

HAFİF BETONDA ÇELİK LİF KULLANIMININ BETON ÖZELİKLERİNE ETKİSİ

Emre SANCAK¹, Osman ÜNAL²

¹ SDÜ Teknik Eğitim Fakültesi, ISPARTA

² AKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

ÖZET

Bu çalışmada, Isparta, Gölcük yöresi pomza agregası ve Atabey agregaları kullanılarak üretilen betonlara çelik lif ilave edilmesinin, beton özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Deneyisel çalışmada üretilen, hafif ve yarı hafif betonların karışımlarında su - çimento oranı, çimento dozajı ve maksimum dane boyutu (19,1 mm.) ile birlikte agrega granülometrisi sabit tutulmuştur. Betona ilave edilen çelik lif miktarları hacimce 0-5-10-15 dm³ dir. Betonlarda ZP 305 tipi lif kullanılmıştır. Elde edilen 12 serideki karışımlarla üretilen, kübik numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde ultrases hızı , basınç dayanımı ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 28. günde su emme oranı tayini deneyi yapılmıştır.

Deney sonuçlarına göre, öncelikle, betona katılan lif miktarı arttıkça taze betonun işlenebilme özeliğinin azaldığı görülmüştür. Yarı hafif ve hafif betonlarda çelik lif kullanımı, basınç dayanımını artırma eğilimindedir. Fakat ultrases hızlarını ve birim ağırlıkları direkt olarak etkilememektedir.

Anahtar kelimeler: Pomza, Çelik Lif, Hafif Beton, Basınç dayanımı.

EFFECT OF STEEL FIBRE USAGE ON LIGHTWEIGHT CONCRETE PROPERTIES

ABSTRACT

In this study, the effect of fibre type and quantity on the concrete properties of fibrous lightweight and semi lightweight concrete which are produced from Gölcük region pumice and Atabey aggregates is investigated.

During the experimental study, the water-cement ratio, cement dosage and the maximum particle size (19.1mm) with the aggregate grading are kept constant in the lightweight and semi lightweight concrete mixture. The

concrete added fibre steel quantities are 0-5-10-15dm³. Two kinds of fibre named as ZP 305 was used in the concrete. The ultrasonic velocity and compressive strengths are determined on the 7th and 28th days and unit weight, water absorption ratio experiment are predicted on 28th day on the 12 series cubic specimen.

The fibre affects the workability of the fresh concrete. On the other hand, from the experiment results on the hardened concrete specimens, it is seen that lightweight and semi lightweight concrete with fibre compressive strength increases with the quantity amount of fibre; but the fibre effect is not clearly seen on the ultrasonic velocity and unit weight.

Key words: Pumice, Steel Fiber, Lightweight Concrete, Compressive strength .

1. GİRİŞ

Hafif agregalı betonlar, bugünkü modern yapı endüstrisinde istenen hafiflik yanında, ısı izolasyonu, ses absorpsiyonu ve yangına karşı direnç gibi en iyi özelliklere sahiptirler. Bu bakımdan hafif agregalı betonlar ve bu betonlarla imal edilen duvar elemanı bloklar tercih edilen yapı malzemeleridirler. Ancak genel olarak küçük prekast yapı elemanlarının ve duvar elemanlarının üretiminde kullanılmaktadır.

Duvar elemanı olarak hafif agregalı beton blokların yapıda kullanılmaları halinde, normal agregalılara kıyasla, hafiflikten kaynaklanan zati yüklerin azalması yanında duvar örüm veriminin ve hızının artması ile birlikte taşıma maliyetlerinde de tahmini % 20 civarında bir ekonomi sağlanabilir [1].

Türkiye dünyanın en zengin ve kaliteli hafif agrega yataklarına sahiptir ve yüz ölçümünün yaklaşık 1/5'ini volkanik kayalar oluşturmaktadır. Diğer taraftan Türkiye'nin dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunduğu bilinmektedir. Gerçekten deprem haritasına göre, Türkiye topraklarının % 92'si deprem kuşağı içerisinde bulunmakta, nüfusun % 96'sı bu kuşağa giren bölgelerde yaşamaktadır. Yapıların % 90'ının deprem emniyetlerinin sağlanması gerekmektedir. Bu da yapıların taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının yerlerine daha hafif malzemeden yapılmış elamanların kullanılmasıyla sağlanacak bir çözüm yoludur [2].

