

## Çelik Lifli Betonlara Farklı Kıvam Yöntemlerinin Uygulanması ve Bunlar Arasındaki İlişkiler

İlker Bekir TOPÇU<sup>1</sup>  
Ali UĞURLU<sup>2</sup>

### ÖZ

Betona katılan çelik lifler şekilsel özellikleri nedeniyle beton bileşenlerinden oldukça farklılık gösterir. Bu farklılık nedeniyle çelik liflerin betona katılması sonucu öncelikle taze beton özelliklerinde bazı değişiklikler ortaya çıkar. Bu durum beton akışkanlığının azalması şeklinde görülür. Çelik lifli betonların kıvamını ölçmek üzere standartlarda ters çevrilmiş koni, bunun yapılamadığı durumlar için ise Ve-be deneyi tanımlanmaktadır. Bu deneylerin gerek yeni oluşu ve gerekse de şantiye koşullarında yapılmasındaki güçlükler dikkate alındığında ancak laboratuvar koşulları için uygulanabilirliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle her koşulda kolayca yapılabilen çökme deneyi ile literatürde çelik lifli betonlar için önerilen fakat şantiye koşullarındaki güçlükler nedeniyle uygulanması zor olan bu deney yöntemleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Lifli betonlar için önerilen Ve-be deneyi ile şantiye koşullarında kolayca yapılabilen yayılma ve çökme deneyleri arasında matematiksel bir bağ kurulmaya çalışılmıştır. Lifli betonlar taze haldeyken anılan deneyler gerçekleştirilerek elde edilen farklı kıvam sonuçları arasında beton işlenebilirliği için ilişkiler araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, lifli beton, işlenebilirlik, çökme deneyi.

### ABSTRACT

#### Application of Various Methods for Consistency of Steel Fibre Reinforced Concrete and Relationships between them

Steel fibers are quite different from concrete components owing to the geometrical specialties. This difference causes some modifications in fresh concrete specialties owing to steel fibers. This situation occurs as a result of decrease in workability. Inverted cone, and if it is not possible Ve-be tests are determined in standards for steel fibered concrete. These tests can only be conducted under laboratory conditions due to the inexperienced workers and difficulties in construction site. For this reason relationships between conventional fluidity methods and the experiments determined for steel fibered concrete but difficult to conduct in construction site owing to the troubles was investigated in this study. A

---

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 03.03.2014 günü ulaşmıştır.
- 31 Mart 2016 gününe kadar tartışmaya açıktır.

1 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - ilkerbt@ogu.edu.tr  
2 Devlet Su İşleri Genel Md., Teknik Arş.ve Kalite Kont. Dai.Bşk., Ankara - aliugurlu@myynet.com

relationship was tried to establish between Ve-be test for steel fibered concrete, and slump and flow test conducted in construction site. A relationship between workability and consistency of steel fibered concrete was examined according to fresh concrete tests.

**Keywords:** Concrete, fiber concrete, workability, slump test.

## 1. GİRİŞ

Çelik liflerin katılması sonucu taze beton özelliklerinde de bazı değişiklikler gözlenir. Yapılmış olan tüm çalışmalarda betona lif ilave edilmesiyle taze beton kıvamında önemli derecede azalmalar olduğu görülmüştür. Kıvamdaki bu azalma üzerinde karışımdaki lif hacmi ve lifin boy/çap oranı oldukça önemli rol oynar, [1-11].

Geleneksel betonlarda kıvam ölçmek için pratik olması nedeni ile en çok kullanılan çökme (slump) deneyi çelik liflerle güçlendirilmiş beton karışımları için önerilmemektedir. Bu yöntemle yapılan akışkanlık ölçümü deneylerinden sağlıklı sonuçlar alınamamaktadır, [1,2,3,4]. Aslında lifli betonların kıvamını (işlenebilirliğini) ölçmek için önerilen deney ASTM C 995-01'de tanımlanmış olan ters çevrilmiş koni yöntemidir, [12]. Bu deney her koşulda; yani şantiye ve sahada kolayca yapılabilecek bir deney değildir. Uygulaması, saha çalışmaları için çok zordur. Bu nedenle pratikte yapılmamaktadır. Kaynaklar, ters çevrilmiş koni deneyinin yapılamaması durumunda çelik lifler ile güçlendirilmiş betonların kıvamını ve dolayısıyla işlenebilirliğini ölçmek için Ve-be deneyinin de yapılabileceğini belirtmektedir. Bu deney, anılan betonların akışkanlığını ölçmek için uygun bir yöntem olmakla birlikte şantiye ve saha koşullarında çökme deneyi kadar pratik ve kolay olmaması nedeni ile yapıldığı pek söylenemez, [4,13,14]. Bu nedenlerden ötürü çelik lifli betonların kıvamının ölçülmesi ile ilgili şantiye ve sahada sorunlar çıktığı bilinmektedir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Kullanılan malzemeler ve yapılan çalışmalar

