

F ve C Sınıfı Uçucu Küllerin Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Karşılaştırılması

**Comparison of the Effect of F and C Class Fly Ash on the Mechanical
Properties of Concrete**

Mohammad Nahim YARDAM

* İnşaat Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi

Geliş Tarihi : 24.05.2020

Kabul Tarihi : 25.05.2020

ÖZET

Bu çalışmada, F ve C sınıfı uçucu küllerin betonun mekanik özelliklerine etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, beton üretimine katkı olarak %15, %20 ve %25 oranında F ve C sınıfı uçucu kül ayrı ayrı kullanılarak beton üretimi yapılmıştır. Üretilen numunelere mekanik deneyler (basınç dayanımı, eğilme dayanımı) uygulanmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler grafiklere aktarılıp yorumlanmıştır. Sonuç olarak, C sınıfı uçucu külün F sınıfı uçucu küle kıyasla daha yüksek basınç dayanımı ve daha iyi eğilme dayanımı sağladığı görülmüştür. Ayrıca uçucu kül gibi atıkların beton endüstrisinde kullanılmasıyla atıkların bertaraf edilmesine katkıda bulunulacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton, mekanik özellik, uçucu kül, atık

ABSTRACT

In this study, it was aimed to compare the effect of F and C class fly ash on the mechanical properties of concrete. For this purpose, 15%, 20% and 25% F and C class fly ash were produced separately as a contribution to the production of concrete. Mechanical experiments (compressive strength, bending strength) were applied to the produced samples. The data obtained as a result of the experiments are transferred to the graphics and interpreted. The data obtained as a result of the experiments are transferred to the graphics and interpreted. In addition, it has been concluded that wastes such as fly ash will contribute to the disposal of waste by using it in the concrete industry.

Keywords: Concrete, Mechanical properties, fly ash, waste

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü hızlı ve sürekli gelişmekte olan bir sektör özelliği göstermektedir [1]. Bu durum yapı malzemeleri ve kaynakları için sürekli talep ile sonuçlanmaktadır [2]. Dünya çapında bilindiği gibi beton, diğer malzemelere kıyasla yüksek dayanıklılığı ve hizmet ömrü nedeniyle inşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesidir [3].

İnşaat endüstrisi için bir ürün olan beton, birkaç malzemeyi bünyesinde barındırır ve amaçlanan uygulamaya uygun ve çeşitli şekillerde uyarlanabilmektedir [4,5].

Hammadde olarak beton, özellikleri ve uygulamaları bakımından her zaman talep görmektedir. Bu, betonun sürekli gelişmesine ve iyileştirilmesine yol açmaktadır [6]. Betonun gelişmesinde atıklar önemli bir rol oynamaktadır. Betonu iyileştiren atıklardan biri de uçucu küldür.

İnşaat sektöründe kullanılması popülerlik kazanan uçucu kül, uzun bir süre tanımlanamayan atık bir madde olmuştur [7,8]. Uçucu kül, kömür yakma işlemlerinden kaynaklanan inorganik kalıntılardan biridir [9]. Çevreyi kirleten ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen zararlı bir endüstriyel yan üründür [10,11]. Dünyada yılda yaklaşık 600 milyon ton uçucu kül üretildiği bilinmektedir [12]. Türkiye’de yıllık uçucu kül üretimi ortalama 13 milyon tondur ve bunun sadece küçük bir kısmı kullanılmaktadır [13]. Bu organik ve inorganik atıkların bertaraf edilmesi, hem çevresel hem de finansal açıdan önem taşımaktadır [14]. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, inşaat endüstrisi bu endüstriyel atıkların taşınması için bir geçit açmıştır [15]. Uçucu kül üzerine birçok çalışmalar yapılmıştır. Bazı çalışmalar, uçucu külün basınç ve eğilme mukavemetlerinin geleneksel betona göre daha üstün olduğunu bildirmekte [16,17] ve ince agrega yerine kullanımının daha uygun olacağını göstermektedir [18,19]. Betonda uçucu kül kullanımı malzemenin ortaya çıkan özelliklerini olumlu ve olumsuz yönde etkiler [20].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. MATERYAL

2.1.1. F SINIFI UÇUCU KÜL

Çalışmada kullanılan ve kimyasal bileşimi Tablo 3’de verilen uçucu kül; Seyitömer Termik Santralinden elde edilmiştir. Deneylerde yığın yoğunluğu 0,88 g/cm³, özgül ağırlığı 1,58 g/cm³, özgül yüzey alanı 0,115 m²/g ve pH’ı 8,3 olan ve diğer uçucu küllere göre daha hafif bir yapı gösteren F tipi uçucu kül kullanılmıştır.

