

# BETON BORULARDA CAM LİF KATKISININ TEPE YÜK DAYANIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Servet YILDIZ ve Zülfü Çınar ULUCAN

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Fırat Üniversitesi, 23119, Elazığ  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, 23119, Elazığ  
[svildiz@firat.edu.tr](mailto:svildiz@firat.edu.tr), [zculucan@firat.edu.tr](mailto:zculucan@firat.edu.tr)

(Geliş/Received: 23.06.2006; Kabul/Accepted: 24.12.2007)

## ÖZET

Bu çalışmada, toplam karışıma ağırlıkça %0.2, 0.4 ve 0.6 oranlarında cam lifler katılarak elde edilen beton boruların tepe yükü dayanımlarındaki değişim araştırılmıştır. Beton borular TS 821 EN 1916'ya göre test edilmiştir. Lifli boruların kırılma yüklerinin lifsiz boruların kırılma yüklerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Lif oranı arttıkça tepe yükü dayanımlarında artış gözlenmiştir. Ayrıca aynı şartlarda dökülmüş beton borular, bir yıl toprak altında bekletilerek ve içerisinden pis su ve yağmur suları geçirilerek tepe yükü dayanımları araştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre, 28 gün sonunda, % 0.6 cam lif katkılı boruların tepe yükü dayanımlarında % 21.54'lük bir artış sağlanırken, bir yıl sonunda bu değer aynı lif oranı için % 27.40 değerine yükselmiştir. Deney sonuçlarına bağlı olarak yük-deplasman eğrileri çizilmiştir. Lif oranının artırılması ile beton boruların daha fazla deplasman yaptığı ve boruların kırılma yüklerinin arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Tepe yükü, cam lif, beton boru.

## AN INVESTIGATION ON THE EFFECT OF GLASS FIBER CONTENTS TO THE TOP LOAD IN THE CONCRETE PIPES

### ABSTRACT

In this study, the variation of top load strength of the concrete pipes containing %0.2, 0.4 and %0.6 fiber-glass (by weight) has been investigated. The concrete pipes have been tested according to the standard procedures (TS 821 EN 1916). From these tests, it is observed that the fracture load of the concrete pipes containing fiber-glass is more than that of the concrete pipes without containing fiber-glass. The top loads of the concrete pipes have increased when the fiber-glass rate is increased. In addition, the top pressure load of the concrete pipes obtained under the same conditions was investigated after the pipes in which flew the sewage and rain water were waited under the soil during one year. According to the obtained results, it is seen that after twenty eight days the top load strength concrete pipes containing % 0.6 fiber-glass has been increased % 21.54 and after one year the top load strength of the concrete pipes containing the same fiber-glass has been increased % 27.40. The load-displacement curves have been drawn depending on the test results. It is also seen that the displacement and the fracture load of the concrete pipes have been increased.

**Keywords:** Top load, fiber glass, concrete pipe.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda 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, polypropylen, cam, mika ve kevlar gibi liflerdir.

Bu yapay liflerin ekonomikliği, basit şekilde kullanılabilmesi, olumsuz hava şartlarına karşı direnci ve aynı zamanda asbest yerine kullanılabilmesi gibi avantajları da göz ardı edilemez.

Lifli beton; su, çimento, ince ve kaba agrega ve betonun içine gelişigüzel katılmış metal, naylon, cam, çelik, polypropylen, mika, kevlar ve benzeri gibi liflerden oluşan bir beton türüdür. 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 sünmeden dolayı oluşan güçlükler, öngeriilmeli ve kütle betonlarda, derz yapılmasına imkân 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.

Lifli betonun doğuşu, Romualdi ve Mandelin betonun çekme gerilmesini artırmak maksadı ile normal donatı yerine kirişlerde çok sık ve ince teller kullanmalarına rastlar. Araştırmacılar çekme dayanımının belirli bir tel aralığından sonra süratle arttığını gördükleri için ve pratik güçlükler yarattığından kirişlere sürekli tel yerine tel parçaları katıp deneylerden benzer sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır [1].

