

YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİPROPİLEN TEKSTİL ATIKLARININ KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

Ayşe MURATHAN¹, Atilla MURATHAN¹, Samed KARADAVUT

¹Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, ANKARA

amurathan@gazi.edu.tr, murathan@gazi.edu.tr,

(Geliş/Received: 10.07.2012; Kabul/Accepted: 05.12.2013)

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek yoğunluklu polipropilen tekstil atıklarının kompozit malzeme üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kompozitlerde ana malzeme PÇ 42,5 beyaz Portland çimentosu, kireç, elenmiş dere kumu ve vinil akrilik bağlayıcıdır. Çalışmada polipropilen ve bağlayıcının kullanılmadığı kompozit kontrol numunesi olarak seçilmiş, diğer kompozitlerde ise farklı genişliğe sahip polipropilen kullanılmıştır. 1, 3, 7, 14 ve 28 günlük kürlenme süreleri sonunda kompozitlerde polipropilen kullanımıyla kontrol numunesine göre daha düşük basınç dayanımı, daha yüksek su emme ve bu sonuçlara paralel olarak kompozitlerin büzülme yapmadığı elde edilirken mikroçatlakların önlendiği, yapıda tamir edici özellik sağlandığı, özellikle, bu uygulamanın ticari tamir ve yapıştırma uygulamalarında faydalı olabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Polipropilen tekstil atığı, Vinil akrilik bağlayıcı, Çimento, Kompozit, Basınç dayanımı, Büzülme

USEABILITY OF HIGH DENSITY POLYPROPYLENE TEXTILE WASTE IN COMPOSITE MATERIAL PRODUCTION

ABSTRACT

In this study, the useability of high density polypropylene textile waste in composites was investigated. Main materials are PÇ 42,5 white Portland cement, lime, sieved natural sand and vinyl acrylic binder in the composites. In the experiments, a composite material was selected as the control specimen in which any polypropylene and binder were used, also polypropylenes which have different width were used in the other composites. At the end of the 1, 3, 7, 14 and 28 days curing times; by using these polypropylenes, the composites indicated the lower compressive strengths meanwhile the higher water absorption and also no shrinkage according to the control specimen, the repairing properties such as prevention of microcrackings were obtained especially, it was concluded that this application can be useful in commercial repairing and plaster applications.

Keywords: Polypropylene textile waste, Vinyl acrylic binder, Cement, Composite, Compressive strength, Shrinkage

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte petrol türevi olan plastiklerin günlük hayatın her kademesinde kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Dünyada tüketilen petrolün sadece % 4' lük kısmı plastik madde üretiminde kullanılsa da geri dönüşümlerinin türüne göre bir kaç yüzyıl alması, zehirli kimyasallar içermesi ve bunların bileşikleriyle kirlenmiş havanın solunması, bulunduğu kaplardaki yiyecek ve

içeceklerin kullanılması veya cilt ile teması sonucunda oluşturduğu tehlikeler dolayısıyla tehlikeli atık kapsamında yer almaktadır [1]. Bu çalışmada kullanılan polipropilen tekstil ambalajı atığı ise Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü (R.G.:06.11.2008/27046) Yönetmeliği kapsamında değerlendirilmektedir. AB Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi (94/62/EC) uyarınca, AB üyesi ülkelerin ambalaj atıklarında yer alan plastiklerin 31

Aralık 2008 tarihine kadar % 22,5 oranında geri dönüşümü ve geri kullanımı için hedef konmuştur [2]. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı koordinasyonunda 2006 yılında “ AB Entegre Uyum Stratejisi” hazırlanmış ve 2007-2023 döneminde gerçekleştirilecek uyum çalışmaları belirlenmiştir. Dünya ölçeğinde propilen satışının 2012 yılı itibariyle 90 trilyon doları aşacağı ve 2017 itibariyle üretimin 20 milyar tona ulaşacağı tahmin edilmektedir [3]. Plastiklerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri ve büyük miktarlarda atık oluşturmaları sebebiyle inşaat sektörü yanı sıra diğer sektörlerde de kullanılması önemli bir konu haline gelmiştir.

