



TÜRKİYE  
PREFABRİK BİRLİĞİ



TMMOB  
İZMİR ŞUBESİ

## 11. BETON PREFABRİKASYON SEMPOZYUMU

# PREFABRİKASYONDA TASARIM OLANAKLARI

20 Kasım 2004  
İzmir Sanat Salonu, İZMİR

## ÖNSÖZ

Beton prefabrikasyon, bir yapı üretim teknolojisi olarak ülkemizde sanayi yapıların üretiminde çok büyük bir oranda kullanılmaktadır. Ancak, sağladığı birçok avantaja karşın diğer yapı türlerinin üretiminden aldığı pay çok düşüktür. Mevcut yapı üretim sürecinde projeler genellikle geleneksel teknolojiye göre hazırlanmakta ve gerekirse sonradan prefabrikasyon teknolojisine uyarlanmaktadır. Oysa, yapıya ilişkin kararlar proje başlamasında verildiğine göre, diğer yapı türlerinde beton prefabrikasyon teknolojisinden neden yararlanılmamaktadır?

Beton prefabrikasyon teknolojisi ile bugün taşıyıcı sistemde de birçok yapı elemanı üretilmekte ve kullanılmaktadır. Dayanım, bakım kolaylığı, yüksek kalitesi ve bitiriş mükemmelliği ile beton prefabrikasyon diğer ülkelerde çok farklı alanlarda kullanılırken neden ülkemizdeki kullanımını sürdürmüyor?

Türkiye Prefabrik Birliği, TMMOB Mimarlar Odası ile işbirliği yaparak düzenlediği "Beton Prefabrikasyonda Tasarım Olanakları" konulu sempozyumda bu soruların yanıtlarını araştırmak, tartışmak ve sektör için geleceğe yönelik ipuçları elde etmeyi amaçlamıştır.

Teknolojinin sağladığı olanakların anlatıldığı, üreticiler, proje kararlarını veren mimar ve mühendis tasarımcılar ile diğer karar verici grupların birbirlerinden beklentilerini dile getirecekleri bir forum olarak düzenlenen bu sempozyumun beton prefabrikasyon sanayimize olumlu katkıları olacağına ümit ederiz.

## **B L M KURULU**

Prof. Dr. Yükselen AYAYADIN

Prof. Dr. Nuray AYDINO LU

Prof. Dr. Ahmet EYÜCE

Prof. Dr. Faruk KARADO AN

Prof. Dr. Erhan KARAESMEN

Prof. Dr. Erkan ÖZER

Prof. Dr. Mete TAPAN

Prof. Dr. Çetin TÜRKÇÜ

Prof. Dr. Yıldız SEY

Doç. Dr. Nihal ARIO LU

### Birinci Oturum

Oturum Başkanı: n .Y. Müh. U ur BELGER

#### Tematik Konu ma

(Y. Mim. Do an TEKEL )

- 1- **Önyapım (Prefabrikasyon) Deneyimim**  
Y. Mim. Cengiz BEKTA
- 2- **Modüler Koordinasyon ve Yapısal Mekanoların Tasarım Esnekli ine Katkısı**  
Yrd. Doç. Dr. İlkay KOMAN, Mimar Sinan Üniv.Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı
- 3- **Prefabrik Yapılar ve Estetik, Ta iyici Sistem ve Cephele**  
n .Y. Müh. Altay Ç ZGENAKAT Akat Prefabrik, zmir

### İkinci Oturum

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Erhan KARAESMEN

- 1- **Sürdürülebilirlik Kavramı Anlayışında Beton Endüstrisinin rolünün**  
Doç. Dr. Mim. Nihal ARIÖ LU, Y. Mim. Doktorant Dilek Dilhan HAT PO LU, Y. Müh. M. Övül ARIÖ LU  
SALMONA, Prof. Dr. Ergin ARIÖ LU
- 2- **Beton Prefabrikasyonda Beyaz Çimentonun Yeri**  
Önder KIRCA, Mehmet AH N, Çimsa Çimento Sanayi ve Tic. A .
- 3- **Öngörülen Prefabrik Beton Düyey Elemanlar**  
Dr. Haluk GÜNERMAN, HEG Danışmanlık zmir
- 4- **Yangında Prefabrik Beton ve Çelik Yapı Davranışları**  
Prof. Dr. Celal KOZANO LU, Celal Bayar Üniv., n .Müh. Böl.

### Üçüncü Oturum

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Necati EN

Tematik Konu ma (Prof. Dr. U ur ERSOY)

- 1- **A ır Hasar Görmü Kare Kesitli Prefabrik Kolonların Bölgesel Mantolama ile Geri Kazanılması**  
S.Z Yüce, Y.B NGÖL, Prof. Dr. H.F. KARADO AN, E.YÜKSEL, TÜ n aat Müh.
- 2- **Betonarme Binaların Ön Üretimli Beton Panellerle Güçlendirilmesi**  
Prof. Dr. Turul TANKUT, Prof. Dr. U ur ERSOY, Prof. Dr. Güney ÖZCEBE, Mehmet BARAN  
ODTÜ n . Fak. Böl.
- 3- **Prefabrik Kolon - Kirişlerin Ard-Germeli Birle şimleri**  
n .Y.Müh. Birol DOYRANLI Alacalı n aat stanbul

