

## **CAM LİFİNİN BETONUN BASINÇ DAYANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ İLE İLGİLİ BİR ARAŞTIRMA**

Servet YILDIZ\*

Zülfü Çınar ULUCAN\*\*

**ÖZET:** Son yıllardan beri Avrupa'da ve diğer gelişmiş ülkelerde değişik türdeki liflerin katkısı ile üretilen lifli betonlar büyük bir başarıyla ve giderek yaygınlaşan bir şekilde kullanılmaktadır. Sanayi atığı olarak elde edilen çeşitli liflerin yanında özel olarak bu amaç için üretilen lifler de kullanılmaktadır. Betonda en sık kullanılan lifler; çelik, polipropilen, cam, mika ve kevlar gibi liflerdir. Lifli beton su, çimento, ince ve kaba agrega ve betonun içine gelişigüzel katılmış metal, naylon, cam, çelik, polipropilen, mika, kevlar ve benzeri gibi liflerden oluşan bir beton türüdür. Lifler narınlık oranları ile tanımlanabilirler ki bu oran lif boyunun (L) lif çapına (D) bölümüdür. Lif hacim yüzdesi ise lif hacminin beton dolu hacmi içinde tuttuğu yüzdeyi vermektedir. Tarifinden de anlaşılacağı üzere lifli beton normal betonun bir çeşit katkı maddesiyle takviye edilmiş bir türüdür.

Betonun düşük çekme dayanımı, gevrek bir malzeme oluşu, rötre ve suyunca dolaylı oluşan güçlükler, öngerilmeli ve kütle betonlarda, derz yapılmasına imkan olmayan yerlerde, betonun darbe ve yorulmaya maruz kaldığı yerlerde, devamlı ve yüksek ısı değişimi şartlarında betonun istenilen düzeyde vazife görmesini engellemektedir. Bu şartlar altında betonun ihtiyaca cevap verebilecek şekilde katkı maddesi ile takviyesi şarttır. Artan basınç ve çekme dayanımı elastisite modülü, dayanıklılığı ve yüksek darbe mukavemeti ile lifli beton bu ihtiyaçlara cevap verebilecek bir malzeme olarak uygulama sahası bulabilmiştir.

Yukarıda belirtilen özellikleri ile birçok ileri teknolojiye sahip ülkelere yollar, kaplamaları, hava limanları, dalgakıranlar gibi büyük projelerden başka yapım şartlarının gerektirdiği zaman öngerilmeli beton imalinde, yüksek ısıya maruz kalan tabliye ve bacalarda daimi darbe etkisinde olan temel ve köprü ayaklarında, çeşitli türde işlerinde ve benzeri yerlerde tercih sebebi olmuştur. Bu uygulamaya paralel olarak yürütülen bilimsel çalışmaları son 20 yıl içine sığdırmak mümkündür. Bu araştırmada beton numunelerine cam lifleri katılarak betonun basınç dayanımındaki davranışı araştırılmış ve normal beton numunelerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Cam lifli betonlar üzerinde yapılan basınç deneyinde lif oranı arttıkça basınç dayanımında azalma olmaktadır. Bunun sebebi cam lif katkılı numunelerde büyük oranın fazla olması ve karışıma katılan liflerin, beton içerisinde daha fazla su emmesi ve daha az homojen olmasından kaynaklanmaktadır. Normalde iyi olan betonun basınç dayanımı üzerinde cam lifler olumlu bir etki yapmamaktadır. Fakat bu olumsuzluk basınç dayanımını fazla etkilememektedir.