Tablo 3. Seyitömer Uçucu Külünün Kimyasal Analizi

Bileşim	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Na ₂ O (eşd)	Serbest CaO
(%)	52,34	7,47	5,75	9,30	18,91	0,88	2,17	2,25	2,31	0,20

2.1.2. C SINIFI UÇUCU KÜL

Uçucu kül, daha genç linyit veya düşük bitümlü kömürün yakılmasıyla üretilmiştir. Puzolanik özelliklere ek olarak, bazı kendiliğinden çimentolama özelliklerine de sahiptir. Suyun ile birleştiğinde, C sınıfı uçucu kül sertleşip zamanla dayanım kazanmaktadır. C Sınıfı uçucu kül genellikle% 20’den fazla kireç (CaO) içermektedir.

2.1.3. AGREGA

2.1.4. ÇİMENTO

Deneyisel çalışmada, TS EN 197-1 ile uyumlu CEM I 42.5 N tipi Portland Çimento kullanılmıştır. Çimento, Mersin’de bulunan Elazığ çimento fabrikasından temin edilmiştir. Deney sonuçlarının daha sağlıklı çıkması amacıyla, tüm deney serileri için kullanılacak çimento miktarı hesaplanarak tek seferde temin edilmiştir. Çimento rutubetsiz ve kuru yerde muhafaza edilmiştir. Çimento yaklaşık olarak hesaplanıp tek seferde temin edilerek rutubetsiz ve kuru bir ortamda saklanmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve bazı fiziksel özellikler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Çimentoya ait kimyasal ve fiziksel değerler ile TS EN197-1 sınır değerleri

Analiz Sonuçları	CEM I 42,5 N	TS EN 197-1
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22.4	≥20.0
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39.4	
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51.0	62.5 ≤ X ≤ 42.5
SO ₃ (%)	2.6	≤ 3.5
MgO (%)	2.1	≤ 5.0
Cl (%)	0.007	≤ 0.1
Kızdırma Kaybı (%)	1.7	≤ 5.0
Çözülme Kalıntısı (%)	0.3	≤ 5.0
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3749	
Priz Başlangıcı (dakika)	161	≤ 60.0
Priz Sonu (Saat)	04:20	
Hacim Sabitliği (mm)	0.4	≤ 10.0
Serbest Kireç (%)	0.5	-
Eşdeğer Alkali (Na ₂ O+0,658K ₂ O) (%)	-	-
Su İhtiyacı (Vicat Suyu) (%)	29.6	-

2.1.5. KARIŞIM SUYU

Çalışma kapsamında yapılan numunelerin üretiminde TS EN 1008 standardına uygun, Elazığ ili şehir şebeke içme suyu kullanılmıştır. Karışım suyuna herhangi bir işlem uygulanmadan şebekeden alındığı şekliyle üretime katılmıştır.

2.2. METOT

2.2.1. NUMUNELERİN ÜRETİLMESİ

Çalışma kapsamında %10 %20 ve %25 oranında F ve C sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. Karışım reçetesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numune üretim reçetesi

	F sınıfı uçucu kül	C sınıfı uçucu kül	Çimento+Agrega	S/Ç
%15 FUK	15	---	85	0,45
%20 FUK	20	---	80	0,45
%25 FUK	25	---	75	0,45
%15 CUK	---	15	85	0,45
%20 CUK	---	20	80	0,45
%25 CUK	---	25	75	0,45

Küp (150 mm), silindir (150 mm x 300 mm) ve prizma (100 mm x 100 mm x 500 mm) beton örneklerinin dökümü ve testi yapılmıştır. Beton örnekleri üretilirken portland çimentosu, doğal nehir kumu ve maksimum 20 mm büyüklüğündeki agrega F ve C sınıfı uçucu kül kullanılarak üretim yapılmıştır.

Üç örneğin her birinin ortalama değeri alınmıştır. Örnekler 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış ve kütleme işlemi için kür havuzuna bırakılmıştır.

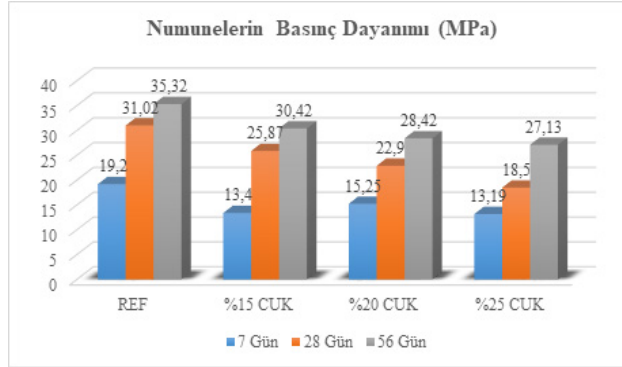
2.2.2. NUMUNELERE UYGULANAN DENEYLER

C ve F sınıfı uçucu kül katkılı numunelere basınç ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