Genel olarak normal betonlara lif katılarak üretilen lifli betonlarda malzemenin tokluğu, darbe yüklerine karşı direnci, eğilme dayanımı

vb.gibi beton özelliklerinin arttığı daha önceki çalışmalardan bilinmektedir Günümüzde betonda en yaygın olarak kullanılan lifler çelik, alkali dirençli cam ve polipropilen liflerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda çimentolu sistemlerin içine konulan liflerin başlıca rolünün betonda oluşan çatlakların matris içinde ilerlemelerinin yavaşlatılması olduğu görülmüştür.

Bu suretle, malzemenin maksimum çatlama deformasyonu herhangi bir lif içermeyen betona oranla önemli bir artış gösterir. Maksimum yükten sonra, lifli betonlarda, artan deformasyon sonucunda yükün azalma hızı normal betonlara göre çok daha yavaştır. Dolayısıyla, liflerin matristen ayrılması ve uzamaları nedeniyle emilen enerji lifli betonlarda oldukça fazladır. Çelik liflerle donatılı betonda eğilme dayanımı olarak ilk çatlama başlangıcı alınırsa bunun yalın betona kıyasla lif yüzdesine bağlı olarak % 250 kadar arttığı gözlenmiştir. Tek eksenli basınç dayanımındaki artış çekme dayanımındaki kadar büyük değildir. Lifli betonların sünekliği ve tokluğunda lifsiz betonlara göre önemli artışlar sağlanmaktadır [3, 4].

İki fazlı bir kompozit olarak kabul edebileceğimiz hafif betonlarda birim ağırlığın düşürülmesi ile beraber mekanik özelliklerde görülen zayıflamaların önlenmesi ve özelliklerinin yükseltilebilmesi için, bu tür malzemelerin liflerle donatılarak, özellikle eğilme ve çarpma mukavemetlerinin artırılması mümkündür [5].

Bu nedenle bölgemizde rezervinin bol miktarda bulunduğu bilinen pomza agregasının hafif agrega olarak kullanılması ile elde edilen betonlara çelik lif ilavesinin betonun özelliklerine etkisi araştırılmıştır [6].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme Özellikleri

Lifli ve lifsiz betonların üretiminde maksimum agrega tane boyutu 19,1 mm ve karışım agregasının granülometri eğrisi, TS 706'da [7] belirtilen referans eğrileri arasında kalacak şekilde saptanmıştır.

Beton numunelerin üretimi, Isparta'nın Atabey ilçesi kum-çakıl ocaklarından sağlanan kum ve çakıl agregaları ile Isparta yöresi pomza agregasının belirli oranlarda karışıma katılmasıyla yapılmıştır. TS 3526'ya

göre [8] yapılan deneylerde karışımlarda kullanılan agregaların granülometri değerleri ve bazı fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Agregada Özellikleri

Agrega Cinsi	Elekten Geçen (%)									Su Emme (%)	Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)
	No: 100	No: 50	No: 30	No: 16	No: 8	No: 4	9,52 mm	12,7 mm	19,1 mm			
Çakıl	0,4	0,4	0,5	1	2	7	55	80	96	2	2740	1497
Kum		30	54	73	85	96	100	100	100	8,49	2700	1420
Pomza		6	20	29	36	56	77	100	100	4.3	500-800	765

Isparta, Gölcük bölgesinden getirilen pomza taşı agregaları 4,76-9,52 ve 9,52-19,1 mm’lik iki farklı tane sınıfına ayrılmıştır. Beton üretiminde hava kurusu durumundaki pomza taşı agregası kullanılmıştır. Pomza agregasının hafif ve gözenekli olduğu, su emme açısından göz önünde bulundurulmuş, dolayısıyla su-çimento oranı da buna göre belirlenmiştir.

Hava kurusu durumundaki pomza agregasının, her tane sınıfı için 30 dakika süresindeki su emme oranı belirlenerek, ortalama değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Ayrıca Gölcük bölgesi pomza agregası üzerinde yapılan kimyasal bileşim sonuçları da Tablo 2’de sunulmuştur [9].

Tablo 2. Gölcük bölgesi pomzasının kimyasal bileşimi

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ca	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Kızdırma Kaybı
59	16,6	4,6	1,8	5,2	4,8	5,4	0,6	0,4	0,1	0,4	1,6

Deneylerde Isparta Göltaş Çimento fabrikasının üretimi olan TS 19’a uygun PÇ 42,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılan Bekaert firmasına ait Dramix markalı ZP305 tipi uçları pilye şeklinde bükülüleştirilmiş liflerin özellikleri Tablo 3’de verilmektedir. Maksimum çelik lif miktarı işlenebilme özelliği de dikkate alınarak hacimce % 0,5, % 1 ve % 1,5 oranlarında seçilmiştir [6].