\* Dr., Fırat Üni. Tek. Eğt. Fak., Yapı Eğt. Bölümü, 23119 ELAZIĞ

\*\* Yrd. Doç. Dr., Fırat Üni. Müh. Fak., İnşaat Müh. Bölümü, 23119 ELAZIĞ

## 1. GİRİŞ

Betonların basınç mukavemetlerini tayin etmek için küp veya silindir şeklindeki numuneler kullanılır. Genel olarak yapıda imal edilen her 50 m<sup>3</sup> beton için en az üç deney numunesi hazırlanarak bunların 7 veya 28 günlük basınç mukavemetleri tayin edilir. Basınç deneylerinde bulunan neticelerin birbiri ile mukayese edilebilmesi ve mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın değerlerin elde edilebilmesi için bazı şartların gerçekleşmesi gerekir. Bunlardan en önemlisi betonun yüzeyi ile aletin tablası arasında iyi bir intibakın sağlanmasıdır. Bu bakımdan küp şeklindeki numunelerin hazırlanmasında çelik veya metal kalıplar kullanılmalıdır.

Bu kalıplara dökülen betonun yan yüzleri, gayet düzgün olan kalıp yüzeyi ile temasta olmasının bir sonucu olarak, son derece düzgündür. Deney esnasında kuvvet bu yan yüzeylere dik doğrultuda uygulanmak sureti ile yapılır. Bu durumda gayet düzgün olan yan yüzeyler aletin tablasına iyi bir şekilde intibak eder veya beton yüzeyinin her noktası tabla ile temas halinde bulunur. Böylelikle deney esnasında bir gerilme yığılması meydana gelmeden mukavemet tayin edilir.

Küp şeklinde beton numunelerinin hazırlanmasında ahşap kalıpların kullanılması doğru değildir. Bu kalıpların kullanılması halinde beton yüzeylerinde düzgünlük sağlanmadığında mukavemetin düşmesine yol açar. Basınç kuvvetleri altında betonun davranışını açığa vuran bir karakteristik de gerilim-deformasyon diyagramıdır. Kısa süren yükleme sonunda elde edilen bu diyagram deney tekniği bakımından iki değişik tekniğe göre elde edilir. Metotlardan biri deneyin gerilmenin sabit bir hızla artırılarak yapılması, diğerinin ise deformasyon hızı sabit tutulmasını sağlayacak şekilde kuvvetin artırılarak deneyin yürütülmesidir. Sabit gerilme hızıyla yapılması halinde yani belirli bir sürede gerilmenin hep aynı miktarda artırılması halinde kırılma durumuna yaklaştıkça boyuna ve enine deformasyon artış hızları artmaktadır.

Başka bir deyişle bu yöntem ile yürütülen deneyde mukavemet değerine yaklaştıkça betonun iç yapısının değişme hızı büyümekte ve bunun sonunda da ani bir kırılma meydana gelmektedir. Deformasyon hızına sabit bir değer vererek yapılan deneylerde kırılmaya yakın durumlarda gerilmedeki artış azalmakta olduğundan ani kırılmalar önlenmekte ve böylelikle daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Postacıoğlu, 1987).

## 2. DENEY YÖNTEMİ VE KULLANILAN VERİLER

Basınç dayanım deneyi için hazırlanan betonların karışım oranları TS 3114 esasına göre hazırlanmıştır. TS 3114 esasına göre hazırlanan taze beton 10X10X10 cm'lik küp kalıplara dıştan vibrasyon uygulanarak ve sarsma tablasına yerleştirilerek sıkıştırılmıştır. Laboratuarda hazırlanan deney numuneleri, deney anına kadar yaklaşık 23°C±2°C sıcaklıkta ve doymuş rutubette kür odasında muhafaza edilmiştir. Burada bir tam gün bekletildikten sonra 23°C±2°C'de değişmez sıcaklıktaki su tankına konulmuştur. Karışımlar 28 gün suda bekletildikten sonra çıkarılmış ve 2 gün oda şartlarında kurutulduktan sonra deneye tabi tutulmuştur.