Kullanım yerine göre farklı çap ve uzunlukta olan lifler betonun karakteristik özellikleri üzerinde performanslı iyileşmeler meydana getirmiştir [4]. Polipropilen lif, betonun ilk yaşlardaki plastik rötre çatlaklarını azaltmaktadır. Polipropilenin kimyasal olarak tepkimeye girmeyen bir yapısı vardır. Sentetikler alkalilere ve kimyasal yıpranmalara dayanıklı olabildikleri gibi polipropilen de suya karşı geçirimsiz bir davranış gösterir. Bu özelliği ile polipropilen portland çimentosunda kullanılabilir sentetik malzeme haline gelmiştir [5].

Polipropilen lifli ve ince agregalı betonların seçilen oranlarda kazan altı külü ve granüle yüksek fırın cürufuyla yer değiştirmeli olarak denemeye alındığı saha betonlarında dayanım değerlerinde değişme olmadığı ancak dayanıklılık özellikleri bakımından % 20-30 yer değiştirmenin saha betonlarında olumlu etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir [6].

Hiperakışkanlaştırıcı katkının kullanıldığı betonlarda basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımında yüksek değerlerin elde edildiği, hiperakışkanlaştırıcı katkı ve polipropilen liflerin kullanıldığı betonlarda eğilme dayanımında daha iyi değerlerin bulunduğu belirtilmiştir [7].

Uçucu kül ve polipropilen lif kullanımının silindire sıkıştırılmış beton özelliklerine etkisinin incelendiği

çalışmada uçucu kül ve polipropilen lif eklenmesi ile karışımların su muhtevalarının yükseldiği, birim ağırlık değerlerinin düştüğü, % 40 ve % 60 oranındaki uçucu külün mekanik dayanımı olumsuz etkilediği; liflerin ise mekanik dayanımda ve darbe etkisinde etkisinin olmayıp kırılma davranışında etkin olduğu tespit edilmiştir [8].

Bu çalışmada tehlikeli atık kapsamında değerlendirilen plastiklerin inşaat malzemesinde kullanımı amaçlanarak propilen tekstil atığı liflerinin kompozitlerdeki mekanik dayanımı, su emmeyi ve büzülme nasıl etkilediğine dair sonuçlar ortaya konmuş ve bu atıkların insan sağlığında ve çevre sağlığında doğrudan etkisinin azaltılmasıyla sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

2.1.1. Çimento (Cement)

Kompozitlerde Çimsa beyaz Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimsa Çimento San. ve Tic.A.Ş.,’den temin edilen beyaz Portland çimentosu Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği’nin laboratuvarlarında analizleri yapılarak kimyasal, fiziksel ve mekanik değerlerinin TS 21 ile karşılaştırma sonuçları Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3’ te sırasıyla verilmiştir [9].

2.1.2. Vinil Akrilik Bağlayıcı (Vinyl acrylic binder)

Deney numunelerinin hazırlanmasında pigment bağlama özelliği ve iyi film yapma karakteristikleri gösteren vinil akrilik esaslı bağlayıcı kullanılmıştır. Vinil akrilik esaslı bağlayıcıların en önemli özelliği suya karşı dayanıklı olması, tanecik yapısının çok küçük oluşu, kullanım sırasında yüksek yapışma, şeffaflık özellikleri dolayısıyla düzgün ve pürüzsüz yapıların elde edilebilmesi açısından avantaj sağlamaktadır.

