



## Makale

# Uçucu Külün Hafif Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılması

İsmail DEMİR

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar

## ÖZET

Türkiye’de kurulu olan 11 adet termik santral bulunmakta ve yılda yaklaşık 50 milyon ton linyit kömürü yakılmaktadır. Yakılan kömürden yaklaşık 12 milyon ton/yıl uçucu kül atık olarak doğal çevreye bırakılmaktadır. Atık olarak çıkan uçucu kül farklı çevresel sorunlara yol açmaktadır.

Bu çalışmada Seyitömer Termik Santralinden uçucu kül örnekleri alınarak hafifi yapı blokları üretimi amacı ile deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Bu amaçla ana hammadde olarak uçucu kül kullanılmış ve bağlayıcı olarak kireç-alçı kullanılmıştır. Farklı oranlarda karışım yapılarak deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen hafifi beton örnekleri üzerinde mekanik testler yürütülmüştür. Sonuçta hafif, gözenekli yapı malzemesi üretilebileceği belirlenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Çok geniş miktarlarda depolama alanlarında biriken atık malzeme tarım alanları su kaynakları ve doğal çevreye önemli zararlar vermektedir. Uçucu külün çok az miktarı (yaklaşık % 3-4) çimento üretiminde ve beton üretiminde agreganın yerine ya da katkı olarak kullanılabilir. Uçucu külün çevreye duyarlı ve ekonomik şartlarda kullanılması konusunda günümüzde araştırma çalışmaları yoğun biçimde yapılmaktadır. Ucuz maliyetli, çevre dostu ve istenen mekanik özellikleri sağlayan yapı malzemesi üretimi günümüzde malzeme bilimi ile ilgili araştırma yapan araştırmacıların temel hedefi olmuştur.

Türkiyede kurulu olan 11 adet termik santral bulunmakta ve yılda yaklaşık 50 milyon ton linyit kömürü yakılmaktadır. Yakılan kömürden yaklaşık 12 milyon ton/yıl uçucu kül atık olarak doğal çevreye bırakılmaktadır. Çok geniş miktarlarda depolama alanlarında biriken atık malzeme tarım alanları su kaynakları ve doğal çevreye önemli zararlar vermektedir. Uçucu külün çok az miktarı (yaklaşık %) yapı malzemesi üretiminde kullanılabilir[1,2]. Uçucu külün çevreye duyarlı ve ekonomik şartlarda kullanılması konusunda Türkiye’de ve diğer ülkelerde çok sayıda araştırma çalışması yapılmış ve yapılmaktadır [3-6].

Kömürün termik santralde yakılması sonucu ortaya çıkan, yanmayan mineral içerikli malzemenin (külün) yaklaşık %80’i fırından çıkan uçucu gazlarla fırın dışına taşınır(uçucu kül). Geri kalan %20’ lik kısmı ise toprak halinde yanma sisteminin altında toplanır (taban külü). Elektrostatik tutucularla (filtreler) külün atmosfere karışması engellenir. Filtrelerle tutulan bu malzemeye uçucu kül adı verilir [7]. Halen Türkiye’deki termik santrallerde ortaya çıkan uçucu külün %1’inden daha azı inşaat uygulamalarında kullanılabilir. 2020 yılına kadar termik santrallerde yıllık 50 milyon ton atık külün ortaya çıkması

beklenmektedir [3]. Uçucu kül puzolanik aktiviteye sahiptir. Uçucu külün puzolanik aktivitesinin, içinde barındırdığı amorf karakterli silikat ve aluminatlar nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle katkılı çimento üretiminde kullanılır. Bu ise uçucu külün en geniş değerlendirme alanını oluşturur [8]. Uçucu külün en önemli özelliği, kalitesinin birçok değışkene bağılı olmasıdır. Dolayısı ile her termik santralin uçucu külü kendine has özellikler göstermektedir. Bayat [2] Türkiye'de kurulu olan 11 adet termik santralde açığa çıkan uçucu küllerin karakterizasyon çalışmasını yaparak olası kullanım alanlarını belirlemiştir. Uçucu külün tuğla ürünlerde kullanılması ile ilgili çok sayıda çalışma yürütülmüştür [9-12].