Tablo 3. Çelik lifin özellikleri

Lif tipi	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik oranı	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Elastisite modülü (N/mm ²)	Özgül Ağırlık (kg/m ³)
ZP305	30	0,5	60	1250	200000	7800

2.2 Beton Bileşimi

Beton bileşimlerinde çimento dozajı 300 ve numunelerin vibrasyon-baskı ünitesinde üretileceği dikkate alınarak, su - çimento oranı , 0-2.0 cm çökme için 0,49 olarak sabit kabul edilmiştir.

Beton bileşim hesaplarında mutlak hacim yöntemi kullanılmıştır. Buna göre çimento ve su miktarları hesaplandıktan sonra TS 802'de [10] tavsiye edilen hava boşluğu hacmi de dikkate alınarak karışımdaki agrega miktarı ağırlık ve hacim cinsinden hesaplanmıştır. Lifli beton bileşimlerinde lif hacmi de ilave edilmiştir.

Bütün karışımlarda kum miktarı % 40 oranında sabit tutulmuştur. İri malzeme miktarının belirli kısmı pomza agregası ile yer değiştirilerek yarı hafif ve hafif beton bileşimleri elde edilmiştir. Pomza agregası, tüm agrega hacminin, yarı hafif betonlarda % 35'ini, hafif betonlarda ise % 45'ini oluşturmaktadır. Karışımlarda kullanılan agrega % oranları Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Beton bileşimi içerisine katılacak agrega oranları

Araştırma Betonları	Atabe y Kumu (%)	Çakıl 1 (4,76-9,52 mm arası) (%)	Çakıl 2 (9,52-19,1 mm arası) (%)	Pomza (4,76-9,52 mm arası) (%)	Pomza (9,52 -19,1mm arası) (%)
Normal Beton	40	35	25	-	-
Yarı Hafif Beton	40	25	-	15	20
Hafif Betonlar	40	15	-	25	20

Hafif ve yarı hafif betonların üretiminde, 9.52-19.1 mm tane sınıflarındaki pomza agregası kullanılmıştır. Karışımdaki pomza miktarı, pomzanın birim hacim ağırlığı değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

2.3. Betonun üretimi ve yapılan deneyler

Beton üretimi 15 dm³'lük harmanlar halinde yapılmıştır. Her harmandan laboratuvarında geliştirilen vibrasyon-baskı ünitesinde % 20 sıkıştırma miktarı sağlanacak şekilde dökümler yapılmıştır. Uygulama sonucunda 10x10x10 cm lik kübik numuneler elde edilmiştir.

Numuneler vibrasyon-baskı ünitesinde üretildikten sonra 22 ± 3°C'de, % 60 ± 10 bağıl nemli ortamda kür edilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde deneysel çalışmalar yapılarak sonuçlar bulunmuştur.

Sertleşmiş beton numunelerine 7. ve 28 günlerde aynı deney programları uygulanmıştır. Numuneler önce ultrases hızı sonra tek eksenli basınç deneylerine tabi tutulmuşlardır. Basınç deneyi için her seriden 3'er adet olmak üzere 7. gün 36 adet, 28. gün 36 adet olmak üzere toplam 72 numune üretilmiştir. 28 günlük numuneler üzerinde de su emme deneyi yapılmıştır.

Birim ağırlık deneyi, hava kurusu durumundaki 28 günlük kübik numuneler üzerinde yapılmıştır. Numunelerin boyutları ölçülüp, hassas terazide tartılmış ve birim ağırlık değerleri bulunmuştur.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan bu çalışmada hafif ve yarı hafif beton bloklarda çelik lif kullanımının etkileri ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

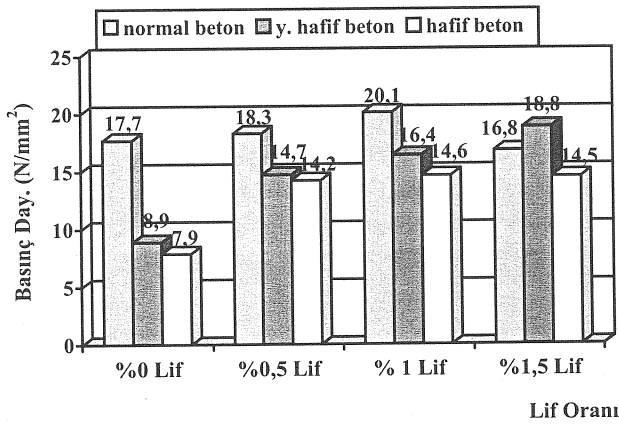
Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılan basınç deneyleri sonuçlarına göre beton içerisine lif katılmasının basınç dayanımını olumlu bir oranda artırdığı Şekil 1 ve Şekil 2 'den görülmektedir. Ancak liflerin bu artırıcı etkisi çok olmamakla beraber lif miktarı % 1 oranına kadar devam etmekte ve özellikle 28 günlük numunelerde lif miktarı % 1.5 oranında azalma eğilimindedir.

