

AKRİLİK LİF VE UÇUCU KÜL KATKILI ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Arın YILMAZ*

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte, atık olarak birçok ürün açığa çıkmaktadır. Bu ürünlerin depolanması ve çevreye verdiği zararlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada, akrilik lif ve uçucu kül içeren çimento harçlarının mekanik özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Akrilik lif (Poliakrilonitril lifler) %1,%2 ve %3 oranlarında, uçucu kül ise %5, %10 ve %15 oranlarında PÇ42.5 çimentosu ile yer değiştirilerek 15 farklı çimento elde edilmiştir. Lifler çimento hamuru içerisinde boşluk etkisi yarattığından lif oranı arttıkça basınç dayanımı değerleri azalırken, uçucu kül oranı ile birlikte artış göstermiştir. Sistemdeki lif oranının artması eğilmede çekme dayanımı değerlerini arttırdığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Akrilik fiber, uçucu kül, basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT MORTAR WITH ACRYLIC FIBER AND FLY ASH

Abstract

Many products are released as a waste material together with the emerging technologies. The storage of these products and their potential harm to the environment is increasing every passing day. In this study, the mechanical properties of cement mortars including of acrylic fiber and fly ash are investigated experimentally. The fifteen different cement were prepared by using %1,%2 and %3 acrylic fiber (polyacrylonitrile fibers) and %5, %10 and %15 fly ash replacement by PÇ42.5 cement. The compressive strength values were not only decreased with increasing of fiber content due to fibers in the cement paste behaves like a space, but also increased with fly ash content. Moreover, increasing of fiber content increased the flexural strength was observed in the cement matrix.

Keywords: Acrylic Fiber, Fly ash, Compressive strength, Flexural strength

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte beton üretiminde çeşitlilikte artmıştır. Lif ve uçucu kül kullanımı ülkemizde oldukça yaygınlaşmıştır. Termik santrallerde kömür yakılarak elde edilen elektrik enerjisi ile birlikte atık ürün olarak uçucu kül adı verilen çok ince taneler ortaya çıkmaktadır. Uçucu küller ya kuru olarak atık depolarına ya da su ile karıştırılarak kül barajlarına gönderilmektedir. Dünya’da ortaya çıkan uçucu kül miktarı yılda 600 milyon ton civarındadır. Türkiye’de ise bu rakam son eklenen termik santrallerle birlikte yaklaşık 15 milyon ton olmaktadır (Türker vd.,2007). Çimento ve beton üretiminde uçucu kül kullanımı hem maliyeti düşürmekte hem de taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine olumlu katkı sağlamaktadır.

* Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir
E-posta: ayilmaz@balikesir.edu.tr

Betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini iyileştirmek için mineral ve kimyasal katkıların kullanılmasının yanında çeşitli liflerin kullanılması da söz konusudur. Lifler, farklı tip, boyut ve özelliklerde polipropilen, cam, karbon ve çelik lifler olmak üzere taze betona üretim sırasında katılmaktadır. Liflerin beton üzerindeki olumlu etkisi uzunluk/çap oranı, lif miktarı, cinsi, şekli, agreganın boyutu, numunenin boyutu ve hazırlanış şekli gibi faktörlere bağlıdır. Gevrek bir malzeme olan geleneksel betonlar çekme dayanımı, yorulma dayanımı, aşınma dayanımı ve çatlak sonrası yük taşıma kapasiteleri bakımından zayıf özelliklere sahiptirler. Liflerin betona katılmasıyla betonların bu özelliklerinde belirgin iyileştirmeler elde edilmiştir (Yıldırım ve Ekinçi, 2005; Ünal vd., 2003).

