15T5-1 (Et) 3D	9,850	5,180	62,000	0,630	12,347	12,213
15T5-1 (Et) 4D	10,420	5,170	62,000	0,630	11,695	
15T5-1 (Et) 5D	9,690	5,150	62,000	0,650	13,025	
15T6-1 (Et) 1D	10,360	6,220	62,000	0,980	15,208	
15T6-1 (Et) 2D	10,250	6,220	62,000	0,940	14,744	
15T6-1 (Et) 3D	9,970	6,180	62,000	1,060	17,204	15,961
15T6-1 (Et) 4D	10,530	6,200	62,000	1,050	16,083	
15T6-1 (Et) 5D	10,240	6,190	62,000	1,050	16,565	

Çizelge 4.11c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.

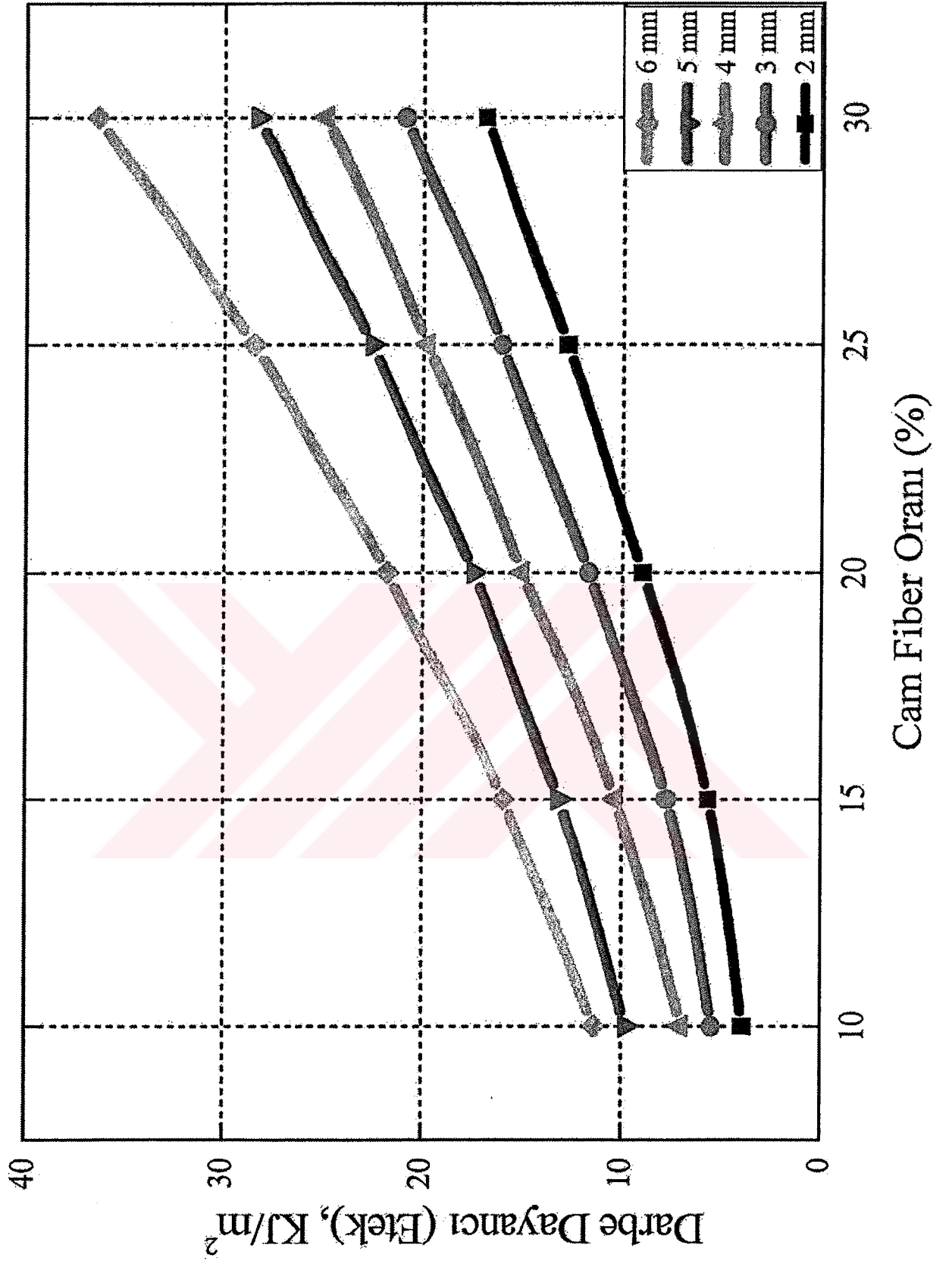
Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a _{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m ²	
20T2-1 (Et) 1D	9,540	2,130	62,000	0,190	9,350	
20T2-1 (Et) 2D	10,470	2,160	62,000	0,180	7,959	
20T2-1 (Et) 3D	10,310	2,120	62,000	0,260	11,895	11,029
20T2-1 (Et) 4D	9,330	2,140	62,000	0,240	12,020	
20T2-1 (Et) 5D	8,980	2,160	62,000	0,270	13,920	
20T3-1 (Et) 1D	10,220	3,300	62,000	0,440	13,046	
20T3-1 (Et) 2D	9,790	3,250	62,000	0,410	12,886	
20T3-1 (Et) 3D	11,200	3,260	62,000	0,360	9,860	12,060
20T3-1 (Et) 4D	9,320	3,260	62,000	0,380	12,507	
20T3-1 (Et) 5D	10,000	3,250	62,000	0,390	12,000	
20T4-1 (Et) 1D	10,490	4,070	62,000	0,640	14,990	
20T4-1 (Et) 2D	10,360	4,030	62,000	0,620	14,850	
20T4-1 (Et) 3D	10,680	4,030	62,000	0,610	14,173	14,967
20T4-1 (Et) 4D	10,100	4,050	62,000	0,630	15,402	
20T4-1 (Et) 5D	9,560	4,070	62,000	0,600	15,421	
20T5-1 (Et) 1D	10,340	5,120	62,000	0,870	16,433	
20T5-1 (Et) 2D	10,160	5,130	62,000	0,910	17,459	
20T5-1 (Et) 3D	10,120	5,120	62,000	0,840	16,212	16,556
20T5-1 (Et) 4D	10,030	5,120	62,000	0,860	16,747	
20T5-1 (Et) 5D	9,950	5,110	62,000	0,810	15,931	
20T6-1 (Et) 1D	10,260	6,190	62,000	1,320	20,784	
20T6-1 (Et) 2D	9,750	6,130	62,000	1,340	22,420	
20T6-1 (Et) 3D	10,180	6,170	62,000	1,360	21,652	21,881
20T6-1 (Et) 4D	10,090	6,170	62,000	1,410	22,649	
20T6-1 (Et) 5D	9,770	6,170	62,000	1,320	21,897	

Çizelge 4.11d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a_{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m^2	
25T2-1 (Et) 1D	9,470	2,170	62,000	0,290	14,112	
25T2-1 (Et) 2D	10,130	2,160	62,000	0,310	14,168	
25T2-1 (Et) 3D	9,740	2,160	62,000	0,280	13,309	14,251
25T2-1 (Et) 4D	10,190	2,160	62,000	0,320	14,539	
25T2-1 (Et) 5D	9,840	2,150	62,000	0,320	15,126	
25T3-1 (Et) 1D	9,920	3,030	62,000	0,530	17,633	
25T3-1 (Et) 2D	10,910	3,030	62,000	0,580	17,545	
25T3-1 (Et) 3D	10,350	3,030	62,000	0,520	16,581	17,392
25T3-1 (Et) 4D	10,040	3,050	62,000	0,550	17,961	
25T3-1 (Et) 5D	9,100	3,060	62,000	0,480	17,238	
25T4-1 (Et) 1D	9,310	4,200	62,000	0,800	20,459	
25T4-1 (Et) 2D	10,360	4,230	62,000	0,930	21,222	
25T4-1 (Et) 3D	10,270	4,250	62,000	0,890	20,391	20,499
25T4-1 (Et) 4D	10,140	4,230	62,000	0,870	20,283	
25T4-1 (Et) 5D	9,860	4,230	62,000	0,840	20,140	
25T5-1 (Et) 1D	9,820	5,210	62,000	1,320	25,800	
25T5-1 (Et) 2D	10,630	5,210	62,000	1,410	25,459	
25T5-1 (Et) 3D	11,060	5,230	62,000	1,460	25,240	25,699
25T5-1 (Et) 4D	10,260	5,190	62,000	1,380	25,916	
25T5-1 (Et) 5D	10,210	5,220	62,000	1,390	26,081	
25T6-1 (Et) 1D	9,970	6,120	62,000	1,790	29,336	
15T6-1 (Et) 2D	10,280	6,120	62,000	1,870	29,723	
25T6-1 (Et) 3D	9,210	6,100	62,000	1,710	30,437	29,603
25T6-1 (Et) 4D	10,170	6,090	62,000	1,830	29,547	
25T6-1 (Et) 5D	9,830	6,110	62,000	1,740	28,970	

Çizelge 4.11e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin darbe deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		M.A.U.	Kırma (W)	a _{0U}	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	l (mm)	J	kJ/m ²	
30T2-1 (Et) 1D	10,370	2,050	62,000	0,360	16,934	
30T2-1 (Et) 2D	9,640	2,050	62,000	0,330	16,699	
30T2-1 (Et) 3D	9,360	2,040	62,000	0,320	16,759	16,670
30T2-1 (Et) 4D	9,920	2,050	62,000	0,320	15,736	
30T2-1 (Et) 5D	10,430	2,060	62,000	0,370	17,221	
30T3-1 (Et) 1D	9,580	3,220	62,000	0,620	20,099	
30T3-1 (Et) 2D	9,870	3,210	62,000	0,620	19,569	
30T3-1 (Et) 3D	9,290	3,210	62,000	0,590	19,785	20,933
30T3-1 (Et) 4D	10,640	3,210	62,000	0,750	21,959	
30T3-1 (Et) 5D	10,450	3,210	62,000	0,780	23,253	
30T4-1 (Et) 1D	10,210	4,100	62,000	0,940	22,455	
30T4-1 (Et) 2D	8,690	4,130	62,000	1,050	29,256	
30T4-1 (Et) 3D	9,610	4,150	62,000	0,970	24,322	24,895
30T4-1 (Et) 4D	10,320	4,150	62,000	1,110	25,918	
30T4-1 (Et) 5D	10,270	4,150	62,000	0,960	22,524	
30T5-1 (Et) 1D	10,220	5,020	62,000	1,470	28,653	
30T5-1 (Et) 2D	9,840	5,060	62,000	1,460	29,323	
30T5-1 (Et) 3D	10,070	5,060	62,000	1,350	26,494	28,444
30T5-1 (Et) 4D	10,120	5,060	62,000	1,500	29,293	
30T5-1 (Et) 5D	9,870	5,020	62,000	1,410	28,458	
30T6-1 (Et) 1D	9,260	6,110	62,000	2,020	35,703	
30T6-1 (Et) 2D	9,850	6,130	62,000	2,240	37,098	
30T6-1 (Et) 3D	9,770	6,130	62,000	2,140	35,732	36,403
30T6-1 (Et) 4D	9,640	6,150	62,000	2,170	36,602	
30T6-1 (Et) 5D	9,820	6,130	62,000	2,220	36,879	



Şekil 4.11 Etek numunelerinin darbe dayancı grafiği.

4.4 Çekme Deneyi

ISO 2818'ye göre çıkarılan numuneler üzerinde çekme deneyleri yapılmıştır. Deneyler ASTM D 638M'ye göre yapılmıştır. Deney parçası boyutları Ek-1'de, deney verileri ise çizelge 4.12 (boyuna), 4.13 (enine) ve 4.14 (etek) olarak verilmiştir. Deney sonuçları ile ilgili grafikler boyuna, enine ve etek olmak üzere sırası ile Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14'te verilmiştir. Deneyde çekme hızı 10 mm/d seçilmiştir. Elde edilen maksimum yük, çubuğun etkidiği ilk kesit alanına bölünerek

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} \quad (4.4)$$

eşitliğinden çekme dayancı hesaplanmıştır. Eşitlikte Fmax yük (N) ve A kesit alan (mm²)'dir. Numuneler şekil dekupaj testere ile kesildikten sonra dar kısım genişliğinin elde etmek amacı ile 5'li gruplar halinde frezede işlenmiştir.



Çizelge 4.12a % 10 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
10T2-1 Bo 1Ç	10,180	2,030	32,600	319,806	15,475	
10T2-1 Bo 2Ç	10,180	2,060	34,200	335,502	15,999	
10T2-1 Bo 3Ç	10,160	2,060	29,800	292,338	13,968	15,136
10T2-1 Bo 4Ç	10,180	2,030	34,700	340,407	16,472	
10T2-1 Bo 5Ç	10,150	2,050	29,200	286,452	13,767	
10T3-1 Bo 1Ç	10,160	3,200	65,800	645,498	19,854	
10T3-1 Bo 2Ç	10,160	3,230	67,300	660,213	20,118	
10T3-1 Bo 3Ç	10,160	3,270	63,500	622,935	18,750	19,847
10T3-1 Bo 4Ç	10,150	3,240	68,700	673,947	20,493	
10T3-1 Bo 5Ç	10,160	3,270	67,800	665,118	20,020	
10T4-1 Bo 1Ç	10,220	4,150	89,300	876,033	20,655	
10T4-1 Bo 2Ç	10,220	4,170	96,800	949,608	22,282	
10T4-1 Bo 3Ç	10,190	4,170	96,900	950,589	22,371	22,148
10T4-1 Bo 4Ç	10,220	4,170	98,200	963,342	22,604	
10T4-1 Bo 5Ç	10,180	4,150	98,300	964,323	22,826	
10T5-1 Bo 1Ç	10,160	5,210	131,400	1289,034	24,352	
10T5-1 Bo 2Ç	10,200	5,190	132,700	1301,787	24,591	
10T5-1 Bo 3Ç	10,170	5,220	135,200	1326,312	24,984	24,392
10T5-1 Bo 4Ç	10,200	5,220	130,100	1276,281	23,970	
10T5-1 Bo 5Ç	10,200	5,220	130,600	1281,186	24,063	
10T6-1 Bo 1Ç	9,970	6,150	181,700	1782,477	29,071	
10T6-1 Bo 2Ç	9,940	6,150	182,600	1791,306	29,303	
10T6-1 Bo 3Ç	9,970	6,130	175,900	1725,579	28,263	28,727
10T6-1 Bo 4Ç	9,970	6,150	178,600	1752,066	28,575	

10T6-1 Bo 5Ç	9,960	6,130	176,900	1735,389	28,423	
--------------	-------	-------	---------	----------	--------	--

Çizelge 4.12b % 15 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 Bo 1Ç	9,860	2,230	40,200	394,362	17,935	
15T2-1 Bo 2Ç	9,830	2,260	38,400	376,704	16,957	
15T2-1 Bo 3Ç	9,850	2,260	34,300	336,483	15,115	16,626
15T2-1 Bo 4Ç	9,860	2,200	38,300	375,723	17,321	
15T2-1 Bo 5Ç	9,850	2,250	35,700	350,217	15,802	
15T3-1 Bo 1Ç	10,120	3,180	70,300	689,643	21,430	
15T3-1 Bo 2Ç	10,150	3,150	69,500	681,795	21,324	
15T3-1 Bo 3Ç	10,140	3,170	76,500	750,465	23,347	22,496
15T3-1 Bo 4Ç	10,150	3,140	75,800	743,598	23,331	
15T3-1 Bo 5Ç	10,110	3,170	75,300	738,693	23,049	
15T4-1 Bo 1Ç	10,230	4,160	108,600	1065,366	25,034	
15T4-1 Bo 2Ç	10,200	4,230	111,300	1091,853	25,306	
15T4-1 Bo 3Ç	10,230	4,230	105,700	1036,917	23,962	24,601
15T4-1 Bo 4Ç	10,220	4,250	104,100	1021,221	23,511	
15T4-1 Bo 5Ç	10,200	4,230	110,800	1086,948	25,192	
15T5-1 Bo 1Ç	10,050	5,180	148,500	1456,785	27,983	
15T5-1 Bo 2Ç	10,010	5,160	154,400	1514,664	29,325	
15T5-1 Bo 3Ç	10,020	5,190	143,800	1410,678	27,126	28,150
15T5-1 Bo 4Ç	10,040	5,180	146,100	1433,241	27,559	
15T5-1 Bo 5Ç	10,010	5,160	151,400	1485,234	28,755	
15T6-1 Bo 1Ç	10,130	6,227	224,600	2203,326	34,929	
15T6-1 Bo 2Ç	10,170	6,240	225,200	2209,212	34,812	
15T6-1 Bo 3Ç	10,140	6,220	232,600	2281,806	36,178	35,200

15T6-1 Bo 4Ç	10,170	6,220	226,500	2221,965	35,126	
15T6-1 Bo 5Ç	10,160	6,240	225,900	2216,079	34,955	

Çizelge 4.12c % 20 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 Bo 1Ç	10,030	2,220	49,200	482,652	21,676	
20T2-1 Bo 2Ç	10,000	2,280	48,100	471,861	20,696	
20T2-1 Bo 3Ç	9,970	2,230	52,300	513,063	23,077	21,653
20T2-1 Bo 4Ç	10,040	2,170	49,800	488,538	22,424	
20T2-1 Bo 5Ç	10,030	2,230	46,500	456,165	20,395	
20T3-1 Bo 1Ç	10,080	3,170	88,200	865,242	27,078	
20T3-1 Bo 2Ç	10,120	3,180	79,100	775,971	24,112	
20T3-1 Bo 3Ç	10,100	3,170	92,500	907,425	28,342	27,329
20T3-1 Bo 4Ç	10,090	3,140	95,200	933,912	29,477	
20T3-1 Bo 5Ç	10,080	3,180	90,300	885,843	27,636	
20T4-1 Bo 1Ç	10,100	4,210	136,600	1340,046	31,515	
20T4-1 Bo 2Ç	10,110	4,230	135,500	1329,255	31,083	
20T4-1 Bo 3Ç	10,060	4,210	132,300	1297,863	30,644	31,051
20T4-1 Bo 4Ç	10,080	4,200	133,300	1307,673	30,888	
20T4-1 Bo 5Ç	10,110	4,190	134,400	1318,464	31,125	
20T5-1 Bo 1Ç	10,220	5,310	194,200	1905,102	35,105	
20T5-1 Bo 2Ç	10,190	5,290	195,100	1913,931	35,506	
20T5-1 Bo 3Ç	10,180	5,320	195,300	1915,893	35,376	35,404
20T5-1 Bo 4Ç	10,190	5,310	199,600	1958,076	36,188	
20T5-1 Bo 5Ç	10,190	5,310	192,200	1885,482	34,846	
20T6-1 Bo 1Ç	10,210	6,030	286,300	2808,603	45,619	
20T6-1 Bo 2Ç	10,160	6,100	282,700	2773,287	44,748	

20T6-1 Bo 3Ç	10,210	6,100	289,200	2837,052	45,552	45,159
20T6-1 Bo 4Ç	10,190	6,110	289,100	2836,071	45,551	
20T6-1 Bo 5Ç	10,210	6,100	281,400	2760,534	44,324	

Çizelge 4.12d % 25 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 Bo 1Ç	10,150	2,130	73,500	721,035	33,351	
25T2-1 Bo 2Ç	10,120	2,130	67,600	663,156	30,765	
25T2-1 Bo 3Ç	10,120	2,150	67,600	663,156	30,479	30,669
25T2-1 Bo 4Ç	10,120	2,140	64,500	632,745	29,217	
25T2-1 Bo 5Ç	10,120	2,150	65,500	642,555	29,532	
25T3-1 Bo 1Ç	10,020	3,210	113,500	1113,435	34,617	
25T3-1 Bo 2Ç	10,030	3,300	113,200	1110,492	33,551	
25T3-1 Bo 3Ç	10,020	3,260	120,400	1181,124	36,158	35,120
25T3-1 Bo 4Ç	9,970	3,300	121,000	1187,010	36,078	
25T3-1 Bo 5Ç	9,970	3,240	115,900	1136,979	35,198	
25T4-1 Bo 1Ç	10,080	4,270	184,600	1810,926	42,074	
25T4-1 Bo 2Ç	10,090	4,300	189,200	1856,052	42,779	
25T4-1 Bo 3Ç	10,100	4,300	187,700	1841,337	42,398	42,320
25T4-1 Bo 4Ç	10,100	4,250	189,500	1858,995	43,308	
25T4-1 Bo 5Ç	10,120	4,320	182,900	1794,249	41,041	
25T5-1 Bo 1Ç	9,990	5,110	265,900	2608,479	51,098	
25T5-1 Bo 2Ç	9,970	5,160	257,700	2528,037	49,140	
25T5-1 Bo 3Ç	9,950	5,140	258,800	2538,828	49,642	50,167
25T5-1 Bo 4Ç	9,950	5,140	261,600	2566,296	50,179	
25T5-1 Bo 5Ç	9,950	5,130	264,200	2591,802	50,776	
25T6-1 Bo 1Ç	10,110	6,120	398,700	3911,247	63,214	

25T6-1 Bo 2Ç	10,110	6,170	395,600	3880,836	62,214	
25T6-1 Bo 3Ç	10,100	6,150	419,500	4115,295	66,253	65,079
25T6-1 Bo 4Ç	10,060	6,120	422,600	4145,706	67,336	
25T6-1 Bo 5Ç	10,060	6,120	416,600	4086,846	66,380	

Çizelge 4.12e % 30 cam fiber içeren boyuna numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 Bo 1Ç	10,090	2,160	90,900	891,729	40,916	
30T2-1 Bo 2Ç	10,080	2,180	95,200	933,912	42,500	
30T2-1 Bo 3Ç	10,120	2,190	95,000	931,950	42,050	41,774
30T2-1 Bo 4Ç	10,120	2,160	91,500	897,615	41,063	
30T2-1 Bo 5Ç	10,130	2,150	94,000	922,140	42,340	
30T3-1 Bo 1Ç	10,000	3,270	158,900	1544,094	47,220	
30T3-1 Bo 2Ç	10,010	3,270	163,800	1606,878	49,091	
30T3-1 Bo 3Ç	10,010	3,260	162,500	1594,125	48,851	47,866
30T3-1 Bo 4Ç	10,030	3,230	157,400	1544,094	47,662	
30T3-1 Bo 5Ç	10,050	3,270	155,800	1528,398	46,507	
30T4-1 Bo 1Ç	10,170	4,090	255,400	2505,474	60,235	
30T4-1 Bo 2Ç	10,130	4,120	249,100	2443,671	58,551	
30T4-1 Bo 3Ç	10,120	4,120	272,300	2671,263	64,068	61,622
30T4-1 Bo 4Ç	10,120	4,150	268,700	2635,947	62,764	
30T4-1 Bo 5Ç	10,120	4,120	265,600	2605,536	62,491	
30T5-1 Bo 1Ç	9,900	5,010	428,900	4207,509	84,831	
30T5-1 Bo 2Ç	9,920	5,050	415,600	4077,036	81,384	
30T5-1 Bo 3Ç	9,950	5,010	419,700	4117,257	82,594	82,633
30T5-1 Bo 4Ç	9,960	5,040	419,500	4115,295	81,981	
30T5-1 Bo 5Ç	9,950	5,010	418,600	4106,466	82,377	

30T6-1 Bo 1Ç	10,130	5,930	593,700	5824,197	96,955	
30T6-1 Bo 2Ç	10,150	5,930	590,400	5791,824	96,226	
30T6-1 Bo 3Ç	10,170	5,880	592,700	5814,387	97,231	97,148
30T6-1 Bo 4Ç	10,170	5,920	603,200	5917,392	98,285	
30T6-1 Bo 5Ç	10,170	5,970	600,600	5891,886	97,042	





Şekil 4.12 Boyuna numunelerini çekme dayancı grafiği.

Çizelge 4.13a % 10 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
10T2-1 En 1Ç	10,120	2,220	26,700	261,927	11,659	
10T2-1 En 2Ç	10,110	2,250	22,300	218,763	9,617	
10T2-1 En 3Ç	10,100	2,220	26,800	262,908	11,725	11,292
10T2-1 En 4Ç	10,090	2,220	28,100	275,661	12,306	
10T2-1 En 5Ç	10,100	2,230	25,600	251,136	11,150	
10T3-1 En 1Ç	9,990	3,150	42,200	413,982	13,155	
10T3-1 En 2Ç	9,960	3,140	44,800	439,488	14,053	
10T3-1 En 3Ç	9,940	3,140	50,600	496,386	15,904	14,908
10T3-1 En 4Ç	9,940	3,100	48,700	477,747	15,504	
10T3-1 En 5Ç	9,940	3,130	50,500	495,405	15,923	
10T4-1 En 1Ç	10,050	4,190	78,500	770,085	18,288	
10T4-1 En 2Ç	10,070	4,190	77,600	761,256	18,042	
10T4-1 En 3Ç	10,070	4,160	75,400	739,674	17,657	15,208
10T4-1 En 4Ç	10,090	4,150	76,900	754,389	18,016	
10T4-1 En 5Ç	10,080	4,170	17,300	169,713	4,038	
10T5-1 En 1Ç	9,890	5,010	107,500	1054,575	21,284	
10T5-1 En 2Ç	9,930	5,050	93,700	919,197	18,330	
10T5-1 En 3Ç	9,960	5,010	93,900	921,159	18,460	19,182
10T5-1 En 4Ç	9,950	5,040	88,300	866,223	17,273	
10T5-1 En 5Ç	9,960	5,010	104,600	1026,126	20,564	
10T6-1 En 1Ç	10,120	6,140	148,700	1458,747	23,476	
10T6-1 En 2Ç	10,120	6,080	144,600	1418,526	23,054	
10T6-1 En 3Ç	10,140	6,080	145,900	1431,279	23,216	23,208
10T6-1 En 4Ç	10,160	6,140	144,600	1418,526	22,739	
10T6-1 En 5Ç	10,160	6,120	149,300	1464,633	23,555	

Çizelge 4.13b % 15 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 En 1Ç	9,960	2,130	26,500	259,965	12,254	
15T2-1 En 2Ç	9,960	2,160	26,400	258,984	12,038	
15T2-1 En 3Ç	9,990	2,160	27,700	271,737	12,593	12,371
15T2-1 En 4Ç	10,030	2,110	27,200	266,832	12,608	
15T2-1 En 5Ç	10,030	2,160	27,300	267,813	12,362	
15T3-1 En 1Ç	10,070	3,320	51,100	501,291	14,994	
15T3-1 En 2Ç	10,080	3,320	51,300	503,253	15,038	
15T3-1 En 3Ç	10,110	3,310	51,500	505,215	15,097	15,083
15T3-1 En 4Ç	10,110	3,280	50,300	493,443	14,880	
15T3-1 En 5Ç	10,110	3,250	51,600	506,196	15,406	
15T4-1 En 1Ç	10,080	4,090	74,400	729,864	17,703	
15T4-1 En 2Ç	10,060	4,120	78,600	771,066	18,604	
15T4-1 En 3Ç	10,060	4,120	77,700	762,237	18,391	18,338
15T4-1 En 4Ç	10,030	4,150	78,500	770,085	18,501	
15T4-1 En 5Ç	10,030	4,120	77,900	764,199	18,493	
15T5-1 En 1Ç	10,170	5,160	131,500	1290,015	24,582	
15T5-1 En 2Ç	10,170	5,160	125,300	1229,193	23,423	
15T5-1 En 3Ç	10,220	5,110	133,700	1311,597	25,115	24,202
15T5-1 En 4Ç	10,230	5,120	130,100	1276,281	24,367	
15T5-1 En 5Ç	10,230	5,120	125,600	1232,136	23,524	
15T6-1 En 1Ç	10,250	6,240	209,500	2055,195	32,133	
15T6-1 En 2Ç	10,260	6,240	204,500	2006,145	31,335	
15T6-1 En 3Ç	10,280	6,200	200,600	1967,886	30,876	31,079
15T6-1 En 4Ç	10,290	6,220	200,500	1966,905	30,731	
15T6-1 En 5Ç	10,290	6,210	197,500	1937,475	30,320	

Çizelge 4.13c % 20 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

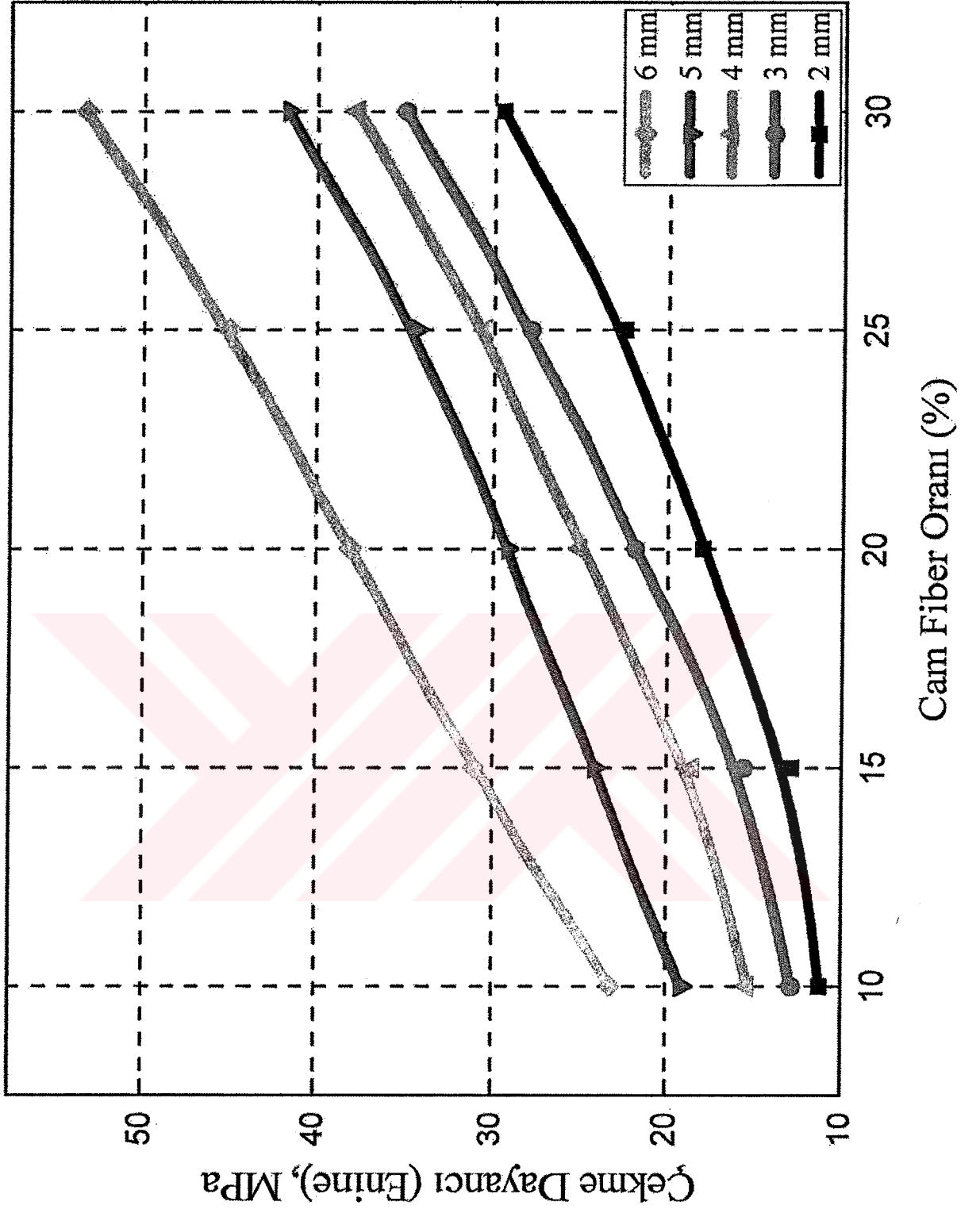
Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 En 1Ç	9,960	2,120	39,200	384,552	18,212	
20T2-1 En 2Ç	9,940	2,140	39,900	391,419	18,401	
20T2-1 En 3Ç	9,940	2,120	38,300	375,723	17,830	18,047
20T2-1 En 4Ç	9,940	2,120	38,000	372,780	17,690	
20T2-1 En 5Ç	9,940	2,110	38,700	379,647	18,101	
20T3-1 En 1Ç	10,260	3,330	86,600	849,546	24,865	
20T3-1 En 2Ç	10,260	3,360	82,900	813,249	23,590	
20T3-1 En 3Ç	10,270	3,310	80,300	787,743	23,173	23,638
20T3-1 En 4Ç	10,310	3,380	82,200	806,382	23,140	
20T3-1 En 5Ç	10,310	3,360	82,700	811,287	23,419	
20T4-1 En 1Ç	10,280	4,040	110,000	1079,100	25,983	
20T4-1 En 2Ç	10,260	4,080	110,500	1084,005	25,895	
20T4-1 En 3Ç	10,250	4,070	121,300	1189,953	28,524	25,971
20T4-1 En 4Ç	10,250	4,070	98,500	966,285	23,163	
20T4-1 En 5Ç	10,250	4,030	110,700	1085,967	26,290	
20T5-1 En 1Ç	10,190	5,330	162,700	1596,087	29,387	
20T5-1 En 2Ç	10,170	5,350	154,400	1514,664	27,838	
20T5-1 En 3Ç	10,170	5,350	154,800	1518,588	27,910	28,138
20T5-1 En 4Ç	10,120	5,360	153,700	1507,797	27,797	
20T5-1 En 5Ç	10,100	5,340	152,600	1497,006	27,756	
20T6-1 En 1Ç	10,260	6,190	239,700	2351,457	37,025	
20T6-1 En 2Ç	10,260	6,130	246,300	2416,203	38,417	
20T6-1 En 3Ç	10,230	6,130	246,100	2414,241	38,499	38,109
20T6-1 En 4Ç	10,240	6,150	249,100	2443,671	38,803	
20T6-1 En 5Ç	10,220	6,130	241,400	2368,134	37,800	

Çizelge 4.13d % 25 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 En 1Ç	10,250	2,010	45,700	448,317	21,760	
25T2-1 En 2Ç	10,220	2,030	47,300	464,013	22,366	
25T2-1 En 3Ç	10,200	2,030	47,600	466,956	22,552	22,172
25T2-1 En 4Ç	10,200	2,030	47,300	464,013	22,410	
25T2-1 En 5Ç	10,200	2,010	45,500	446,355	21,771	
25T3-1 En 1Ç	10,170	3,150	88,100	864,261	26,978	
25T3-1 En 2Ç	10,140	3,190	85,000	833,850	25,779	
25T3-1 En 3Ç	10,130	3,220	90,300	885,843	27,158	26,271
25T3-1 En 4Ç	10,130	3,220	86,200	845,622	25,925	
25T3-1 En 5Ç	10,130	3,230	85,100	834,831	25,514	
25T4-1 En 1Ç	10,180	4,260	133,600	1310,616	30,222	
25T4-1 En 2Ç	10,180	4,300	123,700	1213,497	27,722	
25T4-1 En 3Ç	10,160	4,300	127,400	1249,794	28,607	29,082
25T4-1 En 4Ç	10,140	4,250	128,800	1263,528	29,320	
25T4-1 En 5Ç	10,140	4,300	131,300	1288,053	29,541	
25T5-1 En 1Ç	10,060	5,030	187,600	1840,356	36,369	
25T5-1 En 2Ç	10,060	5,030	175,700	1723,617	34,062	
25T5-1 En 3Ç	10,090	5,030	174,500	1711,845	33,729	34,361
25T5-1 En 4Ç	10,090	5,050	175,600	1722,636	33,807	
25T5-1 En 5Ç	10,110	5,030	175,400	1720,674	33,836	
25T6-1 En 1Ç	9,940	6,130	281,300	2759,553	45,289	
25T6-1 En 2Ç	9,920	6,100	277,600	2723,256	45,004	
25T6-1 En 3Ç	9,890	6,130	277,500	2722,275	44,903	45,043
25T6-1 En 4Ç	9,890	6,120	279,300	2739,933	45,268	
25T6-1 En 5Ç	9,890	6,120	276,100	2708,541	44,749	

Çizelge 4.13e % 30 cam fiber içeren enine numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 En 1Ç	10,120	2,130	65,800	645,498	29,946	
30T2-1 En 2Ç	10,110	2,180	64,300	630,783	28,620	
30T2-1 En 3Ç	10,130	2,170	67,800	665,118	30,257	29,486
30T2-1 En 4Ç	10,160	2,170	67,700	664,137	30,123	
30T2-1 En 5Ç	10,160	2,190	64,600	633,726	28,482	
30T3-1 En 1Ç	9,930	3,280	115,300	1131,093	34,728	
30T3-1 En 2Ç	9,950	3,270	126,800	1243,908	38,231	
30T3-1 En 3Ç	9,950	3,260	114,900	1127,169	34,749	35,593
30T3-1 En 4Ç	9,950	3,260	115,500	1133,055	34,931	
30T3-1 En 5Ç	9,950	3,260	116,800	1145,808	35,324	
30T4-1 En 1Ç	10,210	4,090	148,000	1451,880	34,768	
30T4-1 En 2Ç	10,210	4,160	155,900	1529,379	36,008	
30T4-1 En 3Ç	10,210	4,090	169,300	1660,833	39,772	37,812
30T4-1 En 4Ç	10,180	4,120	170,300	1670,643	39,833	
30T4-1 En 5Ç	10,170	4,100	164,400	1612,764	38,678	
30T5-1 En 1Ç	9,820	5,120	214,800	2107,188	41,910	
30T5-1 En 2Ç	9,850	5,150	211,600	2075,796	40,921	
30T5-1 En 3Ç	9,850	5,150	217,200	2130,732	42,003	41,760
30T5-1 En 4Ç	9,840	5,120	217,500	2133,675	42,351	
30T5-1 En 5Ç	9,850	5,100	213,100	2090,511	41,615	
30T6-1 En 1Ç	10,260	5,980	320,600	3145,086	51,261	
30T6-1 En 2Ç	10,260	6,060	331,400	3251,034	52,288	
30T6-1 En 3Ç	10,230	6,060	343,800	3372,678	54,403	53,191
30T6-1 En 4Ç	10,230	6,020	339,600	3331,476	54,096	
30T6-1 En 5Ç	10,230	6,020	338,400	3319,704	53,905	



Şekil 4.13 Enine numunelerini çekme dayancı grafiği.

Çizelge 4.14a % 10 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
10T2-1 Bo 1Ç	10,180	2,030	32,600	319,806	15,475	
10T2-1 Bo 2Ç	10,180	2,060	34,200	335,502	15,999	
10T2-1 Bo 3Ç	10,160	2,060	29,800	292,338	13,968	15,136
10T2-1 Bo 4Ç	10,180	2,030	34,700	340,407	16,472	
10T2-1 Bo 5Ç	10,150	2,050	29,200	286,452	13,767	
10T3-1 Bo 1Ç	10,160	3,200	65,800	645,498	19,854	
10T3-1 Bo 2Ç	10,160	3,230	67,300	660,213	20,118	
10T3-1 Bo 3Ç	10,160	3,270	63,500	622,935	18,750	19,847
10T3-1 Bo 4Ç	10,150	3,240	68,700	673,947	20,493	
10T3-1 Bo 5Ç	10,160	3,270	67,800	665,118	20,020	
10T4-1 Bo 1Ç	10,220	4,150	89,300	876,033	20,655	
10T4-1 Bo 2Ç	10,220	4,170	96,800	949,608	22,282	
10T4-1 Bo 3Ç	10,190	4,170	96,900	950,589	22,371	22,148
10T4-1 Bo 4Ç	10,220	4,170	98,200	963,342	22,604	
10T4-1 Bo 5Ç	10,180	4,150	98,300	964,323	22,826	
10T5-1 Bo 1Ç	10,160	5,210	131,400	1289,034	24,352	
10T5-1 Bo 2Ç	10,200	5,190	132,700	1301,787	24,591	
10T5-1 Bo 3Ç	10,170	5,220	135,200	1326,312	24,984	24,392
10T5-1 Bo 4Ç	10,200	5,220	130,100	1276,281	23,970	
10T5-1 Bo 5Ç	10,200	5,220	130,600	1281,186	24,063	
10T6-1 Bo 1Ç	9,970	6,150	181,700	1782,477	29,071	
10T6-1 Bo 2Ç	9,940	6,150	182,600	1791,306	29,303	
10T6-1 Bo 3Ç	9,970	6,130	175,900	1725,579	28,263	28,727
10T6-1 Bo 4Ç	9,970	6,150	178,600	1752,066	28,575	
10T6-1 Bo 5Ç	9,960	6,130	176,900	1735,389	28,423	

Çizelge 4.14b % 15 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
15T2-1 Bo 1Ç	9,860	2,230	40,200	394,362	17,935	
15T2-1 Bo 2Ç	9,830	2,260	38,400	376,704	16,957	
15T2-1 Bo 3Ç	9,850	2,260	34,300	336,483	15,115	16,626
15T2-1 Bo 4Ç	9,860	2,200	38,300	375,723	17,321	
15T2-1 Bo 5Ç	9,850	2,250	35,700	350,217	15,802	
15T3-1 Bo 1Ç	10,120	3,180	70,300	689,643	21,430	
15T3-1 Bo 2Ç	10,150	3,150	69,500	681,795	21,324	
15T3-1 Bo 3Ç	10,140	3,170	76,500	750,465	23,347	22,496
15T3-1 Bo 4Ç	10,150	3,140	75,800	743,598	23,331	
15T3-1 Bo 5Ç	10,110	3,170	75,300	738,693	23,049	
15T4-1 Bo 1Ç	10,230	4,160	108,600	1065,366	25,034	
15T4-1 Bo 2Ç	10,200	4,230	111,300	1091,853	25,306	
15T4-1 Bo 3Ç	10,230	4,230	105,700	1036,917	23,962	24,601
15T4-1 Bo 4Ç	10,220	4,250	104,100	1021,221	23,511	
15T4-1 Bo 5Ç	10,200	4,230	110,800	1086,948	25,192	
15T5-1 Bo 1Ç	10,050	5,180	148,500	1456,785	27,983	
15T5-1 Bo 2Ç	10,010	5,160	154,400	1514,664	29,325	
15T5-1 Bo 3Ç	10,020	5,190	143,800	1410,678	27,126	28,150
15T5-1 Bo 4Ç	10,040	5,180	146,100	1433,241	27,559	
15T5-1 Bo 5Ç	10,010	5,160	151,400	1485,234	28,755	
15T6-1 Bo 1Ç	10,130	6,227	224,600	2203,326	34,929	
15T6-1 Bo 2Ç	10,170	6,240	225,200	2209,212	34,812	
15T6-1 Bo 3Ç	10,140	6,220	232,600	2281,806	36,178	35,200
15T6-1 Bo 4Ç	10,170	6,220	226,500	2221,965	35,126	
15T6-1 Bo 5Ç	10,160	6,240	225,900	2216,079	34,955	

Çizelge 4.14c % 20 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

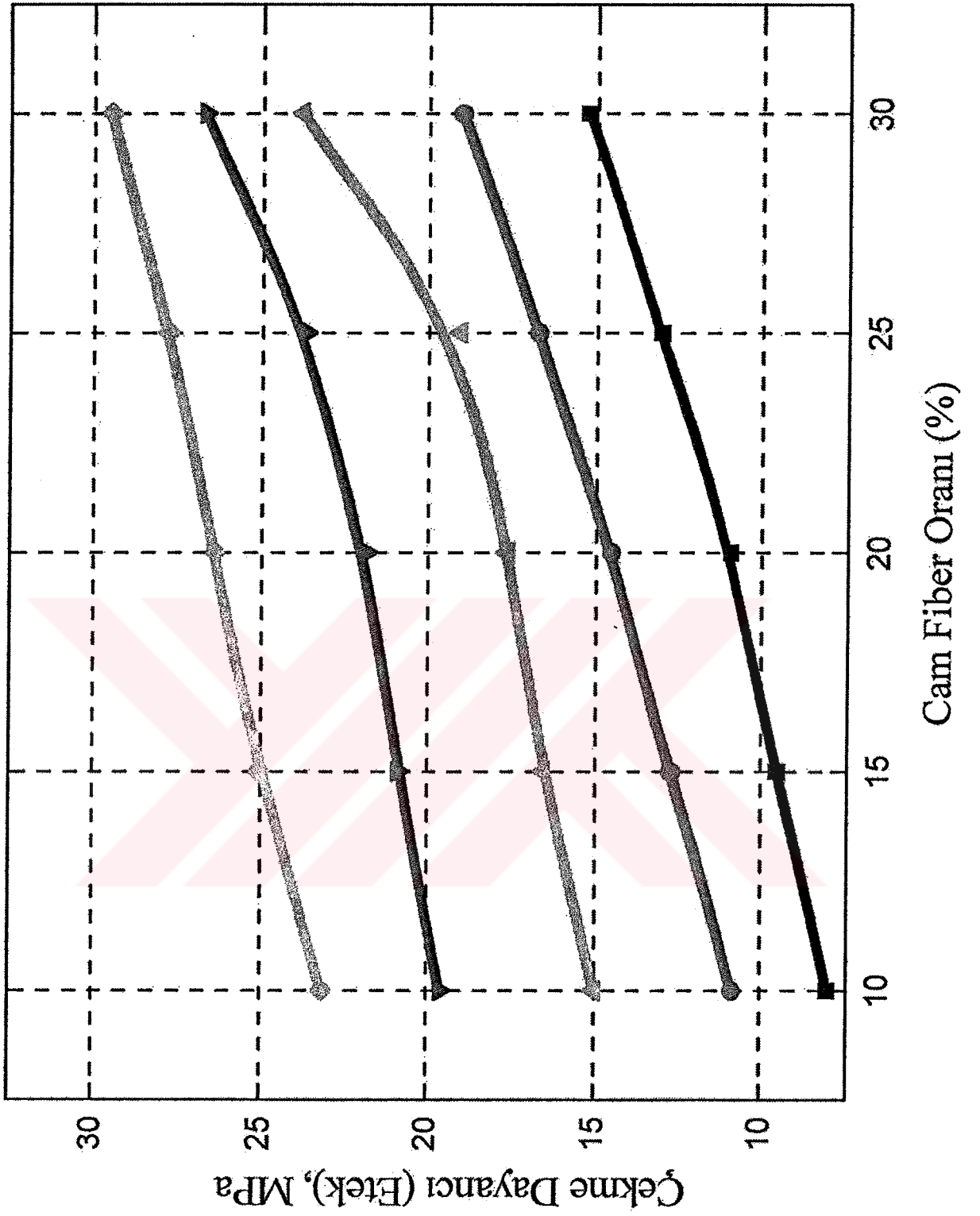
Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
20T2-1 Bo 1Ç	10,030	2,220	49,200	482,652	21,676	
20T2-1 Bo 2Ç	10,000	2,280	48,100	471,861	20,696	
20T2-1 Bo 3Ç	9,970	2,230	52,300	513,063	23,077	21,653
20T2-1 Bo 4Ç	10,040	2,170	49,800	488,538	22,424	
20T2-1 Bo 5Ç	10,030	2,230	46,500	456,165	20,395	
20T3-1 Bo 1Ç	10,080	3,170	88,200	865,242	27,078	
20T3-1 Bo 2Ç	10,120	3,180	79,100	775,971	24,112	
20T3-1 Bo 3Ç	10,100	3,170	92,500	907,425	28,342	27,329
20T3-1 Bo 4Ç	10,090	3,140	95,200	933,912	29,477	
20T3-1 Bo 5Ç	10,080	3,180	90,300	885,843	27,636	
20T4-1 Bo 1Ç	10,100	4,210	136,600	1340,046	31,515	
20T4-1 Bo 2Ç	10,110	4,230	135,500	1329,255	31,083	
20T4-1 Bo 3Ç	10,060	4,210	132,300	1297,863	30,644	31,051
20T4-1 Bo 4Ç	10,080	4,200	133,300	1307,673	30,888	
20T4-1 Bo 5Ç	10,110	4,190	134,400	1318,464	31,125	
20T5-1 Bo 1Ç	10,220	5,310	194,200	1905,102	35,105	
20T5-1 Bo 2Ç	10,190	5,290	195,100	1913,931	35,506	
20T5-1 Bo 3Ç	10,180	5,320	195,300	1915,893	35,376	35,404
20T5-1 Bo 4Ç	10,190	5,310	199,600	1958,076	36,188	
20T5-1 Bo 5Ç	10,190	5,310	192,200	1885,482	34,846	
20T6-1 Bo 1Ç	10,210	6,030	286,300	2808,603	45,619	
20T6-1 Bo 2Ç	10,160	6,100	282,700	2773,287	44,748	
20T6-1 Bo 3Ç	10,210	6,100	289,200	2837,052	45,552	45,159
20T6-1 Bo 4Ç	10,190	6,110	289,100	2836,071	45,551	
20T6-1 Bo 5Ç	10,210	6,100	281,400	2760,534	44,324	

Çizelge 4.14d % 25 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
25T2-1 Bo 1Ç	10,150	2,130	73,500	721,035	33,351	
25T2-1 Bo 2Ç	10,120	2,130	67,600	663,156	30,765	
25T2-1 Bo 3Ç	10,120	2,150	67,600	663,156	30,479	30,669
25T2-1 Bo 4Ç	10,120	2,140	64,500	632,745	29,217	
25T2-1 Bo 5Ç	10,120	2,150	65,500	642,555	29,532	
25T3-1 Bo 1Ç	10,020	3,210	113,500	1113,435	34,617	
25T3-1 Bo 2Ç	10,030	3,300	113,200	1110,492	33,551	
25T3-1 Bo 3Ç	10,020	3,260	120,400	1181,124	36,158	35,120
25T3-1 Bo 4Ç	9,970	3,300	121,000	1187,010	36,078	
25T3-1 Bo 5Ç	9,970	3,240	115,900	1136,979	35,198	
25T4-1 Bo 1Ç	10,080	4,270	184,600	1810,926	42,074	
25T4-1 Bo 2Ç	10,090	4,300	189,200	1856,052	42,779	
25T4-1 Bo 3Ç	10,100	4,300	187,700	1841,337	42,398	42,320
25T4-1 Bo 4Ç	10,100	4,250	189,500	1858,995	43,308	
25T4-1 Bo 5Ç	10,120	4,320	182,900	1794,249	41,041	
25T5-1 Bo 1Ç	9,990	5,110	265,900	2608,479	51,098	
25T5-1 Bo 2Ç	9,970	5,160	257,700	2528,037	49,140	
25T5-1 Bo 3Ç	9,950	5,140	258,800	2538,828	49,642	50,167
25T5-1 Bo 4Ç	9,950	5,140	261,600	2566,296	50,179	
25T5-1 Bo 5Ç	9,950	5,130	264,200	2591,802	50,776	
25T6-1 Bo 1Ç	10,110	6,120	398,700	3911,247	63,214	
25T6-1 Bo 2Ç	10,110	6,170	395,600	3880,836	62,214	
25T6-1 Bo 3Ç	10,100	6,150	419,500	4115,295	66,253	65,079
25T6-1 Bo 4Ç	10,060	6,120	422,600	4145,706	67,336	
25T6-1 Bo 5Ç	10,060	6,120	416,600	4086,846	66,380	

Çizelge 4.14e % 30 cam fiber içeren etek numunelerinin çekme deneyi sonuçları.

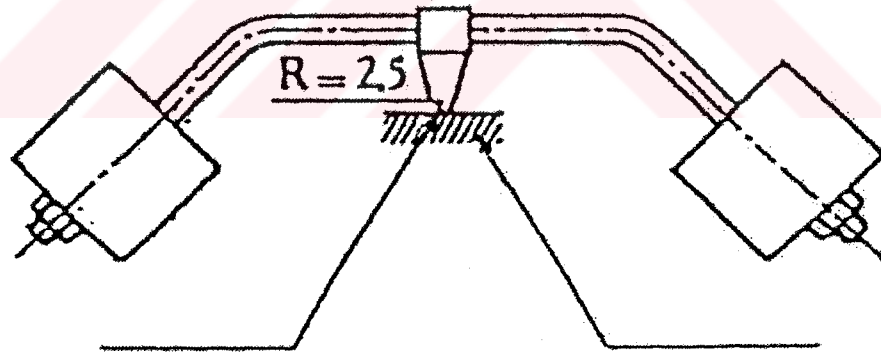
Numune	Boyutlar		F _{max}		Çekme Day.	Ortalama
	b (mm)	h (mm)	kp	N	MPa	MPa
30T2-1 Bo 1Ç	10,090	2,160	90,900	891,729	40,916	
30T2-1 Bo 2Ç	10,080	2,180	95,200	933,912	42,500	
30T2-1 Bo 3Ç	10,120	2,190	95,000	931,950	42,050	41,774
30T2-1 Bo 4Ç	10,120	2,160	91,500	897,615	41,063	
30T2-1 Bo 5Ç	10,130	2,150	94,000	922,140	42,340	
30T3-1 Bo 1Ç	10,000	3,270	158,900	1544,094	47,220	
30T3-1 Bo 2Ç	10,010	3,270	163,800	1606,878	49,091	
30T3-1 Bo 3Ç	10,010	3,260	162,500	1594,125	48,851	47,866
30T3-1 Bo 4Ç	10,030	3,230	157,400	1544,094	47,662	
30T3-1 Bo 5Ç	10,050	3,270	155,800	1528,398	46,507	
30T4-1 Bo 1Ç	10,170	4,090	255,400	2505,474	60,235	
30T4-1 Bo 2Ç	10,130	4,120	249,100	2443,671	58,551	
30T4-1 Bo 3Ç	10,120	4,120	272,300	2671,263	64,068	61,622
30T4-1 Bo 4Ç	10,120	4,150	268,700	2635,947	62,764	
30T4-1 Bo 5Ç	10,120	4,120	265,600	2605,536	62,491	
30T5-1 Bo 1Ç	9,900	5,010	428,900	4207,509	84,831	
30T5-1 Bo 2Ç	9,920	5,050	415,600	4077,036	81,384	
30T5-1 Bo 3Ç	9,950	5,010	419,700	4117,257	82,594	82,633
30T5-1 Bo 4Ç	9,960	5,040	419,500	4115,295	81,981	
30T5-1 Bo 5Ç	9,950	5,010	418,600	4106,466	82,377	
30T6-1 Bo 1Ç	10,130	5,930	593,700	5824,197	96,955	
30T6-1 Bo 2Ç	10,150	5,930	590,400	5791,824	96,226	
30T6-1 Bo 3Ç	10,170	5,880	592,700	5814,387	97,231	97,148
30T6-1 Bo 4Ç	10,170	5,920	603,200	5917,392	98,285	
30T6-1 Bo 5Ç	10,170	5,970	600,600	5891,886	97,042	



Şekil 4.14 Etek numunelerinin çekme dayancı grafiği.

4.5 Bilya-Basınç Deneyi

SMC numunelerinin mekanik-teknolojik deneylerinden sayılan bilya basınç deneyi özellikle elektrik ve doğal gaz kutularına uygulanan kriter deneyidir. Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited Şirketi'nden alınan numuneler S200, CES200, S300 ve CES300 doğal gaz kutu ve kapaklarına ait olduğundan söz konusu deney GDF HN 62.S.15 madde 15.12.1'e göre yapılmıştır. Söz konusu standarda göre Şekil 4.15'te şematik resmi verilen düzeneikle deney gerçekleştirilmiştir. Levhalardan ISO 2818' e göre çıkarılan $[50 \times 50 \times (y = 2, 3, 4, 5, 6)]$ mm boyutlarındaki numuneler 125 ± 5 °C sıcaklıkta bir etüvde, üzerine çelikten yapılmış 5 mm çapında bir bilya ile düşey konumda 20 N'luk bir yük ile bastırılarak 1 saat beklenmiştir. Etüvden çıkarılan numuneler 5 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra, yüzeyinde oluşan iz çapları 0,01 mm tamlığında stereo ölçü mikroskobu ile ölçülmüş ve sonuçlar çizelge 4.15'te verilmiştir. Yapılan ön çalışmalarda bilya basınç deneyinde yön ve etek kısımları deney sonuçlarını etkilemediğinden kalıba SMC çamurunun konduğu orta noktadaki (xTy-z 2 En vb.) konumlardan çıkarılan numunelere deney uygulanmıştır. GDF HN 62.S.15 madde 15.12.1'e göre yapılan bu deneyin sonuçlarında ölçülen iz çapının 2 mm'yi aşmaması ($d_{max} < 2$ mm) istenmektedir. Şekil 4.16'daki grafikte deney sonuçlarının anılan deneyin standartlarının çok altında olup ölçülen iz çaplarının 0,74 ile 0,92 mm arasında olduğu görülmüştür.



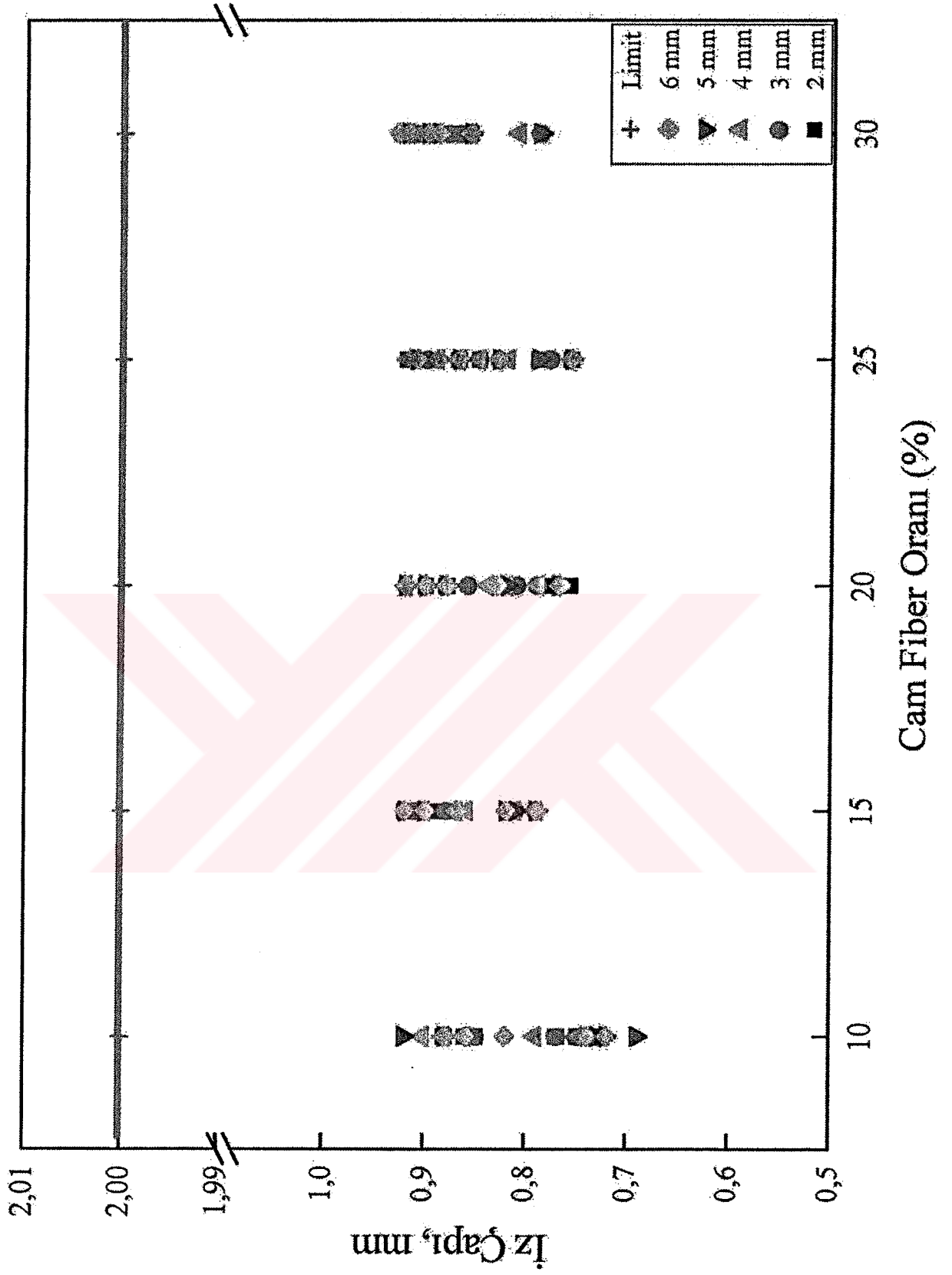
Şekil 4.15 Bilya-basınç deneyi düzeneği.

Çizelge 4.15 Bilya-Basınç deneyi sonuçları.

Numune	2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm	
	Ölç.	Ort.	Ölç.	Ort.	Ölç.	Ort.	Ölç.	Ort.	Ölç.	Ort.
10T(2-6) 1B	0,880		0,730		0,900		0,920		0,740	
10T(2-6) 2B	0,750		0,740		0,860		0,690		0,860	
10T(2-6) 3B	0,850	0,822	0,850	0,768	0,750	0,836	0,720	0,788	0,820	0,804
10T(2-6) 4B	0,860		0,770		0,790		0,880		0,880	
10T(2-6) 5B	0,770		0,750		0,880		0,730		0,720	
15T(2-6) 1B	0,880		0,880		0,810		0,920		0,920	
15T(2-6) 2B	0,900		0,790		0,870		0,790		0,790	
15T(2-6) 3B	0,920	0,900	0,910	0,858	0,860	0,846	0,820	0,848	0,870	0,860
15T(2-6) 4B	0,910		0,900		0,900		0,900		0,820	
15T(2-6) 5B	0,890		0,810		0,790		0,810		0,900	
20T(2-6) 1B	0,880		0,810		0,830		0,920		0,920	
20T(2-6) 2B	0,760		0,920		0,790		0,770		0,770	
20T(2-6) 3B	0,900	0,844	0,790	0,852	0,920	0,840	0,880	0,858	0,880	0,860
20T(2-6) 4B	0,780		0,880		0,840		0,900		0,830	
20T(2-6) 5B	0,900		0,860		0,820		0,820		0,900	
25T(2-6) 1B	0,850		0,910		0,820		0,760		0,760	
25T(2-6) 2B	0,760		0,900		0,870		0,830		0,830	
25T(2-6) 3B	0,920	0,838	0,780	0,854	0,920	0,870	0,910	0,832	0,910	0,852
25T(2-6) 4B	0,870		0,850		0,850		0,870		0,870	
25T(2-6) 5B	0,790		0,830		0,890		0,790		0,890	
30T(2-6) 1B	0,860		0,910		0,900		0,790		0,930	
30T(2-6) 2B	0,880		0,880		0,860		0,860		0,920	
30T(2-6) 3B	0,920	0,886	0,870	0,868	0,810	0,880	0,920	0,872	0,860	0,900
30T(2-6) 4B	0,900		0,790		0,910		0,890		0,890	
30T(2-6) 5B	0,870		0,890		0,920		0,900		0,900	

Ölç. : Deney sonucu ölçülen iz çapları (mm).

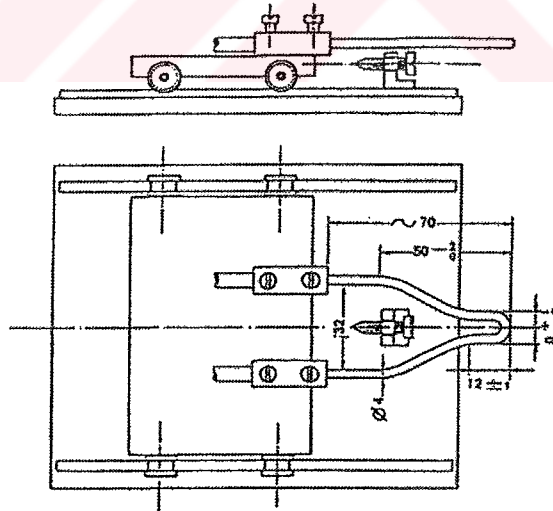
Ort. : Ölçülen iz çaplarının ortalaması (mm).



Şekil 4.16 Bilya-basınç deneyi grafiği.

4.6 Alev Deneyi

SMC numunelerinin mekanik-teknolojik deneylerinden sayılan diğ er bir deneyde alev deneyi (glow wire test) olup, doğal gaz kutularına uygulanan yanmazlık ve kendini s nd rebilme kriterlerinin bile  ke deneyidir. Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited  irketi'nden alınan numuneler S200, CES200, S300 ve CES300 doğal gaz kutu ve kapaklarına ait olduğundan söz konusu deney GDF HN 62.S.15 madde 15.12.1'e göre yapılmıştır. Söz konusu standarda göre  ekil 4.17'de şematik resmi verilen düzenekle deney gerçekleştirilmiştir. Levhalardan ISO 2818' e göre çıkarılan $[75 \times 75 \times (y = 2, 3, 4, 5, 6)]$ mm boyutlarındaki numunelere, basit arabalı mekanizma üzerine yerleştirilmiş sıcaklığı ± 5  C'ye kontrollü ve 960  C'a ısıtılan, çapı 4 mm olan ve ucu 8 mm'ye b k lm   yatay konumda bulunan elektrik direnç teli, bu sıcaklıkta karşısına dikey konumda yerleştirilen numuneye 2 N'luk bir kuvvetle ve 30 saniye süre ile değdirilmi tir. Deneyler tamamlandıktan sonra iz derinliklerini ölçmek amacı ile iz çapına karşılık gelecek şekilde hassas dekupaj ile kesilen numunelerin kesik yüzeyleri ayrıca sağlıklı  l  yapaabilmek amacı ile 400'lük zımpara ile de düzeltilmiştir. 0,01 mm tamlığında dijital boyut  l c  yardımı ile iz derinlikleri kalınlık farkı şeklinde  l lm   ve sonuçlar  izelge 4.16'da verilmiştir. Aynı bilya-basınç deneyinde olduğu gibi  n çalışmalarda y n ve etek farkı gözlenmediğinden benzer şekilde numuneler (xTy-z 2 En vb.) konumundan elde edilmiştir. Deney sırasında standartta belirtilen 5 saniye içerisinde yanma veya alev alma olu mamı , ayrıca numunelerde



Şekil 4.17 Alev deneyi düzeneği.

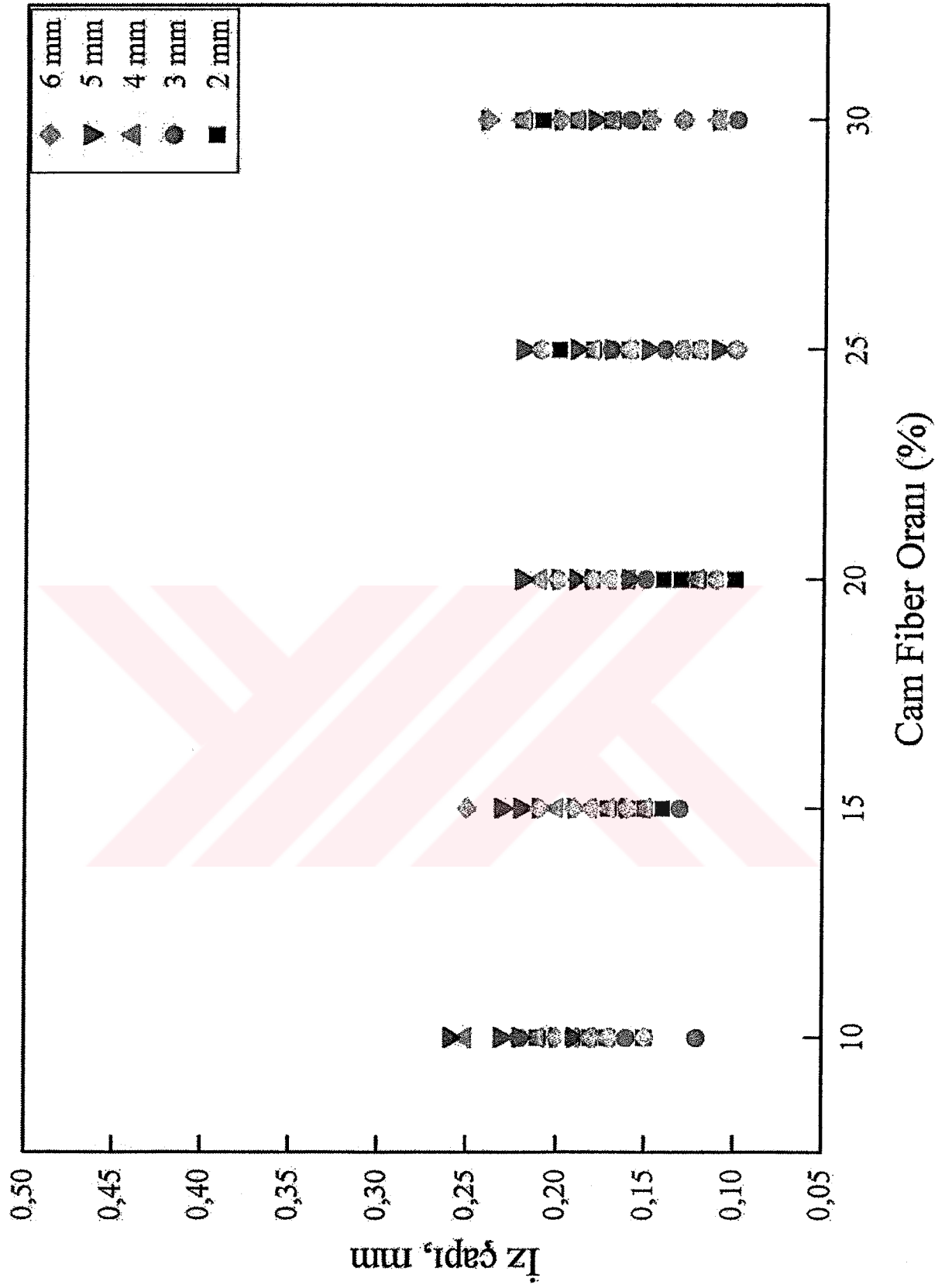
deformasyonda görülmemiştir. Şekil 4.18'teki grafikte de g r ld ğu gibi, standart kriteri uyarınca 7 mm'yi geçmemesi istenen derinliklerin çok altında değerlerin elde edildiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.16 Alev deneyi sonuçları.

Numune	2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm	
	Ölc.	Ort.	Ölc.	Ort.	Ölc.	Ort.	Ölc.	Ort.	Ölc.	Ort.
10T(2-6) 1A	0,150		0,220		0,180		0,220		0,200	
10T(2-6) 2A	0,180		0,160		0,170		0,260		0,170	
10T(2-6) 3A	0,210	0,180	0,120	0,170	0,250	0,200	0,190	0,220	0,150	0,180
10T(2-6) 4A	0,170		0,170		0,210		0,230		0,180	
10T(2-6) 5A	0,190		0,180		0,190		0,200		0,200	
15T(2-6) 1A	0,170		0,160		0,180		0,220		0,160	
15T(2-6) 2A	0,140		0,130		0,170		0,230		0,250	
15T(2-6) 3A	0,150	0,152	0,150	0,150	0,200	0,180	0,160	0,202	0,190	0,198
15T(2-6) 4A	0,160		0,150		0,150		0,210		0,210	
15T(2-6) 5A	0,140		0,160		0,200		0,190		0,180	
20T(2-6) 1A	0,180		0,200		0,120		0,220		0,180	
20T(2-6) 2A	0,120		0,160		0,170		0,190		0,200	
20T(2-6) 3A	0,100	0,134	0,110	0,156	0,210	0,166	0,160	0,190	0,110	0,168
20T(2-6) 4A	0,130		0,160		0,170		0,180		0,180	
20T(2-6) 5A	0,140		0,150		0,160		0,200		0,170	
25T(2-6) 1A	0,120		0,140		0,130		0,170		0,210	
25T(2-6) 2A	0,180		0,100		0,120		0,110		0,100	
25T(2-6) 3A	0,200	0,168	0,210	0,150	0,180	0,144	0,220	0,168	0,120	0,144
25T(2-6) 4A	0,180		0,170		0,160		0,150		0,160	
25T(2-6) 5A	0,160		0,130		0,130		0,190		0,130	
30T(2-6) 1A	0,190		0,100		0,190		0,240		0,240	
30T(2-6) 2A	0,170		0,170		0,110		0,180		0,110	
30T(2-6) 3A	0,220	0,192	0,160	0,144	0,220	0,168	0,110	0,176	0,150	0,166
30T(2-6) 4A	0,210		0,130		0,150		0,200		0,200	
30T(2-6) 5A	0,170		0,160		0,170		0,150		0,130	

Ölç. : Deney sonucu ölçülen iz çapları (mm).

Ort. : Ölçülen iz çaplarının ortalaması (mm).



Şekil 4.18 Alev deneyi grafiği.

4.7 Su Absorbsiyonu Deneyi

Bu konu ile ilgili standartlar ISO / R62, ASTM D 570, TS 702 ve DIN 53475'dir. Tümü birbirinin benzeri olduğundan ASTM D 570'e göre deney yapılmıştır. [50 × 50 × (h = 2, 3, 4, 5, 6)] boyutunda numuneler standarda uygun olarak kesilmiş, ve her gruptan 5 adet deney numunesi 50 ± 2°C sıcaklıktaki bir etüvde 24 saat bekletilerek kondisyonlanmıştır. Sonra 1 mg hassasiyetinde dijital terazide tartılmıştır (W₁). 23 ± 0,5°C'de tutulan ve içerisinde damıtık su bulunan banyoya daldırılmış 24 saat bekletildikten sonra, kurulanmış ve tartılmıştır (W₂). Su absorbsiyon miktarı ve absorbsiyon yüzdesi

$$\%AB = \frac{W_2 - W_1}{W_1} 100 \quad (4.5)$$

Numunelerin çıkarıldığı doğal gaz kutularının konu ile ilgili standardı GDF HN 62.S.15'e göre ISO / R62 uyarınca maksimum %0,03 olmalıdır. Verilen koşullarda deney yapılmış ve sonuçları çizelge 4.17'de verilmiştir.

Deney sonuçlarının grafik ile gösterilişi ise şekil 4.19'da verilmiştir. Burada cam hacim oranının artışı ya da kalsit hacim oranının azalışı ile su absorbsiyonunda da azalış olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17 Su absorbsiyonu deneyi sonuçları.