Kullanılan kömürün kalitesi mineralojisi, kömürün pulverizasyon sistemi ve ortamı, soğutma sistemi ve etkinliği, toz toplama sisteminin çalışma verimi uçucu külün kimyasını ve mineralojisini, puzolanik davranışını etkilemektedir [13]. Uçucu kül, alçı ve kirecin kalıplanarak şekillendirilmesinden sonra, su kürü ile mukavemet kazandırılması sonucu yapı elemanları üretilebilmektedir. İkeda [14] uçucu kül, aç ve kireç kullanarak oldukça düşük yoğunluğa sahip, yeterli mukavemeti olana izolasyon amaçlı yapı ürünler üretmiştir. Farklı kalitede uçucu kül kullanımına bağılı olarak bünyelerde meydana gelen ettringite fazının varlığı incelenerek mukavemet üzerindeki etkileri incelenmiştir. CaO oranı düşük olan uçucu külde ettringit fazını oluşmadığı gözlemlenmiştir. Kumar [5,6] ise benzer çalışmayı yüksek oranda P2O5 içeren alçı (phospogypsum) ile yapmıştır. Farklı oranlardaki uçucu kül miktarlarına bağılı olarak optimal uçucu kül miktarını belirlemiştir.

Her biri 150 MW kapasiteli dört üniteden oluşan Seyitömer kömür kaynaklı elektrik santrali (STS), kuzey-batı Anadolu'ya enerji sağlamak amacı ile Kütahya ili sınırlarına kurulmuştur. Ünitelerden çıkan uçucu kül santrale 2,5 km uzaklıktaki depolama alanına taşınmaktadır [15]

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılacak ana materyal olarak Seyitömer Termik Santrali (STS) uçucu külü kullanılmıştır. (STS)'den alınan uçucu külün kimyasal analizi çizelge 1'de elek analizi çizelge 2'de verilmiştir. Uçucu külün kimyasal yapısındaki (S+A+F) oranı % 84,34'dür. Buna göre TS 639 ve ASTM C 618 'e göre F sınıfı (düşük kireçli) uçucu kül grubuna girmektedir. Uçucu külün, %84'ü 101 µm daha küçük tane boyutuna sahiptir. 400 µm elekten %100'ü geçmiştir. Uçucu külün XRD analizinde kuvars, mullit, hematit, albit mineralleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. Seyitömer Uçucu Külünün Kimyasal Analiz Sonuçları[1]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S+A+F	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	KK
54,49	20,58	9,27	84,34	4,26	4,48	0,52	2,01	0,65	3,01

Çizelge 2. STS uçucu külünün lazer tane boyutu analizi (Lazer tane boyutu analiz cihazı)