### Dördüncü Oturum

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Murat GÜNAYDIN

- 1- **Ard Germeli Birleşimlerin Tasarım İlkeleri**  
Ar .Gör.Onur ERTA Bo aziçi Üniv.,Yrd.Doç. Dr. evket ÖZDEN Kocaeli Üniv.,  
Prof.Dr.Turan ÖZTURAN Bo aziçi Üniv.
- 2- **Prefabrik ve Öngörülen Betonarme Yapıların Ba ıantı Bölgelerinin Kafes Analojisiyle Tasarımı**  
Dr. Hakan TÜRKER, Mustafa Kemal Üniv. n .Müh. Böl.
- 3- **Adana Ceyhan Depreminin Bölgedeki Prefabrik Sistemler Üzerindeki Etkisi**  
Ar .Gör.Semiha AKÇAÖZO LU, Prof. Dr. Erkin ERTEN, Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mim. Böl.

### Be nci Oturum

Oturum Başkanı: Y. Mim. Köksal ANADOL

- 1- **Çelik Lifli Beton Boru Performansının Beton Boru ile Hasır Donatılı Beton Boru Performanslarının Mukayesesi**  
**Erol YAKIT, Süleyman ULUÖZ, Selahattin DÜZBASAN, İlğaz n aat Adana**
- 2- **Geleneksel Prefabrik Beton Üretiminden Kendili inden Yerle en Betona Geçişte Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri**  
Ar . Gör. Burak FELEKO LU, Ar . Gör. Mert Yücel YARDIMCI ,  
Prof. Dr. Bülent BARADAN, Dokuz Eylül Üniv. n . Müh. Böl.
- 3- **Prefabrik Beton Direklerde Alkali Silika Reaksiyonunun ncelenmesi**  
Prof. Dr. İker Bekir TOPÇU, Ar .Gör. Ahmet Raif BO A Osmangazi Üniv.

# ÇELİK LİF BETON BORU VE KAFES DONATILI BORU PERFORMANSLARININ MUKAYESESİ

**Süleyman Uluöz**

Ilgaz İnşaat Tic. Ltd. ti  
Adana

**Erol Yakıt**

Ilgaz İnşaat Tic. Ltd. ti  
Adana

**Selahattin Düzbasan**

Ilgaz İnşaat Tic. Ltd. ti  
Adana

## 1. GİRİŞ

Kafes donatılı beton borular iç ve dış etkilere karşı, beton borulara nazaran daha fazla performans göstermektedir. Fakat kafes donatılı boru üretiminde; Kullanılan donatılı boru etkililik, içerisindeki konumu, donatılı göz aralıkları, üretimde uygulanan vibrasyonun donatıya etkisi, kaynak mukavemetleri, kafes donatılı ambuatman kesim geometrik yapısı, borunun beton etkililikleri, çelik hatalar, gibi etkenlerden dolayı, özellikle Ø 800 mm'den daha küçük çaplı borularda aşırı derecede üretim fireleri artmakta ve Ø 500 mm'den daha küçük çaplı boru üretimi yapmak mümkün olamamaktadır.

Boru üretimi sırasında, kafes donatı yerine çelik lif kullanılması beton boru performansına etkisinin incelendiği araştırmada, kafes donatı ile çelik lif kullanılarak üretilen beton borularda; TS 821/Nisan1993, ASTM C 361 - 61'e göre testleri yapılarak mukayeselerinin yapıldığı, araştırma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1. A aşamada; Boru üretiminde kullanılan yapı gereçleri incelenmiş ve yapılan deneme kayıtları, sonunda boru üretimlerinde kullanılacak beton karışımları reçeteleri hazırlanmıştır.
2. A aşamada; Kafes donatı ve çelik lif kullanılarak yapılan boru üretimleri sırasında tespit edilen hususlar mukayeseli olarak değerlendirilmiştir.
3. A aşamada; Üretilen borularda yapılan laboratuvar testleri ve gözlem çalınmalarıyla, üretimden sonra 1,5 yıl süreyle dış ortam şartlarında bekletilen borularda yapılan laboratuvar testleri ve gözlem çalınmaları kapsamaktadır.

## 2. BORU ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

### 2.1 Agregalar

Boru üretiminde kullanılan beton karışımlarında 4 de i ik gradasyonda agrega kullanılm, olup, bunlara ait fiziksel özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Testler	Agrega cinsi			
	Kırma çakıl	Kırma çakıl	Kırma kum	Dere kumu
Maksimum tane çap,	16 mm	8 mm	4 mm	4 mm
Organik madde rengi	-	-	Açık sarı,	Açık sarı,
Özgü ağırlık, g/cm <sup>3</sup>	2,700	2,695	2,595	2,650
Su emme %	0,7	0,8	3,1	2,9
0,075 mm’lik kare göz aralıklı elekten geçen madde %	0,8	0,9	8,0	2,5
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> donma çözünme kaybı, %	6,0	6,8	7,2	6,5
Los Angeles aşınma kaybı, %	100 devir	4,9	5,2	-
	500 devir	18,3	20,2	-

Çizelge 1. Boru üretiminde kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.