Cao ve Chung (2001), %15 silika dumanı ve %0,5 karbon fiber içeren çimento harçlarının çekme davranışlarını incelemiş ve silika dumanı etkisinin çekme özelliklerine katkısının olmadığı sonucuna varmışlardır. Puertas ve arkadaşları başka bir çalışmada, alkalilerle aktive edilmiş mineral ve polipropilen lif katkılı harçların mekanik ve dayanıklılık özelliklerini araştırmışlardır. Granüle yüksek fırın cürufu içeren ve %0.5 lif içeren harçların, uçucu kül ve uçucu kül + granüle yüksek fırın cürufu içeren lif katkılı harçlara göre, çekme ve basınç dayanımı, donma-çözülme dayanıklılığının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir (Puertas vd., 2003). Huang (1997), uçucu küllü haçlara ek olarak bentonit, silis dumanı ve polipropilen lif katkısı ilave etmiştir. polipropilen liflerin basınç dayanımlarını azalttığını bunu da lifler ile harç matrisinin arasındaki ara yüzlerdeki zayıf düzleşmiş şekillerden kaynaklandığını ifade etmiştir. Sevil (2001) yaptığı yüksek lisans tezinde %10, %15 ve %20 uçucu kül içeren betonlarda 3 farklı lifin (ipliksi görünümlü polipropilen lif(PPI), kumaşsı görünümlü polipropilen lif(PPII) ve çelik lif) beton özelliklerine etkisini incelemiştir. Uçucu külün tek başına kullanıldığı betonlarda basınç dayanımının %10 oranında azaldığını ve fiber takviyesi ile basınç dayanımının PPI liflerde %90, PPII liflerde %18 ve çelik liflerde %95 oranında arttığını bulmuştur. Eğilme dayanımlarında ise uçucu külün tek başına kullanıldığı betonlarda %2 oranında azaldığını ve PPI liflerde %114, PPII liflerde %1 ve çelik liflerde %130 oranında arttığını belirtmiştir. Yapılan bir doktora tezinde, betona çelik lif ve uçucu külün birlikte katıldığı durumda çelik lifin, betonun tüm mekanik özelliklerinde artış eğilimi yaratırken, uçucu külün azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Uçucu külün, çelik lif ile birlikte katıldığı harcın dayanımda yarattığı olumsuz etkinin, çelik lifin harç içerisinde oluşturduğu bağ kuvvetinin azalmasına neden olmakta ve betonun çekme dayanımını olumsuz yönde etkilemekte olduğunu bildirmiştir (Dinçer, 2004). Gutierrez ve ark. (2005), liflerle güçlendirilmiş harçların performansları üzerine silis dumanı, uçucu kül, metakaolin ve yüksek fırın cürufu gibi puzolanların etkilerini araştırmışlardır. Genel olarak çelik lif katkısında daha az olmasına rağmen, kontrol harçlarında lif ilavesinin basınç dayanımında azalmalara yol açtığını belirtmişlerdir. Cam ve çelik lifle güçlendirilmiş harçlarda silis dumanının performansı arttırdığını ifade etmişlerdir. Karahan (2006) doktora tezinde Sugözü uçucu külü katkılı betonlar ile polipropilen lif ve çelik lif ile güçlendirilmiş normal ve uçucu kül katkılı betonların özelliklerini araştırılmıştır. Polipropilen ve çelik lifin basınç dayanımını arttırmadığı ve azalttığı bile ifade edilmiştir. Eğilme dayanımları açısından bakıldığında, uçucu kül ve polipropilen liflerin birlikte kullanıldığı durumda bir katkı sağlamadığı hatta uzun süreçte olumsuz etkilediği, çelik liflerin ise arttırdığı sonucuna varmıştır. Esen (2003), Poliakrilonitril lif takviyeli betonların mekanik özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak, Poliakrilonitril lif takviyeli betonların basınç dayanımlarında bir artış görülmemekle beraber, lif takviyesi arttıkça numunelerdeki boşluk oranının artması nedeni ile basınç dayanımı azalmaktadır. % 1, %2, %3 ve %4 kesik lif ilavesi eğilme dayanımında, kontrol numunesine göre sırasıyla % 66, %129, %220 ve %263 artış ve uzun lif ilavesi de sırasıyla % 157, %243, %334 ve %386 artma meydana getirmektedir.