Tablo 1. Çimentonun Kimyasal Özellikleri (chemical properties of cement)

	Deney Sonuçları (en fazla) %	TS 21 (en fazla) %
Kızdırma kaybı	2,900	5,00
Çözünmeyen kalıntı	0,120	5,00
Magnezyum Oksit (MgO)	1,400	5,00
KükürtTrioksit (SO ₃)	3,800	4,00
Klorür (Cl)	0,006	0,10

Tablo 2. Çimentonun Fiziksel Özellikleri (physical properties of cement)

	Deney Sonuçları (en fazla)	TS 21
Beyazlık (%)	85,60	85,00 (min)
Priz Başlangıcı (dakika)	100	45 (min)
Priz Sonu (dakika)	130	600 (max)
Hacim Genleşmesi(mm)	0,50	10,00 (max)
Özgül Yüzey (cm ² /g)	4500	2800 (min)

Tablo 3. Çimentonun Mekanik Özellikleri (Mechanical properties of cement)

	Deney Sonuçları (en fazla)	TS 21
2 günlük basınç dayanımı (MPa)	35	20,0
7 günlük basınç dayanımı (MPa)	49	31,5
28günlük basınç dayanımı (MPa)	58	42,5

2.1.3. Polipropilen Tekstil Atığı (Polypropylene textile waste)

Deneylerde kullanılan polipropilen, atık un çuvallarından elde edilmiş olup herhangi bir ön işlem uygulanmamıştır. Yüksek yoğunluklu polipropilen sırasıyla 0,5 cm sabit genişlik; 1, 3 ve 5 cm. farklı uzunluklarda olacak şekilde kalıpta şerit makasıyla kesilerek düzgün biçimde şeritlere bölünmüştür. Kullanılan polipropilen lif homo polimer kapsamında olup düz iplik şeklindedir. Tablo 4'te değişik liflere ait özellikler verilmiştir [4].

2.1.4. Kum (Sand)

Deneylerde kum olarak ASTM C 778'e uygun (0-4 mm) kum kullanılmıştır [10]. Kullanılan kumun maksimum tane büyüklüğü 2 mm olup, elek analizi Tablo 5' te verilmiştir.

2.1.5. Kireç (Lime)

Kompozitlerde kullanılan susuz kalsiyum oksit önce suyla söndürülmüş ve belirli bir süre beklendikten sonra süzülerek kullanılmıştır.

2.2 Kompozit Üretimi (Production of composite)

Bu çalışmada üretilen 5 farklı bileşime sahip kompozitin üçünde polipropilen lif oranları sabit tutulup lif boyları değiştirilmiş, diğer karışımlar lifsiz olarak üretilmiştir ve ilave olarak vinil akrilik bağlayıcının etkisi incelenmiştir. Bu amaçla Tablo 6'da verilen kompozitlerin karışım oranları sırasıyla şu şekildedir: polipropilen lif ve bağlayıcının bulunmadığı birinci sıradaki kompozit; çimento, kireç ve kum karışımından oluşmuştur ve kontrol numunesi olarak seçilmiştir. İkinci sırada yeralan kompozitte çimento, kireç, kum ile bağlayıcı bulunmaktadır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci sıradaki kompozitlerde çimento, kireç, kum ile bağlayıcının yanısıra; polipropilen lifler sırasıyla 1, 3, ve 5 cm. boylarında tutulmuştur ve ilgili deney sonuçları bu sıralamaya göre verilmiştir. Deneylerin tutarlılığından emin olmak için her bir numuneden 3 adet hazırlanmıştır. 7,5 cm. çapında ve 15 cm. boyunda silindirik kalıplar kullanılmıştır. Vinil akrilik bağlayıcı çimento ağırlığının %1'i oranında kullanılmış, su/çimento oranı 2,3 olarak sabit tutulmuştur. Her bir karışımda 1 dm³lük hacimde çalışılmış ve toplamda 400 g olacak şekilde hazırlanan numuneler (9 ± 2) °C sıcaklık ve % 62 bağıl nem değerlerinde kürlenmiştir. Numunelerin 1-3-7-14 ve 28 günlük basınç dayanımları, su emme ve büzülme deney metotları sırasıyla verilmiştir.

