

UÇUCU KÜL VE ÇELİK LİFLERİN BETON VE BETON BORULARDA KULLANIMI

İlker Bekir TOPÇU¹, Ahmet Raif BOĞA²

ÖZET : Bu çalışmada betona çelik lif ve uçucu kül katkısının çelik liflerin ve uçucu külün beton mekanik özelliklerinde ve beton boruların tepe basınç yükü büyüklüğünün değişiminde ne derecede etkili olduğu araştırılmıştır. Bunun için 300, 350 ve 400 dozajlı lifli ve uçucu küllü silindirik ve prizmatik beton numuneleri ile üç adet 200 mm çaplı boru üretilmiştir. Karışımların her birinde ağırlıkça % 0.4 oranında ilave çelik lif ve ağırlıkça çimento dozajının % 15'i oranında ilave uçucu kül kullanılmıştır. Lif ve uçucu külün beraber kullanılmasıyla basınç, çekme, eğilme dayanımlarındaki ve tepe basınç yükü büyüklüğünün değişimindeki artış sırasıyla % 16, 54, 100 ve 130 olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar beton boru üretiminde çelik lif ve uçucu kül kullanımının oldukça yararlı olacağını göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELELER : Beton Boru, Çelik lif, Tepe Basınç Yükü, Uçucu Kül.

USE OF FLY ASH AND STEEL FIBERS IN CONCRETE AND CONCRETE PIPES

ABSTRACT : In this study, effects of steel fiber and fly ash on compressive load of concrete and mechanical properties of concrete are researched. For that reason 300, 350 and 400 dosage cylindrical and prismatic concrete specimens with fiber and fly ash and three pieces of 200 mm diameter pipe have been produced. In every mixture of specimens, steel fibers have been used, as 0.4 % of the total weight and fly ash have been used as 15 % of cement dosage. The use of steel fiber and fly ash together have increased the compressive, tensile, bending strenghts and the top loading 16 %, 54 %, 100 % and 130 % respectively. Therefore, it is wise to use fiber at concrete pipes.

KEYWORDS : Concrete pipe, Steel fiber, Compressive Loading, Fly ash.

^{1,2} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480 Batı Meşelik, ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Betonun zayıf özelliklerinin belirgin olarak iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi için beton içerisine değişik malzemeler katılarak teknik özellikleri geliştirilebilmektedir. Beton ve betonarme borulara çelik liflerin (ÇL) katılması ile boruların özellikleri daha iyi hale getirilebilmektedir. En yararlı şekilde üretimin yapılabilmesi için kullanılacak malzemelerin belirlenmesi, beton karışım hesaplarının yapılması ve optimum dozajın bulunması gerekmektedir [1].

Çelik lif malzemesi betonun eğilme ve çekme etkisi altındaki performansını arttırıp, sünek bir davranış elde edebilmek için kullanılmaktadır. ÇL'lerin uygulama alanları da çok geniştir. ÇL katkılı betonlar son yıllarda tünel kaplamalarında, döşemelerde, panel elemanlarda, baraj yapılarında vb. çok çeşitli yapılarda kullanılmaktadır [2]. Yine betonda uçucu kül (UK) kullanımı beton özelliklerinde yararlı sonuçlar vermektedir [3].

Betonlarda kullanılan ÇL'ler genellikle suda çözülebilen özel bir yapıştırıcı ile birbirine bağlanan, beton karıştırılırken betonun bünyesindeki karma suyunun etkisiyle çözülen ve betona karışan 10 ila 30 lifin bir arada bulunduğu demetler halinde üretilmektedirler. Çelik lifler ve çelik liflerle donatılı betonlarda, tel boyu ve buna bağlı narinlik oranı ile beton malzemenin birleşimi arasında doğrudan bir bağlantı bulunmaktadır. ÇL'ler ile donatılı betonlarda karıştırmayı kolaylaştırmak veya lif oranını arttırmak için daha ince agregalar kullanmak daha yararlı olacaktır [4].