TS 3114 esasına göre beton karışımlarına kuvvet uygulanması, numune basınç presi aletinin tablaları arasına yerleştirildikten ve tablaların, numunenin alt ve üst yüzüne iyi bir şekilde oturması sağlandıktan sonra başlanmıştır. Bu şartlar altında yürütülen deneyde, basınç presi makinası, beton numunesinin taşıyabileceği maksimum kuvvete ulaştığı anda (Pk) yüklemeye otomatik olarak son vermiştir. Değişik lif

oranlarında hazırlanmış küp numunelerinin kırılma yükleri ve bunlara bağlı olarak bulunan basınç dayanımları Tablo 1'de verilmiştir. Kırılma yüklerine göre basınç dayanımı değerleri (BD) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$BD = \frac{Pk}{A}$$

**Tablo 1. Cam Lifli Beton Numunelerinin Basınç Dayanımı Deney Sonuçları**

| Numune No | Lif Oranı (%) | Kırılma yükleri (28 Günlük) (N/mm <sup>2</sup> ) |      |      | Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) | Kontrol (%) |
|-----------|---------------|--------------------------------------------------|------|------|--------------------------------------|-------------|
| K         | -             | 41                                               | 41.2 | 42.5 | 41.57                                | 100         |
| L2        | 0.2           | 36                                               | 36   | 38.5 | 36.83                                | 88.6        |
| L4        | 0.4           | 37                                               | 35   | 35   | 35.67                                | 85.8        |
| L6        | 0.6           | 30                                               | 32   | 34   | 32.00                                | 76.98       |

### 3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN MALZEMELER

Deneylerde İstanbul-Beyoğlu Camsar Sanayi Ara Malları Pazarlama A.Ş.'de elde edilen cam lifleri kullanılmıştır. Bu lifler aynı zamanda İzmir'de de üretilmekte olup hemen hemen bütün şehirlerde temin edilmesi mümkündür. Başlangıçta rulolar halinde ve ızgara şeklinde olan bu lifler ayrıştırılarak deneylerde kullanılmaktadır.

Cam lifli bu kompozitlerin, parça bütünlüğü, hafiflik, yüksek mekanik mukavemet, darbe dayanımı ve uzun kullanım ömrü gibi özellikleri, çok geniş kullanım alanlarında avantaj sağlamaktadır. Çok fazla bilinmemekle birlikte, cam elyafı elastik bir malzemedir. Yani, yük altında düzgün olarak kopma noktasına kadar uzayan cam elyafı, çekme yükünün kalkması sonucunda herhangi bir akma özelliği göstermeden tekrar başlangıç boyutuna döner.

Diğer metallerde ve organik liflerde bulunmayan bu elastik özellik ve yüksek mukavemet özellikleri, cam elyafına büyük miktarda enerjiyi, kayıpsız olarak depolama ve bırakma imkanı sağlamaktadır. Bu özelliklerle birlikte dinamik yorulma dayanımı, aşınmaya karşı korunması şartı ile otomobil, kamyon amortisör yayları ve mobilya yayları gibi ürünlerin cam elyafı takviyeli plastik malzemeden yapılabilmesini sağlamaktadır.

Cam elyafı takviyeli plastiklerde mukavemeti etkileyen bir diğer etmen, cam elyafı takviyesinin yönüdür ve yönlenme, cam elyafının içine ile kaplanabilirliğini de etkiler. Dolayısı ile, cam elyafı takviye miktarının artışı ile birlikte mukavemeti de yükseltir. Değişik sanayi dallarında kullanılan bu yapı malzemesinin, inşaat sanayinde de kullanılabilirliği araştırılmıştır. Buna en büyük etken de betonun iyi olmayan bazı özelliklerinin iyileştirilmesidir.

Örnek olarak, belli bir hacimde tek yönlü takviye ile % 80-85 cam elyafı kaplanabilirken, tesadüfi yönlenmiş takviye kullanıldığında, aynı hacimde en çok % 65 oranında takviye sağlanabilmektedir.

Bu üstün özelliklerine rağmen, kompozitlerin yük taşıma kabiliyetinde zamanla azalma görülmektedir. Bu nedenle, tasarım yapılırken uygun bir emniyet faktörü öngörülerek, ani kırılmaların önüne geçilmesi gereklidir.

Zamana bağılı olarak mukavemetin azalması, çekme dayanımının başlangıç değerinin 2/3'üne çok kısa sürede düşmesi ve 1/2'sine 50 yıl gibi bir sürede düşmesi şeklinde görülmektedir. Cam life ait bazı tipik özellikler Tablo 2'de verilmektedir. Kısaca cam liflerinin kullanıldığı yerleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- . Büyük ağırlık ve kum kullanılan fabrika döşemelerinde,
- . Yeni veya eski beton döşeme imalatında,
- . Deniz, su ve nehir kenarlarına kullanılan betonlarda,
- . Oto-yol kenarlarındaki su kanalı ve borularda,
- . Elastikleştirme yaptığından betona her şekli verebilmede,
- . Su geçirgenliği az olduğundan ev kilerlerinde ve rutubetli yerlerde,
- . İnşaat döşemelerinde ve benzeri bilumum işlerde cam elyafı kullanılabilir

**Tablo 2. Cam Liflerine Ait Bazı Tipik Değerler**

| Lif Çeşidi | Boyutu (µm) | Özgül Ağırlığı kN/m <sup>3</sup> | Young Modülü kN/mm <sup>2</sup> | Çekme Mukavemeti kN/mm <sup>2</sup> | Kırılma Uzama (%) |
|------------|-------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Cam        | 9-15        | 26.0                             | 70-80                           | 2.4                                 | 2-3.5             |

Araştırmada, Elazığ Altınova Çimento Fabrikası A.Ş.'nin üretmiş olduğu portland çimentosu (PÇ 325) kullanılmıştır. Çimentoların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Bütün deneylerde aynı çimento kullanılmıştır.

**Tablo 3. Portland Çimentosunun Analiz Sonuçları**

| KİMYASAL ANALİZLER (%)                         |                       |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Çimento Türü                                   | Elazığ Çimento PÇ 325 |
| CaO                                            | 65.87                 |
| SiO <sub>2</sub>                               | 20.42                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.92                  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 2.81                  |
| MgO                                            | 3.23                  |
| SO <sub>3</sub>                                | 0.97                  |
| Çözünmeyen Kalıntı                             | 0.18                  |
| Tayin Edilemeyen                               | 1.10                  |
| (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) Alkaliler | 0.15                  |
| Klorür Cl                                      | ≤ 0.1                 |
| Kızdırma Kaybı                                 | 2.16                  |
| C <sub>3</sub> S                               | 60.06                 |
| C <sub>2</sub> S                               | 13.31                 |
| C <sub>3</sub> A                               | 10.94                 |
| C <sub>4</sub> AF                              | 8.55                  |

### FİZİKSEL ANALİZLER

|                                   |         |      |
|-----------------------------------|---------|------|
| Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> ) |         | 3.00 |
| Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)  |         | 3927 |
| Elekte Kalan (%)                  | 200 mik | 1.1  |
|                                   | 90 mik  | 7.6  |
| Normal Kıvam Su (%)               |         |      |
| Priz (s/dk)                       | Başlama | 2.25 |
|                                   | Bitiş   | 3.55 |
| Le Chatelier (mm)                 |         | 5    |

### DAYANIMLAR

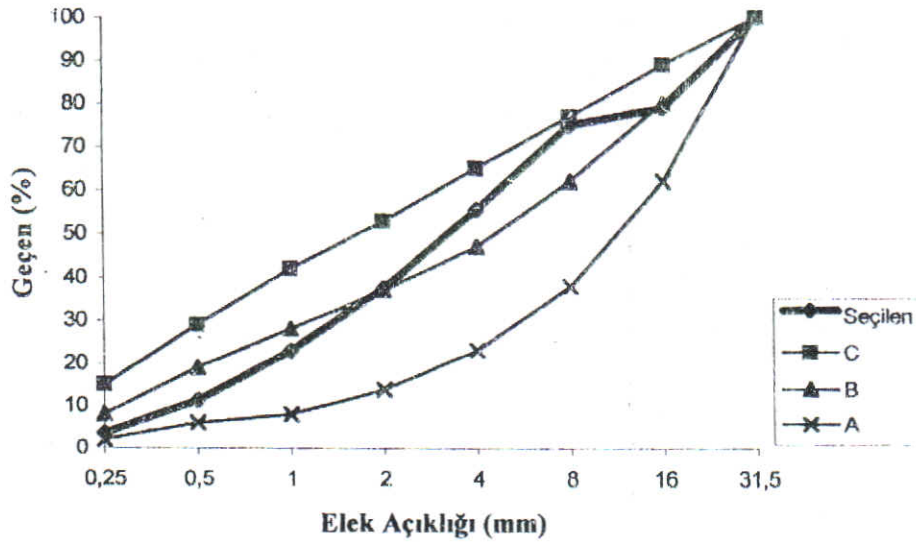
|                |        |      |
|----------------|--------|------|
| Basınç         | 7 gün  | 27.5 |
|                | 28 gün | 38.5 |
| Eğilmede Çekme | 7 gün  | 5.7  |
|                | 28 gün | 6.8  |

Mevcut agreganın numunelerinde yoğunluk  $\gamma = 2,70 \text{ kg/dm}^3$   
Elazığ-Çemişgezek kum ocağına ait elek analiz sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7. Elazığ-Çemişgezek Agregası Elek Analizi Sonuçları**

| Elek Göz Açıklığı (mm) | Kalan (gr) | Kümülatif Ağırlık (gr) | % Kalan | % Geçen |
|------------------------|------------|------------------------|---------|---------|
| 31.5                   | -          | -                      | -       | 100.00  |
| 16.0                   | 210.75     | 210.75                 | 21.07   | 78.93   |
| 8.0                    | 40.00      | 250.75                 | 25.07   | 74.93   |
| 4.0                    | 193.30     | 444.05                 | 44.41   | 55.59   |
| 2.0                    | 181.40     | 625.45                 | 62.55   | 37.45   |
| 1.0                    | 145.00     | 770.45                 | 77.05   | 22.95   |
| 0.5                    | 117.00     | 887.45                 | 88.75   | 11.25   |
| 0.25                   | 77.55      | 965.00                 | 96.50   | 3.50    |
| Toplama Kabı           | 35.00      | 1000.00                | 100.00  | -       |

Deneylerde kullanılan üç agreganın granülometri eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1. Elazığ-Çemişgezek Agregası Granülometri Eğrisi**

Bütün karışımlarda kullanılan su/çimento oranı W/C olarak ifade edilmiştir. W/C oranı, en elverişli durumda karışım ve karıştırıcıyı çalıştırmak için 0.39 olarak alınmıştır. Fakat beton borularda lif oranı arttıkça su emme miktarı arttığından bu artış oranında su miktarı artırılmıştır. Bu oran 0.48'e kadar çıkarılmıştır.

Karışımlarda; Çimento, 1 nolu, 2 nolu ve 3 nolu agrega, cam lifi ve su kullanılmıştır. Bütün karışımlarda ağırlıkça %0, 0.2, 0.4 ve %0.6 oranında cam lifi kullanılmıştır. W/C oranı lif oranına bağlı olarak 0.39-0.48 arasında tutulmuştur. Deneylerde kullanılan malzeme oranları % olarak Tablo 8'de verilmiştir.