Tablo 4. Değişik cins liflere ait fiziksel özellikler (Physical properties of different fibers)

Lif Cinsi	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastiklik Modülü (10 ³ ,MPa)	Maksimum Uzama (%)	Özgül Kütle (g/cm ³)
Asbest	552-996	83-138	0,60	3,20
Pamuk	414-690	4,80	3-10	1,50
Cam	1035-3795	69	1,5-3,5	2,50
Naylon	759-828	4,10	16-20	1,10
Polyester	724-863	8,30	11-13	1,40
Polipropilen	552-759	3,50	25	0,90
Pamuk-Yün	414-621	6,90	10-25	1,50
Mineral Yünü	483-756	69-117	0,60	2,70
Çelik	276-2760	200	0,5-35	7,80

Tablo 5. Kumun elek analizi (Sieve analysis of sand)

Elek Çapı (mm)	Elekten Geçen (%)
4	100
2	78,20
1	62,20
0,5	38,60
0,25	7,30

Tablo 6. Kompozitlerin kütleli karışım oranları, (Mass mixing ratios of composites)

Numune	Su (g)	Çimento (g)	Kum(g)	Kireç (g)	Bağlayıcı (g)	Polipropilen lif (g)
Kontrol (Katkısız –lifsiz)	230	100	50	20	0	0
Lifsiz (Bağlayıcı)	230	100	50	19	1	0
1 cm Lifli	230	100	50	15	1	4
3 cm Lifli	230	100	50	15	1	4
5 cm Lifli	230	100	50	15	1	4

2.3. Metot (Method)

2.3.1. Basınç Mukavemeti (Compressive strength)

Basınç mukavemeti deneyi TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır [11]. Silindirik numunelerin kalıplara yapışmasını önlemek için, doldurma öncesinde kalıp iç yüzeyi kalıp ayırıcı bir malzeme(vazelin) ile ince bir tabaka halinde yağlandıktan sonra kalıplara doldurma başlığı kullanılarak doldurulmuştur. Sıkıştırma işlemi ise kalıba yerleştirildikten hemen sonra vibratör kullanılarak yapılmıştır. Numuneler, kalıp içerisinden 24 saat rutubetli olarak, (9 ± 2) °C sıcaklıktaki ortamda tutulmuştur. Bu süre sonunda kalıplar dikkatli olarak sökülmiş ve numuneler deney anına kadar, (9 ± 2) °C sıcaklıktaki su içerisinde % 62 nem içeren ortamda tutulmuştur.

Basınç mukavemetlerini ölçmek üzere kür odasında bekletilen numuneler, deney günü geldiğinde 1, 3, 7, 14 ve 28 günlerde Gazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında yeralan 1000 kN'luk pres kullanılarak tek eksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur. Sudan çıkarılarak başlık dökme makinesine yerleştirilmeden önce yüzeyindeki fazla su kurulanmıştır. Preste uygulanacak olan yükün düzgün biçimde dağılmasını sağlamak üzere deney numunesinin alt ve üst yüzeylerine kalınlığı 5 mm'yi geçmeyecek şekilde sert ve düzgün yüzeyli bir başlık yapılmıştır.

Standard koşullarda muhafaza edilen deney numuneleri, kür odasından çıkarıldıktan ve başlık yapıldıktan hemen sonra, zaman geçirilmeden basınç mukavemeti uygulanmış ve numuneyi kırmak için yapılan yükleme hızı bütün deney süresince sabit bir değerde tutulmuştur. Yük, numuneye darbe tesiri olmaksızın, seçilen hızdan sapma ± 10 'u geçmeyecek şekilde, en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızda uygulanmış ve numunenin kırıldığı andaki maksimum yük okunmuştur, hesaplama için uygulanan yükün silindir tabanı yüzey alanına bölünmesiyle basınç mukavemeti değerine geçilmiştir.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada; f_c = Beton basınç mukavemeti,

MPa (N/mm²) F= Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, (N); A= Basınç yükünün uygulandığı kesit alanı, (mm²)

2.3.2. Su Emme (Water absorption)

1, 3, 7, 14 ve 28 günlük kürlenme süreleri sonunda su emme tayininde TS 3624 [12] standardı kullanılarak basınç mukavemeti deneyinde kırılan numunenin bir parçası alınmış ve ağırlığı not edilmiştir. Ağırlığı not edilen numune etüvde (105 ± 5) °C de kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve kuru numune ağırlığı not edilmiş ve hesaplama yapılmıştır.

$$\text{Su emme \%} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \cdot 100$$

Burada; w_1 = Islak

numune ağırlığı, (g) w_2 = Kuru numune ağırlığı, (g).