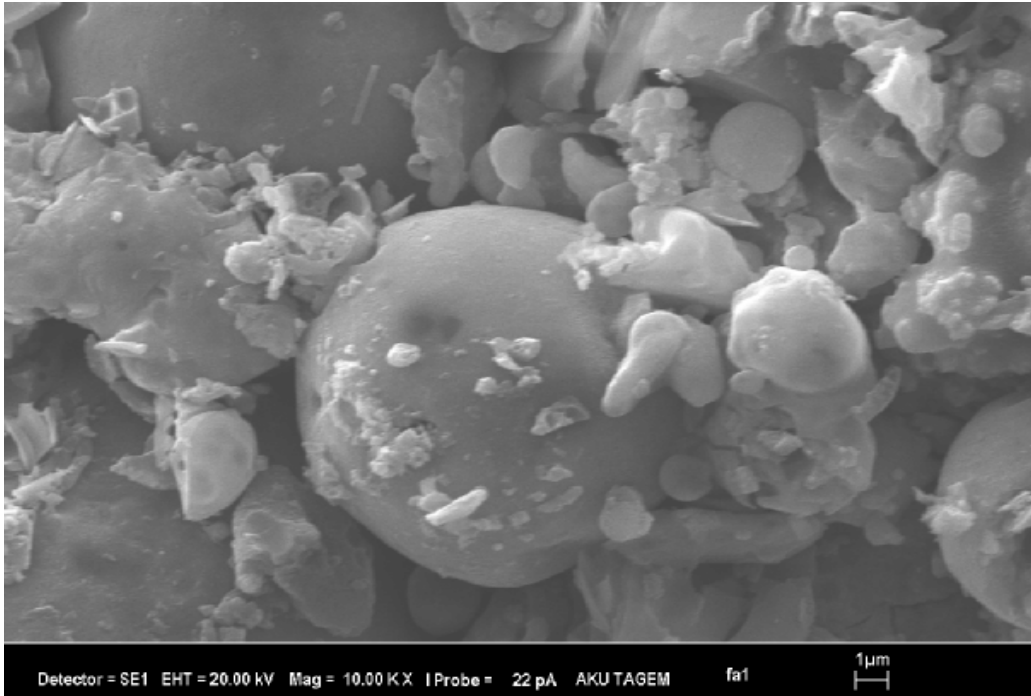
Elek Çapı (µm)	% Geçen	Elek Çapı (µm)	% Geçen
0,5	0,18	46	67
1	1,05	56	72
1,5	1,8	68	77
2	2,43	83	81
2,5	3,75	101	84
4	8	123	87
5	11	150	89
10	22	183	91
20	44	223	94
25	49	272	97
30	55	331	99
37	61	404	100

Uçucu kül 1-30 µm arasında farklılık gösteren ve çoğunluğu küresel boyutlarda, bazıları düzensiz şekilli farklı taneciklerden oluşmaktadır (Şekil 1).

Çalışmada ana hammadde olarak (STS) uçucu külü kullanılmış ve bağlayıcı olarak kireç- alçı kullanılmıştır. Bağlayıcı kireç olarak sönmüş-toz inşaat kireci ve alçı olarak ABS alçı kullanılmıştır. Karışımı oluşturan malzemeler etüv kurusu ağırlık esasına göre alınmıştır. İki farklı karışım hazırlanarak deney numuneleri hazırlanmıştır (Çizelge 3). Karışım oluşturan malzemeler su ilave edilerek plastik kıvamda homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Plastik kıvamdaki hamur boyu 100 mm ve çapı 50 mm olan çelik kalıplara dökülmüştür. Testler için her bir seriden yeterli sayıda örnek üretilmiştir. Deney örnekleri 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak hızlı kür koşullarında mukavemet kazanmaları için otoklav işlemi uygulanmıştır. Bunun için örneklere laboratuvar tipi otoklavda 125 °C sıcaklık ve 1,5 At buhar basıncında 6 saat süre ile kür işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3. Deney örneklerinin karışım oranları (ağırlıkça)

Örnek Kodu	Uçucu Kül (%)	Kireç (%)	Alçı (%)
A	40	30	30
B	30	35	35



Şekil 1. Seyitömer uçucu külünün SEM görüntüsü.

### 3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

İki farklı karışımında hazırlanan deney örnekleri üzerinde basınç dayanımı, porozite, bulk yoğunluk (hacim ağırlığı), görünür yoğunluk, ve su emme testleri yürütülmüştür. Test sonuçları çizelge 4 'te verilmiştir.

Basınç dayanımı A serisinde 73 Kg/cm<sup>2</sup>, B serisinde 78,5 Kg/cm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. Tuğla ve gaz beton ürünlere göre daha yüksek basınç değerleri elde edilmiştir. Bulk yoğunluk değerleri gazbeton değerlerine yakın olarak gerçekleşmiştir. Tuğla ürünlere göre ise oldukça düşük bulk yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Ürün bünyesinin hafiflemesi bina yüklerini azaltacağından olumlu katkı sağlayacaktır. Su emme oranları her iki seride de %50' nin üzerinde gerçekleşmiştir. Ancak hafif blok yapı elemanı olarak kullanılabilen elemanlar su etkilerine doğrudan maruz kalmayan ve üzerleri sıva vb. koruyucu tabaka ile korunmaktadır.