Lifli betonun eğilme dayanımı ile ilgili çalışmalar daha sonra diğer araştırmacılar tarafından da yapılmıştır. Shah ve Rangan, fiber katkılı betonun özelliklerini incelemişlerdir [2]. Snyder ve Lankard ise çelik fiberli betonun eğilme dayanımını incelemişlerdir [3]. Lee ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında yüksek dayanımlı betonlarda kullanılan cam liflerinin tanelerarası yapışma kabiliyetini belirlemişlerdir. Çalışmada betonun basınç dayanımı arttıkça tanelerarası yapışma özelliğinin de arttığı belirlenmiştir. Fakat bu yapışma oranının betonarme demirlerinkinden daha az olduğu kaydedilmiştir [4]. Ashour yaptığı çalışmada 12 adet beton kiriş üzerinden kaydedilen 4 nokta yükleme deney sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır. Eğilme ve kesme biçiminde iki farklı hasar modu tespit edilmiştir. Eğilme hasarının temel olarak cam liflerinin gerilme nedeniyle kopmalarından meydana geldiği ve kesme hasarlarının ise kiriş içerisindeki ana diyagonal çatlak başlangıcı ile meydana geldiği rapor edilmiştir [5]. Kachlakev yaptığı deneysel çalışmada gerilme dayanımı ile yapışma dayanımı sonuçlarını

deneysel olarak belirlenmiştir. Benzer geometride fakat farklı özellikteki cam liflerini birbiri ile karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, betonun basınç dayanımının bu çalışmada incelenen kompozit takviye malzemelerinin yapışma dayanımı ve girilme performansı ile çok az etkilendiği belirlenmiştir [6]. Alsayed, hem deney öncesi bilgisayar destekli modellerle hem de teorik modellerle elde edilen yük-sehim ilişkisini 12 adet çelik ve cam fiber takviyeli beton numuneler üzerinde kaydedilen ölçümlerle mukayese etmiştir. Bilgisayar destekli modellerle, yük-sehim ilişkisi yanlışsız olarak tahmin edilebilmiştir [7]. Haktanır ve arkadaşları çalışmalarında, üç kenar yatak ve çatlak ölçüm deneylerini normal beton, betonarme beton ve çelik fiber takviyeli borular üzerinde yapmışlardır. Çelik takviyeli borularda ölçülen üç kenar yatak dayanımı betonarme ve normal betonlara oranla sırasıyla % 6 ve % 86 daha fazla çıktığı rapor edilmiştir [8].

Bu araştırmada temel amaç cam lifli betonun taze ve sert durumlardaki davranışlarının ortaya konması ve bu tip lifli betonların beton boru yapımında kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Beton boruların, cam lifi katılarak üretilmesi ve liflerin tepe yükü dayanımına etkisini incelemektir.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

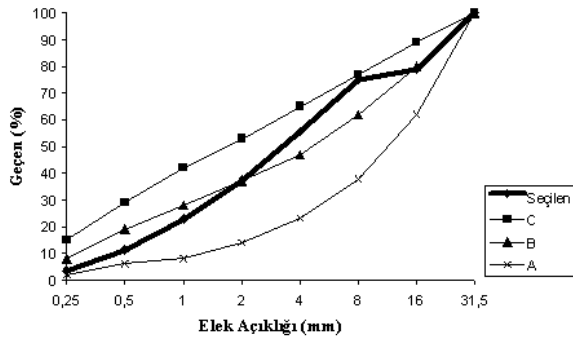
Deneylerde İstanbul-Beyoğlu Camsar Sanayi Ara Malları Pazarlama A.Ş.'den temin edilen cam lifleri kullanılmıştır. Başlangıçta rulolar halinde ve ızgara şeklinde olan bu lifler elle ayrıştırılarak deneyler için hazırlanmıştır. Çok fazla bilinmemekle birlikte, cam elyafı elastiklik özelliği olan bir malzemedir. Diğer bir deyişle dikkate değer bir yüzde uzamaya sahiptir. Diğer organik liflerde bulunmayan, düşük de olsa bu süneklik özelliği cam elyafına bir miktar enerjiyi,