2.3.3. Büzülme (Shrinkage)

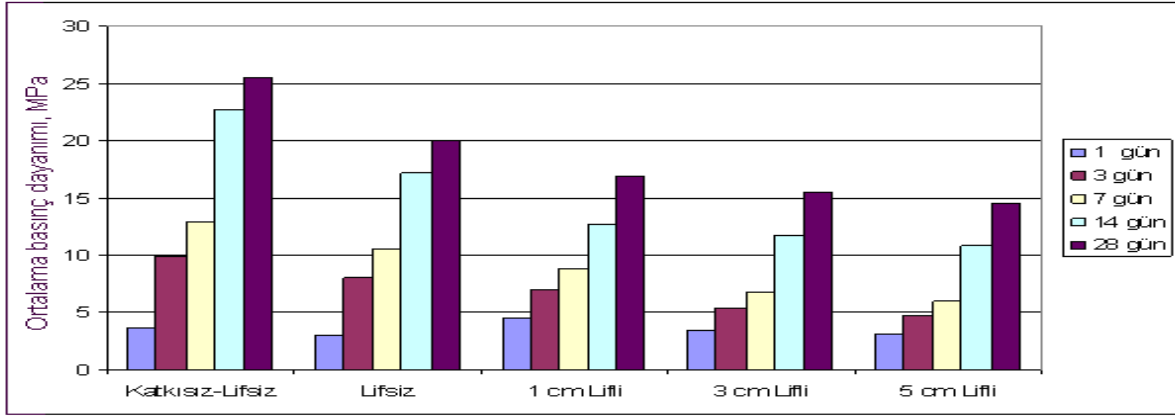
Büzülme deneyi ASTM C 596 esas alınarak yapılmıştır [13]. Basınç mukavemeti deneyi için hazırlanmış olan numuneler kalıptan çıkarılıp kür havuzuna konduktan sonra 1, 3, 7, 14 ve 28 günlük kürlenme süreleri sonunda boy ölçer aleti (ayar çubuğu) ile numunelerin boyları ölçülerek not edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Üretilen kompozitlerin ortalama basınç dayanımları, su emme ve büzülme değerleri sırasıyla verilmiştir.

3.1. Basınç Mukavemeti (Compressive strength)

Bu çalışmada üretilen kompozitlerde kullanılan vinil akrilik bağlayıcının poroziteyi artırıcı etki göstermiş olmasıyla basınç dayanımlarında bir miktar düşme olmuştur. Kompozitlerin ortalama basınç dayanımları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kompozitlerin Ortalama Basınç Dayanımları (Average compressive strengths of composites)

Şekil 1’de görüldüğü gibi atık polipropilen lif katkısının kompozitlerde erken yaşlardaki basınç mukavemetini artırıcı etki gösterdiği ancak ilerleyen yaşlarda basınç mukavemetinin lifsiz kompozite göre düşüş gösterdiği saptanmıştır. Lif uzunluğu arttıkça basınç dayanımlarında azalma görülmektedir, bu sonuç karışımdaki kireç ile liflerin çevresinde oluşan boşluklar ile açıklanabilir.

Ancak lif içermeyen kompozit gevrek bir şekilde kırılırken farklı boylarda polipropilen lif içeren diğer numunelerin kontrollü bir şekilde ve uzun sürede sünek bir şekilde kırıldığı ise polipropilen liflerin uzama yüzdelerinin yüksek olması ile açıklanabilir [4,15,16].