Çelik lifler ile üretilen betonların yüksek dayanımı, enerji emme özelliği, eğilme ve basınç dayanımı, yüksek darbe ve yüksek yorulma direnci özellikleri dikkat çekmektedir [2]. Beton ve harçlarda kullanılan çelik liflerin mekanik özelliklere olumlu katkıları vardır [1, 5-7]. Bu çalışmada betonun mekanik ve fiziksel özelliklerini ve beton boruların tepe basınç yükünün ÇL ve UK kullanımı ile nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Bu amaçla 300, 350 ve 400 dozajlarında ve çimento miktarının % 15'i oranında ilave UK ve ağırlıkça % 0.4 oranında C tipi ÇL katılarak numuneler üretilmiştir. Özellikle basınç, yarma-çekme, eğilme, tepe basınç yükü gibi mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ve betonun gevrek kırılma özelliğinin giderilmesi amaçlanmıştır.

II. ÇELİK LİFLİ BETON BORULAR

Emniyet ve dayanım için iç çapı 800 mm üzerindeki boruların donatılı yapılması geleneksel bir uygulamadır. Daha küçük çaplı borular sadece trafik yüklerinin veya kritik bölgelerin olduğu ve gevrek kırılmanın istenmediği yerlerde donatılırlar. Çelik lifler, geleneksel hasır çelik donatıya bir alternatif olarak düşünülebilir. Hem aniden oluşan tehlikeli kaza göçmelerine karşı emniyetlidirler hem de gevrek olmayan göçme sünekliği sağlarlar [1]. Anma çapı 500 mm ve daha üstündeki betonarme boru üretimi özellikle işçilik açısından zordur. Bu borulardaki donatının eğilmesi, birleşim noktalarına kaynak yapılması, donatının yerleştirilmesi gibi işlemler oldukça zordur ve çok zaman alarak işçilik maliyetlerini de artırır [2]. Bu yüzden ÇL kullanımı ile işçilik açısından da çok büyük kazançlar sağlanabilir.

Yapılan çalışmalarda hasır çelik donatılı borulara göre, çelik tel donatılı borularda ilk çatlama yükü belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür. Görünmeyen bir mikro çatlak görünen bir ince çatlağa erişinceye kadar bir geçiş sergiler ve daha sonra bu çatlak ölçülebilir. Bu çatlakların genişliği ise hasır çelik donatılı borulara göre küçük olmaktadır. Çelik lifler tipik bir biçimde çatlak kontrolü işlevini üstlenirler ve çatlama mafsalındaki gerilme dağılımında aktif rol oynarlar. Boruların kırılma yükü, donatının veya alternatif olarak kullanılan çelik liflerin artması ile yükselmektedir. Çelik lif kullanımı ile borunun kırılma yükü hasır çelik donatılı boruya göre % 10-15 artmaktadır. Çelik liflerin etrafında çimento hamuru kalın bir tabaka oluşturmakta ve bu da korozyonu önlemede önemli bir işlev oluşturmaktadır. Diğer taraftan geleneksel donatılı borularda korozyona bağlı olarak parça kopmaları ÇL kullanılan borularda görülmemektedir [1]. Liflerin beton boruların düzgünlüğüne, sızdırmazlığına ve su emmesine olumlu etkileri vardır [8-9].

III. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada UK ile beraber ÇL'lerin kullanılmasının beton üzerindeki etkilerini belirlemek için bazı mekanik ve fiziksel deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sırasında 300, 350 ve 400 dozajlı karışımlar hazırlanmış ve bu karışımların her birine ağırlıkça % 15 oranında ilave F tipi UK katılmıştır. Ayrıca karışımların her birine ağırlıkça % 0.4 oranında C tipi ÇL katılmıştır. Her seri beton için taze beton deneyleri yapılmıştır. Her seri için 6 adet prizma, 6 adet silindir ve boru numuneler hazırlanmıştır. Her bir dozaj içinde ÇL ve UK içermeyen kontrol betonları (KK) üretilmiştir. Üretilen betonlar sırasıyla KK300, KK350, KK400, UKÇL300, UKÇL350, UKÇL400 şeklinde kodlanmıştır. Bütün karışımlarda S/Ç oranı 0.45 olarak sabit tutulmuştur.

III.1. Kullanılan Malzemeler

III.1.1 Çimento : Eskişehir Çimento Fabrikasının üretmiş olduğu PÇ 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda çimentonun priz başlama süresi 3 saat 15 dakika prizin sona erme süresi 4 saat 15 dakika, toplam hacim genişmesi 4 mm, özgül yüzey alanı ise 3130 cm²/g olarak bulunmuştur. Çimento fabrikasından alınan kimyasal analiz sonuçları da Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. PÇ ve UK kimyasal analiz sonuçları.