### 2.2 Çimento

Araştırma kapsamındaki boru üretimlerinde, TS 19 standard, kriterlerine uygun özellikte PC 42,5 normunda çimento kullanılm, tır.

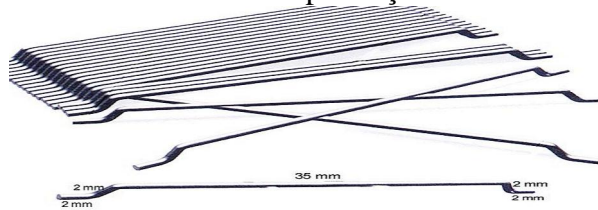
### 2.3 Beton Karma ve Kür Suyu

Beton deneme karışımları, boru üretimleri ve su küründe fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından TS 266 / Nisan 1997’de uygun özelliklere sahip su kullanılm, tır.

### 2.4 Çelik Lif

Boru üretimlerinde; Düşük karbonlu, çelikten soğuk olarak çekilmiş olan kancalı çelik lifler kullanılm, tır. Boruların et kalınlıkları, dikkate alın, dan dolayı; Ø 300, 400mm’lik borularda Tip 2P 305 tipinde çelik lif, Ø 500, 600 mm’lik borularda Resim 1’de ebatlar, verilmiş olan, 80/60 CN tipinde çelik lif kullanılm, tır. [ 1]

Resim 1. 80/60 CN tipinde çelik lif.



## 2.5 Kafes Donat,

Boru üretiminde kullanılan kafes donatı; Soğuk çekilerek mukavemeti artırılmış ve nervürlendirilmiş, St IV b çubukların birbirine elektrik nokta kaynağı ile birleştirilmesi suretiyle imal edilmiş olan, TS 4559'e uygun özelliklerdeki çelik hasırın bükme aparatında bükülmesi ile hazırlanmıştır. [ 2 ]

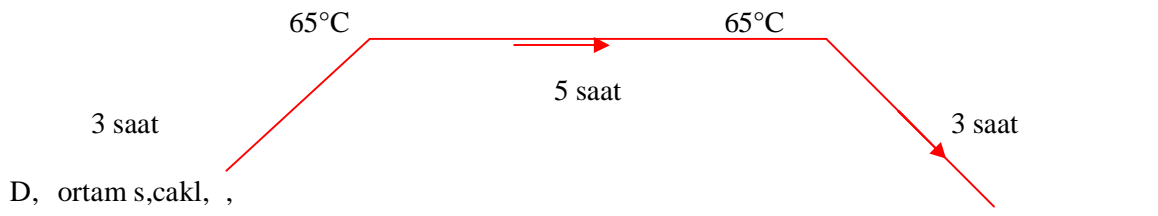
## 3. BORU ÜRETİMİNİN YAPILMASI

Araştırma kapsamında; Ø 300, 400, 500, 600 mm'lik boru üretimi yapılmıştır.

### 3.1 Boru Üretim Tekniği

Araştırma kapsamında kullanılan boruların üretim tekniği aşağıya çıkarılmıştır.

- Beton, bilgisayar destekli olarak çalınan beton santralinde üretilmiş ve gezer kova ile boru üretim makinesinin bunkerine boşaltılmıştır.
- Donatı olarak üretilen borularda; Kullanılacak olan demir kafeslerin özel olarak üretilmiş olan pas payları konulmuş, çelik lif kullanılarak yapılacak üretimlerde ise, çelik lif beton santralının mikserine doğrudan konulmuştur.
- Borunun anbaşı ve gövde kısmı boru makinesi vibratörünün çalışması ile yerleştirilmiş, borunun üst kısmı ise ös vama + vibratör kullanılarak geometrik ekli verilmiştir.
- Boru makinesinde üretilen boru, buhar kürünün uygulandığı merkeze götürülerek Çizelge 2'de belirtilen diyagrama göre doygun buhar kürü uygulanmıştır. [ 3 ]
- Dış ortam sıcaklığına gelmiş olan borular 15 gün boyunca su kürüne tabi tutulmuştur.



Çizelge 2. Buhar küründeki ısıtma işlemi diyagramı.

### 3.2 Borunun Tanıtılması

Araştırma kapsamında Çizelge 3'de ebatları verilen borular üretilmiştir.

Boru boyutları,	Boru çapı ( mm )			
	Ø 300	Ø 400	Ø 500	Ø 600
Uzunluk ( cm )	125	125	125	125
Beton et kalınlığı ( cm )	4,0	5,5	6,5	7,0

Çizelge 3. Araştırma kapsamında üretilen boruların boyutları,

### 3.3 Kafes Donatı,ın Hazırlanması, ve Çelik Lifiin Kullanılmasıyla Mukayesesi

Betonarme boru üretiminde kullanılan kafes donatı,ın hazırlanması, sırasıyla,

- A- Çelik hasırlar hasır bükme makinesinde bükülmektedir. ( Resim 2 )
- B- Bükülen çelik hasır,ın uç kısımları, kaynakla birleştirildikten sonra borunun Anbuatman kısmına gelecek olan saçak demirleri hazırlanıp, ana gövdeye monte edilmektedir. ( Resim 3 )
- C- Kafes donatı,ın düzgünlüğü kontrol edilmektedir. ( Resim 4 )
- D- Kafes donatı,lara pas paylar, takıldıktan sonra iç ve dış kalıba,ın içerisine konulup üretime başlanılmaktadır.