Bu çalışmada, akrilik lif ve uçucu kül içeren çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımı, basınç dayanımı ve donma çözülme davranışı deneysel olarak araştırılmıştır. Akrilik lif %1, %2 ve %3 oranlarında, uçucu kül ise %5, %10 ve %15 oranlarında PÇ42.5 çimentosu ile yer değiştirilerek 10 farklı çimento elde edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda akrilik liflerin, uçucu kül ile birlikte kullanıldığı çalışmalara rastlanılmamıştır. Genellikle çelik veya polipropilen liflerle birlikte uçucu kül ve diğer mineral katkıların birlikte kullanıldığı çalışmalara ulaşmak söz konusudur.

2. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmalar için akrilik lif ve Soma B uçucu külü kullanılmıştır. Portland çimentosu Balıkesir Limak Çimento Fabrikası silolarından CEM-I (PÇ 42.5) olarak alınmış ve uygun koşullarda paketlenmiştir. Soma B uçucu külünün ve Portland çimentosunun kimyasal analizleri Balıkesir Limak Çimento Fabrikasının Laboratuvarlarında yapılmıştır. Kimyasal analiz için X-ışını kırılma yöntemi kullanılmış ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de belirtilmiştir. Akrilik lif ile ilgili mekanik ve fiziksel özellikler Tablo 2 ‘de verilmiştir.

Deneysel çalışmada kullanılan Akrilik lif %1, %2 ve %3 oranlarında, uçucu kül ise %5, %10 ve %15 oranlarında PÇ42.5 çimentosu ile yer değiştirilerek 10 farklı çimento laboratuvar ortamlarında karıştırılarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Portland Çimentosu ve Soma B Uçucu Külünün Kimyasal Kompozisyonu

%	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.Kayıbı	S. CaO
PÇ 42.5	20,36	60,82	5,48	3,65	1,45	2,85	0,91	0,2	2,6	1,41
SOMA B	56,29	4,54	28,54	5,42	1,37	0,28	1,74	0,15	1,35	-

Tablo 2. Akrilik Lifin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Yoğunluk (g/cm ³)	Çap (µ)	Nem (%)	Kopma Dayanımı (MPa)	Lif Uzunluğu (mm)	Max. uzama oranı (%)
1,17	13,5	2	315	15	20

Harç numuneleri, TS EN 196-1’de belirtilen oranlarda su, çimento ve kumun (1:2:6) karıştırılması ile elde edilmiştir. Karışım, 4×4×16 cm prizmatik standart kalıplara dökülmüştür. Daha sonra, %95 nem ve 20°C kür sıcaklığına sahip kür odasında kalıp içerisinde 1 gün süreyle numunelerin bakımı yapılmıştır. Harç numuneleri kalıplardan çıkarıldıktan sonra 20±2 °C sabit sıcaklığa sahip kür havuzlarına konulmuştur. 2., 7., 28. günlerde eğilmede çekme ve basınç deneyleri uygulanmıştır.