Malzeme	PÇ 42.5	UK
Kimyasal Analiz, %		
SiO ₂	19.96	58.59
Al ₂ O ₃	5.17	21.89
Fe ₂ O ₃	3.14	9.31
CaO	63.93	4.43
MgO	1.61	1.41
SO ₃	1.88	0.41
Cl	0.004	-----
KK	1.33	0.59
C ₃ S	61.19	---
C ₂ S	11.09	---
C ₃ A	7.92	---
C ₄ AF	10.39	---
S+F+A	-----	89.79
Puzolanik	-----	89.40

III.1.2. Uçucu kül: Tunçbilek Termik Santraline ait F sınıfı UK kullanılmıştır. Yapısının büyük miktarı (% 80-90) silis ve bir miktar alüminden meydana gelmektedir. Kimyasal bileşimi ve puzolanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

III.1.3. Agregalar: Araştırmada agrega olarak 0-4 mm doğal nehir kumu, 4-8 ve 8-16 mm kırmataş malzemeler kullanılmıştır. Kırmataş türleri Eskişehir merkeze 25 km uzaklıkta bulunan Zemzemiye Köyü taş ocaklarından getirilmiş olup kum Sakarya Nehri malzemesidir. Yapılan deneyler sonucunda kumun, 4-8 mm kırmataşın, 8-16 mm kırmataşın özgül ağırlıkları sırası ile 2.59, 2.70, 2.71 sıkışık birim ağırlıkları sırası ile 1710, 1610, 1600 kg/m³, su emme oranları ise sırası ile % 2.19, % 0.47 ve % 0.37 olarak bulunmuştur.

III.1.4. Çelik lif: TS 10513 çelik lifleri A, B ve C olmak üzere üç sınıfa ayırmaktadır. A sınıfı teller, düz, pürüzsüz yüzeyle tellerdir. Bunlar normal yuvarlak kesitli telden kesilmiş parçalardır. B sınıfı teller, bütün uzunluğu boyunca çentiklenmiş, girinti ve çıkıntılara sahip tellerdir. C sınıfı teller uçları (bir ucu veya iki ucu) kıvrılmış tellerdir. Bu çalışmada üretilen betonlar için kullanılan teller C sınıfına ait tellerdir. Betonların donatılmasında kullanılan teller düşük karbonlu çelikten soğuk çekme işlemi ile üretilmektedir [10]. Bu çalışmada Beksa firması tarafından üretilen Dramix RC-80/60-BN isimli çelik teller kullanılmıştır. Kullanılan çelik tellerin uzunluğu 60 mm, çapı 0.75 mm, L/d oranı 80’dir. Çelik tellerin çekme-kopma dayanımları 1100 MPa’dır. Kullanılan çelik lifin geometrik şekli Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan çelik lifin geometrik şekli

III.1.5. Karışım suyu: Beton karma suyu olarak laboratuvarımızda bulunan Eskişehir bölge suyu kullanılmıştır. Eskişehir’de kullanılan şebeke suyunun (beton üretiminde kullanılan) kimyasal analizi Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Beton karma suyu kimyasal analizi.

Parametreler	Birimi	Test Değeri	Limitler
pH	----	6.3	En Az 6.5 En Çok 5.5
SO ₄ ⁻² (Sulfat)	mg/lt	5.8	En Çok 600
Toplam Sertlik	°F	39	---

III.2. Betonların karışım oranları ve hazırlanması: Çizelge 3’te kullanılan çimento, uçucu kül, kum, kırmataş ve liflerin ağırlıkça malzeme miktarları verilmiştir. Beton ve beton boruların karışımlarının hazırlanmasında ve yapılan deneylerde TS 10514, TS 10515, TS 1247, TS 3323 standartları dikkate alınmıştır [11-14]. Karışımların hazırlanmasında; işlenebilirliğin benzer olması için örneklerin çökme değerleri aynı tutulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3. Beton karışım oranları.