Resim 2. Çelik hasır,ın bükülmesi.



Resim 3. Anbuatman kısmı,ın yapılması.



Resim 4. Kafes donatı,da uygunluk kontrolü.



Görüldüğü üzere kafes donatı,ın hazırlanması, aşamasında görevlendirilmek üzere en az 4 ó 5 kalifiye personelin çalışması, gerekmektedir. Fakat çelik lif kullanılması,nda Resim 5'de görüldüğü üzere tartılan çelik lifin beton santraliniin mikserine dökülmesi yeterli olmaktadır.

Resim 5. Çelik lifin mikserine boşaltılması.



### 3.4 Boru Üretimi

#### 3.4.1 Kafes Donatılı, Boru Üretimi

a- Ø 300 ó 400 mmØ lik boru üretimi; Borunun beton et kalınlıkları, kullanılan demir kafesin geometrik ekli, demir kafesin iç ve dış kalınlık arasındaki konumu, vibrasyon tatbiki sırasında demir kafesin kalınlık arasındaki hareket etmesinden dolayı, kafes donatılı borular, üretmek mümkün olamaz, t.r.

b- Ø 500 ó 600 mmØ lik demir kafesli boru üretiminde ise bu tip borular, üretmek mümkün olmasınara men üretim firelerinde artış, derecede art, ların olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4'de araştırma kapsamında boru üretimindeki fire oranları verilmiştir.

Boru çapı,	Üretim parametreleri	Boru içerisindeki teçhizatın cinsi	
		Demir Kafesli	Çelik lifli
Ø 300 mm	Üretilip üretilmedi	Üretilmedi	Üretildi
	Üretilen adet	0	100
	Fire %	0	0
Ø 400 mm	Üretilip üretilmedi	Üretilmedi	Üretildi
	Üretilen adet	0	100
	Fire %	0	0
Ø 500 mm	Üretilip üretilmedi	Üretildi	Üretildi
	Üretilen adet	100	100
	Fire %	% 20	0
Ø 600 mm	Üretilip üretilmedi	Üretildi	Üretildi
	Üretilen adet	100	100
	Fire %	% 15	0

Çizelge 4. Boru üretiminde tespit edilen fire oranları.

#### 3.4.2 Kafes Donatılı ve Çelik Lifli Boru Üretiminin Mukayesesi

Araştırma kapsamında yapılan kafes donatılı ve çelik lifli boru üretimlerinde aşağıda belirtilen hususlar tespit edilmiştir.

- Havadaki doygun nemden dolayı, demir kafeslerde paslanmalar meydana gelmiştir. Bu nedenden dolayı, kafes donatılı boruların işletmedeki ekonomik ömürleri kısalmaktadır.
- Kafes donatılı hazırlanmasının zorluğundan dolayı, üretim hedeflenen sayıda yapılamamaktadır. Üretim adedinin artması, için ise personeli vardiya, çalıştırıldı, bundan dolayı maliyetleri artmaktadır.
- Boru üretiminde kullanılacak olan kafes donatılı, Fabrikaya nakli, kapalı alanda depolanması, bükülmesi, kaynak edilmesi, hazırlanan kafes donatılı düzgünlüğünün kontrolü gibi işlemlerin yapılabilmesi amacıyla; Demir ustası, kaynakçı, gibi kalifiye pozisyonda olan 465 personelin bu iş için tahsis edilmesi gerektiğinden, üretim maliyeti artmaktadır. Çelik lif kullanılması durumunda ise beton santral operatörü veya yardımcı, tartılan çelik lifi beton karışımına, sırasında miksera atması yeterli olmaktadır. Çelik lif kullanılması durumunda kafes donatılı hazırlanması amacıyla istihdam edilen personellerin başka görevlerde değerlendirilmesi mümkün olacaktır.

- Kafes donatılı, boru yapılı, durumda; Kafes donatısının hazırlanması, i için Fabrika'nın aktif alanının büyük bölümünün kullanılması, gerekmektedir. Çelik lifli borunun üretilmesi durumunda ise; Çelik lifler, torbalı ekilde olunduğundan bunların stoklanması, için Fabrika aktif alanının çok küçük bir bölümünü ayırmak yeterli olacaktır.
- Kafes donatılı, boruların üretilmeye başlamasıyla birlikte i makine lastiklerinin, demir parçalarından dolayı patlaması, yıllık ortalamaya göre, % 60 oranında artmıştır.
- Ø 300, 400 mm çapındaki borular, kafes donatılı olarak üretmek mümkün olamaz, Ø 500, 600 mm boru üretiminde ise; Resim 5,6, 7, 8'de görüldüğü üzere donatıdan kaynaklanan üretim fireleri meydana gelmektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan literatür taramasında, Ø 800 mm'den daha küçük çaplı, kafes donatılı borularda aynı problemin yaşandığı tespit edilmiştir. [ 4 ]



Resim 5,6. Kafes donatısının burulmasından kaynaklanan üretim fireleri.