Karışımlarda CEM I çimentosu kullanılmıştır. Üç farklı tane grubuna ayrılmış olan kırmataş agregadan sırası ile % 50 (0-4 mm), % 24 (8-16) ve % 26 (16-32) oranlarında alınarak TS 706 EN 12620'de 32 mm en büyük tane çapı için verilen tane dağılımı eğrisi içerisinde kalacak şekilde bir granülometri oluşturulmuştur. Çelik liften kaynaklanabilecek çökme kaybını azaltacak süperakışkanlaştırıcı bir katkı maddesi kullanılmıştır. Lif olarak çalışmalarda bir firmanın üretmiş olduğu çelik lifler kullanılmıştır, [1,3,7,15].

Çalışmalarda çelik lifli taze betonların kıvamını ölçmek üzere çökme, yayılma tablası ve Ve-be deneyleri gerçekleştirilmiştir. Toplam 18 farklı seri olarak üretilen taze beton numuneleri üzerinde sırası ile çökme, yayılma tablası ve Ve-be süresi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Karışımlara ait parametreler ve deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

## 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan çalışmalar sonucunda değişik yöntemler kullanılarak ölçülen kıvam deneyi sonuçları arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Örneğin boy/çap oranı belli olan bir lifle hazırlanan taze betonun kıvamını çökme deneyi yöntemiyle yapmak zorunda kalan bir

uygulamacı, yayılma tablası ve/veya Ve-be deneyleri değerlerini çalışma sonuçlarını kullanarak kestirebilecek ya da en azından bir fikir yürütülebilecektir.

Çizelge 1 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

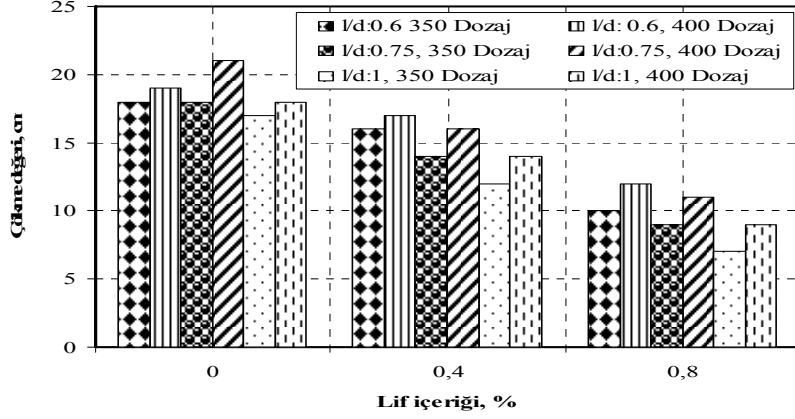
- Lif içeriğinin artması ile taze beton kıvamında önemli azalmalar ortaya çıkmaktadır.
- Liflerin boy/çap oranının büyümesi ile kıvamda azalmalar meydana gelmektedir.
- Çimentodan kaynaklanan ince madde oranının yüksek olduğu 400 kg/m<sup>3</sup> dozajlı karışımların kıvamı (ve işlenebilirliği) 350 kg/m<sup>3</sup> dozajlı karışımlara göre daha yüksektir.

Çizelge 1. Hazırlanan beton karışımları, (s/ç=0.55, katkı % 1, hava % 1.2)

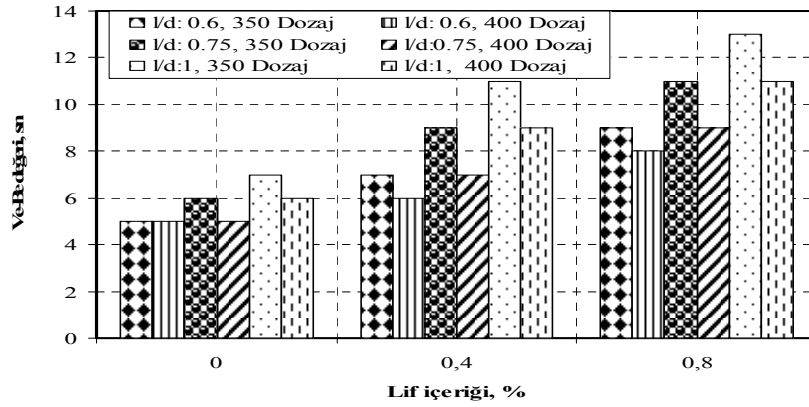
Seri no	Lifin boy/çap oranı	Lif %	Lif tipi	Malzeme miktarları, kg/m <sup>3</sup>					Akışkanlık Deney Sonuçları		
				Çimento kg/m <sup>3</sup>	Su kg/m <sup>3</sup>	Kum (0-4) mm	Çakıl (8-16) mm	Çakıl (16-32) mm	Ve-be sn	Çökme cm	Yayıma cm
E1	0.6	0.0	ZC30/0.5	350	193	880	444	480	5	18	43
E2		0.4	ZC30/0.5	350	193	874	439	473	7	16	41
E3		0.8	ZC30/0.5	350	193	865	430	466	9	10	36
E4	0.6	0.0	ZC30/0.5	400	220	824	415	450	5	19	48
E5		0.4	ZC30/0.5	400	220	816	411	445	6	17	44
E6		0.8	ZC30/0.5	400	220	811	407	436	8	12	38
E7	0.75	0.0	ZC60/0.8	350	193	877	442	479	6	18	44
E8		0.4	ZC60/0.8	350	193	872	440	476	9	14	40
E9		0.8	ZC60/0.8	350	193	866	437	472	11	9	35
E10	0.75	0.0	ZC60/0.8	400	220	820	414	448	5	21	47
E11		0.4	ZC60/0.8	400	220	815	411	444	7	16	43
E12		0.8	ZC60/0.8	400	220	810	408	441	9	11	37
E13	1.0	0.0	ZC50/0.5	350	193	880	425	449	7	17	43
E14		0.4	ZC50/0.5	350	193	876	422	446	11	12	38
E15		0.8	ZC50/0.5	350	193	870	419	443	13	7	34
E16	1.0	0.0	ZC50/0.5	400	220	865	414	430	6	18	44
E17		0.4	ZC50/0.5	400	220	860	410	426	9	14	40
E18		0.8	ZC50/0.5	400	220	854	407	421	11	9	35

Şekil 1 incelendiğinde; çimento dozajı, lifin boy/çap oranı ve lif içeriği (hacmi) ile çökme değerleri arasında orantılı bir ilişki olduğu görülecektir. Lif içeriği ve boy/çap oranının artmasıyla kıvam değerlerinde önemli azalmalar meydana geldiği görülecektir.

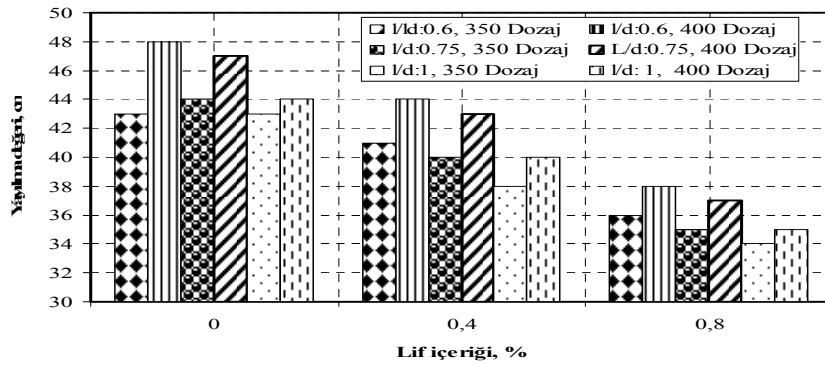
Bu olumsuzluk özellikle lif içeriğinin % 0.8 olduğu karışımlarda daha belirgindir. Öyle ki 350 ve 400 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlarının her ikisinde de lif içeriğinin 0'dan 0.8'e yükselmesiyle bütün l/d oranlarında çökmedeki kayıp ortalama % 50 civarındadır. Çimento dozajı 350 kg/m<sup>3</sup> olan karışımların çökme değerleri dozajı 400 kg/m<sup>3</sup> olanlara göre daha düşüktür. % 0.4 ve % 0.8 lif içeriğindeki betonlarda bu durum daha belirgindir. Bunun nedeni, lifli betonların geleneksel betonlara göre daha fazla duyduğu ince madde gereksinimidir, [1,3,7].