Karışım Kodu	Ağırlıkça Malzeme Miktarları (kg)						
	Çim ento	Ku m	K.Taş (4-8)	K.Taş (8-16)	UK	ÇL	Su
KK300	300	635	890	517	---	---	135
UKÇL300	300	620	868	505	45	10	135
KK350	350	603	845	491	---	---	157.5
UKÇL350	350	585	819	476	52.5	10	157.5
KK400	400	571	800	465	---	---	180
UKÇL400	400	550	771	448	60	10	180

III.3. Yapılan deneyler: Taze betonlarda çökme deneyi, sertleşmiş betonlarda hasarsız deneylerden rezonans frekansı, Schmidt çekici ve ultrases geçiş hızı, hasarlı deneylerden silindir basınç dayanımı, eğilme dayanımı, yarma-çekme dayanımı borularda ise tepe basıncı deneyleri yapılmıştır.

IV. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

IV.1. Taze Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Çökme deneyinin sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir. Bu değerlerden hazırlanan betonların plastik kıvamda olduğu görülmektedir. ÇL’li betonların çökme değerlerinde % 2-3 civarında azalmalar

görülmektedir. Buradan betonlar içerisinde ÇL katılmasıyla işlenebilirlik az da olsa azaldığı belirlenmiştir. Lifli betonlar için işlenebilmeyi ölçen klasik testler arasında en uygun olanı Ve-Be deneyi olmaktadır [6].

Çizelge 4. Çökme deneyi sonuçları.

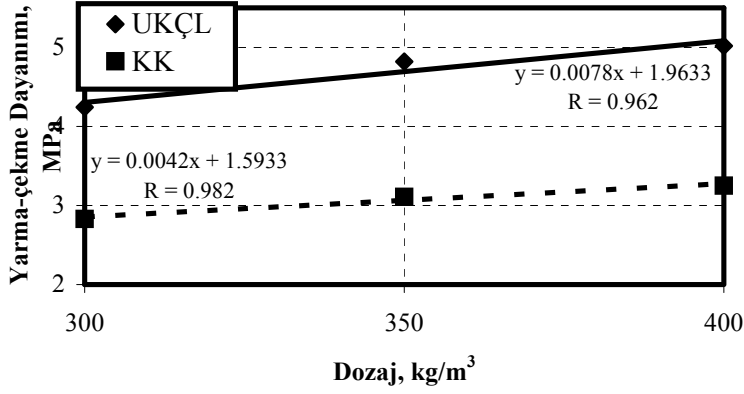
Karışım Kodu	Çökme mm	Karışım Kodu	Çökme mm
UKÇL300	67	KK300	68.5
UKÇL350	67	KK350	68
UKÇL400	68	KK400	70

IV.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi: 28 günlük silindir ve prizmatik numunelere ait hasarsız ve hasarlı deney sonuçlarının değerleri Çizelge 5, Şekil 2-5'te verilip değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Çizelge 5. 28 Günlük numunelerin hasarsız deney sonuçları.

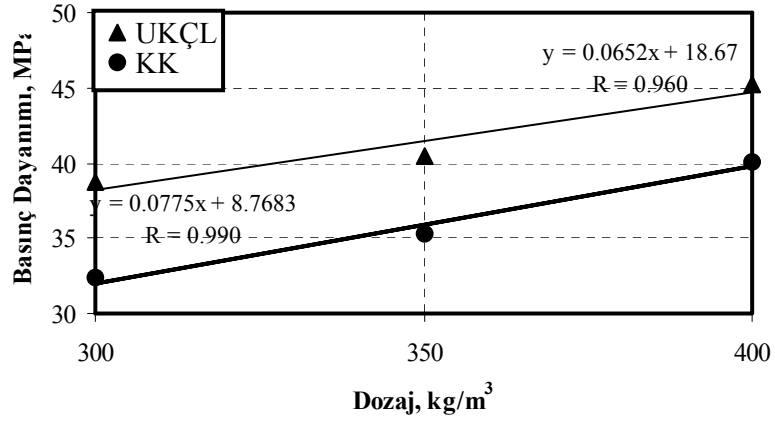
Karışım Kodu	Birim Ağırlık kg/m ³	Rezonans Frekansı Khz	Ultrases Geçiş Hızı km/s	Schmidt Değerleri
UKÇL300	2369	3.11	4.00	31.00
KK300	2432	3.02	3.65	29.00
UKÇL350	2431	3.08	4.20	34.00
KK350	2444	3.06	3.75	32.00
UKÇL400	2438	3.09	4.90	37.00
KK400	2447	3.07	4.00	32.00