kayıpsız olarak depolama ve bırakma imkânı sağlamaktadır. Deneylerde kullanılan cam lifinin mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Araştırmada; Elazığ Altınova Çimento Fabrikası A.Ş.'nin üretmiş olduğu portland çimentosu (PÇ 32, 5) kullanılmıştır. Beton deneylerinde Elazığ-Çemişgezek kumu kullanılmıştır. Yıkama-eleme değişik agrega (ince, orta ve iri) malzemesi mevcuttur. Deneylerde kullanılan üç agregakarışımından oluşan granülometri eğrisi de Şekil 1'de görülebilir. Bütün karışımlarda kullanılan

**Tablo 1.** Cam Liflerine Ait Bazı Tipik Değerler (Table 1 Some typical values of fiber glass)

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Young Modülü (kN/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti (kN/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)
Cam	30-50	9-15	26.0	70-80	2.4	2-3.5

su/çimento oranı, W/C olarak ifade edilmiştir. W/C oranı, lif oranına bağlı olarak 0.39–0.48 arasında tutulmuştur.



**Şekil 1.** Elazığ-Çemişgezek agregası karışımının granülometri eğrisi (Grain-size distribution curve of aggregate)

Karışımında kullanılan malzemelerin % olarak miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tepe yükü deneyi, tüm boru boyunca veya kesilmiş boru parçaları üzerinde uygulanır. Deney numuneleri 24 saat süreyle içi su dolu ve çevresi de ıslak tutularak suya doygun duruma getirilir. Bu şekilde hazırlanmış deney numuneleri, basınç presinin üzerindeki mesnet latalarının üzerine yerleştirilir.

Mesnet ve kuvvet uygulama latalarının “b” genişlikleri ve mesnet araları TS 821 EN 1916’ da verilen değerlere uygun olmalıdır [9].

Borunun latalara (yastık kirişleri ve baskı kirişine) tam olarak intibak edebilmesi ve tepe yükünün boru boyunca üniform olarak yayılabilmesi için, mesnet lataları üzerine ve baskı latalarının geldiği yere 2–3 cm kalınlığında ve bir şerit şeklinde alçı hamuru serilir.

**Tablo 2.** Beton boru imalatında kullanılan malzeme karışım oranları (%) (Mix proportion of concrete pipe)

Malzemenin Adı	Karışımındaki Miktarı (%)
1 Nolu Agregası	24.1
2 Nolu Agregası	31.9
3 Nolu Agregası	16.3
Çimento	19.9
Su	7.8
Cam Lifi	0–0.2–0.4–0.6

Alçı tırnakla çizilmeyecek kadar sertleştikten sonra kuvvet uygulanmaya başlanır. Boru numuneleri üzerine, tepe yükü deneyi uygulandığında, bulunacak kırılma yükleri daire kesitli beton borular için TS 821 EN 1916’da verilen değerlerden az olmamalıdır.

Deney yükünün hesaplanmasında borunun yararlı uzunluğu alınır. Verilmemiş çaplar için kırılma yükü değerleri enterpolasyonla bulunur.

**Tablo 3.** Değişik çaplardaki beton borular için 28 günlük tepe yükü deney sonuçları (Top load test results after 28 days for concrete pipes with various diameters)