Çizelge 4. Deney örneklerinin mekanik özellikleri.

Örnek Kodu	Basınç Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Porozite (%)	Bulk Yoğ. Gr/cm <sup>3</sup>	Görünür yoğ. Gr/cm <sup>3</sup>	Su emme (%)
A	73,00	55,82	0,98	2,25	56,02
B	78,50	54,45	1,01	2,21	54,12
Tuğla TS705	50	-	1,8-2	-	18
Gaz Beton	15-50	-	0,4-0,8	-	-

Su emme oranının yüksek olması iç ortam ile bina dış ortamı arasında hava sirkülasyonu sağlayacağından yapının nefes almasına olumlu katkı sağlayacaktır. Türkiye'deki uçucu küllerin yapı malzemesi üretiminde değerlendirilmesi ile çevreye verdikleri zararın azaltılması ve doğal kaynakların daha verimli kullanılması mümkün olacaktır.

Sonuç olarak Türkiye' deki uçucu küllerin uçucu küllerin hafif yapı malzemesi üretiminde kullanılabilmesi belirlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. Türker P., Erdoğan B., Katnaş F., ve Yeğınobalı A.(2003) Türkiye 'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birlięi, Ankara.
2. Bayat, O. (1998) :Characterisation of Turkish Fly Ash, *Fuel*, Vol.77, No 9-10, pp 1059-1066.
3. Tütünlü, F. ve Atalay, Ü., (2001) Utilization of Fly Ash in Manufacturing of Building Bricks, *International Ash Utilization Symposium, USA*.
4. Mörtel H. and Distler P. (1991) Use of fly ash in the production and process otimization of backing bricks Part I, *Ziegel International*, vol 8, pp. 424-428.
5. Kumar S. (2003) Flyash-lime-phosphogypsum hollow blocks for walls and partitions, *Building and Enviroment*, Vol.38, pp. 291-295.
6. Kumar S.(2002) A Perspective study on flyash-lime-gypsumbricks and hollow blocks for low cost housing development, *Construction and Building Materials*, Vol. 16, pp. 519-525.
7. Wesche, K. (1991) Fly Ash in Concrete, Chopman B. Hall, London.
8. Lea, F. (1980) Lea's Chemistry of Cement and Concrete, John Wiley& Sons, London.
9. Mörtel H. and Distler P. (1991) Use of fly ash in the production and process otimization of backing bricks Part II, *Ziegel International*, vol 9, pp. 464-470.
10. Pirmaksa K., Wilhelm M. and Wruss W. (2000) A new approach to the production of bricks made of 100 % fly ash, *Tile and Brick Int.*, Vol.16, no.6, pp. 428-432.
11. Vasic R., Lalic Z. and Nesic L. (2002): Possibilities of producing sintered bricks from mixtures of plastic clay and fly ash., *Key Eng.Mater*.Vol. 206-213, pp. 1771-1774.
12. Schmidt, C. R. (1990) Suggestions for the reduction of bulk density through additives, *Tile and Brick Int.*, Vol.6 no3, pp. 23-27.
13. Damle, A. (2001) Utilization of waste materials in brickmaking, *Tile and Brick Int.*, Vol.17 no.5, 2001
14. Ikeda, K. and Tomisaka, T. (1990) Physical Properties of FGL, *Proceedings of Silicer* Vol. 90, Nürnberg, pp. 84-91.
15. Hamzaoęlu, A., (1998) Seyitömer (Kütahya) kömür işletilmesi ve elektrik santrali 'nin uçucu kül depolama sahasından kaçan tozların çevreyi etkileme potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi,112 sayfa, Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ.