

İnşaat sektöründe kullanıma dönük cam elyaf ile takviye edilmiş plastiklerin statik yük altında sürünme davranışlarının incelenmesi

¹İsmail TOPCU*, ²Mehmet DİKİCİ, ²Cengiz İPEK

¹Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji-Malzeme Müh. Bölümü, Alanya Antalya

²Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği. Bölümü, Alanya Antalya

E-mail: ismail.topcu@alanya.edu.tr, mehmet.dikici@alanya.edu.tr, ipekceng@gmail.com

Özet

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla sayıdaki farklı özelliklere sahip malzemelerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemelerdir. Birçok iyi niteliklerine rağmen mukavemet değerlerinin istenen nitelikte olamamasından dolayı bu özelliklerinin iyileştirilmesi için son yıllarda polimer takviyeli kompozitleri geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Gelişen teknolojiye paralel olarak çok değişken ana matris ve değişik takviye türleri kullanmak suretiyle farklı yapıda yeni kompozit malzemeler imal edilmiştir. Nihai teknolojik çalışmalardan biri de pultrüzyon metodu kullanılarak üretilen cam elyaf takviyeli plastik (CTP) malzemelerdir.

Üretilen cam elyaf takviyeli plastikler birçok sektörde kullanılmaktadır. Makine, otomotiv, uçak ve inşaat sektörü bunlardan bazılarıdır. Bu malzemeler inşaat sektöründe kullanılan bilindik ST32 çelikler ve betonarme yapılarla kıyaslandığında yaklaşık bir maliyette olduğu görülmektedir. Fakat, ihtiyaca karşılık üretim artışı kaynaklı maliyet düşümleri dikkate alındığında söz konusu denge CTP lehine olacağı çok açıktır. Özellikle ülkemizin çok ağır depremler yaşaması ve deprem kuşağında olmamızdan dolayı yüksek mukavemeti ve yüksek korozyon dayanımı, hafifliği ve imalat fiyatlarından dolayı tercih sebebinin artıracaktır. Özellikle hafif olması hem nakliye hem işçilik açısından geleneksel yapı malzemelerine karşı üstünlük sağlayacaktır.

Bu çalışmamızda laboratuvar koşullarında CTP malzemelerin statik yüklemeler yapılarak sürünme özellikleri incelenmiştir. Özellikle inşaat sektöründe hem ana malzeme yan ürün olarak kullanılan Cam elyaf takviyeli plastikler hakkındaki bu çalışma diğer araştırmacılara yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Pultrüzyon, Kompozit Malzemeler, Sürünme

Investigation of creep behavior of glass fiber reinforced plastics for use in construction sector under static load

Abstract

Composite materials are the materials used knowing or not by the people to solve their problems for a long time and obtained combining two or more materials whose properties are different. If they are compared with the alternative materials they have many superior properties but weakness in strength enforced the manufacturers to produce new composite materials based on polymers in order to improve their properties in recent years. Composites materials in different structures are manufactured using different matrixes and reinforced elements depending on the technological development. One of the latest technological products is glass fiber reinforced plastics, has relatively more specific strength, manufactured by pultrusion method.

If glass fiber reinforced plastics is compared with steel used in building sector according to cost it is seen that it is approximately close to each other. It is clear that increase in production is going to cause decrease in cost of glass fiber reinforced plastics depending on supply-demand in near future. Moreover, it has some advantages to the conventional materials such as chemical and corrosion resistance, light weight, toughness, flexibility, easy splicing, and consequent easy handling and installation. In this study, creep behaviour of glass fiber reinforced plastics is investigated in room temperature.

Key words: Pultrusion, Composite materials, Creep

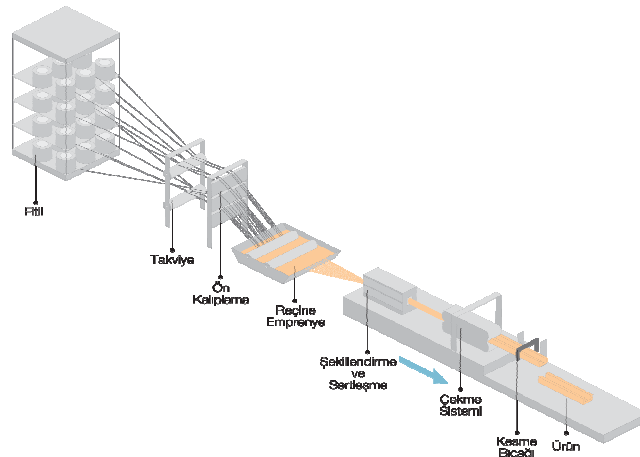
*Corresponding author: Address: ¹Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji Malzeme Müh. Bölümü, Alanya Antalya