Resim 7,8. Kafes donatısındaki kaynağın kopmasından kaynaklanan üretim fireleri.

#### 4. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Kafes donatılı ve çelik lifli beton boru üretimlerinin mukayese edildiği araştırma kapsamında; malattan önce, imalat sırasında, imalattan sonra olmak üzere 3 aşamada laboratuvar test ve gözlem çalışmaları yapılmıştır.

## **4.1 malattan Önce Yapılan Laboratuvar Çal, malar,**

### **4.1.1 Beton Bile enlerinin Uygunlu unun Tespiti**

Boru üretiminde kullan, lacak; agrega, çimento beton karma ve su küründe kullan, lacak sudan al, nan numunelerin standartlara uygunlu u yap, lan testlerle tespit edilmi tir.

### **4.1.2 Beton Kar, m Raporunun Haz, rlanmas,**

Boru üretiminde kullan, lacak beton kar, m, n, belirlemek amac, yla; De i ik gradasyon, dozaj ve su/çimento oranlar, nda deneme kar, mlar, yap, lm, t, r. Kar, mlar, ndan al, nan beton numunelerdeki bas, nç dayan, m,, su emme yüzdesi, permeabilite sonuçlar,, betonun boru üretiminde uygulanabilirli i gibi hususlar dikkate al, narak, ara t, rma kapsam, nda üretilecek borularda kullan, lacak beton kar, m, seçilmi tir.

### **4.1.3 Beton Santrali Mikserinin Çal, t, rma Süresinin Tespiti**

Boru üretimi s, ras, nda kullan, lacak olan liflerin beton içerisinde homojen ekilde da , labilmesi için, çelik liflerin mikserde nas, l konulaca , ve beton santrali mikserinin ne kadar süre çal, t, r, lmas, gerekti i yap, lan deneme üretimleri sonunda tespit edilmi tir.

## **4.2 Üretim S, ras, nda Yap, lan Laboratuvar Çal, malar,**

### **4.2.1 Çelik Lifin Beton Kar, m Suyuna Etkisinin Tespiti**

Boru üretiminde kullan, lan taze betonun su/çimento; 0,35 ó 0,38 oldu undan dolayı, , betonun k, vam, her hangi bir metotla tespit edilememekte bunun yerine, üretilmi olan taze betonda % su miktar, tespit edilmektedir.

Beton boru üretimlerinde kullan, lan betondaki su miktar, genelde, % 6,0- 6,5ødur. Ara t, rma kapsam, ndaki boru üretimlerinde kullan, lan betondaki kar, m suyu miktar,;

a - Kafes donat, l, boru üretiminde % 6,1

b - Çelik lifli boru üretiminde % 6,4 mertebesinde oldu u tespit edilmi tir.

Dolay, s, yla beton boru üretimi s, ras, nda çelik lif üretiminde beton kar, m suyunda % 0,3 mertebesinde art, oldu u tespit edilmi tir.

### **4.2.2 Beton Bas, nç Dayan, mlar, n, n Tespiti**

Kafes donat, l, ve çelik lifli beton boru üretiminde kullan, lan betondan; 12 cm`lik, kal, plar kullan, larak beton numuneler al, nm, olup, üretilen borularla ayni artlarda buhar ve su kürü uyguland, ktan sonra; 7 ve 28 günlük iken beton bas, nç dayan, mlar, tespit edilmi tir.

Ara tırma kapsamında alınan 400 adet beton numunesine ait basınç dayanım sonuçları,yla istatistiksel değerlendirme sonuçları, Çizelge 5’de verilmiştir.

Betonun yaşı (Gün)	Boru üretiminde kullanılan betonun karakteristik özellikleri					
	Kafes donatılı boru betonu			Çelik lifli boru betonu		
	Basınç mukavemeti kgf/cm <sup>2</sup>	Standart sapma Kgf/cm <sup>2</sup>	Varyasyon katsayısı, %	Basınç mukavemeti kgf/cm <sup>2</sup>	Standart sapma kgf/cm <sup>2</sup>	Varyasyon katsayısı, %
7	418	15,3	3,66	392	17,3	4,41
28	546	16,2	2,97	508	16,9	3,33

Çizelge 5. boru üretiminde kullanılan betonun karakteristik özellikleri.

#### 4.2.3 Taze Beton içerisinde S, k, m, Olan Hava Miktarının Tespiti

Beton karışımına ilave edilen çelik lifin; Betonun, boru kalınlığına, içerisinde yerleşimine olan etkisini belirlemek amacıyla, taze betonda s, k, m, hava yüzdesini tespit edilmiş olup Çizelge 6’daki değerler bulunmuştur.

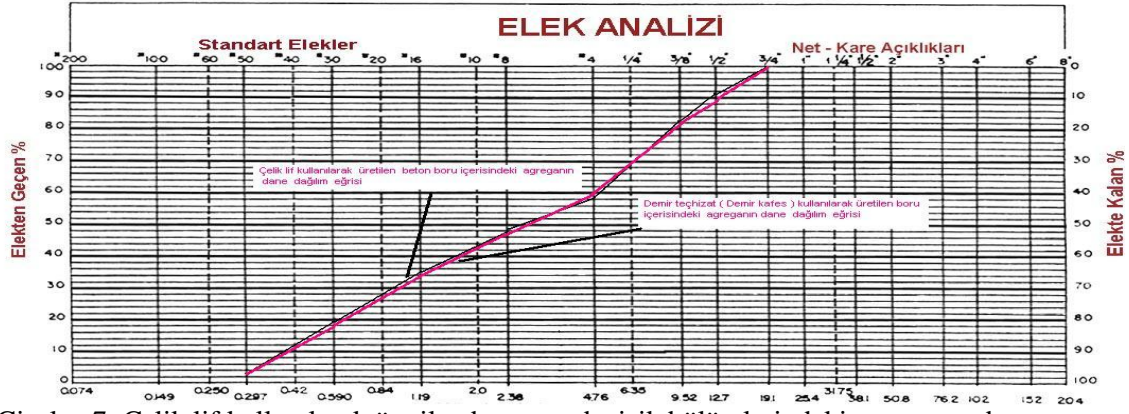
Test sonuçlarının değerlendirilmesinde; Çelik lifli beton içerisinde s, k, m, hava miktarı, kafes donatılı boru üretiminde kullanılan betona nazaran % 0,2 fazla olduğu tespit edilmiştir.

Deneyin Adı	Kafes donatılı boruda	Çelik Lifli boruda
Beton içerisinde s, k, m, olan hava miktarı, %	0,9	1,1

Çizelge 6. Kafes donatılı ve çelik lifli boru üretiminde kullanılan beton içerisindeki % hava.

#### 4.2.4 Beton içerisindeki Çelik Liflerin Agrega Gradasyonuna Etkisi

Ara tırma kapsamında üretilen boruların uzunluğu 125 cm’dir. Kullanılan çelik liflerin borunun farklı bölümlerindeki beton içerisinde bulunan agreganın dane dağılımına etkisini tespit etmek amacıyla elek analizi testleri yapılmıştır. Çizelge 7’de verilen sonuçlardan da görüleceği üzere borunun değişik bölümlerinde bulunan beton içerisindeki agreganın dane dağılımlarında bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla çelik liflerin, beton içerisinde bulunan agrega taneciklerinin kalınlığına etkisine engel olmadığı, tespit edilmiştir.



Çizelge 7. Çelik lif kullanılarak üretilen borunun de i ik bölümlerindeki agrega gradasyonu.

### 4.3 Üretimden Sonra Yapılan Çalışmalar

#### 4.3.1 Su Emme Yüzdelerinin Tespiti

Boru üretimi sırasında tatbik edilen vibrasyonun, boru kalıba içerisinde konulan betonun yerleşimine olan etkisini belirleyebilmek amacıyla, ara tırma kapsamında üretilmiş olan kafes donatılı ve çelik lifli boruların farklı bölümlerinden Resim 9'da görüldüğü beton parçaları alınarak, su emme yüzdeleri tespit edilmiştir.



Resim 9. Çelik lifli borudan numune alınması.

Ara tırma kapsamında üretilen borulardan alınan numunelerdeki su emme yüzde değerleri Çizelge 8'de verilmiştir. Test sonuçları değerlendirildiğinde;

- a- Çelik lifli borudaki betonun su emme yüzdesi, kafes donatılı borudaki betonun su emme yüzdesinden % 11,3 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- b- Boruların ambuatman ve kepek kesimlerdeki su emme yüzdeleri, orta bölümlerindeki su emme yüzdelerinden daha düşüktür. Bunun, vibrasyonun etkisinin borunun orta bölümlerinde azalmasından kaynaklandığı kanaati hasıl olmuştur.

Borunun cinsi	Su emme %										
	Borunun üst kısmından alınan 10 adet numune no										Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kafes donatılı boru	3,2	4,0	3,9	4,3	4,5	4,7	4,0	3,5	3,8	3,8	3,97
Çelik lifli boru	3,8	4,4	4,5	4,9	4,9	5,2	4,5	4,1	4,3	4,3	4,42

Çizelge 8. Çelik lifli ve kafes donatılı boru betonundaki su emme yüzdesi.

### 4.3.2 Üst Tepe Bas,nc, Testi

Ara t,rma kapsam,nda üretilen borulara Çizelge 9'da görülece i üzere 3 a amada yük uygulanarak ö Üst Tepe Bas,nc, Testi ö uygulanm, t,r.

1. A amada kafes donat,l, ve çelik lifli borulara TS 821/ Nisan 1993'deki limitlere göre yük uygulanm, t,r.

2. A amada uygulanan yük, Ø 500 mm'lik borularda % 35 mertebesinde art,r,ld, ,nda, borular,n bu yüklere dayand,klar, tespit edilmi tir.

3. A amada tatbik edilen yük a amal, olarak yükseltildi inde çelik lifli borular,n, kafes donat,l, borulara nazaran ; Ø 500 mm'lik borularda % 20, Ø 600 mm'lik borularda % 9,4 oran,nda daha fazla yüke dayand,klar, tespit edilmi tir.

Teste tabi tutulan borularda yap,lan incelemede kafes donat,l, borulardaki çatlaman,n bir hat boyunca olmas,na ra men, çelik lifli borularda Resim 10'da görüldü ü üzere bir hat ekinde olmad, , bunun nedeninin de çelik liflerin tatbik edilen yükün büyük bölümünü üzerlerine ald,klar, ve yükün birbirine temas eden liflere aktar,lmas,ndan kaynakland, , kanaati has,lolu mu tur.

Boru Çap,	Borunun cinsi	TS 821 KN/m	Uygulanan Yük ( KN/m )		
			1. A ama	2. A ama	3. A ama
Ø 300	Kafes Donat,	40	Üretilemedi		
	Çelik Lifli	40	40	55	68
Ø 400	Kafes Donat,	40	Üretilemedi		
	Çelik Lifli	40	40	55	69
Ø 500	Kafes Donat,	41	41	55	60
	Çelik Lifli	41	41	55	72
Ø 600	Kafes Donat,	44	44	55	64
	Çelik Lifli	44	44	55	70

Çizelge 9. Kafes donat,l, ve çelik lifli borulardaki üst tepe bas,nc, test sonuçlar,



Resim 10. Üst tepe bas,nc,nda çelik lifli borunun kır,l, , .

### 4.3.3 Hidrostatik Test

Ara t,rma kapsam,nda üretilen kafes donat,l, ve çelik lifli borulara 4 a amada iç bas,nç uygulanarak ÷ hidrostatik testö uygulanm, olup, sonuçlar, Çizelge 10øda verilmi tir.

1. A amada; ASTM 361- 61 øde belirtildi i üzere iç bas,nç uygulanm, t,r. [ 5 ]
2. A amada; 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>ødik iç bas,nçta 60 dakika bekletildi inde uygun sonuç al,nm, t,r.
3. A amada ; ç bas,nç 5,0 kgf/cm<sup>2</sup>øe yükseltildi inde,

a - Kafes donat,l, boruda 45 dakika sonra gövdede düz hat ekinde k,lcal çatlama meydana gelmi , daha sonra bu çatlak bir miktar daha aç,lm, t,r.

b- Çelik lifli boruda 45 dakika sonunda uygun sonuç al,nd, ,n,n tespit edilmesi üzerine iç bas,nç 6,0 kgf/cm<sup>2</sup>øe yükseltildi inde, Bu bas,nçta bekletilen boruda 120 dakika sonunda çatlamlar,n meydana geldi i tespit edilmi tir.

Test Edilen Borular		Test s,ras,nda uygulanan iç bas,nç				
		1.	2.	3.	4.	
Standart deney	kgf/cm <sup>2</sup>	1,5	1,8	-	-	-
	Süre ( dk )	180	20	-	-	-
Kafes donat,l, boru	kgf/cm <sup>2</sup>	1,5	1,8	4,0	5,0	-
	Süre ( dk )	180	20	60	45	-
Çelik lifli boru	kgf/cm <sup>2</sup>	1,5	1,8	4,0	5,0	6,0
	Süre ( dk )	180	20	60	45	120

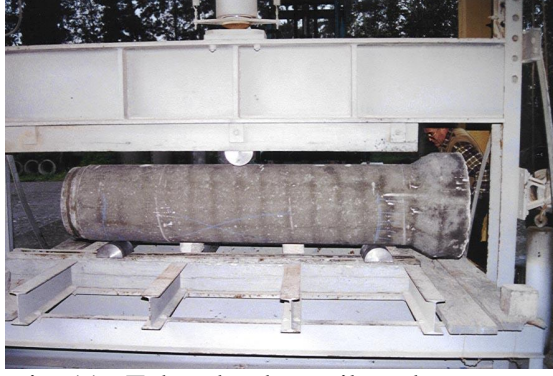
Çizelge 10. Kafes donat,l, ve çelik liflerde hidrostatik test sonuçlar,.

### 4.3.4 Tek Noktadan E ilme Mukavemeti Testi

Ara t,rman,n bu a amas,nda Resim 11øde görüldü ü üzere; kafes donat,l,, çelik lifli ve beton borulara tek noktadan e ilme testi uygulanm, olup, bulunan sonuçlar Çizelge 11øde verilmi tir. Sonuçlar,n tetkikinden de görülece i üzere; Çelik lifli borular,n , kafes donat,l, borulara nazaran tatbik edilen yük bak,m,ndan Ø 500 mmølik borularda % 8, Ø 600 mmølik borularda % 11,5 oran,nda daha fazla yüke dayand,klar, tespit edilmi tir.

Boru cinsi	Uygulanan test yükü ( kgf )			
	Ø 300 mm	Ø 400 mm	Ø 500 mm	Ø 600 mm
Kafes Donat,l,	Üretilmedi	Üretilmedi	12.500	13.000
Çelik lifli Boru	13.000	12.500	13.500	14.500
Beton Boru	10.000	9.500	10.000	11.500

Çizelge 11. Kafes donat,l,, çelik lifli ve beton borularda tek noktadan e ilme dayan,m,.



Resim 11. Tek noktadan e ilme dayan,m, testi.