Numune	2 mm		3 mm		4 mm		5 mm		6 mm	
	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)
10T(2-6) 1S	0,013		0,015		0,016		0,017		0,020	
10T(2-6) 2S	0,014		0,012		0,018		0,016		0,018	
10T(2-6) 3S	0,012	0,013	0,013	0,014	0,015	0,016	0,016	0,016	0,019	0,019
10T(2-6) 4S	0,013		0,015		0,014		0,015		0,019	
10T(2-6) 5S	0,014		0,015		0,015		0,017		0,020	
15T(2-6) 1S	0,010		0,013		0,015		0,017		0,017	
15T(2-6) 2S	0,010		0,014		0,015		0,015		0,016	
15T(2-6) 3S	0,011	0,010	0,011	0,013	0,012	0,014	0,014	0,015	0,016	0,016
15T(2-6) 4S	0,009		0,013		0,012		0,015		0,015	
15T(2-6) 5S	0,010		0,014		0,014		0,015		0,017	
20T(2-6) 1S	0,009		0,012		0,011		0,013		0,015	
20T(2-6) 2S	0,010		0,008		0,012		0,013		0,016	
20T(2-6) 3S	0,010	0,008	0,010	0,011	0,010	0,011	0,012	0,012	0,014	0,015
20T(2-6) 4S	0,011		0,011		0,012		0,013		0,016	
20T(2-6) 5S	0,001		0,012		0,010		0,011		0,013	
25T(2-6) 1S	0,010		0,009		0,012		0,013		0,016	
25T(2-6) 2S	0,008		0,010		0,011		0,015		0,015	
25T(2-6) 3S	0,009	0,009	0,008	0,009	0,009	0,011	0,011	0,014	0,012	0,015
25T(2-6) 4S	0,010		0,009		0,011		0,015		0,016	
25T(2-6) 5S	0,009		0,009		0,011		0,014		0,016	
30T(2-6) 1S	0,008		0,007		0,010		0,011		0,014	
30T(2-6) 2S	0,007		0,010		0,011		0,010		0,014	
30T(2-6) 3S	0,007	0,008	0,011	0,010	0,010	0,011	0,009	0,011	0,012	0,013
30T(2-6) 4S	0,009		0,010		0,011		0,012		0,013	
30T(2-6) 5S	0,008		0,010		0,011		0,012		0,012	

H (%) : Deney sonucunda hesaplanan değer.

O (%) : Hesaplanan değerlerin ortalamaları.



Şekil 4.19 Su absorpsiyonu deneyi sonuçlarının grafiği.

4.8 Kırık Yüzey Analizleri

SMC içindeki parçacıkların ve fiberlerin gevrek olması nedeni ile uluslararası bilim çevrelerinde Kabul gören kırık yüzey analizleri darbe deneyi vb. deney sonucu oluşan kırık yüzeyden alınan resimlerle verilir.

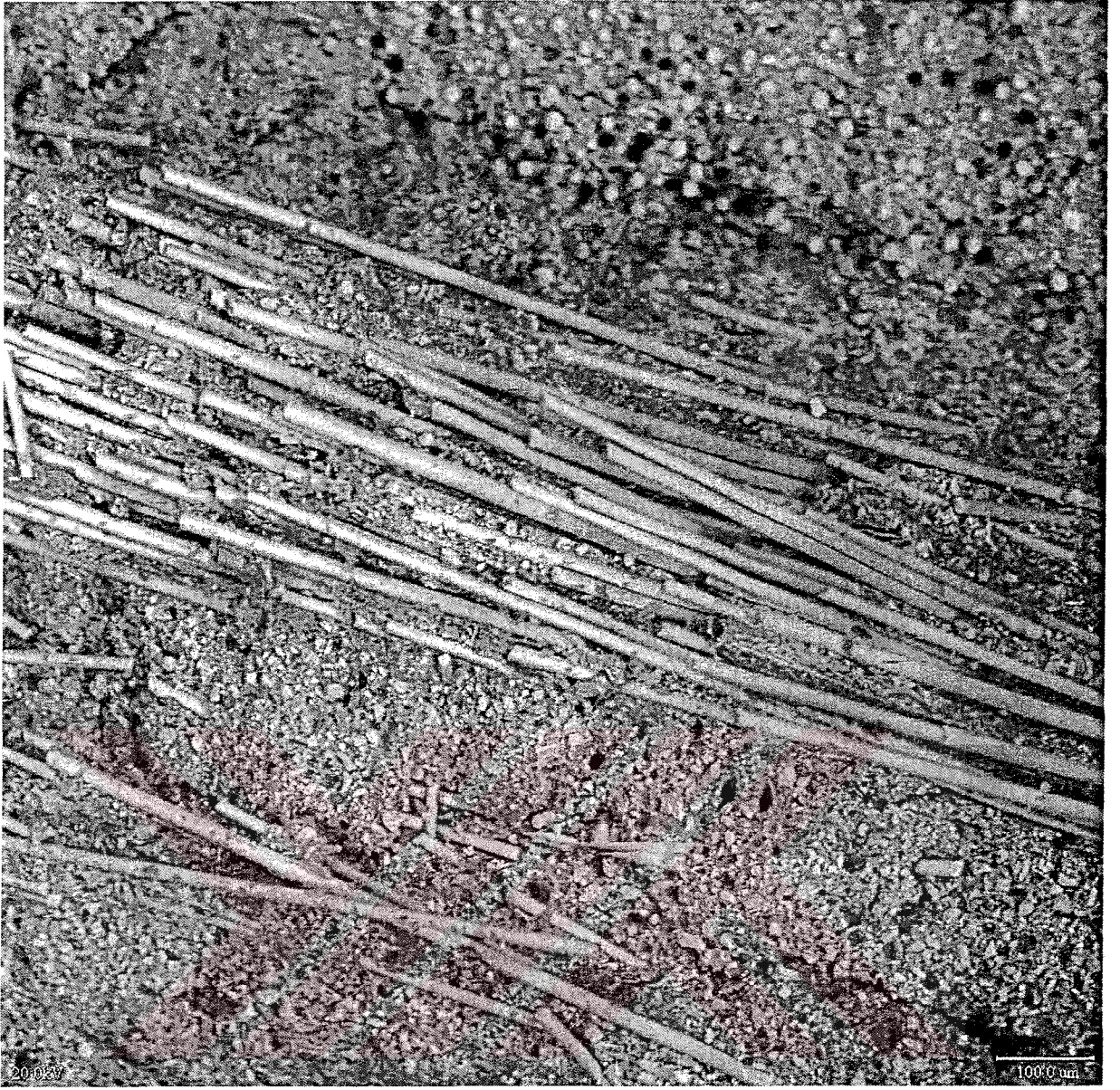
Darbe deneyi sonucu tezde bir örnek olması bakımından 6 mm kalınlığındaki ve % 25 cam içeren numunelerin kırık yüzeylerinin tarama elektron mikroskobu (SEM) ile fotoğrafları alınmıştır. Bu amaçla Y.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi SEM Laboratuvarında bulunan JEOL 5410LV tarama elektron mikroskobundan yararlanılmıştır. Kırık yüzey fotoğrafları çok fazla olduğundan sadece yukarıda sözü edilen deney grubunun fotoğrafları verilmiştir.





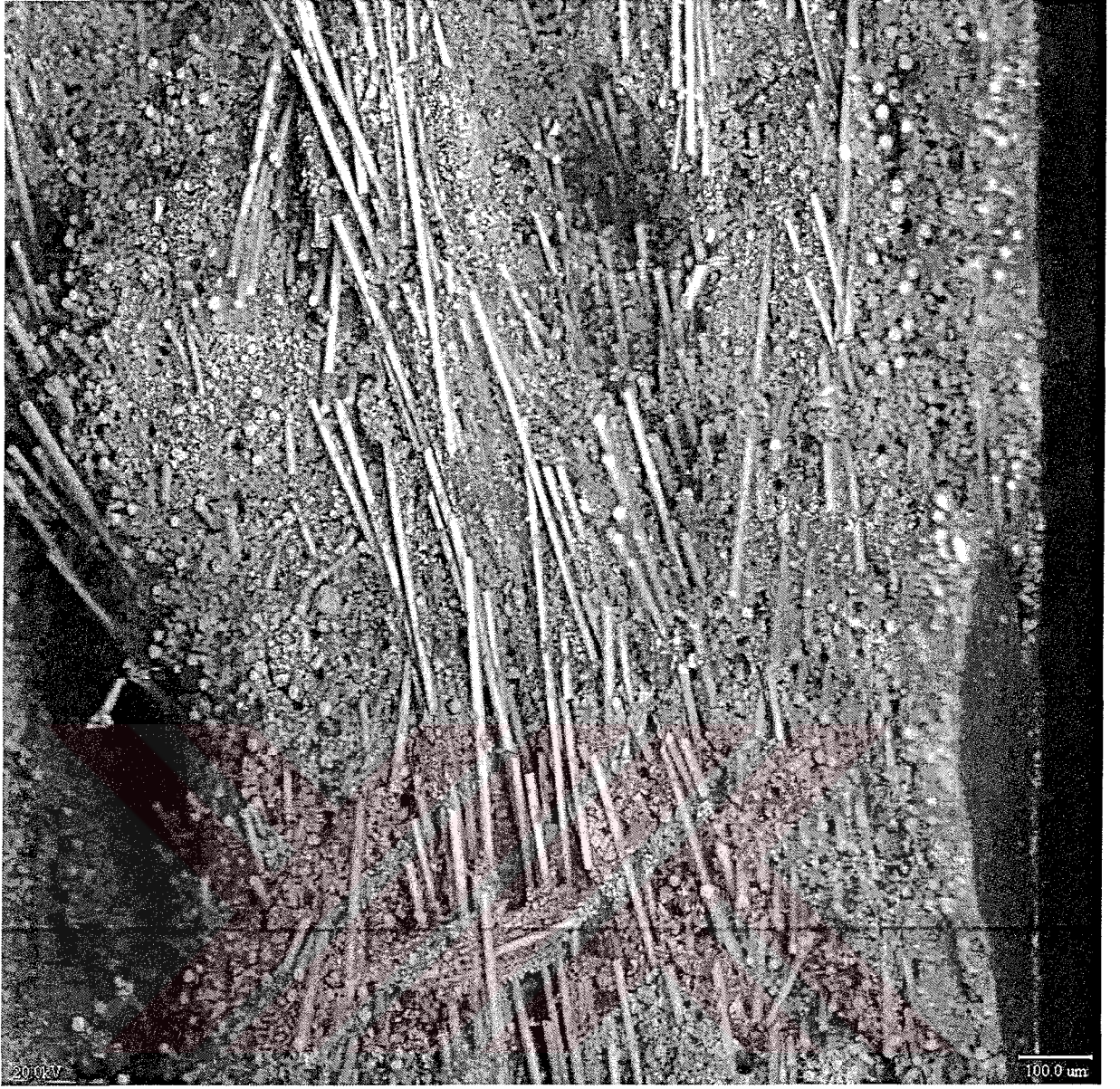
Şekil 4.20 Kalıbın orta noktasındaki görüntü. (SMC 3.1x75)

Şekil 4.20’de fiberlerin 2 boyutlu düzlemsel gelişigüzel ve homojen dağıldığı görülmektedir ki bu da beklenen sonuçtur. Matris yapısına bakıldığında kalsit taneciklerinin dokuda homojen olarak dağıldığı da görülmektedir.



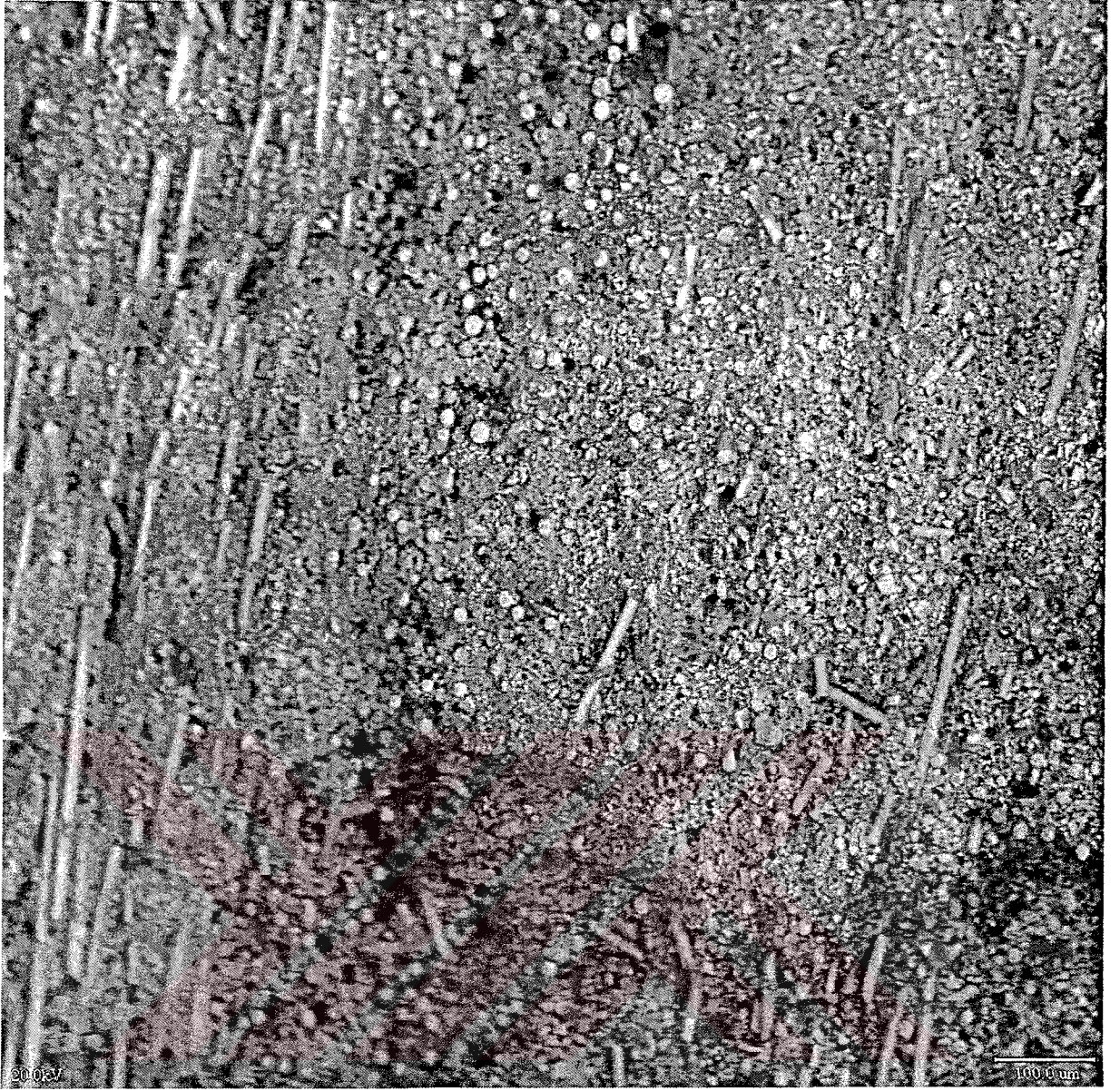
Şekil 4.21 Etek kısmında ilerlemeye dik yönde demet oluşturmuş fiberler.

Aslında bu şekilde yığılan fiberler dokuya daha geniş açıdan bakıldığında homojen yayılmamış yapıyı oluştururlar ki fiberce fakir bölgeler burada çoğunluktadır. Böylece eğer etek kısmında birikintilerin olduğu minör alanlarda deney yapılır ise sonuçlar orta noktadakine benzer biçimde elde edilebilir. Ancak bu çok zayıf ihtimalin dışında yetersiz fiber ilerlemesi nedeni ile eteklerde beklenenin altında değerler gözlenir.



Şekil 4.22 Parça kenarına yakın noktadan alınan görüntü.

Şekil 4.21’i doğrular biçimde enine doğrultuda parça kenarına çok yakın noktada bulunan kırık yüzey görülmektedir. Burada da dar alanlarda kalıp kenarına paralel birikintilerin dışında fiberce yetersiz alanlar görülmektedir. Ancak tüm fotoğrafların ortak görüntüsü CaCO_3 (kalsit) parçacıklarının dokuda homojen yayıldığıdır.



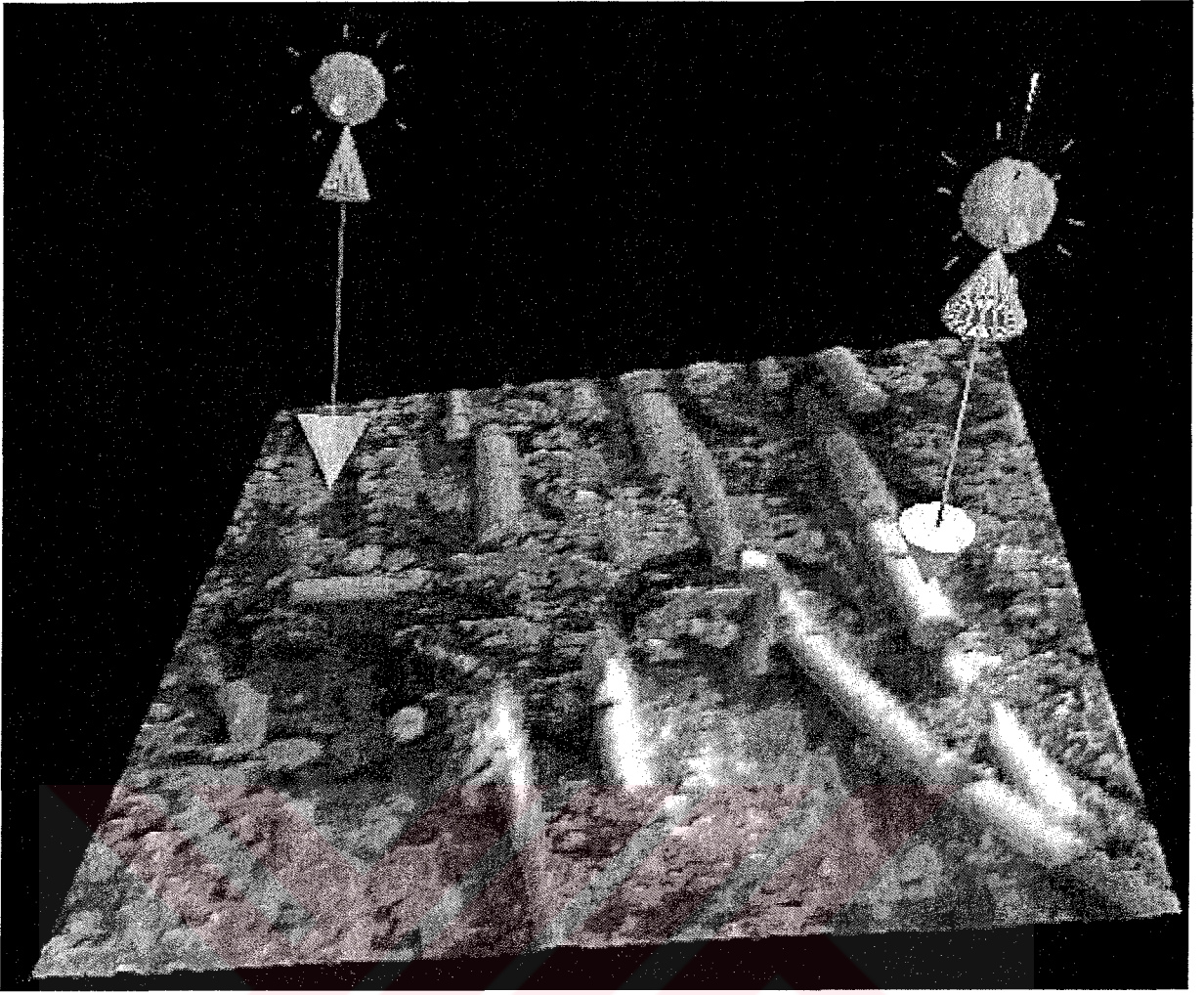
Şekil 4.23 Boyuna doğrultuda alınmış yetersiz fiberli bölge.

Boyuna doğrultuda alınmış yetersiz fiberli bölge şekil 4.23’de verilmiştir. Burada uzun ilerleme yönü sonucu yeterli ilerlemeyi sağlayamamış fiberler görülmektedir.



Şekil 4.24 Homojen dağılımlı bölge.

Şekil 4.24'te homojen dağılımlı boyuna bölgeden yüksek büyütmeli bir kırık fotoğrafı görülmektedir. Burada kırılmanın hızlı çatlak ilerlemesinin aynı anda matris ve fiberden olduğu görülmektedir. Zira kırılan fiber boyları eşit ve kırık yüzeyler birbirine paraleldir. Böylesi görünüm homojen karışım ve doğru imalat yapıldığının simgesidir.



Şekil 4.25 Üç boyutlu kırık yüzey fotoğrafı.

Şekil 4.24'te üç boyutlu yüksek büyütmeli kırık yüzey görüntüsü verilmiştir. Mavi alanda düzgün kırılmış cam fiberler görülmektedir. Burada fiber-matris ara yüzey bağının kuvvetli olması sonucu sıyrılma olmadığı da açıkça görülür. Turuncu alanda ise yetersiz fiber olduğundan kuvvete dik yönde matris kırılması izlenmektedir.

5. SONUÇLAR

Deneyden elde edilen sonuçlar cam hacim oranının % 10, 15, 20, 25, 30 arasında değişimi ile kalınlığın $h= 2, 3, 4, 5, 6$ mm arasında değişimi şeklinde verilmiştir. Ayrıca boyu eninden uzun (minimum iki katı) parçalarda boyuna ve enine yönlerdeki değişimlerle karmaşık şekli temsil eden eteklerdeki özelliğin değişimleri ayrı ayrı incelenmiştir. Deney sırasına göre elde edilmiş sonuçlar aşağıda verilmiştir.

i) Yoğunluk cam hacim oranının artması ile birlikte azalmaktadır. Söz konusu değişim boyuna, enine yönlerde olduğu gibi etek kısmında da görülmektedir. Kompozitlerin arzulanan temel özelliklerinden biri de artan dayanç ile birlikte hafifliğin sağlanmasıdır. Bu amaçla kuramsal yoğunluk eğrisi de çizilerek değişimler bir bütünsellik oluşturacak şekilde elde edilmiştir. Kalınlığın yoğunluğa etkisinin olmadığı bu çalışmalarda açıkça görülmektedir. Parça yüzeyinde boyuna ve enine yön aynı kalarak yoğunluk % 10 hacim oranı için $1,85 \text{ g/cm}^3$ 'ten % 30 hacim oranı için $1,67 \text{ g/cm}^3$ 'e azalırken, etek kısımlarında % 10 hacim oranı için $1,78 \text{ g/cm}^3$ 'ten % 30 hacim oranı için $1,60 \text{ g/cm}^3$ 'e azalmıştır. Bu değişimler bilimsel bir çalışma için anlamlı bütün oluşturmalarına rağmen, uluslararası çalışmalarda örneğin GDF HN 62.S.15'e göre minimum yoğunluğun $1,399 \text{ g/cm}^3$ olması istendiği göz önünde bulundurulursa; deneyde kullanılan tüm numunelerin söz konusu koşulları sağladığı görülmektedir. Yoğunluğun azalmasının en önemli nedeni ise yoğunluğu $2,540 \text{ g/cm}^3$ olan E-camı oranını artarken yoğunluğu $2,850 \text{ g/cm}^3$ olan kalsitin azalmasıdır. Bu durum kompozit anafikrinde de istenilen koşulları doğal olarak sağlamaktadır. Kesit değişimi yani etek problemi bu tür imalat yöntemi için sorun oluşturmamaktadır.

ii) Eğme dayancısı üç noktalı eğme deneyinden elde edilmiştir. Eğme deneylerinde elde edilen en önemli özellik eğme dayancısının cam hacim oranı ve kalınlıkla boyuna enine ve etek kısmında arttığıdır. Örneğin boyuna doğrultuda 6 mm kalınlık için % 10 hacim oranında eğme dayancısı 103 MPa iken, % 30 hacim oranında 205 MPa'dır. Artış oranı ortalama % 100'dür. Benzer şekilde 5, 4, 3, 2 mm kalınlık içinde paralel eğriler elde edilmiştir. Örneğin enine doğrultuda % 10 hacim oranında 95 MPa olan eğme dayancısı, % 30 hacim oranında 194 MPa'dır. Artış yine ortalama % 100'dür. Değerlerin boyuna doğrultudan % 5 oranında az olmasının nedeni ise imalatın pişirme aşamasında akışın boyuna doğrultuda, doğru bir yol boyunca bütünsellik göstererek 50 mm boyundaki cam fiberleri, enine doğrultuya göre daha uzak noktaya homojen olarak taşıyabilmesi ile ilgilidir. Eteklerde ise yine 6 mm kalınlık için % 10 hacim oranındaki eğme dayancısı 83 MPa iken % 30 hacim oranındaki eğme dayancısı 178 MPa elde edilmiştir. Eğme dayancısındaki düşüş orta noktaya göre % 13 değerlerindedir. Düşüşün

nedeni 90°'lik akış yönü değişimi ve 2,5 mm radyustur. Matrisin akışı sırasında kenar noktaya yan ya da paralel doğrultuda uzanmış fiberler etek kısmına yatay olarak akabileceklerinden üst noktalara göre hacim oranı daha azdır. Bu nedenle dayanç daha düşük elde edilmektedir. Tüm ISO, ASTM standartlarında özellikle ISO 2818'de bu bölgelerden numune çıkarılamayacağı, çıkarılsa bile akademik çalışmalarda kullanılacağı ve malzemeyi temsil etmeyeceği bildirilmektedir. Plastik matrisli kompozitlerin dayanç hesaplarında kullanılan tek değeri üç noktalı eğme deneyinden elde edilen eğme dayancıdır. Böylece malzeme anizotropisinin eğme dayancını nasıl etkilediği konusunda açıklık kazanmış olmaktadır.

iii) Plastik matrisli kompozitlerin darbe dayancı çentiksiz Charphy numunesi kullanılarak saptanır. Deneyin en önemli amacı hacim oranı ile darbeye karşı dayancın değişimini elde etmektir. Darbe dayancının kalınlıkla önemli ölçüde arttığı deneylerin ilk göze çarpan sonuçları arasındadır. Boyuna doğrultuda 6 mm kalınlık için % 10 hacim oranında darbe dayancı 26 kJ/m² iken % 30 hacim oranında darbe dayancı 85 kJ/m²'dir. Artış ortalama % 225'dir. Kalınlığın etkisini görmek açısından yine boyuna doğrultuda % 30 hacim oranında 6 mm kalınlıkta darbe dayancı 85 kJ/m² iken 2 mm kalınlıkta bu değer 37 kJ/m²'ye düşmektedir. En düşük hacim oranı olan % 10 değerinde ise 6 mm kalınlıkta darbe dayancı 27 kJ/m², 2 mm kalınlıkta ise 6 kJ/m²'dir. Buradan da ince kesitlilerde darbe dayancının kolaylıkla düştüğü yani kolayca kırılabilirdiği görülmektedir. Enine doğrultuda 6 mm kalınlıkta % 10 hacim oranında darbe dayancı 20 kJ/m², % 30 hacim oranında 65 kJ/m²'dir. Değişim % 225 olmaktadır ki, bu da boyuna doğrultudaki değişim ile benzer özelliklerin olduğunu göstermektedir. Eteklerde yine 6 mm kalınlık ve % 10 hacim oranında darbe dayancı 11,5 kJ/m² iken % 30 hacim oranında 36,4 kJ/m² olmaktadır. Değişim % 215'tir. Sonuçlardan en dikkate değer olanı ise boyuna doğrultudaki darbe dayançları ile eteklerdeki darbe dayançları arasındaki değişim % 135'tir. Buradan da eğer küçük radyuslar seçilip kesit arttırılmasına gidilmedikçe etek gibi karmaşık şekilli parçalarda darbe dayancının önemli ölçüde azalacağı söylenebilir. Zaten Sonuç iii'te söz edilen standartlarda incelendiğinde SMC türü kompozitlerde parçayı temsil edecek numunelerin orta noktadan çıkartılması zorunluluğudur.

iv) SMC türü kompozitlerde aksine bir istek bulunmadıkça eğme dayancı esas dayanç olarak kullanılır. Ancak yük taşıyan sistemlerde ya da yükün tek eksenli çekme biçiminde modellendiği uygulamalarda çekme dayancı istenir. Bu düşünceden hareketle çekme deneyleri de aynı doğrultular için saptanmıştır. Boyuna doğrultuda 6 mm kalınlık için %10 hacim oranında 29 MPa olan çekme dayancı %30 hacim oranında 97 MPa'dır. Artış ortalama % 230'dur. Enine doğrultuda ise yine 6 mm kalınlık ve %10 hacim oranı için 24 MPa, %30 hacim oranı için 55 MPa'dır. Artış %130'dur. Boyuna doğrultudaki artıştan düşüklük

göstermesinin nedeni enine doğrultuda fiber oryantasyonunun aşırı derecede rastgele olmasıdır. Nitekim kırılmış yüzeylerin SEM analizlerinde de boyuna doğrultuda kırık yüzey resmi alındığında aynı doğrultuda demet şeklinde yığılmış fiber dizilişleri görülmektedir. Etekte yine 6 mm kalınlıkta %10 hacim oranında çekme dayancı 23 MPa, %30 hacim oranında 30 MPa'dır. Değişim %30'dur. Buradaki değişimin anlamlı bir bütün oluşturmadığı görülmektedir. Nedeni yine 2,5 mm lik radyus kullanılması ile yetersiz fiber hareketinden kaynaklanmaktadır. Eğer çekme dayancı özellik belirlemesi olarak isteniyorsa muhakkak kesit farklılığı olmayan orta noktadan alınmalı, numunenin alındığı konum ve doğrultu deney raporunda da muhakkak belirtilmelidir. Öte yandan %30 hacim oranı için 6 mm kalınlıkta boyuna doğrultu ile etek arasındaki çekme dayançları değişimi % 223 olarak görülmektedir ki bu da eğme deneyi ile paralel özelliklerin görüldüğü sonucunu kanıtlamaktadır.

v) Bilya basınç deneyi mekanik-teknolojik deneylerin en temelinden biri olup plastiklerin bozulma sıcaklığı sayılan ortalama 125°C'de yapılmaktadır. Bu sıcaklıkta plastik matrisin bozulup özelliklerinin yitirilmesi konusunu araştırmak için uygulanmaktadır. Deney sonucunda bilyanın oluşturduğu iz çapları 20 veya 50 büyütme mikroskop ile ölçülerek bulunur. Boyuna, enine doğrultuda ve etekten çıkarılan numunelerden elde edilen deney sonuçlarına göre ölçülen iz çapları minimum 0,65 mm ile maksimum 0,91 mm arasında ölçülmüştür. GDF HN 62.S.15 madde 15.12.1'e göre yapılan bu deneyin sonuçlarında ölçülen iz çapının 2 mm'yi aşmaması ($d_{max} < 2 \text{ mm}$) istenmektedir. Buradan hareket ile ölçülen iz çapları maksimum ve minimumlar arasındaki bantlarda verilmiş olup tüm değerler standardı sağlamaktadır. Bu deneyde deney sonucunu etkileyecek birincil önemli parametre plastik matristir. Deneyler sırasında tüm numunelerde matris hacim oranı sabit olup matris malzemesi polyester reçinedir. Böylelikle sonuçların birbirine yakın çıkması ve hepsininde 2 mm'den çok düşük ölçülmesinin nedeni kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

vi) Alev deneyi (Glow wire) bir anlamda yanmaya karşı dayanıklılık (yanmazlık) veya kendi kendini söndürebilme özelliklerini belirlemek amacı ile uygulanan mekanik-teknolojik deneylerin ikincisidir. Termoset plastiklerin alev alma sıcaklığı olan 950-960°C'de yapılan kriter deneyidir. Deney sonucunda yön ve etek farkı gözetmeksizin iz derinlikleri minimum 0,10 mm ile maksimum 0,27 mm arasında ölçülmüştür. Bu değerler maksimum sınır olan 7 mm 'nin çok altında olup grafiklerde de dağılım bantı şeklinde verilmiştir.

vii) Deneyler sırasında da yön gözetmeksizin minimum %0,007, maksimum %0,020 su absorpsiyonu ölçülmüştür ki bu değerlerin hepsi sınır değer olan %0,03'ün çok altındadır. Dolayısıyla açık hava koşulları, korozyif olmayan nemli ve sulu ortamlarda başarı ile

kullanılabileceği açıkca görülmektedir.

viii) Sonuç v, vi ve vii'de belirtildiği gibi mekanik-teknolojik deneylere kalınlığın ve yönün etkisi olmamıştır. Zira söz konusu deneylere doğrudan etkiyen birincil parametre plastik matristir ki, deneylerde matris hacim oranı sabit tutulmuş ve polyester reçine matris seçilmiştir.

ix) Doğal gaz kutu kapaklarında, aydınlatma armatürlerinde ve çeşitli otomotiv parçalarında kullanılan ve Kimelsan Kimya Elektrik Sanayi Ticaret Limited Şirketi tarafından üretilen bu kompozitin %20-25-30 cam hacim oranı için patent alınmıştır. Bu konuda optimizasyon çalışması Y.T.Ü. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarlarında AR-GE çalışması olarak bir lisansüstü birde doktora çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu lisansüstü çalışması ise konunun son zincirini oluşturmakta ve daha önce denenmemiş sonuçları içermektedir. Çalışmada daha önceden denenmeyen kalınlık etkisi incelenmiş ve kalınlığın etkidiği sonuçlar analiz edilmiştir.



KAYNAKLAR

- ASTM, D 256-90b, "Standart Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials", ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- ASTM, D 638M-89, (1989), "Standart Test Methods for Tensile Properties of Plastics (Metric)¹", Jan. 1989, ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- ASTM, D 695M-90, (1990), "Standart Test Methods for Compressive Properties of Rigid Plastics (Metric)¹", Oct. 1990, ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- ASTM, D 790M-86, (1986), "Standart Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials (Metric)¹", July 1986, ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- ASTM, D 792-86, (1986), "Standart Test Methods for Specific Gravity (Relative Density) and Density of Plastics by Displacement¹", May 1986, ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- ASTM, D 2583-87, "Standart Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor", ASTM Committee on Standards, 1916 Race St. Philadelphia, PA 19103.
- Bourban, P. E., Bernet, N., Zanetto, J. E., Manson, J. E., (2000), "Material Phenomena Controlling Rapid Processing Of Thermoplastic Composites", Composites Part A: Applied Science And Manufacturing, Elsevier Science Ltd., 32, 2001, 1045-1057.
- Cam Elyaf Sanayi A.Ş., (1984), CTP Teknolojisi - Cam Elyafı Takviyeli Reçine Sistemleri, İstanbul.
- Cam Elyaf Sanayi A.Ş., (1996), "Cam Elyaf Bülten", Nisan 1996, S:1, İstanbul.
- Cam Elyaf Sanayi A.Ş., (1997), "Cam Elyaf Bülten", Ağustos 1997, S:5, İstanbul.
- Cam Elyaf Sanayi A.Ş., (1998), "Cam Elyaf Bülten", Temmuz 1998, S:8, İstanbul.
- Cam Elyaf Sanayi A.Ş., (2000), "Cam Elyaf Bülten", Mart 2000, S:10, İstanbul.
- Chawla, K. K., (1987), "Composite Materials, Science and Engineering", Springer-Verlag New York Inc.
- Composites For Infrastructure: A Guide For Civil Engineers, Vol 1, (1998), Ray Publishing Inc.
- Dumont, P., Orgéas, L., Le Corre, S., Favier, D., (2001), "Anisotropic Viscos Behaviour Of Sheet Molding Compounds (SMC) During Compression Molding", International Journal Of Plasticity, Elsevier Science Ltd., Kasım 2001.
- European Alliance for SMC (1998), "SMC/BMC Design for Success", Frankfurt.
- Fernberg, S. P., Berglund, L. A., (2001), "Bridging Law And Toughness Characterisation Of CSM And SMC Composites", Composites Science And Technology, Elsevier Science Ltd., 61, 2001, s.2445-2454.
- GDF HN 62.S.15, Gas De France
- Gibson, R. F., (1994), Principles of Composite Material Mechanics, McGraw-Hill Inc.
- Hamid, G. K., (1993), Sheet Moulding Compounds, Science and Technology, Hanser Publications Inc., Cincinnati.
- Karaman, N., (2002), "Smc Yöntemi İle Üretilen Üç Bileşenli Kompozitte Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerin Optimizasyonu", Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kawaguchi, T., Nishimura, H., Ito, K., Sorimachi, H., Kuriyama, T., Narisawa, I., (2003), "Impact fatigue properties of glass fiber-reinforced thermoplastics", Composites Science and Technology, Elsevier Ltd., Ekim 2003.
- Le Corre, S., Orgéas, L., Favier, D., Tourabi, A., Maazouz, A., Venet, C., (2002), "Shear And Compression Behaviour Of Sheet Moulding Compounds", Composites Science And Technology, Elsevier Science Ltd., 62, 2002, s.571-577.

Modern Plastics International, (October 1995), McGraw Hill.

Nilsson, G., Fernberg, S. P., Berglund, L. A., (2001), "Strain Field Inhomogeneities And Stiffness Changes In GMT Containing Voids", Composites Part A: Applied Science And Manufacturing, Elsevier Science Ltd., 33, 2002, s.75-85.

Park, C. H., Lee, W. I., Yoo, Y. E., Kim, E. G., (2001), "A Study On Fiber Orientation In The Compression Molding Of Fiber Reinforced Polymer Composite Material", Journal Of Materials Processing Technology, Elsevier Science B. V., 111, 2001, s.233-239.

Reinforced Plastics, Vol 46, No11, (November 2002), Elsevier Science Ltd.

Schwartz, M., (1992), Composite Materials Handbook, McGraw- Hill Inc.

Türk Standartları, TS 702, (1969), "Plastikler Su Absorbsiyonu Tayini", Şubat 1969, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 1177, (1973), "Plastikler Cam Lifle Pekiştirilmiş Plastiklerin Kızdırma Kaybının Tayini", Kasım 1973, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 1400, (1974), "Plastikler Yük Altında Eğilme Sıcaklığının Tayini", Kasım 1974, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 3860, (1982), "Plastikler-Cam Lifle Pekiştirilmiş Malzemelerde Çekme Özelliklerinin Tayini", Aralık 1982, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 4650-2, ISO 3597-2, (1997), "Plastikler-Cam Elyaf Takviyeli Fitille Takviye Edilmiş Reçine Çubukların Mekanik Özelliklerinin Tayini. Bölüm 2: Eğilme Mukavemetinin Tayini", Şubat 1997, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 4650-3, ISO 3597-3, (1997), "Plastikler-Cam Elyaf Takviyeli Fitille Takviye Edilmiş Reçine Çubukların Mekanik Özelliklerinin Tayini. Bölüm 3: Basınç Mukavemetinin Tayini", Şubat 1997, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türk Standartları, TS 8788, (1991), "Plastikler, Cam Elyaf Takviye Edilmiş Termosetting Plastikler – Deney Metotları", Şubat 1991, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Ünal, A., Çetindağ, S., Avgadiç, H., Avgadiç, S., (2000), "SMC Yöntemi ile Üretilen Yeni Bir Kompozitin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması", 1889-1895, 10. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, Mayıs 2000, İstanbul.

Ünal, A., (2000), Kompozit Malzemeler, Yıldız Teknik Üniversitesi, Basılmamış, İstanbul.

EKLER

EK-1 Barcol Sertlik Deneyi (ASTM D 2538-87)

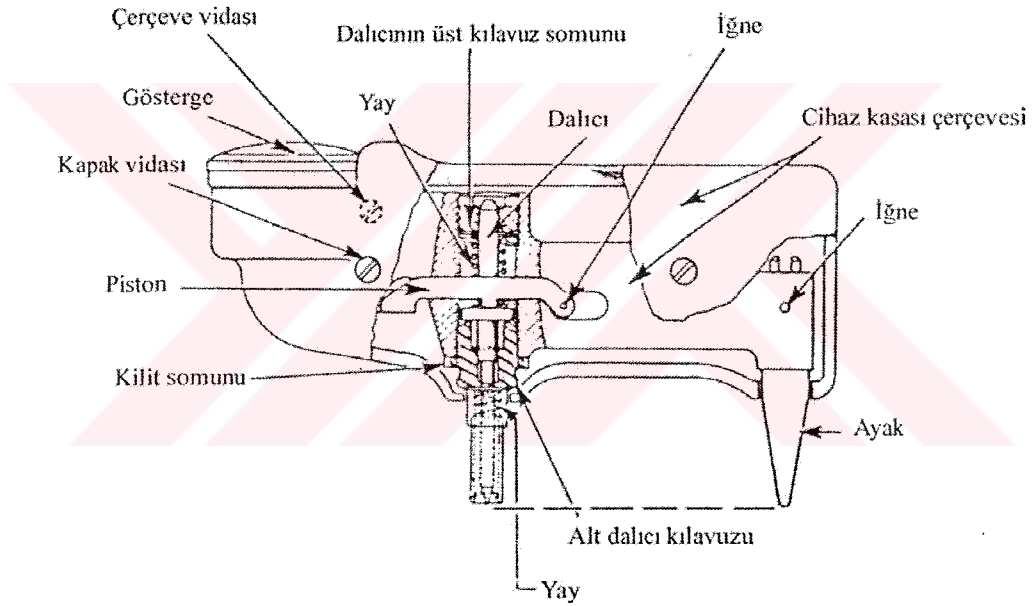
Tanım

Bu test metodu cam takviyeli ve takviyesiz olmak üzere tüm rijit plastik malzemelerin Barcol cihazı kullanarak sertliklerinin ölçülmesini kapsar. Değerler standartta belirtildiği gibi SI birimleri ile verilir.

Barcol cihazının küçük boyutları ve taşınabilirliği sabit ve büyük parçalı malzemelerin sertliklerinin üretim sonrasında kolaylıkla ölçülmesini sağlar.

İlgili Standardlar

- ASTM D 618
- ASTM E 691



Şekil Ek 1.1 Barcol cihazı

Deney Cihazı

Batıcı uç sertleştirilmiş çelik malzemeden yapılmıştır. Tepe açısı 26° olan konik ve 0,157 mm lik (0,0062 in.) bir iz çapına sahiptir. Gösterge saati, 100 bölümden oluşmakta ve her bir bölüm 0,0076 mm (0,0003 in.) batma derinliğine karşılık gelmektedir. Değer yükseldikçe sertlik artar.

Cihazın kalibrasyonu üretici firma tarafından cihazla birlikte verilen sert ve yumuşak alüminyum diskler kullanılmalıdır. Aynı alaşım ve özelliklerde olmadıkça başka diskler kullanılmamalıdır.

Deney Numuneleri

Deneyin yapılacağı numune yüzeyi pürüzsüz ve hiçbir mekanik hasara uğramamış olmalıdır. Numuneler en az 1,5 mm (0,0625 in.) kalınlık ve cihazın ucundan her yöne en az 3 mm uzaklığa sahip olacak büyüklükte olmalıdır.

Deneyin Yapılışı

Numune (veya kalibrasyon disk) sert bir yüzeye yerleştirilir. Eğer yüzey yumuşak olursa deney sonuçları hatalı olabilir. Cihaz numune üzerine yerleştirilir. Cihazın ayakları da numune üzerine veya yer yoksa numune ile eşit kalınlıkta sert bir yüzeye yerleştirilmelidir. Böylece cihazın ucu numuneye dik hale gelir.

Ucun yeri ayarlandıktan sonra uygulama çabuk bir şekilde yapılır. Gösterge saati maksimum değerine ulaşana kadar sabit artan bir yük numuneye uygulanır. Bu esnada cihazın ucu kesinlikle sabit tutulmalıdır. Herhangi bir kayma ya da titreme ölçümün doğruluğunu etkiler.

Çizelge Ek 1.1 Bazı plastik malzemelerin Barcol sertlik değerleri.

Malzeme	Barcol sertlik değerleri				
	Ortalama	S_r^A	S_R^B	I_r^C	I_R^D
SAN	35	1,04	2,93	3	8
BMC	39	0,95	3,75	3	11
Takviye edilmiş SAN	44	1,11	2,25	3	6
Polyester Laminat	55	1,45	1,93	4	5
SMC	61	1,14	2,15	3	6

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 28.03.1977

Doğum yeri İstanbul

Lise 1989-1995 Kadıköy Anadolu Lisesi

Lisans 1995-2001 Yıldız Üniversitesi Kimya-Metalurji Fak.
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Müh. Anabilim Dalı
Malzeme Programı