1.Giriş

Kompozit Malzemeler Metal, plastik ve seramik gruplarından iki veya daha fazla malzemenin, uygun olan özelliklerini tek malzemede toplamak veya yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşturulan malzemelerdir. Diğer bir tarif ile farklı malzemelerin bir araya gelerek zayıf yönlerini elemine edip buna karşılık üstün özelliklerini ortaya çıkaran geliştirilmiş değişik fazlardan oluşan malzemelerdir [1].Kompozitlerin temel bazı özellikleri uygulamada büyük avantaj sağlamaktadır. Sahip oldukları yüksek korozyon dayanımı, yüksek sertlik değerleri, yüksek mukavemeti ve aşınma direncinin yanısıra çok iyi boyut ve termal kararlılığıdır. Geleneksel metal imalat proseslerine göre daha kolay işlenebilir, biçimlenebilir olması ve metallere göre daha hafif ve yüzey kalitesinin iyi olması benimsenme sebebidir[2]. Mühendislikte yaşanan gelişmeler sonucunda, yapılarda bütün malzemelerin ne sıklıkta kullanılabileceği tespit edilmiştir. Yakın zamanda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yapılarda kullanılan malzemeler yapısal olarak iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan ilki, malzemenin içyapısı üniform olan homojen malzemeler; diğeri ise genel olarak yeni nesil malzemeler olarak adlandırılan ve içerisinde iki veya daha fazla homojen malzeme bulunan kompozit malzemelerdir [3]. Kompozit takviyeli plastik malzemelere kısaca CTP olarak adlandırılmış ve bu malzeme grubuna ilgi 1940 yılları sonrasında başlamıştır. Günümüzde ise en çok kullanılan polimer esaslı kompozit malzemeler arasında yerini almıştır. Günümüzde üretilen kompozitlerin büyük oranı (%88-90) CTP'dir. İlk imatları çoğunlukla tekne gövdeleri, spor araçları, paneller ve araba gövdelerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde ciddi olarak seri üretimi yapılmış ilk yerli otomobilimiz olan Anadol'un kaportasında bu malzemenin üretilmiştir. Kompozitler, ana matris ve bir veya birden fazla takviye malzemesi kullanılarak üretilirler. Mono fazlı malzemelerle kıyaslandığında istenen şekillerdeki tasarıma kolay biçimlendirilirler, düşük yoğunluğa, takviye edildiklerinde iyi mukavemet davranışları sergilerler [4].

CTP kompozitlerin özellikleri kullanılan ana matris, ilave edilen elyafın uzunluğu, tipi ve konsantrasyonu ile kullanılan matrisin özellikleri ile ilişkilidir. Takviye elyaf kısa ve düşük konsantrasyonlar da ise ana matris reçinedir ve bu kompozitler takviyesiz plastikler gibi davranırlar. Şayet içeriği aksine fazla ve ve takviye elyaf boyutları uzunsu tam tersi olarak elyafların kompozit içindeki üstünlüğünden bahsedilir. Ana matrisin (reçine) sahip olduğu özellikler iyi ise bu kompozitlere “mühendislik kompozitleri”, elyaf özellikleri iyi olan kompozitlere ise “ileri kompozitler” denir. Yapılan uygulamalar sonucunda kullanılan ana matris ve takviye elyaf içerikleri karşılaştırıldığında Mühendislik kompozitlerinin maliyeti ileri kompozitlerden daha az olgu ortaya çıkmıştır[5]. Elyafların mekanik özellikleri matrislere göre daha üstün olduğu göz önünde bulundurulursa elyaf oranının artması demek sonuçta kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin de artması demektir [6]. Malzeme imalatında takviye malzemesi olarak kullanılan elyaflar sürekli ve süreksiz olabilirler. Uzun elyaflar sürekli tek yönlü birbirine paralel veya dokuma olabilirler ve kompozitlere yüksek mekanik özellikler sağlar. CTP elyaf takviyeli polimer kompozit malzemelerinde termoset polimerler ve termoplastik polimerler de en yaygın olarak kullanılan ana matris elemanlarıdır. Termoset polimerler malzemeleri polyester, epoksilerden, termoplastik polimerler ise poliamid, piklerden oluşmuştur. Termoset polimerler malzemeler oldukça mukavim ve serttirler. Bu malzemelerde kullanılan polyester reçineleri güçlü olmamalarına karşındaha düşük maliyetli oldukları için epoksi reçinelerine alternative kullanılırlar. Bu malzemeler binalarda, taşıtlarda tekne gövdelerinde elektrik parçalarında su tanklarında kullanılırken epoksi matrisli kompozitler de içerdikleri karbon ve aramid elyaflarından dolayı daha nitelikli ileri mühendislik uygulamaları dediğimiz alanlar olan uzay sanayii, savunma sanayi, uydu anteni, otomotiv sanayi ve sağlık gibi uygulamalar da kullanılmaktadır[7].