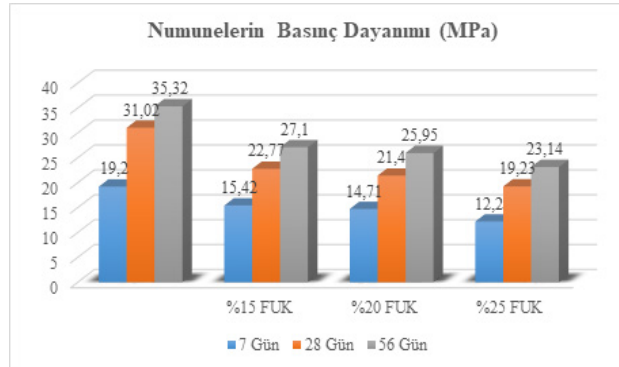
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. BASINÇ DAYANIMI

Şekil 1 C sınıfı uçucu kül katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanım değerleri verilmiştir. Şekillerde REF; referans numuneyi, %15 CUK; %15 oranında uçucu kül katkılı numuneyi, %20 CUK; %20 oranında uçucu kül katkılı numuneyi, %25 CUK; %25 oranında uçucu kül katkılı numuneyi ifade etmektedir. Grafik incelendiğinde; en yüksek basınç dayanımının referans numuneye ait olduğu görülmüştür. Katkılı numunelerde En yüksek basınç dayanımı %15 CUK ile sağlanırken en düşük değer %25 CUK ile elde edilmiştir. Bu durum numunelere uçucu kül ikamesinin artırılmasıyla basınç dayanımında azalma meydana geldiğini göstermiştir. Aynı şekilde F sınıfı uçucu kül miktarının artmasıyla basınç dayanımında azalma meydana gelmiştir. Bunun sebebinin uçucu külün ince agregadan daha ince taneciklere sahip olmasından dolayı artan boşluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca uçucu kül ince agregadan daha fazla su emdiği için serbest suyun artmasından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



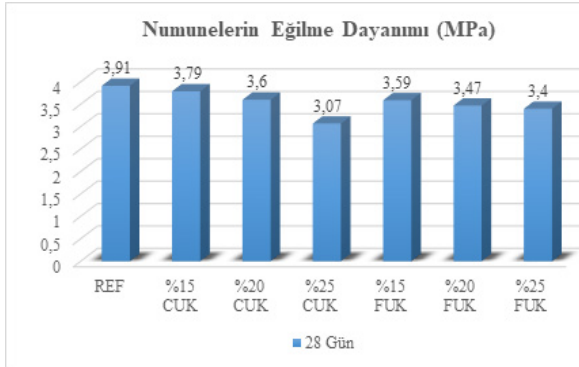
Şekil 1. C sınıfı uçucu kül katkılı numunelerin basınç dayanım değerleri



Şekil 2. F sınıfı uçucu kül katkılı numunelerin basınç dayanım değerleri

3.2. EĞİLME DAYANIMI

Eğilme dayanımı deneyi 28 günlük numuneler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Deneylerde her bir oran için 6 adet numune kullanılmış ve bulunan değerlerin ortalaması alınarak Şekil 3 oluşturulmuştur. Şekil incelendiğinde; referans numunenin eğilme dayanım değerinin katkılı numunelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Katkılı numunelerde en yüksek değer %15 oranla üretilen C sınıfı uçucu kül numunesinden elde edilmiştir. En düşük numune değeri ise 3,07 MPa ile %25 oranında C sınıfı uçucu kül katkılı numunelerden elde edilmiştir. Genel olarak incelendiğinde uçucu kül miktarının artmasıyla numunelerin eğilme dayanımlarının iyileştiği görülmektedir. Uçucu külün numuneye süneklik özelliği sağladığı anlaşılmıştır.