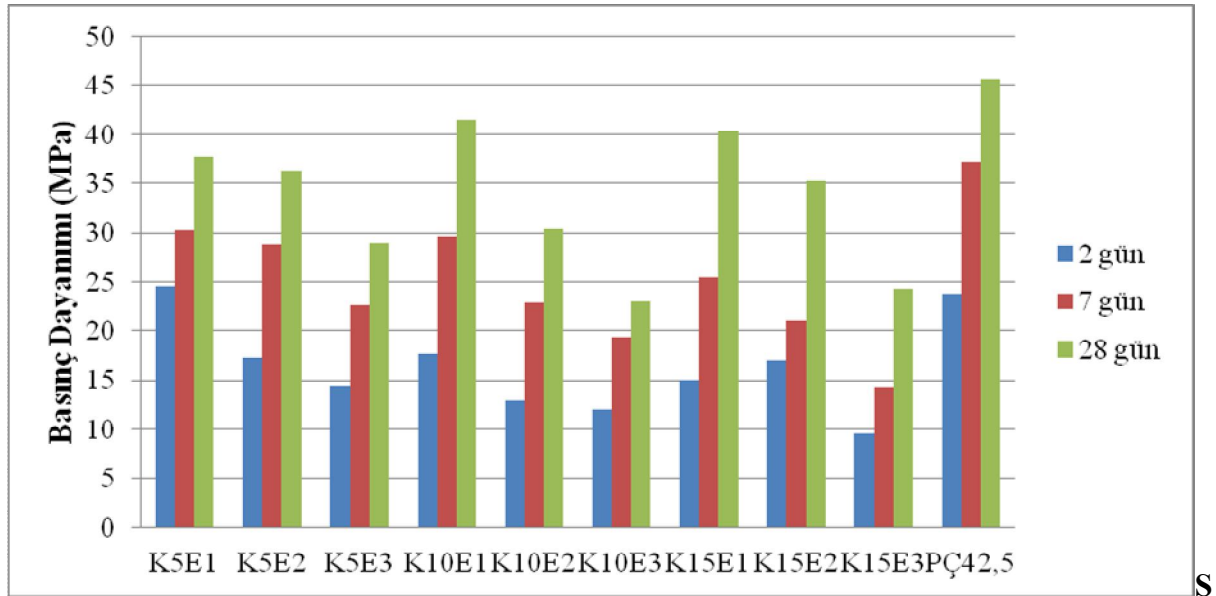
Donma-çözülme deneyleri için 4×4×4 cm boyutlarında küp numuneler hazırlanmış ve 28 gün bakımları yapıldıktan sonra, -20°C’de derin dondurucuda 4 saat dondurulmuş ve daha sonra 4 saat oda sıcaklığındaki su içerisinde çözdürülmüştür. Bu döngü 25 kez tekrarlanmış ve donma-çözülme döngüsü sonunda numuneler basınç dayanımına tabi tutulmuştur. Aynı süreç

içinde bakımına devam edilen kontrol numuneleri üzerinde de basınç deneyleri uygulanmış ve dayanım kayıpları (%) belirlenmiştir.

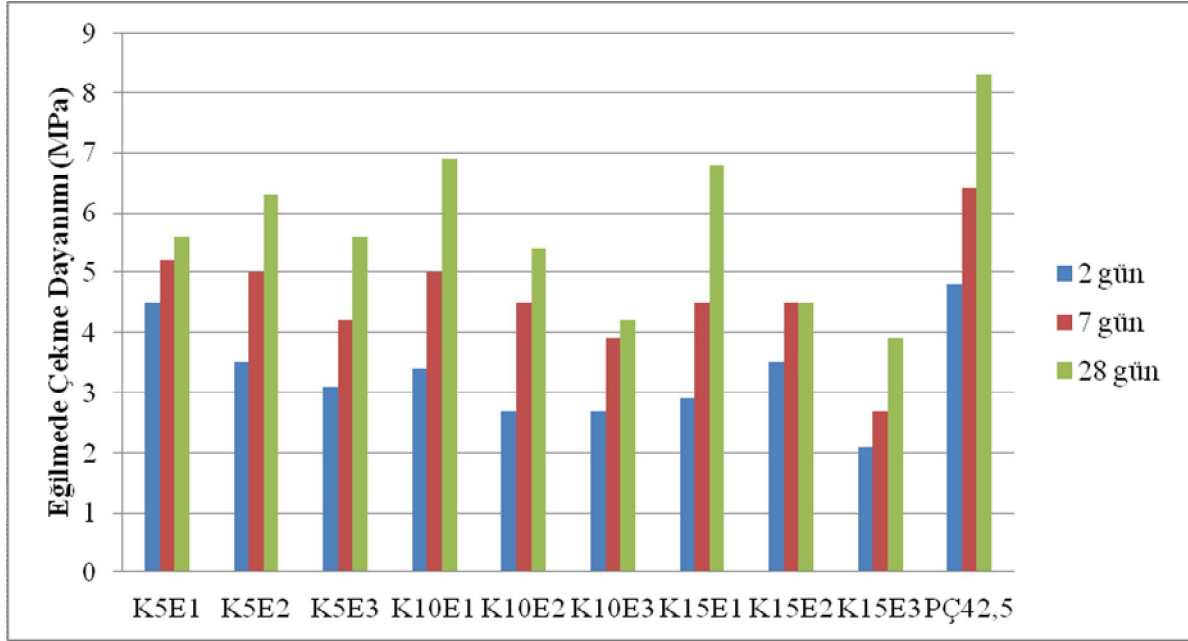
3. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi

Basınç ve eğilmede çekme dayanımlarının lif oranına ve uçucu kül miktarına göre değişimi, Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir. Basınç dayanımları incelendiğinde lif oranı arttıkça basınç dayanımı değerlerinde azalmaların olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak liflerin sistemde düzgün yayılmayarak boşluk oranını arttırmasından kaynaklandığı söylenebilir. Şekil üzerinde 28 günlük basınç dayanımı değerleri incelendiğinde %10 uçucu kül ve %1 lif içeren karışımların dayanım değerlerinin diğer karışımlara göre yüksek çıktığı ve CEM -I çimento standardını (42,5MPa) yakaladığı söylenebilir.

Eğilmede çekme dayanımları incelendiğinde ise; uçucu kül ve lif birlikte kullanıldığı için liflerin çekme dayanımını arttırdığını söyleyemeyiz. Fakat basınç dayanımında olduğu gibi %10 uçucu kül ve %1 lif içeren karışımların eğilmede çekme dayanım değerlerinin diğer karışımlara göre yüksek çıktığı ve uçucu kül oranının %15’e çıktığı karışımın da çekme dayanımı değerlerinin iyi sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür.

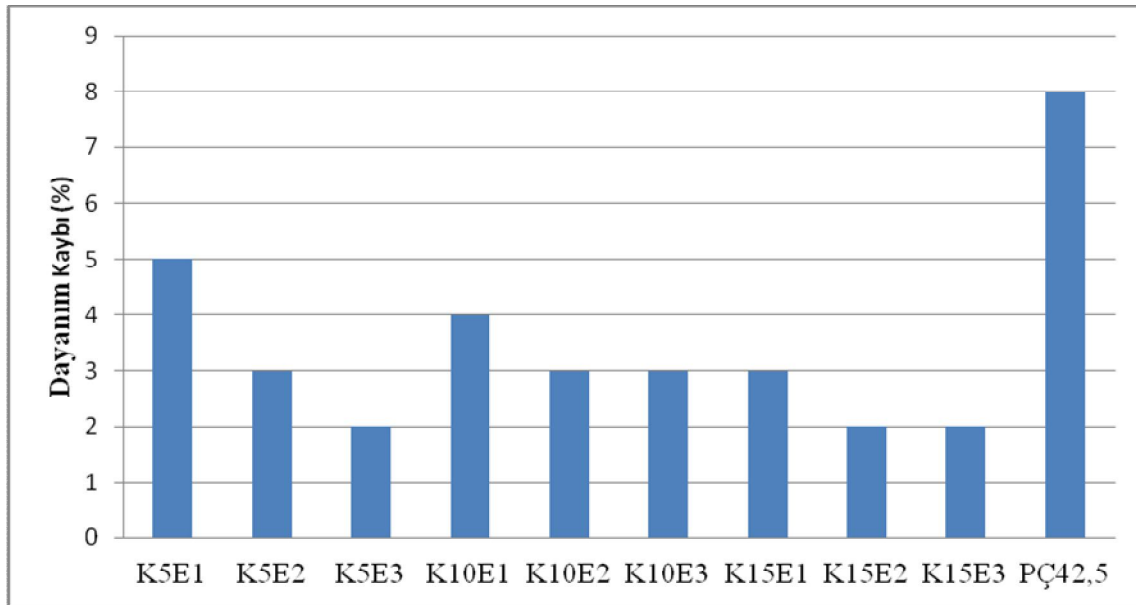


Şekil 1. Akrilik Lif ve Uçucu kül katkılı harçların basınç dayanımı gelişimi



Şekil 2. Akrilik Lif ve Uçucu kül katkılı harçların eğilmede çekme dayanımı gelişimi

Lif ve uçucu kül içeren harç numunelerinin donma çözülme etkisinde oluşan basınç dayanımı kayıpları Şekil 3’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde görülmektedir ki; lif katkısı donma çözülme sonunda dayanım kayıplarını azaltmaktadır. Ayrıca, uçucu külün de ince taneli yapısından dolayı boşluk hacmini azaltarak, harç numunelerinin donma çözülme dayanıklılığını arttırmıştır. Kontrol numunesinde basınç dayanım kaybı %8 seviyesindeyken, lif ve uçucu kül katkılı harçlarda bu değer ancak %2 değerlerinde kalmıştır. Özellikle bu tür karışımların soğuk iklim koşullarına maruz yapılarda kullanılması uygun olacaktır.