Bu uygulamalar da kullanılmakta olan ikinci yaygın matris olan termoplastik polimerler kısa elyaflarda matris malzemesi olarak kullanılırlar. Bu işlem, genellikle enjeksiyon ile kalıplama gibi çok yaygın olan termoplastik proseslerinde kullanılır. Bu malzemelerin tercih edilmeme sebeplerinden en önemlisi, takviye edilen elyafların kurumasındaki güçlükler ve bunun neden olduğu işleme ve ayırma işlemlerinin olumsuz etkilenmesi. Farklı kompozit malzemelerde birçok cam elyaf tipleri kullanılmaktadır. Başlıca cam elyaf tipleri olarak sırasıyla; E camı, S camı ve C camı bilinen cam elyaf türleridir. Cam elyafların bu değişik kompozisyonları, gerekli olan kimyasal ve / veya fiziksel özellikleri sağlamada etkilidirler. Yapmış olduğumuz çalışmada E camı kullanılmıştır. E camı, kalsiyum alümina boron silikat kompozisyonu ve maksimum % 2 içerikli alkaliden meydana gelir. E camları, mukavemet ve yüksek elektrik direnci gereken yerlerde genel maksatlı olarak kullanılırlar[8]. Özel bir cam tipinin kimyasal kompozisyonuna içerdiği oksit bileşeninin oranı çok önemlidir ve belirtilmelidir. Söz konusu bu oran uygulamalarda üreticiler için önemlidir. Bazen farklı kompozisyonlara sahip takviye malzemesi kullanabilirler. Bu içerik farklılıkları, malzemenin kullanılacağı fiziksel ve kimyasal koşullarda yüksek verimlilik esasına dayanılarak tespit edilir [7]. Cam takviyeli elyaf kompozit imalatında reçineler çok önemli yer almaktadırlar. Bunların temel işlevleri; elyafların arasındaki gerilmeleri aktararak, birbirlerine yapışmasını sağlayıp fiziksel ve kimyasal koşullarda dayanımı artırmaktır. Reçineler termoset reçineler ve termoplastik reçineler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Pultrüzyon yönteminde kullanılan reçine tipi, termoset reçinelerdir. Bu metod 1950 yılları öncesinde il olarak yuvarlak çubuk imalatı yapılarak başlanmış ardından farklı geometrilerde malzeme imalatı ile devam etmiş ve patenti de 1951 yılında alınmıştır. Camelyaf, karbon vb. takviye malzemelerinin uygun bir reçine matrisi ile birleştirilerek, sıcak kalıptan çekilmesi ile yapı profilleri üretmeye "Pultrüzyon" denir. Pultrüzyon kelime anlamıyla da, "Pull" ve "Extrusion" kelimelerinden türemiş sürekli bir profil üretim biçimidir. Uygun kalıp tasarımı ile istenen birçok parça üretimi bu metotla yapılabilmektedir. Teknik anlamda; Takviye malzemesinin bir reçine matrisi ile birleştirilerek sıcak bir kalıptan çekilmesi ile profil imalatına Pultrüzyon denir. Endüstriyel olarak yaygın bir biçimde takviye malzemesi olarak Cam Elyafı kullanıldığından dolayı, Cam elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Profil imalat yöntemine Pultrüzyon denir. Bu yöntemde Cam Elyafı ve Cam Elyaf Keçe bir reçine banyosundan belirli bir diziliş ve geometride ıslatılarak sıcak kalıbın içinde Polimerisasyonu tamamlanarak sürekli çekilmesi ile sonsuz profil imal edilebilmektedir [9].



Şekil 1. Pultrüzyon prosesi [10]

Tablo 1’de pultrüzyon ile üretilen ürünlerin karakteristikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 1. Pultrüzyonlu ürün karakteristikleri [9]

Ebat	Kalıbın şekli ve çekme ekipmanın kapasitesiyle ilişkilidir.
Şekil	Lineer, tüm kenarlarda sabit
Cam elyaf oranı	Düz fitillerde ürün ağırlığının % 40-85 arası Hasır elyaflarda ürün ağırlığının % 30-50 arası Dokuma fitillerde ürün ağırlığının % 40-60 arası
Mekanik mukavemet	Eşyönlü izotropik

