

Çatalağzı Termik Santrali Uçucu Küllerinden Tuğla Üretim Olanaklarının Araştırılması

S. Kızılgut, D. Çuhadaroğlu & K. Çolak

Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

ÖZET: ÇATES (Çatalağzı Termik Santrali) uçucu külleri; kimyasal bileşimi, uygun radyoaktivite değerleri ve fiziksel özellikleriyle inşaat sektörünün hemen tüm alanlarında kullanım değerine sahiptir. ÇATES'nda yaklaşık 2000 ton/gün miktarında açığa çıkan ve halen sulandırılarak denize basılan bu küller ASTM C 686'ya göre düşük kireçli uçucu kül (F fly ash) sınıfına, kimyasal bileşimine göre siliko alüminöz uçucu kül sınıfına girmektedir. Bu çalışma Bartın Işıklar Tuğla Fabrikası'nın tuğla üretiminde kullandığı tuğla toprağı ile uçucu küllün belirli oranlarda karıştırılarak laboratuvar koşullarında örnekler basılması, pişirilmesi ve bu örneklerle uygulanan standart testlerin sonuçlarını içermektedir. Elde edilen bulgular, uçucu küllün karışımda % 35 oranında kullanılabilirliğini ve bu oranda uçucu kül içeren karışımın dayanım değerinin külsüz karşılaştırma örneği dayanım değerinin yaklaşık % 90'ına karşılık gelen 64 N/mm² olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT: Approximately 2000 tpd fly ash of Çatalağzı Thermal Power Station (ÇATES) is pumped to Black Sea. With its suitable physical properties and low radioactivity, this fly ash has a utilization potential in construction industry. This fly ash is classified as low lime fly ash (F fly ash) according to ASTM C 686 and considered as silico aluminous fly ash according to chemical composition. In this study, various mixture of fly ash and brick material taken from a local factory was prepared, shaped under pressure and resulting cylindrical material baked in a metallurgical furnace for 20 hours at about 950 °C. The results showed that about 35 % fly ash could be used in brick material that resulted in a product having 64 N/mm² strength. This strength corresponded to about 90 % of comparison sample prepared without fly ash addition.

1 GİRİŞ

Türkiye'deki toplam elektrik üretiminin büyük bir bölümü halen kömüre dayalı termik santrallerden sağlanmaktadır. Termik santrallerde yakıt olarak kullanılan tozlaştırılmış kömür atık olarak değişik karakterde kül ve cürufun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çok ince kül parçacıkları elektrofiltre ve siklonlarda tutularak atmosfere çıkışları önlenmektedir. Bu şekilde atık olarak elde edilen çok ince küle "uçucu kül", baca gazlarıyla taşınamayan, yanma sonunda kazan tabanına düşen iri parçalı malzemeye ise taban külü adı verilmektedir (Yılmaz 1992 & Ergüt v.d 1994). Yanma sonunda oluşan toplam küllün yaklaşık % 75-80'ini uçucu kül oluşturmaktadır. Uçucu küllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılan kömürün özelliklerine ve yakma sistemine bağlı olarak değişmektedir (Tokay 1990, Erdoğan 1993 & Egemen 1993). Uçucu küller kimyasal ve fiziksel yapıları nedeniyle söndürülmüş kireç ile birlikte su varlığında hidrolik bağlayıcılık özelliği kazandıkları

için vapat puzolanlar sınıfında yer almaktadırlar (Owens 1976, Intron 1992 & Anon 1995).

Uçucu küllerin katkılı çimento, yüksek dayanımlı beton, portland çimentosu, hafif agrega, duvar elemanları üretiminde, jeoteknik uygulamalarda ve yol yapımında kullanılabilirlikleri bilinen bir gerçektir (Baradan 1985). İler uçucu kül kullanıldığı yerde farklı davranış sergiler. Bu nedenle de uçucu küllerin katkı maddesi ve hammadde olarak kullanılabilmesinde ülkemiz koşulları için yeni bilgilere ihtiyaç bulunmaktadır. Yurdumuzda uçucu küllerin kullanımıyla ilgili öncü araştırmalar 60'lı yıllarda başlamıştır. Ancak uçucu kül kullanımı yapılan araştırmalarla orantılı olmamıştır. 1979 yılında Elektrik İşleri Etüd İdaresi'nin (EİE) öncülüğünde; DSİ, Çitosan, TCK ve diğer katılımcılardan oluşan çalışma grubu Türkiye uçucu küllerinin üretimi ve kullanım olanakları hakkında kapsamlı bir rapor hazırlamışlardır (Alton 1995). Çeşitli üniversite ve kamu kuruluşlarının araştırma birimlerince de yapılmış çalışmalar mevcut olup, sonuçlar çeşitli yayınlarda sunulmuştur (Atanur

1971, EIE 1979 ve 1982; Tokyay 1993, & Kara vd. 1995).