#### 4.3.5 Borular,n D, Fiziksel Ortamdan Etkilenmesi

Borular,n i letmedeki ekonomik ömürleri önemlidir. Ara t,rman,n bu a mas,nda üretilmi olan borular 1,5 y,l süre zarf,nda d, ortam artlar,nda b,rak,ld,ktan sonra; Üst tepe bas,nc,, hidrostatik test, s,zd,rma,zl,k ve tek noktadan e ilme testi uyguland, ,nda elde edilen sonuçlar,n, üretimden sonra yap,lm, olan testlerde elde edilen sonuçlar, do rular nitelikte oldu u tespit edilmi tir.

## 5. SONUÇ

Ø 300 ó 600 mmø lik kafes donat,l, ve çelik lifli beton borular,n incelenmi oldu u ara t,rmada;

- Çelik lifli boru üretimlerinde, Ø 300 ó 600 mmølik boru üretiminin yap,lm, olmas,na ra men, Ø 500 mm-den daha küçük çapl, borular, kafes donat,l, olarak üretmek mümkün olamam, t,r.
- Ø 500 ve Ø 600 mmø lik kafes donat,l, boru üretiminde ise; Kullan,lan kafesten dolayı, % 15 ó 20 mertebesinde firelerin meydana geldi i tespit edilmi tir.
- Kafes donat,n,n haz,rlama zorlu undan dolayı,, üretim adedi s,n,rl, olmu , çelik lifli borularda ise seri üretim yapmak mümkün olmu tur.
- Çelik lif kullan,lmas, durumunda; Kafes donat,n,n haz,rlanmas, amac,yla görevlendirilen 4 ó 5 kalifiye personelin ba ka yerde de erlendirildi inden üretim maliyeti azalm, t,r.
- Kafes donat,n,n haz,rlanmas, amac,yla tahsis edilmi olan sahan,n ba ka amaçlar için kullan,lmas, mümkün olmaktadır.
- Çelik lif; Betondaki agregan,n kal,p içerisindeki hareketine engel olmamaktadır.
- Beton içerisindeki çelik liflerin birbiriyle temas etmesinden dolayı,, çelik lifli boru üretiminde, takriben % 0,3 mertebesinde daha fazla suya ihtiyaç duyulmaktadır.

- Çelik lifler, betonun kalıplar içerisinde yerleştirilmesi sırasında agreganın gradasyonunu deşirmemektedir.
- Çelik lifli betonda sıkılaşma, olan hava yüzdesi, kafes donatılı boruda kullanılan betona nazaran % 0,2 mertebesinde daha fazladır.
- Kafes donatılı betondaki basınç dayanımlar, çelik lifli boruda kullanılan betonun basınç dayanımına nazaran % 7,4 mertebesinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Üst tepe basınç testinde çelik lifli boruların, kafes donatılı borulara nazaran Ø 500 mm'lik borularda % 20, Ø 600 mm'lik borularda % 9,4 oranında daha fazla yükü dayandırdıkları, tespit edilmiştir.
- Araştırma kapsamında üretilen borulara tek noktadan emilme testi uygulandı, çelik lifli boruların kafes donatılı borulara nazaran Ø 500 mm'lik borularda % 8, Ø 600 mm'lik borularda % 11,5 oranında daha fazla yükü dayandırdıkları, tespit edilmiştir.
- Araştırma kapsamında üretilen borulara hidrostatik test uygulandı, çelik kafes donatılı boruların 6 kgf/cm<sup>2</sup>'lik iç basınca dayanamadı, bu halde çelik lifli boruların 6 kgf/cm<sup>2</sup>'lik iç basınca 120 dakika dayanım, olduğu tespit edilmiştir.

## **Teşekkür**

Kafes donatılı ve çelik lifli boruların performanslarının incelendiği araştırmaya ilgili olarak laboratuvar testleri ve boru üretimlerinin yapılabilmesi için gerekli müsaadeleri veren;

- Ilgaz İnşaat Tic.Ltd. Üst Yönetimi ile Yenice Fabrika Müdürü üne
- Fil İnşaat Eskipazar Fabrika Müdürü üne katkılarından dolayı, teşekkür ederiz.

## **Araştırma Sırasında Kullanılan Standartlar**

TS 706, TS 707, TS 4559, TS 19, TS 266, TS 3526, TS 2940, TS 3114, TS 10514, TS 2901, TS 3694, TS 3527, TS 130, TS 802, TS 3648, TS 821, DIN 4032, ASTM 361 - 61

## **6 . KAYNAK**

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1- Çelik tel donatılı beton teknolojisi                          | - M.YERL KAYA/ BEKSA   |
| 2- Standart çelik hasırlar                                       | - TS 4559 / Ekim 1985  |
| 3 - Buhar kütü uygulama kuralları,                               | - TS 3648 / Nisan 1984 |
| 4- Mc Cracken metoduna göre boru üretiminde çelik lif kullanımı, | - S.ULUÖZ / DS 2001    |
| 5- ASOya dönen borulardaki yarılmaya nedenleri                   | - DS Yayınları,        |

## SEMPOZYUMDA SUNUM YAPAN TEKNİK ELEMANLARIMIZDAN GÖRÜNTÜLER