Pultrüzyon metodu, CTP kalıplamasında, özellikle inşaat sektöründe hem ana malzeme hem de tamamlayıcı malzeme olarak kullanılan profil türündeki ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Türkiye ve diğer ülkelerde, yapı ve inşaat endüstrilerinde artık daha çok verimle çalışan ve daha az bakım, masraf gerektiren malzemelere bir eğilim görülmektedir. Bunun nedenlerinin başında bakım, işçilik gibi ekstra harcamalar, hem para hem zaman kaybı anlamına geliyor. Artık inşaat firmaları rahat edebilecekleri, kendilerine fazla masraf çıkarmayacak, uzun ömürlü malzemeleri tercih ediyorlar. Bu haklı tercihler kompozit endüstrisinin ve özellikle yapısal eleman olarak kullanılan pultrüzyon profillerin önünü açmıştır. Hafif, boya - bakım gerektirmeyen ve düşük işçilik maliyetleri ile inşa edilebilen pultrüzyon profiller ahşabın, alüminyumun ve PVC'nin kısa zamanda yerini almaya başladı. Ahşap desenli pultrüzyon profiller, düşük işçilik maliyetleri ve kolay montaj avantajı sayesinde yapısal kolon, tırabzan, korkuluk ve çit gibi uygulamalarda ahşabın yerini almaya başlamıştır. Rüzgar jeneratörleri, gelecekte çok önemli bir kullanım alanı olarak şimdiden büyük bir potansiyel göstermektedir. Burada rüzgâr enerjisinin faydalı enerjiye dönüşümünde anahtar sistemler, rüzgâr türbinleridir. Rüzgâr türbininin en önemli yapı elemanlarından biri olan kanatlarının üretilmesinde hafiflik ve çevre koşullarına dayanım özelliklerinin de sayesinde; son 25 yıldan beri kompozit teknolojisinden yani CTP'den faydalanılmaktadır. Son yıllarda gerek hurda değeri olmaması, gerekse çürümeye ve korozyona karşı uzun ömürlü olması nedeni ile Türkiye'de ve dünya Karayollarında CTP malzemelerin kullanımı çok büyük ölçüde artmıştır[11].

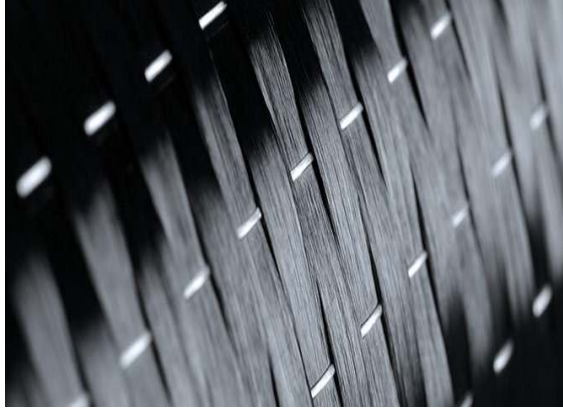
Betonarme yapılarda kullanılan çeliğin korozyona uğraması sonucunda mukavemet değerlerinin azalması inşaat sektöründe probleme alternatif takviye malzemesi arayışlarını artırmıştır. Yakın zamanlar da pultrüzyon metodu ile üretilen CTP malzemeler alternatif malzeme olma potansiyele sahiptir. Bu malzemelerin yüksek çekme dayanımının yanısıra korozyon direnci nedeniyle betonarme yapılarda çelik donatı yerine alternatif olarak kullanılması yönünde umut verici çözümlerden biri olmaktadır[12]. Betonlu polimer kompozitler, standart kum çimento ve su ile üretilmiş beton ile bağlayıcının tamamen veya kısmen polimerlerle değiştirilerek çimentolu bağlayıcı maddenin polimerle takviye edilerek güçlendirilmesiyle elde edilen malzemelerdir [13]. Polimer takviye edilmiş beton yapıda, tüm irili ufaklı boşluklar takviye polimer ile doldurulmuştur. Betonun özelliklerini iyileştirmek için bileşimde uçucu kül, silika dumanı, cam elyafı, karbon fiber gibi ilaveler yapılmaktadır. [14], [15]. Polimer betondaki agregaları çevreleyen matriks polimerdir; çimento yoktur Polimer beton, çimento esaslı betona kıyasla daha yüksek mekanik özelliklere sahiptir [16]. Bir yapıya etki eden kar, rüzgar, deprem kuvvetleri ile yapı elemanlarının ağırlıkları ve hareketli yükler yapı elemanlarında çeşitli gerilmeler oluşturmaktadır. Bu nedenle bir yapı tasarlanırken yapıyı oluşturan yapı elemanlarının bu etkilere karşı yeterli dayanım olması gerekir. Bu yöntemle imal edilen CTP malzemelerinin ihtiyaç duyulan alanlarda gerekli mekanik özelliklere göre yeniden dizayn edilerek yapılması gereklidir [17].