Şekil 3. C ve F sınıfı uçucu kül katkılı numunelerin eğilme dayanım değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışma sonucunda;

- Uçucu kül yüzdesinin artmasıyla basınç dayanımı azalmıştır.
- Uçucu kül yüzdesinin artmasıyla eğilme dayanımında azalma meydana gelmiştir.
- C sınıfı uçucu külün basınç dayanımı F sınıfı uçucu külün basınç dayanımından daha yüksektir.
- Beton üzerinde C sınıfı uçucu külün F sınıfı uçucu küle göre daha iyi bir etkisi vardır.
- C sınıfı uçucu kül F sınıfı uçucu küle göre daha yüksek basınç dayanımına sahiptir.
- C sınıfı ve F sınıfı uçucu küllerin betonda kullanılması endüstriyel atıkların bertarafı için etkili bir yöntem olmaktadır.
- Atıkların beton endüstrisinde kullanılmasıyla çevre kirliliği önlenecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Al Martini, S. Khartabil, A. & Sabouni, A. (2017). Sustainable Concrete Using Recycled Aggregate and Supplementary Cementitious Materials. In the proceeding of the CSCE Annual Conference May 31 – June 3, 2017, Vancouver, Canada.
- [2] Al-Martini, S. & Al-Khatib M. (2016). An Experimental Study on Self Consolidating Concrete (SCC) under Hot Weather and Hauling Time, Key Engineering Materials Journal, <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.677.3>.
- [3] Al-Khatib, M. & S. Al-Martini (2016). Experimental Investigation on the effect of silica fume on Green self-consolidating concrete under extreme conditions, Toronto'2016 AES-ATEMA International Conference (, CANADA: July 2 – 5, 2016) Advances and Trends in Engineering Materials and their Applications.
- [4] Al-Martini, S. & Al-Khatib M. (2017). Rheology of Self Consolidating Concrete (SCC) under Extreme Conditions, ICE Construction Materials Journal, (SCOPUS), <https://doi.org/10.1680/jcoma.17.00017>.
- [5] Khartabil, A. & Al Martini, S. (2019). Fresh and Mechanical Properties of Sustainable Concrete Using Recycled Aggregates, Key Engineering Materials, 803, 239-245.
- [6] Al-Khatib, M. & Al-Martini S., (2017). Predicting the Rheology of Self Consolidating Concrete under Hot Weather, ICE Construction Materials Journal 170(2), 1-11.
- [7] Ondrej, Z. Ondrej, H & Pavel, R. (2015), Frost Resistance of Concrete Screed with the Fly Ash Addition, Key Engineering Materials, 677, 80-85.
- [8] Yilmaz A. & Degirmenci N., (2009). Possibility of using waste tire rubber and flyash with Portland cement as construction materials, Waste Management, 29(5), 1541-1546.
- [9] Lee S, Chon CM. Glass Content In Coal-Fired Fly Ash For Geopolymer Production. In: Fly Ash, Nova Science Publishers, Chapter 4, 2017.

- [10] Han Z. Dissolution Kinetics of Alumina by Leaching Coal Fly Ash with Ammonium Hydrogen Sulfate, [Doktora Tezi] Shenyang: Shenyang University of Technology; 2016.
- [11] Arel HS and Shaikh FUA. (2018). Effects of fly ash fineness, nano silica, and curing types on mechanical and durability properties of fly ash mortars. *Structural Concrete*, 19(2), 597–607.
- [12] Reiterman, P., Holcapek, O., Jogl, M., Konvalinka, P. (2015). Physical and Mechanical Properties of Composites Made with Aluminous Cement and Basalt Fibers Developed for High Temperature Application, *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 703029.
- [13] Çiçek, T. & Çinçin, Y., (2015). Use of fly ash in production of light-weight building bricks. *Construction and Building Materials*, 94, 521-527.
- [14] Pavlík Z, Záleská M, Pavlíková M. (2017). Experimental Analysis Of Light-Weight Concrete Incorporating Regranulated Waste Polypropylene. 17 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, Section Green Buildings Technologies and Materials.
- [15] Ganjian, E., Khorami, M. & Maghsoudi, A. A., (2009). Scrap-tyre rubber replacement for aggregate and filler in concrete, *Construction and Building Materials*, 23(5),1828-1836.
- [16] Mao M, Zhang D, Yang Q, and Zhang W. (2019). Study of durability of concrete with fly ash as fine aggregate under alternative interactions of freeze-thaw and carbonation. *Advances in Civil Engineering*, 2019(15), 2019.
- [17] Seo, .T, Lee, M., Choi, C. & Ohno Y. (2010). Properties of drying shrinkage cracking of concrete containing fly ash as partial replacement of fine aggregate, *Magazine of Concrete Research*, 62(6), 427-433.
- [18] Bilir T, Gencil O, Topcu IB. (2015). Properties of mortars with fly ash as fine aggregate, *Construction and Building Materials*, 93, 782–789.
- [19] Zhang D., Han P., Yang Q & Mao M. Shrinkage Effects of Using Fly Ash instead of Fine Aggregate in Concrete Mixtures. *Hindawi Advances in Materials Science and Engineering* 2020, 11.
- [20] Neville, A. M.(2009). *Properties of concrete*. 2009. New York. pp. 503-661. ISBN 0-582-23070-5.