3.2. Su Emme (Water absorption)

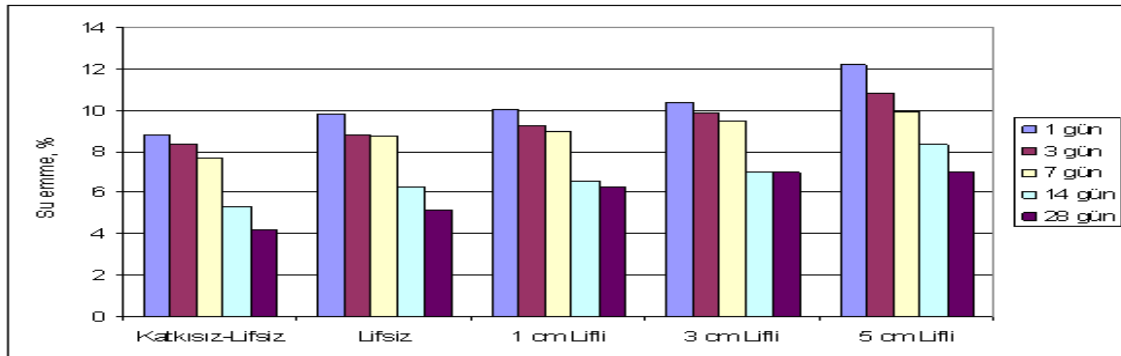
Basınç mukavemeti için hazırlanan numuneler kırıldıktan sonra alınan parçaların ıslak halde ve etüvde kurutulduktan sonraki ağırlıkları ölçülmüş; su emme yüzdeleri belirlenmiştir. Numunelerin su emme yüzdeleri Şekil 2’de verilmiştir.

Kompozitlerde atık polipropilen lif katkısının su emmeyi artırıcı yönde etki gösterdiği elirlenmiştir. Bu sonuç karışımdaki liflerin çevresinde oluşan boşluklar ile açıklanabilir. Lif uzunluğu arttıkça su emmenin erken yaşlarda daha fazla artış gösterdiği ancak ileri

yaşlarda artmanın azaldığı görülmektedir. İleri yaşlar esas alındığında su emmenin azalmasına sebep olarak doygunluğa ulaşma verilebilir ayrıca beyaz Portland çimentosunda yeralan hacim genleşme değeri çok düşük olduğundan kullanılan kireç ve kumda ağırlık artışı sebebiyle su emmenin artmış olabileceği belirtilebilir. Su emme artışıyla basınç mukavemetinin azalışı aynı şekilde kompozitlerin yapısındaki boşlukların artışı ile açıklanabilir. Su emme’de 28 günlük kürlenme sonunda kompozitlerde herhangi bir deformasyona rastlanmamıştır.

3.3. Büzülme (Shrinkage)

Kompozitlerin büzülme değerleri Tablo 7’de verilmiştir. Lifli kompozitlerin lif içermeyenlere göre daha az boy değişimi gösterdiği yani hacim değişiminin daha az olduğu görülmektedir. Bağlayıcının bulunmadığı ikinci kompozitte boy değişiminin daha fazla olması ise bağlayıcının düşük miktarda kullanılmasının bile rötre değerinde etkin olduğuna bir işaretir. Numuneler ilerleyen yaşlarda belirgin bir boy değişimi göstermediğinden lifler rötre sebebiyle oluşacak olan çatlakları engelleyebilir ve bu nedenle tamir ve yapıştırma işlemlerinde başarılı sonuç alınabilir. Özellikle sıcak ve rutubetli havalarda oluşan bu tip çatlakların oluşumunun engellenmesiyle geniş yüzeylerde polipropilen lif kullanılabilir [5,14-16].



Şekil 2. Kompozitlerin Su Emme Yüzdeleri (Water absorption percentage of composites)

Tablo 7. Kompozitlerin büzülme değerleri (Shrinkage values of composites)

Numune	1 gün (cm)	3 gün (cm)	7 gün (cm)	14 gün (cm)	28 gün (cm)
Katkısız-Lifsiz	14,99	14,97	14,95	14,95	14,95
Lifsiz	14,97	14,95	14,92	14,92	14,92
1 cm Lifli	15,00	14,99	14,98	14,98	14,98
3 cm Lifli	14,99	14,98	14,98	14,98	14,98
5 cm Lifli	15,00	14,99	14,99	14,99	14,99

4.SONUÇLAR (RESULTS)