Bu çalışmada, pultrüzyon metodu ile üretilmiş CTP profillerinin mekanik özellikleri, ulusal

ve uluslararası düzeyde kabul edilen metotları kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen mekanik özellikler kullanılarak yapı sistemi deneyleri laboratuvar ortamında sürünme test metodu ile statik ve dinamik yükler altındaki davranışı tespit edilmiştir. CTP malzemenin üretilmiş numunelere ait test verileri, çelik konstrüksiyon çözümleri ile karşılaştırılarak alternatif çözüm olma durumları belirlenmiştir. CTP profillerin avantajları dikkate alındığında inşaat sektöründe kullanımının önem ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve metod

Bu çalışmada Cam Elyaf A.Ş. firmasından temin edilen tek yönlü kumaş dokuma çözgüsüne sahip fiberglas fitil ile yönlendirilmiş atkı iplik cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler kullanılmıştır. Malzemenin fiberglas fitili ile yönlendirilmesinden dolayı yüksek mukavemetli yapı eldesi söz konusudur. Elyaf A.Ş. bu malzemenin üretiminde; E camını kullanarak elde ettiği WR3-2400 direk sarma fitillerini ve matris elemanı olarak yine kendi ürettiği CE BV8 reçinesini kullanmıştır. Söz konusu ürün şekil 1 de görülmektedir.



Şekil 2. Tek yönlü cam elyaf kumaş [18].

CE BV 8 reçineleri esnek, alev geciktirici, kalıp tipi, kimyasal dayanımlı tip, vinil ester ve başka özel amaçlı reçinelerden de jekot üretiminde yararlanılmaktadır. Kullanılan E camının mekanik özellikleri tablo 1 de görülmektedir.

Çizelge 2.1. E camının mekanik özellikleri

Numune	Gerilme Dayanımı (MPa)	Gerilme Modülü (GPa)	Özgül Ağırlık	Özellikler
E Cam	3000-5000	72-82	2.48-2.60,32	Yüksek mukavemet, İyi kalıplama, düşük maliyet

Pultrüzyon” da cam elyaf takviyesi olarak kullanılan devamlı fitil (WR3) dokunmuş fitil, keçe veya bunların kombinasyonlarından bir veya birkaçı tercih edilerek, önce termoset reçine banyosundan, sonra da bir dizi şekillendirme kılavuzundan geçirilir. Isıtılmış çelik kalıp içinden geçirilerek, belirlenen kesitte sertleşmesi sağlanır. şekillendirme kılavuzları, reçinenin cam takviye malzemesine en yüksek düzeyde penetrasyonunu sağlamak amacı ile kullanılır. Kalıptan çıkan ürün kesme aparatları aracılığı ile istenilen uzunluklarda kesilir. Pultrüzyon yöntemi, düşük işgücü gerektirmektedir. Üretim hızı genel olarak dakikada 0.6 m.-1.2 m. olup, çekilen parçanın uygun yapıya sahip olması halinde 3 m. hıza kadar yükselabilen otomatik bir prosestir.

Ticari olarak kullanılabilir bir pultrüzyon prosesinde ekipman şöyledir: Takviye malzemelerinin depolanması ve dağıtımı için keçe ve fitil sehpaları. Takviye malzemelerinin

ıslanmasını sağlayan reçine banyoları. Takviye malzemesini kalıbın şekline göre ön şekillendirmeye tabi tutan ve reçinenin fazlasını ayıran şekillendirme kılavuzları. Operatörün kalıp sıcaklıkları, çekme hızı, çekme biçimi, kesme uzunlukları gibi tüm makine fonksiyonlarını kontrol edebileceği kontrol paneli. Çekilen takviye malzemelerini istenilen uzunlukta kesmek için kesme bıçakları ve kesim sırasında oluşan tozları otomatik olarak toplayacak bir aspiratör sistemi.

Şişecam Kırpma Ürünleri, E-camı elyafının istenen uzunluklarda kırılması ile üretilir. Cam lifleri, kalıplanacak reçine niteliklerine uygun bir bağlayıcı ile kaplanmaktadır. Numune boyutları: 50x10 mm silindirik numuneler şekline getirilip şekil 2 deki sürünme test cihazında teste tabi tutulmuştur.