Şekil 1. Karışımdaki çelik lif parametreleri ve çimento dozajı ile değişen çökme değerleri



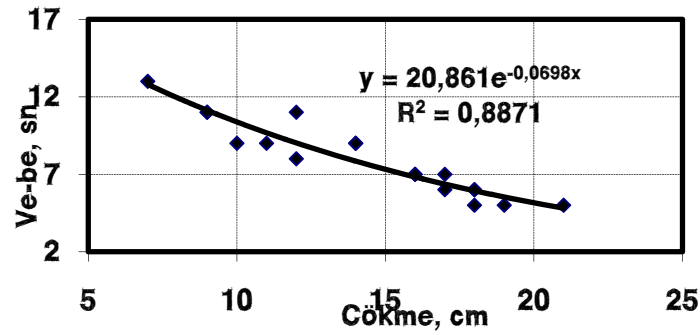
Şekil 2. Karışımdaki çelik lif parametreleri ve çimento dozajı ile değişen Ve-be değerleri



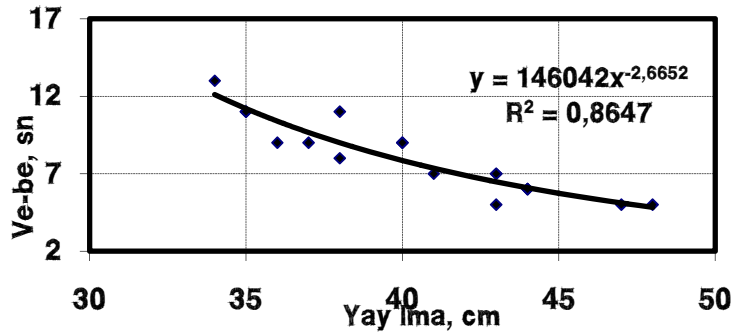
Şekil 3. Karışımdaki çelik lif parametreleri ve çimento dozajı ile değişen yayılma tablası Değerleri

Gerek Çizelge 1 ve gerekse de Şekil 2'den görüleceği üzere karışımdaki lif miktarının artması ile Ve-be süresinin uzadığı görülmektedir. Yine aynı şekilde lifin boy/çap oranının artması ile de Ve-be süresi uzamaktadır. Aynı şekilde çimento dozajının  $50 \text{ kg/m}^3$  artması ya da eksilmesi ile Ve-be süresinin yaklaşık % 10-15 arası değiştiği söylenebilir.

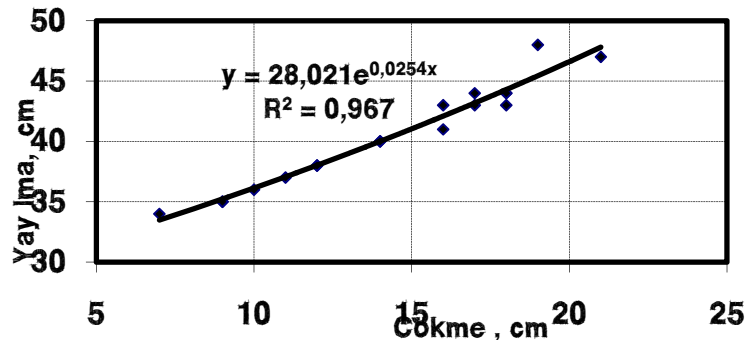
Çizelge 4 ve gerekse de Şekil 3'ten görüleceği üzere betondaki lif hacmi ve liflerin boy/çap oranının artması ile yayılma değeri, dolayısıyla da betonun kıvam ve işlenebilirliği azalmaktadır. Yine burada da çimento dozajının  $350 \text{ kg/m}^3$  olduğu karışımların kıvamının dozajın  $400 \text{ kg/m}^3$  olduğu karışımlara göre yayılma değerleri biraz daha düşüktür.



Şekil 4. Ve-be deneysel sonuçları ile çökme değerleri arasındaki ilişki

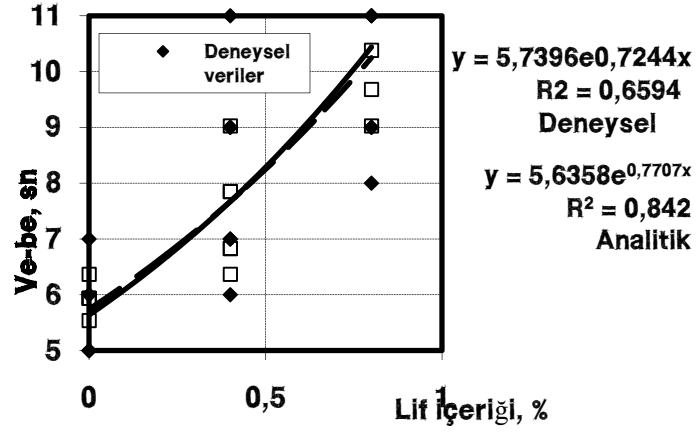


Şekil 5. Yayılma deneysel sonuçları ile Ve-be değerleri arasındaki ilişki

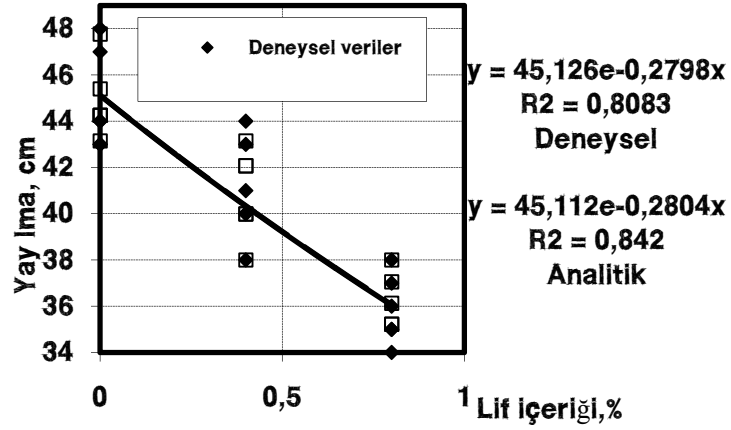


Şekil 6. Yayılma deneysel sonuçları ile çökme değerleri arasındaki ilişki.

Belirlenen bu ilişkilerin yanısıra diğer deneyler arasındaki bağıntılar da araştırılmış ve bu amaçla  $V_e$ - $b_e$  sonuçları ile çökme ve yayılma değerleri arasındaki ilişki Şekil 4 ve 5'te; çökme ile yayılma deney sonuçları arasındaki ilişki de Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 7. Çökme deney sonuçları yardımı ile bulunan  $V_e$ - $b_e$  değerlerinin deneysel olarak bulunan  $V_e$ - $b_e$  değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 8. Çökme deney sonuçları yardımı ile bulunan yayılma değerlerinin deneysel olarak bulunan yayılma değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 7 ve 8'de ise kullanılan bu üstel fonksiyonlar yardımıyla elde edilecek değerlerin gerçek değerleri ne ölçüde temsil edebileceğini belirlemek amacıyla analitik ifadelerin sonuçları grafiğe geçirilmiş ve gerçek değerler ile üstel fonksiyonlardan elde edilen

değerler arasında çok küçük, ihmal edilebilir bir fark olduğu görülmüştür. Şekil 8’de ifade edilen yayılma - çökme değeri için bu fark çok çok azdır.

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Beton içerisine çelik liflerin katılması sonucu taze beton özelliklerinde bazı değişiklikler gözlenmesi sonucu geleneksel betonlarda taze beton özelliklerini belirlemede kullanılan bazı kıvam (işlenebilirlik) ölçümü yöntemlerinin lifli betonlar için yeniden gözden geçirilmesi gereklidir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar, beton içerisine çelik lif katılması sonucu taze beton kıvamı bundan olumsuz etkilenecek değişmektedir, [1,3,10,16].

Yapılan çalışma; literatürün çelik lifli betonlar için uygun gördüğü Ve-be deneyi ile pratikte en çok bilinen ve uygulanan çökme ve yayılma deneyleri arasındaki bağıntının kurulması tezine dayanmaktadır. Araştırma kapsamında yapılan değişik kıvam ölçümleri sonucunda özetle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Beton içerisine çelik lif katılması sonucu betonun işlenebilirliğinde güçlükler ortaya çıkmaktadır. Bu olay betonun karıştırılması, yerleştirilmesi ve sıkışması üzerinde birinci dereceden etkili olup, betonun taşınması, ayrışması ve homojenliği ile ilgili değildir.
- Betonun lif içeriğinin artması ile yukarıda tanımlanan betonun kıvamı (işlenebilirliği) azalmaktadır.
- Çelik lifin boy/çap oranının büyümesi ile lifli betonun kıvamı ve dolayısıyla işlenebilirliği azalmaktadır. Yani çökme ve yayılma çapı azalmakta Ve-be süresi uzamaktadır. Bu durum lif boylarının uzaması ile taneler arasında kamalama yapması ve tanelerin birbiri üzerinde kaymasını engellemesi ile ilgilidir.
- Çimento dozajının artmasıyla işlenebilirlik iyileşmektedir. Bu, betonda ince madde oranının artışından kaynaklanmaktadır. Bu durum karışımın özgül yüzeyi büyümesine rağmen, karışımda çimento ya da ince madde miktarının artması ile kütlenin kayma eğiliminin artması arasındaki ilişkinin bir sonucudur.
- Betonda yapılan üç farklı kıvam deneyinin sonuçları aynı eğilimi göstermiştir. Bu nedenle kıvam deneyleri arasında bu çalışma sınırları ve değişkenleri içerisinde bir bağıntı oluşturulmuştur. Ortam koşullarının yapılmasına elverdiği deneylerden birinin gerçekleştirilmesi durumunda (belli bir yaklaşım düzeyi için) bu sonuçlar en azından bir fikir verebilir. Deney sonuçlarından elde edilmiş olan üstel fonksiyonlar kullanılarak deneylerden birinin yapılması ile yapılmayan diğer deney sonuçlarını nümerik olarak elde etmek bir yere kadar olası gözükmektedir.
- Deneysel sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen üstel bağıntılar kullanılarak hesaplanan değerler arasında hemen hemen fark yoktur. Bu durum bir önceki maddede ileri sürülen savı destekler niteliktedir.

### Kaynaklar

- [1] Uğurlu, A. "Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Beton", 2. Basım, DSİ TAKK, Ankara, 1999,
- [2] Uyan, M., "Lifli Betonların Genel Özellikleri ve Gelişimi", İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Seminerleri, İstanbul, 1985.
- [3] "State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete", Reported by ACI Committee 544-IR-82, Chapter 1.
- [4] Eylen, E.S., "Çelik Lifli Betonların Farklı Yöntemlerle Ölçülen İşlenebilirlikleri Arasındaki İlişkiler", Yüksek lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık 2004, Eskişehir.
- [5] Naaman, A. E., "Fiber Reinforcement for Concrete", Concrete International, Vol. 73/1985, pp. 21-25.
- [6] Ersoy, H. Y., "Liflerle Donatılı Kırılğan Matrisli Kompozitler ve Cam Lifi Donatının Alçı Bağlayıcı-Hafif Agregalı Kompozitlerinin Özelliklerine Etkisi", İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Seminerleri, İstanbul, 1985.
- [7] Dramix, "Tunneling the World", Reference Projects, 1991, p 60, Belgium
- [8] Bekaert, "Dramix Steel Fiber for Concrete Reinforcement", Belgium, 1996
- [9] "Fiber Reinforced Concrete" CIGB, ICOLD, Bulletin 40a, 1988.
- [10] Topçu, İ.B., Beton, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi, Yayın No: 2, Nisan 2006, Eskişehir, 260s.
- [11] Topçu, İ.B., Beton Teknolojisi, Uğur Ofset A.Ş., Haziran 2006, Eskişehir, 570 s.
- [12] ASTM C 995-01, Standard Test Method for Time of Flow of Fiber Reinforced Concrete Through Inverted Slump Cone.
- [13] Journal of the American Concrete Institute, "Measurement of Properties of Fiber-Reinforced Concrete", ACI No. 544 Committee Report. July 1978, No. 7, Proceedings Vol. 75, pp. 283-289.
- [14] Bayasi, Z., Soroushian, P., "Effect of Steel Fiber Reinforcement on Fresh Mix Properties of Concrete", Technical Paper, ACI Materials Journal, Vol. 89, No. 4, July-August, 1992.
- [15] Hannant, D. J., "Fiber Cements and Fiber Concretes", Chichester, John Wiley and Sons, 1987, 219p.
- [16] Uyan, M., Yıldırım, H., Eryaman, A., "Workability and Durability of Steel Fiber Reinforced Concrete Cast with Normal Plasticizers", İTÜ, Building Materials Department, İstanbul, 1994.