Kesit Biçimi	Boru Çapı (mm)	Lif Oranı (%)	Cidar Kalınlığı (mm)	Boru Boyu (mm)	Yük Alan Kısımın Boyu (mm)	Kırılma Yükü (28 günlük) (N)			Ortalama Yük (N)	Tepe Yükü (kN/m)	Artış Oranı (%)	Standart Sapma (%)
						1	2	3				
Daire	200	-	30	1500	1150	38000	36000	37000	37000	32.17	-	1.00
		41000				43000	42000	42000	36.52	13.52	1.00	
		44000				44500	43500	44000	38.26	18.93	0.50	
		46000				45000	47000	46000	40.00	24.34	1.00	
	300	-	40	1500	1150	45000	47000	46000	46000	40.00	-	1.00
		51000				52000	50000	51000	44.35	10.88	1.00	
		53000				54000	55000	54000	46.96	17.40	1.00	
		54500				56000	56000	55500	48.26	20.65	0.87	
	400	-	45	1500	1150	56000	54000	55000	55000	47.83	-	1.00
		59000				59500	61500	60000	52.17	9.07	1.32	
		62000				62500	64500	63000	54.78	14.53	1.32	
		67000				66500	67500	67000	58.26	21.81	0.50	
	500	-	50	1500	1150	69000	70000	71000	70000	60.87	-	1.00
		75500				76000	76500	76000	66.09	8.58	0.50	
		81000				80000	82000	81000	70.43	15.71	1.00	
		87000				86500	87000	87000	75.65	24.28	1.06	
	600	-	60	1500	1150	90000	90500	91000	90500	78.70	-	1.00
		96500				96000	97000	96500	83.91	6.62	0.50	
		101000				100500	101500	101000	87.83	11.60	0.50	
		109000				110000	111000	110000	95.65	21.54	1.00	

Beton boru imalatında, kullanılacak beton karışımları TS 802'ye göre hazırlanmıştır [10].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

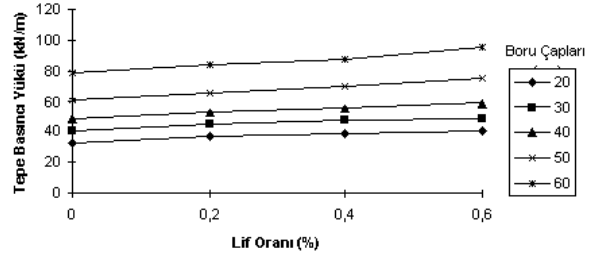
Değişik çaplardaki beton borularda yapılan deneyler neticesinde bulunan, 28 günlük tepe yükü dayanım değerleri Tablo 3'de, 1 yıllık sonuçlar da Tablo 4'de verilmiştir. Ayrıca yapılan deneylerin doğruluk derecesini belirlemek için her boru için ayrı ayrı standart sapma değerleri % olarak bulunmuştur.

Lif oranlarının artışı ile tepe yükü dayanımında meydana gelen, 28 günlük değişimler de Tablo 3'de verilmiştir. Tepe yükü deneyi yapılırken beton borularda, her 500 kg'da bir meydana gelen yatay ve düşey deplasmanlar, strengeler yardımı ile ölçülmüştür.

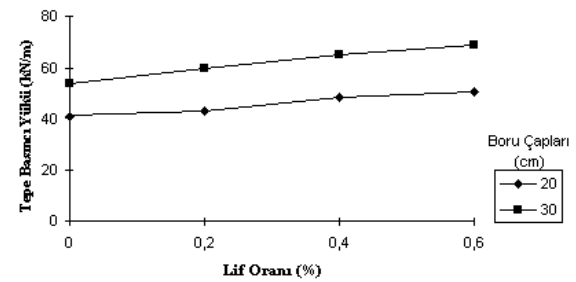
Aynı şartlarda hazırlanmış beton borular bir yıl süre ile asidik ortama maruz bırakılarak, tepe yükü dayanımındaki değişimler kaydedilmiştir. Bu işlem sadece 200 ve 300 mm çapındaki lifli beton borulara uygulanmıştır.

Beton borular üzerinde yapılan, tepe yükü dayanımı deney sonuçları TS 821 EN 1916'da verilen değerlerden az olmadığı görülmüştür. Lifsiz olarak dökülen beton borular ile lifli dökülen beton borular karşılaştırıldığında lifli boruların kırılma yüklerinin lifsiz boruların kırılma yüklerinden daha fazla olduğu Tablo 3'de görülmektedir. Lif oranı arttıkça Şekil 2'de de görüldüğü gibi beton boruların tepe yükü dayanımları artmaktadır.