Şekil 3. Sürünme test düzeneği

3.Deneysel çalışmalar ve sonuçlar

Üretici firmadan tedarik edilen CTP numuneleri ham numune ve van gölü suyunda 3 yıl boyunca yaşlandırılmış numunelerin çekme dayanımı,% uzaman , gerilme dayanımı, elastisite modülü ve sürünme özellikleri ilgili standart çerçevesinde instron 8802 servo hidrolik test cihazında belirlendi. Hazırlanmış olan numunelerin yoğunlukları da Archimedes yöntemi ile ölçülmüştür (Switzerland- Presciva XB 320 M).

Çizelge 3.1. CTP nin ağırlık ve yoğunluk ölçümleri

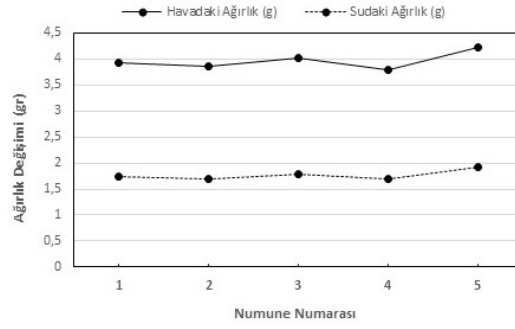
No	Havadaki Ağırlık (g)	Sudaki Ağırlık (g)	Yoğunluk g/cm ³
1	3,92	1,735	1,79
2	3,86	1,699	1,76
3	4,01	1,784	1,78
4	3,79	1,689	1,80
5	4,21	1,914	1,83

Görünür katı yoğunluğu: numune kütlesi/görünen katı hacmi= $[WK / (WK - WA)] \times \rho_{sıvı}$ [19].

WK = Kuru numunenin havadaki ağırlığı (g)

WA = Su ya da sıvı emdirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (g)

(g) $\rho_{sıvı}$ = Kullanılan sıvının (genellikle su) yoğunluğu



Şekil 4. Üretilen CTP'nin ağırlık ölçümleri

Yapı tasarımında kullanılacak CTP malzemesinin mekanik özelliklerini belirlemek için, ASTM 3039 standardına göre çekme deneyleri yapılmıştır. Öncelikle Şişe cam A.Ş'dan temin edilen (10x1000 mm) küresel çubuk CTP numuneleri ilgili standartlar [19] ve deney şartlarına uygun olarak 10x500 mm (78,5 mm² kesit alanlı silindirik çubuk) boyutlarında hazırlanmıştır. Çekme deneyi oda şartların da Instron 8802 servo hidrolik test makinasında yapılmıştır. Çekme test düzeneği Şekil 6'ta görülmektedir.

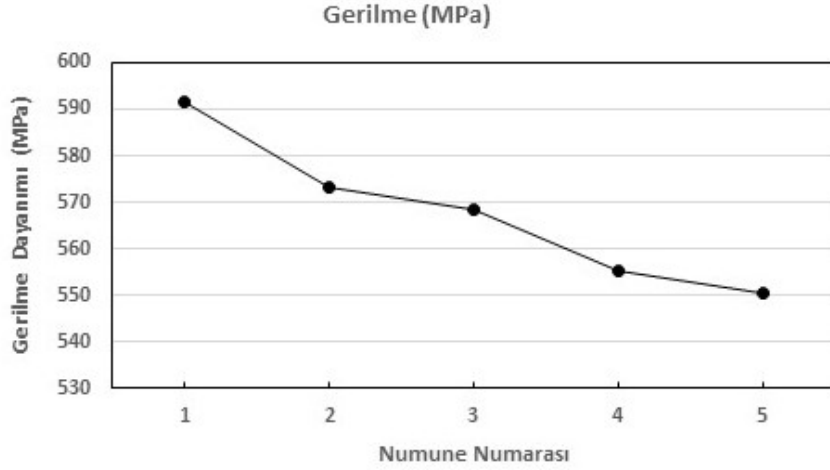


Şekil 5. Çekme test cihazı

Çekme test sonuçları çizelge 3.3 de gösterilmiştir.

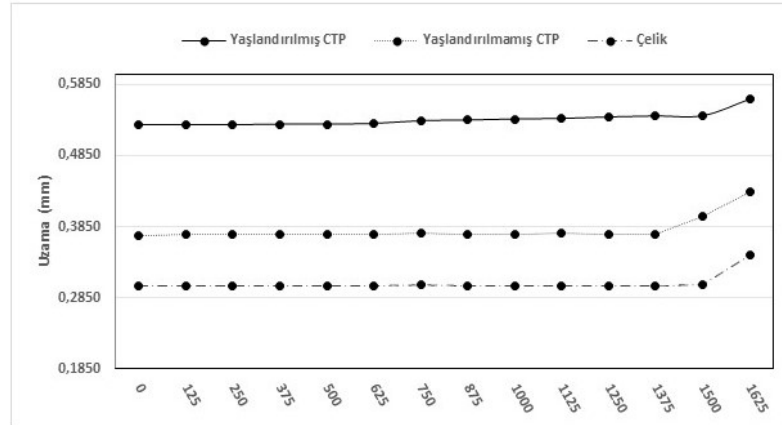
Çizelge 3.3. CTP çekme test sonuçları

No	Uzama (%)	Çekme Kuvveti (N)	Gerilme (MPa)	E Modülü (GPa)
1	2,10	50061,4	637,72	29805
2	1,90	47520,2	605,35	30879
3	2,06	50142,2	638,75	30933
4	1,84	46132,6	587,67	30832
5	2,01	45262,6	576,59	28604

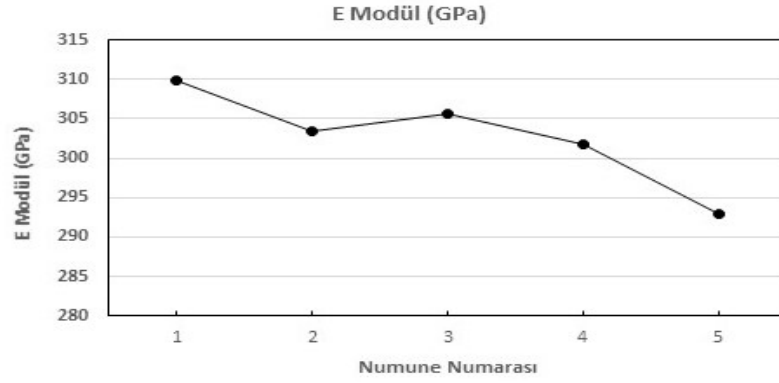


Şekil 6. Çekme testi gerilme sonuçları

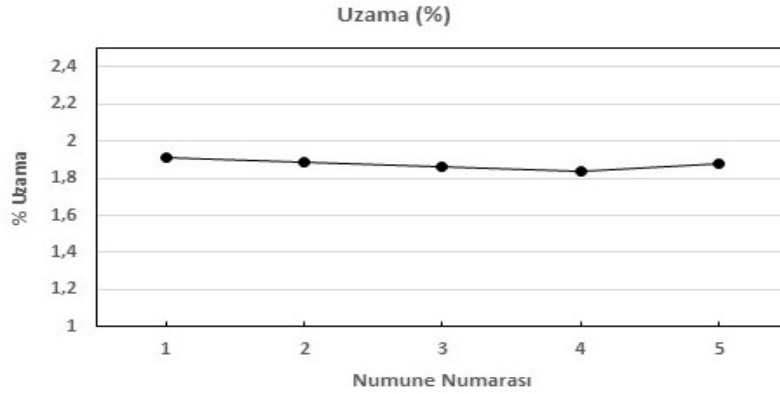
Sünme testi için INSTRON marka 8861 sünme test cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmada düşük karbonlu silindirik inşaat çeliği numunesi, Van gölü suyunda 3 yıl boyunca yaşlandırılmış CTP ve yaşlandırılmamış silindirik CTP numuneleri kullanılmıştır. Test 24 saat süreyle oda sıcaklığında ve 45 MPa sabit statik yük altında gerçekleştirilmiştir. Static sürünme testinde sinusoidal bir yükleme uygulanmıştır. Bu çalışmada; Düşük karbonlu çelik ve pultruzyon metodu ile üretilmiş olan silindirik CTP numuneler kullanılarak bunların mekanik davranışları incelenmiştir. Aynı çaplara sahip düz silindirik ve düzgün yüzeye sahip yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış CTP numuneleri ile aynı çaptaki çelik numuneler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan numuneler ayrıca eğilme testine de tabi tutulmuş ve grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 7. Sürünme testine tabi tutulan malzemelerin uzama- zaman test sonuçları



Şekil 8. Çekme testi E modül değerleri



Şekil 9. Çekme testi % uzama değerleri

Bu çalışmada Van gölü suyunda 3 yıl yaşlandırılan CTP malzemesi ile yaşlandırılmamış CTP ve düşük karbonlu çelik karşılaştırması yapılmıştır. Sünme testi; 23 0C oda sıcaklığında, 45 MPA sabit gerilme (yük) altında ve 1625 dakika süreyle yapılmıştır. Yapılan 1625 dakikalık çalışma sonunda yaşlandırılmış CTP numunesinde uzama oranı 0,532 mm (% 10,6), yaşlandırılmamış CTP numunesinde uzama oranı 0,355 mm (% 7,1) iken çelik numunede bu oran 0,294 mm (% 5) olarak görülmüştür. Yapılan testlerin sonuçları açıkça göstermektedir ki yaşlandırılmış CTP numunesinin uzama oranı yaşlandırılmamış CTP'den ve çelikten yüksektir. Grafiklerden de görüldüğü üzere yaşlandırılmış CTP'nin uzama oranı; yaşlandırılmamış CTP'den % 12, çelikten ise % 52 daha fazladır.