Aynı şekillere bakıldığında, her seri beton numunelerin aynı lif oranlarındaki davranışlarının benzer olduğu söylenebilir. Yani her lif oranında dayanım da normal betondan hafif betona doğru azalma eğilimi vardır.

Yarı hafif betona lif ilave edilmesi sonucunda, 7. günde en ideal basınç dayanımına % 1,5 lif oranı ile % 111 artışa ulaşılırken, 28. günde ise % 1

oranında lif ilavesiyle, en ideal sonucu % 67 artış oranı ile verdiği görülmektedir (Şekil 1-Şekil 2).

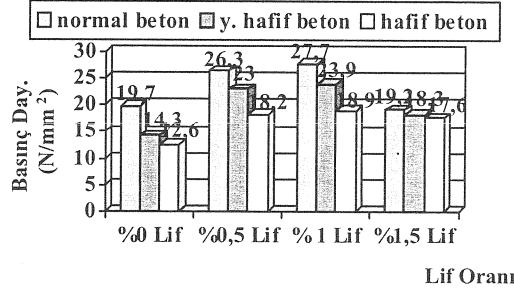
Hafif betonlarda ise sırası ile % 0.5,% 1 ve %1.5 oranlarında yapılan lif ilavesi ile betonların basınç dayanımları, 7.günde yaklaşık olarak aynı değerlerde; % 82 olarak artarken, 28. Günde ise en ideal sonuçları % 0.5 ve % 1 oranlarında lif ilavesi ile verdiği görülmektedir. Bu artış yaklaşık % 32 oranındadır.



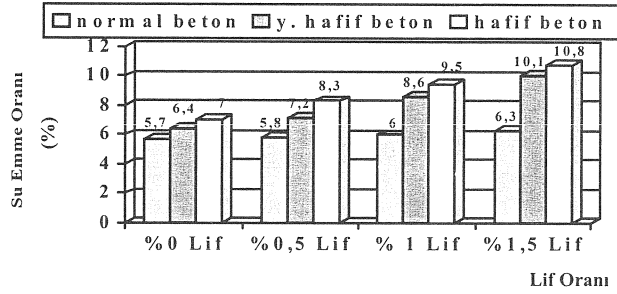
Şekil 1. Betonlarda 7. Gün Basınç Dayanımı Değerleri

Normal beton, yarı hafif ve hafif beton bloklar üzerinde yapılan su emme deneyi sonuçlarına göre, her grubun bileşimindeki değişen agrega miktarına da bağlı olarak su emme oranında, artan lif oranına paralel bir şekilde artışın olduğu Şekil 3' de görülmektedir. Karışımdaki hafif agrega miktarı arttıkça malzemenin tabii yapısında bulunan gözenekler vasıtasıyla daha çok su emme özelliği göstermesi önceki yapılan çalışmalarla uyum sağladığı söylenebilir. Ayrıca lif miktarının artması ile betonun içerisindeki boşluk daha da artacağından su emme oranında da paralel bir artış görülmektedir. Bu sonuç üretilen betonların kompasiteleri üzerine lif oranının etkisi incelendiğinde görüldüğü gibi hafif betonlarda kompasite diğer betonlara göre daha düşük olması sonucuyla uyum sağlamaktadır (Şekil 5). Normal betonlarda kompasite yüksek buna karşılık su emme oranı düşüktür. Hafif betonlarda ise bu durumun tam tersine olduğu yapılan çalışmada elde edilen sonuçları doğruladığı görülmüştür.

Üretilen betonların birim ağırlık üzerine lif oranının etkisi incelendiğinde normal beton, yarı hafif beton ve hafif betonun davranış şekli lif miktarı değişmesine karşılık aynı kalmakta olduğu söylenebilir (Şekil 4). Genel olarak hafif betonun içerisinde daha fazla pomza bulunduğu için birim ağırlık oranı düşük çıkmaktadır. Ancak lif oranı artarken birim ağırlığında karışıma katılan lifin ağırlığına bağlı olarak artmakta olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Betonlarda 28. Gün Basınç Dayanımı Değerleri

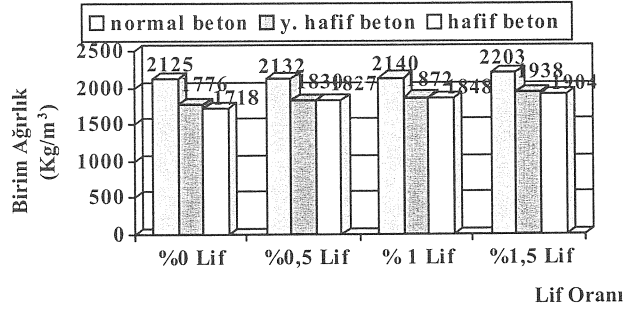


Şekil 3. Betonlarda Su Emme Oranı-Lif Oranı İlişkisi

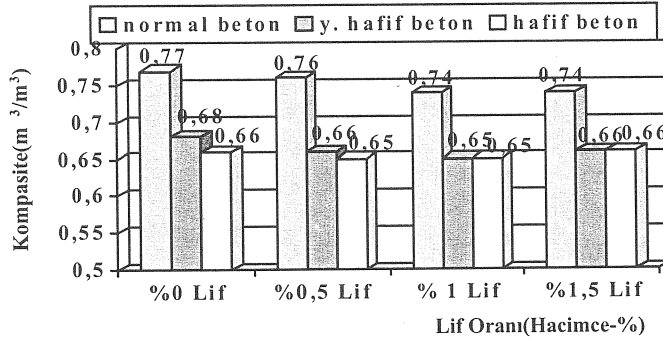
4. SONUÇLAR

Hafif agrega olarak pomza kullanılarak üretilen beton numuneler içerisine belirli oranlarda katılan liflerin etkinliği araştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Normal , hafif ve yarı hafif betonlara ilave edilen lifler, taze betonun işlenebilirliği ve dolaylı olarak su/çimento oranını etkilemektedir.
2. Karışıma katılan lifler betonların basınç dayanımlarını bir miktar artırmaktadır.
3. Karışımdaki lif ve hafif agrega miktarı üretilen numunelerin su emme ve kompasitelerini olumsuz etkilemektedir.



Şekil 4. Betonlarda Birim Ağırlık-Lif Oranı İlişkisi



Şekil 5. Betonlarda Kompozite-Lif Oranı İlişkisi

Bu sonuçlara göre hafif ve yarı hafif beton blok elemanlarda çelik liflerin belirli oranlarda kullanılması ile bu elemanların yarı taşıyıcı ve taşıyıcı olmaları sağlanabilmektedir. Sonuç olarak bir yapı elemanında aranan hafiflik, izolasyon (ses-ısı) ve dayanım özellikleri aynı zamanda karşılanarak, günümüzde istenen lif katkı hafif yapı elemanlarının üretiminin de prefabrik olarak üretilmesi mümkün olabilecektir.

Bunlara ilave olarak, pomza madeni açısından zengin bir potansiyele sahip olan ülkemizin, bu yeraltı zenginliği de değerlendirilmiş olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. İhtiyaroglu E., Tabii Hafif Agregalarla İmal Edilen Hafif Beton Blokların Duvar Elemanı Olarak Özelliklerinin Tayini Üzerinde

- Araştırmalar, No:5-76, İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları, Ankara, 61s.,(1984).
2. Hüsem, M., Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Hafif Agregalarından Biriyle Yapılan Hafif Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü-TRABZON, 170s., (1995), (yayınlanmamış).
 3. Tokyay M., Ramyar K., Turanlı L., Polipropilen ve Çelik Lifli Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç ve Çekme Yükleri Altındaki Davranışları, 2. Ulusal Beton Kongresi: Yüksek Dayanımlı Beton, İSTANBUL, 303-320, (1991).
 4. Gököz Ü., Ön Yorulmanın Yalın ve İnce Tellerle Donatılı Betonların Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü-İSTANBUL, 128 s., (1978).
 5. Ersoy H.Y., Alçı Sünger Taşı Cam Lifi Kompoziti, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İSTANBUL, 102 s, (1985).
 6. Sancak E., Hafif Agregalı Beton Blokların Mekanik Özellikleri Üzerine Çelik Lif Kullanımının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü-İSPARTA, 79 s., (1999).
 7. TS 706, Beton Agregaları, 1. Basım, Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA, 12s., (1980).
 8. TS 3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, 1. Basım, Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA, 7s., (1980).
 9. Gündüz L., Sarıışık A., Uğur İ., Çankıran O., Pomza Teknolojisi, 1 Basım, Cilt:II, ISBAŞ Yayını, 203 s., İSPARTA, (1998).
 10. TSE 802, Beton Karışım Hesapları, 1.Basım, Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA, 16s., (1985).