Şekil 3. Akrilik Lif ve Uçucu kül katkılı harçların Donma-Çözülme etkisi altında dayanım kaybı (%)

4.Sonuçlar

Çalışmanın sonunda elde edilen verilerin ışığı altında aşağıdaki sonuçlara varmak mümkündür.

1. Sistem içerisindeki lif oranındaki artışla birlikte basınç dayanımı değerleri azalmaktadır. Bunun nedenini liflerin sistemde düzgün yayılmayarak boşluk oranını arttırmasına bağlayabiliriz
2. Eğilmede çekme dayanımı değerlerinde lifin yaratacağı pozitif etkiyi bu çalışmada söylemek mümkün olmamaktadır.
3. %10 uçucu kül ve %1 lif içeren karışımların basınç ve eğilmede çekme dayanımlarının diğer karışımlara göre yüksek çıktığını söyleyebiliriz.
4. Lif katkısı donma çözülme sonunda oluşan dayanım kayıplarını azaltmaktadır. Ayrıca, uçucu külün de ince taneli yapısından dolayı boşluk hacmini azaltarak, harç numunelerinin donma çözülme dayanıklılığını arttırmıştır.

Yapılan çalışmanın sonucunda şu öneriler konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

1. Kullanılan lif çapı, boyu farklı seçilerek akrilik liflerin etkisi tam olarak anlaşılabilir.
2. Mineral katkı çeşidi artırılarak çimento harçlarının mekanik ve dayanıklılık özellikleri araştırılabilir.

5.Kaynaklar

Dinçer, R., “Uçucu Kül, Çelik Lif ve Pomza İçeren Betonların Mekanik Özellikleri” (2004) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

Esen, Y., (2003) “Poliakrilonitril Lif Takviyeli Betonların Mekanik Özelliklerinin ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması” F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,15(1), 47-54.

F. Puertas, T. Amat, A. Ferna´ndez-Jime´nez, T. Va´zquez (2003) “Mechanical and durable behaviour of alkaline cement mortars reinforced with polypropylene fibres” Cement and Concrete Research 33 2031–2036.

Gutierrez R.M., Diaz, L.N., Delvasto, S., (2005) “Effect of Pozzolans on the Performance of fiber-Reinforced Mortars. Cement and Concrete Composites” (27), 593-598.

Huang, W-H. (1997) “Properties of Cement-Fly ash Grout Admixed With Bentonite, Silica Fume, or Organic Fiber” Cement and Concrete Research, 27395-406.

Jingyao Cao, D.D.L. Chung (2001) “Carbon fiber reinforced cement mortar improved by using acrylic dispersion as an admixture” Cement and Concrete Research 31 1633–1637.

Karahan, O., (2006) “Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri” Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

Sevil, C. (2001) “Uçucu Küllü, Lifli Beton Kompozitinde Lif Tipinin Beton Özelliklerine Etkisi” Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Türker, P., Bahadır, B., Katnaş, F., Yeğınobalı, A. (2007) “Türkiye’deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri” TÇMB Ankara.

Ünal, B., Köksal, F., ve Eyyubov, C., (2003) “Polipropilen ve Çelik Liflerin Betonun Donma-Çözülme ve Aşınma Direncine Ortak Etkisi” TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 5. Ulusal Beton Kongresi – Betonun Dayanıklılığı (Durabilite), Harbiye – İstanbul, Ekim 345-353.

Yıldırım, S. T., Ekinci, C. E., (2005) “Karışık Lif Kullanımının Betonun Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 6. Ulusal Beton Kongresi – Yüksek Performanslı Betonlar, Maslak – İstanbul, Kasım, 327-336.