3.Sonuçlar

-Yapılan çalışma da 3 yıl Van gölü sodalı suyunda yaşlandırılmış olan cam elyaf takviyeli plastik numuneler ile yaşlandırılmamış aynı muadil malzeme ve düşük karbonlu inşaat çeliğinin mekanik özellikleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

-Yapılan 1625 dakikalık yorulma testi sonucunda yaşlandırılmış CTP numunesinde uzama oranları yaşlandırılmamış CTP numunesinde uzama oranı yakın iken çelik numuneden daha yüksektir.

-Çekme testlerinde yaşlandırılmamış CTP numunesinin çekme dayanımı yaşlandırılmış CTP'den ve çelikten yüksektir ve düşük karbonlu çelik değerlerine yakındır.

- Eğme testlerinde yaşlandırılmamış CTP numunesinin eğme dayanımı yaşlandırılmış CTP'den yüksek ve çeliğe yakındır.

-Elde edilen verilere göre CTP takviyeli malzemenin korozyona uğramış hali bile düşük karbonlu inşaat çeliği özelliklerine yakın olup, bu sektörde kullanılabilirliğinin yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır.

1. KAYNAKLAR

1. http://tr.wikipedia.org/wiki/Kompozit_malzemeler
2. Cumhuriyet A, Cam fiber takviyeli plastiklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Hitit Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Türkiye
3. Strong B.; “Plastics Materials and Processing, Second Edition”; Prentice Hall, Columbus, OH, 2000
4. R.W. Fulmer; “S-2 Glass Fiber Bridges a Gap in the Reinforcement Spectrum”, Paper presented at the NationalSAMPE Symposium, Society for the Advancement of Material and Process Engineering, 1980
5. W.W. Wolf; “The Glass Fiber Industry – The Reason for the Use of Certain Chemical Compositions”; Seminar presented at University of Illinois, Urbana, IL, 1982
6. M Sarıbiyik, A Piskin, A Sarıbiyik The effects of waste glass powder usage on polymer concrete properties, Construction and building materials, 2013
7. Meyer R.W.; “Handbook of Pultrusion Technology”, Chapman and Hall, New York, 1985
8. <http://www.pultruder.com> (Erişim Tarihi: Temmuz 2006)
9. Composites, Engineered Materials Handbook, ASM International, 1987
10. <https://www.poliya.com.tr/pultruzyon>
11. M. El-Hawary, H. Abdel-Fattah Temperature effect of mechanical behavior of resin concrete Constr Build Mater, 14 (2000), pp. 317-323 ArticleDownload PDFView Record in Scopus
12. Ekiz Y, Sarıbiyik M, Aydın F, Betonarme Kirişlerde Cam Elyaf Takviyeli Plastik Donatıların Kullanımının Araştırılması
13. L.K. Aggarwal, P.C. Thapliyal, S.R. Karada Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions Constr Build Mater, 21 (2007), pp. 379-383 ArticleDownload PDFView Record in Scopus
14. H. Abdel-Fattah, M. El-Hawary Flexural behavior of polymer concrete Constr Build Mater, 13 (1999), pp. 253-262 ArticleDownload PDFView Record in Scopus
15. J.M.L. Reis Fracture and flexural characterization of natural fiber-reinforced polymer concrete Constr Build Mater, 20 (2006), pp. 673-678 ArticleDownload PDFView Record in Scopus
16. Ohama Y. New Developments and Environmental Issues in Concrete-Polymers Composites. In: 8th ICPC Oostende-Belgium, July 3–5, 1995, p 27.
17. Sarıbiyik M, Cumhuriyet A, Aydın F, Sarıbiyik A , Türkiye Pultruzyon Metodu ile Üretilen Cam Fiber Takviyeli Plastik Profillerin Sera Modellemesinde Kullanılması Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu, 2007, 674-682
18. ASTM 3039 “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials”, 2006.
19. TS 4650-2, “Plastikler - Cam Elyaf Takviyeli - Fitille Takviye Edilmiş Reçine Çubukların Mekanik Özelliklerinin Tayini – Bölüm 2: Eğilme Mukavemetinin Tayini”, Ankara, 1997.