Genel bir sonuç olarak yüksek hacimli atıklar olan polipropilen tipi plastiklerin inşaat malzemesinde kullanımıyla insan ve çevre sağlığında kısmi bir iyileştirme sağlanması yanı sıra üretilen kompozitlerde mikro çatlakların önlenebileceği; yapılarda tamir ve yapıştırma malzemesi olarak kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır. Buna göre, 1, 3, 7, 14 ve 28 günlük kürlenme süreleri sonunda kompozitlerde polipropilen liflerin yanı sıra vinil akrilik bağlayıcının da kullanımıyla kontrol numunesine göre daha düşük basınç dayanımı elde edilirken lif içermeyen kompozitlerin gevrek bir şekilde kırıldığı, farklı boylarda polipropilen lif içeren diğer numunelerin kontrollü bir şekilde ve uzun sürede sünek bir şekilde kırıldığı; bu nedenle liflerin kompozitlere elastik bir yapı kazandırabileceği; su emme ve büzülme deneylerinde alınan olumlu sonuçlar ile özellikle sıcak ve rutubetli havalarda oluşabilecek çatlaklarda iyileştirme sağlanabileceği ve üretilen kompozitlerin geniş yüzeyli alanlarda kullanılabilmesi söylenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Onay,T.T. ve Erses, A.S., Tehlikeli Atık Yönetimine Genel Bir Bakış, **Kimya ve Sanayi Dergisi** , cilt 39, No. 226, 36-37, İstanbul, Temmuz-Ağustos-Eylül 2006.
2. Atabarut, T., AB Sürecinde Ulusal Katı Atık Yönetimi Mevzuatı, **Katı Atık ve Çevre Dergisi**, 75, 6-7, İstanbul, 2009.
3. Köse, B.M. ve Banar, M., AB Katılım Öncesi Mali Yardımlarında Yeni Dönem, Çevre Alanında AB ile Uyum ve Entegre Atık Yönetimi, **Katı Atık ve Çevre Dergisi**, cilt 75, 14-15, İstanbul, 2009.
4. Kiper, M., Polipropilen Liflerin Özellikleri ve Kullanım Olanakları, **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni**, Sayı 64, 1996.
5. Kozanoğlu, C., " İnşaatlarda Yeni Gelişen Bir Teknoloji: Polipropilen Elyafı Betonarme Uygulaması", **Panel-20**, 1991 .
6. Özcan, A., **Endüstriyel Atıklar Ve Polipropilen Lif İçeren Saha Betonlarının Özelliklerinin Araştırılması**, Y.Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Ün.,Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
7. Aktürk, M., **Polipropilen Lif Takviyeli Kendiliğinden Yerleşen Betonların Performans Özelliklerinin Araştırılması**, Y.Lisans Tezi, Selçuk Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
8. Atacan,A., **Uçucu Kül Ve Polipropilen Lif Kullanımının Silindire Sıkıştırılmış Beton Özelliklerine Etkisi**, Y.Lisans Tezi, Ege Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
9. TS 21 Çimento-Beyaz Portland Çimento-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, **Türk Standartları Enstitüsü**, 2008.
10. **ASTM C 778**, Annual Book of ASTM Standards, Standard Specification for Standard Sand, 2013.
11. TS EN 12390-3, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyle -Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, 2010.
12. TS 3624 Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık,Su Emme ve Boşluk Oranı Tayin Metodu, **Türk Standartları Enstitüsü** 1981.
13. **ASTM C 596**, Annual Book of ASTM Standards, Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement, 2001.
14. Ping Gu, Ping Xie and J. J. Beaudoin, Impedance Characterization of Microcracking Behaviour in Fibre-Reinforced Cement Composites, **Cement and Concrete Research**, cilt 15, 173-180, 1993.
15. Berhane, Z., Evaporation of Water from Fresh Mortar and Concrete at Different Environment Conditions, **Journal of the American Concrete Institute**, cilt 81, No.6, 560-565, 1984.
16. Banthia N., Nandakumar N., "Crack Growth Resistance of Hybrid Fiber Reinforced Cement Composites", **Cement and Concrete Composites**, cilt 25, 3-9, 2003.