Çizelge 5 incelendiğinde birim ağırlıklarda lif ve UK katılması ile 300, 350, 400 dozajlı numunelerde sırasıyla % 2.59, % 0.53, % 0.37'lik bir azalma görülmüştür. Rezonans frekansı değerlerinde lif ve UK katılması ile 300, 350, 400 dozajlı numunelerde sırasıyla % 3, % 0.7, % 0.7'lik bir artış görülmüştür. Ultrases geçiş hızı değerlerinde lif ve UK katılması ile 300, 350, 400 dozajlı numunelerde sırasıyla % 9.6, % 12, % 23'lük bir artış görülmüştür. Schmidt çekici değerlerinde de lif ve UK katılması ile 300 dozajlı numunede % 6.89, 350 dozajlı numunede % 6.25, 400 dozajlı numunede % 15.63'lük bir artış görülmüştür. Hasarsız deney sonuçlarından da görülebileceği gibi lif ve UK ilavesi betonun mekanik özelliklerine olumlu katkılar sağlamaktadır.



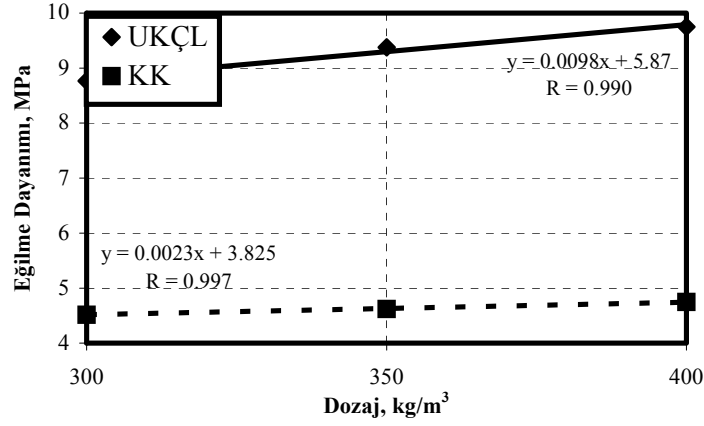
Şekil 2. 28 Günlük silindir numunelerin yarma-çekme dayanımının dozaj ile değişimi.

Şekil 2’den görüldüğü gibi silindir numunelerden elde edilen yarma-çekme gerilmesi değerleri 300 dozajlı betonlarda lif ve UK ilavesi ile çekme dayanımlarındaki artış % 49.82, 350 dozajlı betonlarda % 59.98, 400 dozajlı betonlarda ise % 54.46 olmuştur. Yarma-çekme deneyi sonucunda oluşan bu artışlar kullandığımız UK ve liflerden kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere betonun çekme dayanımı çok düşüktür ancak kullanılan ÇL’ler çekme gerilmelerini alarak betonun çekme gerilmesini arttırmıştır.



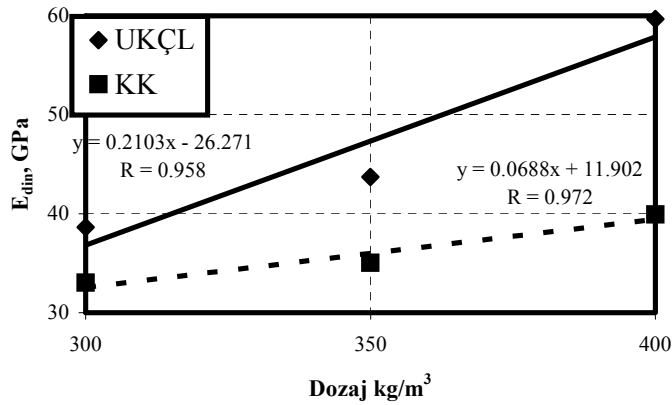
Şekil 3. 28 Günlük silindir numunelerin basınç dayanımının dozaj ile değişimi.

Şekil 3 incelendiğinde silindir numunelerde 300 dozajlı betonlarda UK ve ÇL ilavesi ile basınç dayanımlarındaki artış % 19.92, 350 dozajlı betonlarda % 14.57, 400 dozajlı betonlarda ise % 13.00 olmuştur.



Şekil 4. Beton numunelerin eğilme dayanımlarının dozaj ile değişimi.

Şekil 4'den görüldüğü gibi prizmatik numunelerde yapılan eğilme deneylerinde 300 dozajlı betonlarda lif ve UK ilavesi ile kontrol betonlarına göre eğilme dayanımlarındaki artış % 94.03, 350 dozajlı betonlarda % 103.03, 400 dozajlı betonlarda ise % 105.26 olmuştur. Eğilme dayanımlarındaki % 100'e varan oranlardaki artışlardan da betonun çekme gerilmelerini alan ÇL'lerin olumlu katkıları görülmektedir.



Şekil 5. Dinamik elastisite modülünün dozaj ile değişimi.

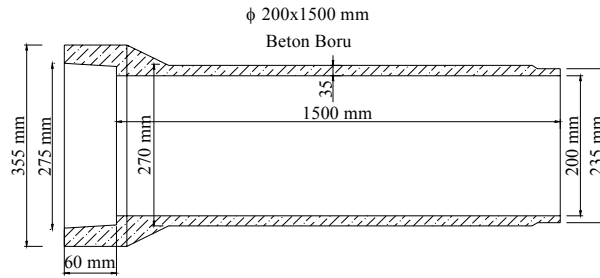
Numunelere yapılan ultrases geçiş hızı deneylerinden dinamik elastisite modülleri bulunmuştur. Dinamik elastisite modülü hesaplanırken $E_{din}=10^5 \times v^2 \times \Delta / 9.81$ formülünden yararlanılmıştır. Formüldeki v 'nin birimi km/sn, Δ 'nın birimi kg/lt, E 'nin birimide GPa dır [15]. Şekil 5'den görüldüğü gibi dinamik elastisite modüllerindeki artış 300 dozajlı betonlarda L ve UK ilavesi ile kontrol betonlarına göre % 17, 350 dozajlı betonlarda % 24.78, 400 dozajlı betonlarda ise % 49.51 olmuştur.

Betonun bu mekanik özelliklerindeki olumlu artışlar hem L kullanımından hem de UK kullanımından kaynaklanmaktadır. Dayanım artışının nedenlerinden birisi imento dozajına ilave olarak katılan UK'den kaynaklanmaktadır. UK betonun içerisinde bulunan serbest kireçle birleşerek dayanımı sağlayan yeni kalsiyum silika hidrat jelleri oluşturarak betonun dayanımını arttırmada önemli katkılar sağlamaktadır [16]. Yapılan bazı çalışmalarda da imento yerine belli oranlarda UK kullanımında beton dayanımlarında artışların olduğu görülmüştür [17-18].

UK'süz ve L'siz olarak ürettiğimiz numuneler ile UK'lü ve L'li ürettiğimiz numuneleri karşılaştırdığımızda L ve UK katılarak üretilen numunelerin mekanik özelliklerinin olumlu yönde geliştiğı bilinmektedir. Ancak yaptığımız deneysel çalışmalarda UK'süz ve L'li numuneler üretilmemiştir. Bu yüzden sadece L katılan betonların L'siz olarak üretilen betonlara göre mekanik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak için literatürdeki bazı çalışmaların sonuçlarını değerlendirerek fikir elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla [2]'nin yaptığı çalışma incelendiğinde 350 dozlu ve iki farklı oranda L katılarak üretilen numunelerin L'siz olarak üretilen numunelere göre basınç dayanımları L oranına göre farklı miktarlarda değiştiğı gözlemlendi. elik lif miktarı 40 kg/m^3 oranında kullanıldığında numunelerin basınç dayanımlarında azalmalar olduğu görülmüştür. Ancak 25 kg/m^3 oranında L kullanıldığında basınç dayanımında çok az oranda bir artış olduğu görülmüştür. elik lifler betonun basınç dayanımını her zaman doğrudan olumlu etkilememekte % 25 seviyesinde basınç dayanımı artışı görülebileceğı gibi bazen de bu düzeyde bir dayanım kaybı da ortaya çıkabilmektedir [19].

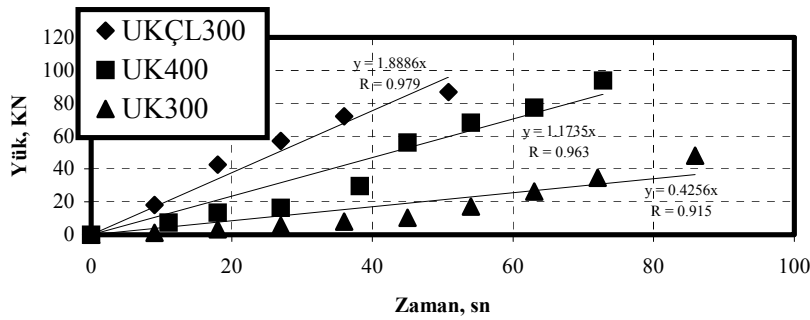
IV.3. Borularda Tepe Basınç Yükü Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Eskişehir İmar İnş. Tic. A.Ş.'de ürettiğimiz beton borular 200 mm çapında ve 1500 mm boyundadır. Üretim yapılan mikserin içerisine çelik lifler 10 kg/dak hız ile dökülerek homojen bir karışım yapılmıştır. Hazırlanan çelik lifli beton harcı kalıba dökülmüştür. Kalıptan çıkarılan boru numuneler buhar kürü öncesi dinlendirme aşamasına, yüksek sıcaklıkta bekletme aşamasında ve soğutma aşamasına tabi tutulmuşlardır.



Şekil 6. Üretilen beton boruların geometrik şekli ve boyutları.

Üretilen numunelerin tepe basınç yükü deneyleri Kırıcılı Yapı Malzemeleri A.Ş.'de yapılmıştır. İçine ÇL ve UK katılmış betonlarla üretilmiş beton boruların TS 821 ve TS 3830'a uygun olarak yapılan tepe basınç yükü deneylerine ait sonuçlar Şekil 7'te verilmiştir [20-21]



Şekil 7. Beton borularda zamana karşı tepe yüklerinin karşılaştırılması.

Üretilen beton borulardan 300 dozajlı ÇL'li ve UK'lü boru ile lifsiz boru karşılaştırıldığında lifli borunun daha fazla tepe basınç yükü aldığı görülmektedir. Fakat lifsiz borunun ÇL'li ve UK'lü boruya göre daha uzun sürede kırıldığı anlaşılmaktadır. 400 dozajlı lifsiz boru ile 300 dozajlı lifsiz boru karşılaştırıldığında dozaj artımı ile tepe basınç yüklerinin arttığı görülmektedir. Yapılan deneyler sonucunda 300 dozajlı, lifsiz, 20 cm çapında, 150 cm uzunluğundaki borunun tepe basınç yükünün 2836 kg/m olduğu bulunmuştur. Aynı özelliklerde olan fakat lifli borunun ise tepe basınç yükü 6557 kg/m olarak bulunmuştur. 400 dozajlı lifsiz, 20 cm çapında, 125 cm uzunluğundaki borunun ise tepe basınç yükünün 7458 kg/m olduğu bulunmuştur.

V. SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda kullanılan UK ve ÇL'lerin, 300 dozajlı silindir beton numunelerde lif ve UK ilavesi ile basınç dayanımlarındaki artış % 19.92, 350 dozajlı betonlarda % 14.57, 400 dozajlı betonlarda ise % 13.00 olmuştur. Silindir numunelerden elde edilen yarma-çekme değerleri 300 dozajlı betonlarda ÇL ve UK ilavesi ile çekme dayanımlarındaki artış % 49.82, 350 dozajlı betonlarda % 59.98, 400 dozajlı betonlarda ise % 54.46 olmuştur. Eğilme deneylerinde 300 dozajlı betonlarda ÇL ve UK ilavesi ile kontrol betonlarına göre eğilme dayanımlarındaki artış % 94.03, 350 dozajlı betonlarda % 103.03, 400 dozajlı betonlarda ise % 105.26 olmuştur. Dinamik elastisite modülünde de ÇL ve UK ilavesi ile birlikte artışlar olduğu görülmüştür. Üretilen beton borularda aynı dozajda oldukları halde ÇL ilavesi halinde tepe basınç yüklerinde % 130'lara varan artışlar görülmüştür. Özellikle basınç dayanımlarındaki artışların daha çok UK katılmasıyla sağlandığı sonucuna varılmıştır. Yarmada çekme ve eğilme deneylerindeki dayanımların artışında ÇL'lerin katkısının büyük olduğu gözükmemektedir. Ayrıca bu deneylerde de UK'ün yararları göz ardı edilemez. Elde edilen bu verilerin sonucunda beton ve beton borularda ÇL ve UK kullanımının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] C. Sevil, “Uçucu Küllü, Lifli Beton Kompozitinde Lif Tipinin Beton Özelliklerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, OGÜ, 2001, ss. 75.
- [2] K. Arı, T. Haktanır, F. Altun ve O. Karahan, “Beton borulara Çelik lif Katkısının Mekanik Özelliklere Etkisi”, THBB, Beton 2004 Kongresi, 2004, ss. 255-265.
- [3] İ.B.Topçu, M. Canbaz, “Uçucu Kül Kullanımının Betondaki Etkileri”, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2001, Sayı 2, ss. 11-24.
- [4] H.Y. Ersoy, “Kompozit Malzeme”, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Ekim 2001.
- [5] A. Uğurlu, “Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Beton”, DSİ Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın No: MLZ-878, 1994.
- [6] M. Uyan, “Lifli Betonların Genel Özellikleri ve Gelişimi”, İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Seminerleri, ss. 121-132, 1984.
- [7] H. Toutanji, Z. Bayasi, “Effects of Manufacturing Techniques on the Flexural Behavior of Steel Fiber-Reinforced Concrete”, *Cement and Concrete Research*, Volume 28, Issue 1, January 1998, pp. 115-124
- [8] S. Yıldız, Z. Ç. Ulucan “Beton Borularda Cam Lif Oranının ve Boru Çapının Boru Alın ve İç Yüzünün Düzensizliğine Etkisi”, 3. GAP Mühendislik Kongresi, 24-26 Mayıs 2000, Şanlıurfa, ss. 526-533.
- [9] S. Yıldız, S. Yazıcıoğlu, “Cam Lifli Kompozit Beton Borularda Değişik Lif Oranlarının Sızdırmazlığa ve Su Emmeye Etkisi”, 3. GAP Mühendislik Kongresi, 24-26 Mayıs 2000, Şanlıurfa, ss. 517-525.
- [10] TS 10513, “Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan”, TSE Ankara, 1992.
- [11] TS 10514, “Beton-Çelik Tel Takviyeli-Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Kuralları”, TSE Ankara, 1992.
- [12] TS 10515, “Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu”, TSE Ankara, 1992.
- [13] TS 1247, “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları”, TSE Ankara, Mart 1984.
- [14] TS 3323, “Beton Basınç Deney Numunelerinin Hazırlanması, Hızlandırılmış Kürü ve Basınç Dayanım Deneyi”, TSE Ankara, Mart 1979.

- [15] B. Postacıoğlu, “*Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri*”, İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1176, İTÜ Matbaası, 1981, 615s.
- [16] T.Y. Erdoğan, “*Beton*”, METU Press, Mayıs 2003, 741s.
- [17] A. E. Tandırılı, “Farklı Uçucu Kül İkamelerinin Taze ve Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkileri ve K-Eşdeğerlik Katsayıları”, THBB, Beton 2004 Kongresi, 10-12 Haziran 2004, ss. 623-636.
- [18] H. Yiğiter, S. Aydın, H. Yazıcı ve B. Baradan, “C Tipi Uçucu Kül Katkılı Betonların Bazı Fiziksel, Mekanik ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması”, THBB, Beton 2004 Kongresi, 10-12 Haziran 2004, ss. 58-66
- [19] İ. B. Topçu, A. R. Boğa, “Prefabrik Beton Borularda Çelik Liflerin Kullanımı”, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, Sayı:73, ss. 13-20, Şubat 2005.
- [20] TS 821, “*Beton ve Betonarme Borular-Özel Parçaları (Basınçsız Pis Su ve Yağmur Suyu İçin)*”, TSE Ankara, 1993.
- [21] TS 3830, “*Beton Boru Yapım Kuralları*”, TSE Ankara, Nisan 1983.