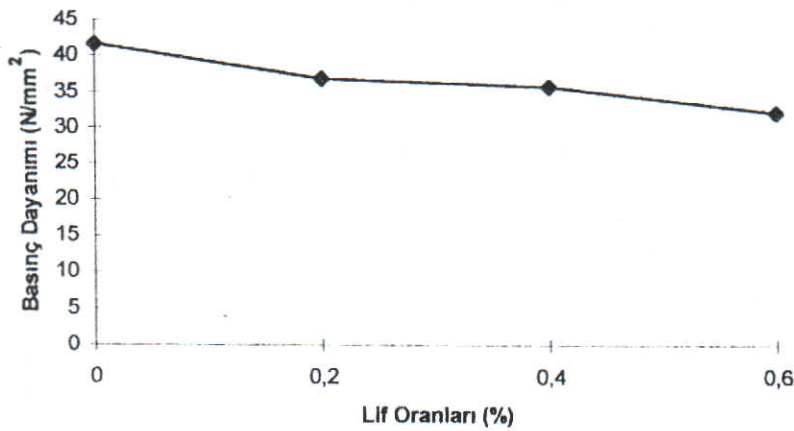
**Tablo 8. Beton Karışım Oranları**

| Malzemenin Adı | Karışımındaki Miktarı (%) |
|----------------|---------------------------|
| 1 Nolu Agrega  | 24.1                      |
| 2 Nolu Agrega  | 31.9                      |
| 3 Nolu Agrega  | 16.3                      |
| Çimento        | 19.9                      |
| Su             | 7.8                       |
| Cam Lifi       | 0.2-0.4-0.6               |

#### 4. SONUÇ

Cam lifli betonlar üzerinde yapılan basınç deneyinde Tablo 1'de de görüldüğü gibi lif oranı arttıkça basınç dayanımında azalma olmaktadır. Bunun sebebini ise şuna bağlamak mümkündür; cam lif katkılı numunelerde boşluk oranının fazla olması ve karışıma katılan liflerin, beton içerisinde daha fazla su emmesi ve daha az homojen olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 2'de lif oranlarına bağlı olarak basınç dayanımlarının değişimi görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi lif oranı arttıkça basınç dayanımında azalma olmaktadır.



**Şekil 2. Lif Oranlarına Bağlı Olarak Basınç Dayanımlarının Değişimi**

## 5. KAYNAKLAR

- ACI COMMITTEE 644. (1978), "Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete". ACI Journal. July, 75-30.
- CAMSAR Sanayi Ara Malları Pazarlama A.Ş., (1992?), Cam Elyaf Atölye Bilgileri, Katalog, İstanbul.
- DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi, (1994), "Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Beton", (Yayın No: MLZ-878), Ankara.
- POSTACIOĞLU, B., (1986), "Beton Bağlayıcı Maddeleri (Cilt: 1)", İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
- POSTACIOĞLU, B., (1987), "Beton: Agregalar, Beton (Cilt. II)", İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
- POSTACIOĞLU, B., (1988), "Yapı Malzemesinin Esasları", İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
- RILEM, (1978), "Testing and Test Methods of Fibre Cement Composites", Poceedings of RILEM Symposium 1978, The Construction Press, Lancaster.
- ROBİNS, P.J. ve CALDENWOD, R.W., "Explosive Testing of Fiber Reinforced Concrete", Concrete, Ocak, 1978.
- ROBİNS, P.J. ve CALDERWOD, R.W. (1978), "Explosive Testing of Fiber Reinforced Concrete", Concrete, s. 76-78.
- ROMUALDI, J.P. AND MANDEL, J.A., (1964), "Tensile Strength of Concrete Affected by Uniformly Distributed and Closely Spaced Short Lengths of Wire Reinforcement", Journ. American Concrete Institute, Proc. Vol 61, No 6, pp 657-671.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (1990), "TS 3114 Beton Basınç Mukavemeti Tayini", Ankara.
- YILDIZ, S., (1998), "Lifli Beton Boruların Durabilitesi Kırılma Performansı ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması", (Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı), Elazığ.