Yine aynı şartlarda dökülmüş beton borular, bir yıl toprak altında bekletilerek ve içerisinden pis su ve yağmur suyu geçirilerek, tepe yükü dayanımları bulunmuştur. Tablo 4'de görüldüğü gibi bir yıl sonunda içerisine cam lifi katılmış boruların tepe yükü dayanımlarında, 200 mm'lik borularda sırasıyla



Şekil 2. Lif oranlarına bağlı olarak tepe yüklerinin değişimi (28 Günlük) (Variation of top loads (After 28 days))



Şekil 3. Lif oranlarına bağlı olarak tepe yüklerinin değişimi (1 Yıllık) (Variation of top loads (After 1 year))

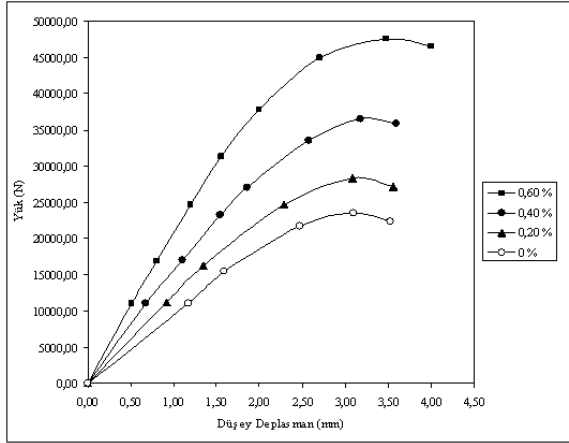
% 6.31, 19.16, 23.40 ve 300 mm'lik borularda ise sırasıyla % 11.30, 21.00 ve 27.40 oranlarında bir artış olduğu görülmüştür. Bir yıl sonunda beton borularda lif oranlarına bağlı olarak tepe yükü dayanımında meydana gelen değişim Şekil 3'de verilmiştir.

Tepe yükü deneyi yapılırken, beton borularda meydana gelen düşey deplasmanlar 0.01 hassasiyetli komparatörlerle ölçülmüştür. Bulunan bu değerlere bağlı olarak yük-deplasman eğrileri Şekil 4'de görülmektedir

Şekil 4'de görüldüğü gibi lif oranının artması beton boruların daha fazla deplasman yapmasını sağlamaktadır. Buda beton boruların kırılma enerjisini

Tablo 4. Değişik çaplardaki beton borular için 1 yıllık tepe yükü deney sonuçları (Top pressure load test results after 1 year for concrete pipes with various diameters)

Kesit Biçimi	Boru Çapı (mm)	Lif Oranı (%)	Cidar Kalınlığı (mm)	Boru Boyu (mm)	Yük Alan Kısımın Boyu (mm)	Kırılma Yükü (1 Yıllık) (N)			Ortalama Yük (N)	Tepe Yükü (kN/m)	Artış Oranı (%)	Standart Sapma (%)
						1	2	3				
Daire	200	-	30	1500	1150	45000	48000	45000	47000	40.87	-	1.00
		0.2				49000	50000	51000	50000	43.45	6.31	1.00
		0.4				52000	54000	56000	56000	48.70	19.16	0.50
		0.6				56000	60000	58000	58000	50.44	23.40	1.00
	300	-	40	1500	1150	61000	61000	64000	62000	53.91	-	1.00
		0.2				68000	70000	69000	69000	60.00	11.30	1.00
		0.4				74000	76000	75000	75000	65.22	21.00	1.00
		0.6				80000	79000	78000	79000	68.70	27.40	0.87



Şekil 4. Yük-deplasman eğrileri (Load-displacement curves)

arttırmıştır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan deneysel çalışma neticesinde, ağırlıkça %0.2, 0.4 ve 0.6 oranlarında cam lifi katılarak üretilen beton boruların 28 günlük tepe yükü dayanımları artmıştır. % 0.2, 0.4 ve 0.6 oranlarında cam lifi ilavesi ile meydana gelen en büyük artışlar, 200 mm'lik beton borularda olmak üzere sırasıyla % 13.52, 18.93 ve 24.34 olarak kaydedilmiştir. Bu artışın TS 821 EN 1916'da verilen kırılma yüklerinin üzerinde bir değere ulaştığı görülmüştür.

Uzun süre toprak altında bırakılan lifli beton boruların dayanımlarında zamanla önemli oranda bir artışın olduğu gözlenmiştir. Bu durum cam lif katkılı beton boruların basınçsız pis su ve yağmur suyu inşaatlarında kullanılmasının çok uygun olacağını göstermiştir.

Ayrıca, taze betonda lif kullanımı sebebiyle sabit bir işlenebilirlik için su/çimento oranı değiştirildiğinde liflerin sağladığı performans artışı net olarak görülemeyeceğinden, ileride yapılacak çalışmalarda bu etkiyi ortadan kaldırmak için katkı maddeleri kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Romualdi, J. P., and Mandel, J. A., "Tensile Strength of Concrete Affected by Uniformly Distributed Closely Spaced Short Lengths of Wire Reinforcement", **Journ. American Concrete Institute**, Vol. 61, No 6, pp 657-671, 1964.
2. Shah, S. P. and Rangan, B. V., "Fibre Reinforced Concrete Properties", **Journal American Concrete Institute**, Vol. 68, No. 2, pp 126-135, 1971.
3. M. J. Snyder, and D. R. Lankard, "Factors Affecting the Flexural Strength of Steel Fibrous

Concrete", **Journ. American Concrete Institute**, Vol. 69, No. 2, pp 96-100, 1972.

4. J.-Y. Lee, T.-Y. Kim, T.-J. Kim, C.-K. Yi, J.-S. Park, Y.-C. You and Y.-H. Park, "Interfacial bond strength of glass fiber reinforced polymer bars in high-strength concrete", **Composites Part B: Engineering**, In Press, Corrected Proof, Available online 26 July 2007.
5. A. F. Ashour, "Flexural and shear capacities of concrete beams reinforced with GFRP bars", **Construction and Building Materials**, Vol. 20, Issue 10, December 2006, P. 1005-1015.
6. D. I. Kachlakev, "Experimental and analytical study on unidirectional and off-axis GFRP rebars in concrete", **Composites Part B: Engineering**, Volume 31, Issues 6-7, October 2000, Pages 569-575
7. S. H. Alsayed, "Flexural behaviour of concrete beams reinforced with GFRP bars", **Cement and Concrete Composites**, Volume 20, Issue 1, 1998, Pages 1-11.
8. T. Haktanir, K. Ari, F. Altun and O. Karahan, "A comparative experimental investigation of concrete, reinforced-concrete and steel-fibre concrete pipes under three-edge-bearing test" **Construction and Building Materials**, Volume 21, Issue 8, August 2007, Pages 1702-1708.
9. TS 821 EN 1916, "Beton Borular ve Bağlantı Parçaları-Donatısız, Çelik Lifli ve Donatılı", **TSE (Türk Standartları Enstitüsü)**, Ankara, Mart, 2005.
10. TS 802, "Beton Karışım Hesap Esasları", **TSE (Türk Standartları Enstitüsü)**, Ankara, 1985.
11. TS 706 "Beton Agregaları", **TSE (Türk Standartları Enstitüsü)**, Ankara, 1980.
12. TS 3830, "Beton Boru Yapım Kuralları", **TSE (Türk Standartları Enstitüsü)**, Ankara, 1983.
13. TS 500, "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", **TSE (Türk Standartları Enstitüsü)**, Ankara, 1984.
14. Yıldız, S., "Lifli Beton Boruların Durabilitesi Kırılma Performansı ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Elazığ, 1998.