Küllerin teinin edildiği ÇATES Zonguldak İli Çatalağzı Kasabası'nda yer almaktadır. Santral kapasitesi 2x150 MW olup, yılda 3000-3300 kcal/kg ısı değerli, yaklaşık olarak 1.500.000 ton kömür yakılmaktadır. Yakma sonunda ortalama 750.000 ton/yıl kül açığa çıkmakta ve bunun sınırlı bir kısmı hazır beton sanayine pazarlanmaktadır (Anon 1989 & Şişman 2000).

Tuğla; kil veya killi toprağın ayrı ayrı veya harmanlanarak su, kum vb. malzeme ile karıştırılarak presleme sonrası kurutulup fırınlarda pişirilmesi ile elde olunan yapı malzemesidir. Tuğla yapımı insanların ilk imalat faaliyetidir. Tuğla yapımında kullanılan ideal kil, içerisinde % 15'den fazla kalker ve bitkisel artıklar bulunmayan, yarı yağlı olarak tanımlanan kildir. Kullanılacak kilin kimyasal yapıdan çok mekanik özellikleri önemlidir. Kullanılacak tuğla malzemesi suyla yoğrulduğunda kolayca şekil alabilmeli ve içindeki suyu kaybettiği zaman bu halini koruyabilmelidir. Şekillendirilerek kurutulmuş malzeme pişirilmeden önce şekil yapısını koruyacak düzeyde dayanıklı olmalı, pişirme sonrasında hacim küçülmesi oldukça sınırlı, maksimum % 5 civarında olmalıdır. Üretilen tuğla kullanım alanında öngörülen dayanım değerlerine sahip olmalıdır (Tokyay 1990, Erdoğan 1993 & Ediz ve Özdağ, 1995).

Uçucu külün tuğla yapımında kullanımı ile bir atık malzemenin doğaya verilerek çevre kirlenmesinin engellenmesinin yanı sıra:

- Külün ekonomik bir değer kazanması,
- « Değirmende öğütme kolaylığı sağlaması,
- Kalıplama ve presleme için daha az güç gereksinimi,
- Kolay kuruma

gibi avantajlar elde edilecektir.

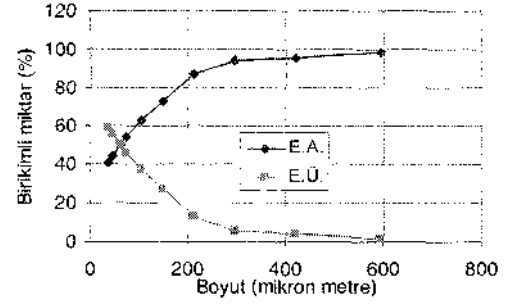
Uçucu küllü tuğla yapımında kullanılacak külün karıştırılacağı kilin özellikleri önemlidir. Karıştırılacak malzeme ve oranları deneysel olarak saptanmalıdır.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme

Deneylerde kullanılan uçucu kül örnekleri, kuru olarak elektro filtrelerden toplanmıştır. Alınan örneğe ait boyut dağılım eğrisi Şekil 1'de, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Uçucu külün d₅₀ boyutu 63 µm civarındadır. Kimyasal bileşim olarak SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ toplamı

% 89,67 olup TS 639 da öngörülen uçucu kül koşullarını sağlamaktadır. ASTM C 686'ya göre düşük kireçli uçucu kül (F fly ash) sınıfına girmektedir. Bu gruba giren uçucu küllerde SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ toplamının % 70'den fazla olması ve CaO oranının % 10 altında olması gerekir. Kimyasal kompozisyonuna göre ÇATES uçucu külleri siliko alüminöz uçucu kül olarak tanımlanabilir.



Şekil 1. ÇATES uçucu küllü boyut dağılımı

Çizelge 1. ÇATES uçucu küllü kimyasal analizi

Analiz (%)	Uçucu Kül Örnekleri		TS 639'a göre olması gereken
	U.K. 1	U.K. 2*	
SiO ₂	57,65	56,8	
Al ₂ O ₃	26,49	24,1	
Fe ₂ O ₃	5,81	6,8	
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	89,95	87,7	> 70
CaO	1,16	1,4	
MgO	0,07	2,4	< 5
SO ₃	yok	2,9	< 5
K ₂ O	4,27	-	
Na ₂ O	<0,000	-	
TiO ₂	1,19	1,1	
Kızdırma kaybı	1,35	0,6	< 10
Diğer	2,01	3,9	

*Tokyay, 1993

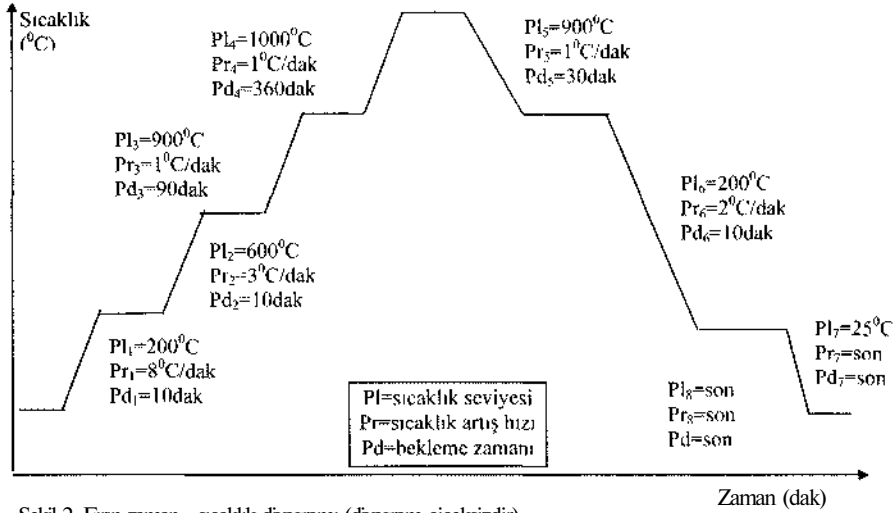
Tuğla toprağı numunesi Bartın Işıklar Tuğla Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Numune tuğla basım öncesi vakumlanmış olarak alınmış ve orijinal neminde korunmuştur.

2.2 Yöntem

Çeşitli oranlarda uçucu kül içeren karışımlarla 50 mm'lik silindirik örnekler hazırlanmıştır. Tuğla toprağının nem içeriği korunmuş, uçucu kül nem içeriği ise değiştirilmiştir. İstenilen nem içeriğine getirilen uçucu kül ve tuğla malzemesi TS 24'te

tanımlanan karıştırıcıda 15 dakika süre ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar hidrolik preste 2 N/mm²lik basınç altında sıkıştırılarak şekillendirilmiştir. Kalıptan çıkarılan örnekler termal şokların önlenmesi için 80 °C da 24 saatlik bir ön kurutma uygulanmıştır. Kurutma sonrası

örnek yüzeyleri boy-çap oranı 2 olacak şekilde tıraşlanmıştır. Bu örnekler fabrika koşulları göz önüne alınarak oluşturulan, Şekil 2'de verilen sıcaklık-zaman diyagramına göre programlanmış metalurjik fırında toplam 26 saat süreyle pişirilmiştir.



Şekil 2. Fırın zaman - sıcaklık diyagramı (diyagram çiçeksizdir)

2.3.3 Deney Sonuçları

Deneylerde uçucu kül+tuğla toprağı karışımının kül ve su içeriğinin etkileri incelenmiştir, ÇATES uçucu külünün tuğla üretiminde kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla hazırlanan örnekler, TS 705'de öngörülen testler uygulanmıştır. Testlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi; uçucu kül içermeyen, yani %100 tuğla toprağı ile üretilmiş örneklerden elde edilen standart test sonuçlarıyla, çeşitli oranlarda uçucu kül içeren karışımla üretilmiş örnek değerlerinin karşılaştırılması şeklinde yapılmıştır.

Karışımın su içeriğinin etkisini incelemek için yapılan deneylerde tuğla toprağının özgül su içeriği korunmuş (%12 su içeriyor.), külün su içeriği değiştirilmiştir. Ön deneylerde kül, tuğla toprağına kuru olarak karıştırılmış, daha sonra gerekli miktarda su ilave edilmiştir. Bu deneylerde karıştırma-yoğurma işlemi çok zaman aldığı için külün gerekli miktarda su ile karıştırılarak kullanımı üzerinde durulmuştur. Külün istenilen oranda su içerecek şekilde sulandırılarak kullanımının olumsuz bir etkisi saptanmadığı için sonraki deneylerde kül %15, 17,5, 20 su içerecek şekilde hazırlanarak kullanılmıştır. Örneklerin şekillendirilmesinde 2 N/mm² basınç uygulanmıştır.

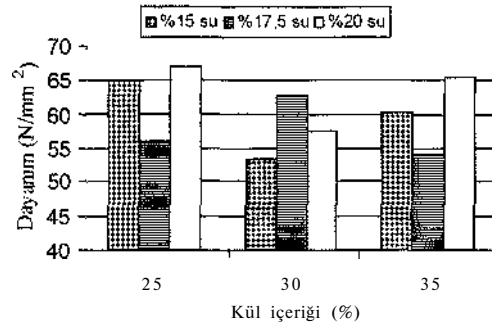
Her karışımdan sekizer örnek hazırlanmış, deney sonuçları ortalama değer olarak verilmiştir. Çizelge 2'de karışımların kül içeriğinin ve külün su

içeriğinin örnek dayanımı üzerine etkileri verilmektedir. Aynı sonuçlar, külün su içeriğine göre gruplandırılarak kül içeriği-dayanım değişim histogramları olarak Şekil 3'de sunulmaktadır. Örneklerin en yüksek tek eksenli basınç dayanım değerleri; % 25, % 30 ve % 35 kül içeriği için sırasıyla 65,9 N/mm², 62,7 N/mm² ve 65,4 N/mm² olarak belirlenmiştir. Su içeriği etkisi farklı kül içeriklerinde değişik olmuştur. Bu durum Şekil 3'de verilen histogramlarda daha belirgin biçimde gözlenmektedir. Ancak deneylerde kullanılan tuğla malzemesi örneği fabrika koşullarında şekillendirme öncesi malzemeden alınmıştır. Bu nedenle malzeme oldukça homojen bir durumdadır. Laboratuvar koşullarında karıştırma işlemleri her örnek için aynı tutulmakla birlikte, karışım homojenliğinin sağlanmasında bazı aksaklıklar olabilmektedir. Bu durumda fabrika koşullarında yapılan gözlemlerin de doğruladığı şekilde karışımda su içeriğinin oldukça önem gösterdiği söylenebilir.

Örneklerin pişme sonrası çekme değerleri pişme öncesi örnek çapma göre pişme sonrası örnek çapında değişme olarak ifade edilmiştir. Bu nedenle çapsal değişme değerleri negatif değer olarak verilmiştir (Çizelge 2). Sıfır küllü karşılaştırma örneğindeki çapsal değişim değeri (% -5,1) göz önüne alınırsa kül içeriğinin hiç bir koşulda olumsuzluk göstermediği söylenebilir.

Çizelge 2. Karışımların kül içeriği ve kütle su içeriğine bağlı olarak dayanım değerleri ve pişme sonrası çapsal değişimler

Karışımda Kül (%)	Kütle su (%)	Dayanıma N/mm'	Çapsal değişim (%)
0	0	69,4	-5,1
25	15	64,9	-4,5
	20	65,9	-4,1
30	15	53,2	-4,78
	20	57,6	-4,17
35	15	60,3	-4,9
	20	54,1	-3,81
	20	65,4	-4,18



Şekil 3. Kül ve su içeriğine bağlı olarak örnek dayanımları

Örneklere TS 705'de tanımlanan "zararlı manyezi ve kireç" deneyi ile "dona dayanıklılık" testleri uygulanmıştır. Zararlı manyezi ve kireç deneyi ile donda dayanıklılık deneyleri sonrası dayanım değerleri yalnızca, % 25, 30, 35 kül ve kütle %15 su içeren grup için belirlenmiştir. Çizelge 3 ve 4'de bu deneylerin sonuçları verilmektedir. Bu deneylerin sonucunda örneklerde şekil değiştirme, çatlama, pullanma vb. gözlenmemiştir. Çizelge 2'de verilen sonuçlar Çizelge 2 ve 3'de verilen sonuçlarla karşılaştırılacak olursa zararlı manyezi ve kireç deneyi ve donda dayanıklılık deneyleri sonrası örnek dayanımlarında önemli bir değişme görülmemektedir.

Çizelge 3. Zararlı manyezi ve kireç deneyi sonrası örnek dayanım değerleri

Karışımda Kül (%)	Kütle su (%)	Dayanım N/mm"
0	0	68,2
25	15	62,3
30	15	55,7
35	15	61,4

Çizelge 4. Donda dayanıklılık deneyi sonrası örnek dayanım değerleri

Karışımda Kül (%)	Kütle su (%)	Dayanım N/mm²
0	0	67,1
25	15	63,8
30	15	56,7
35	15	62,3

Çizelgelerde verilen sonuçlardan izleneceği üzere % 35 oranında uçucu kül içeren karışım ile 65 N/mm² dayanım değerine sahip tuğla üretilebilmektedir. Bu dayanım değeri karşılaştırma örneği dayanım değerinin yaklaşık % 93'üne karşılık gelmektedir.

3 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak % 30-40 oranında uçucu kül ve tuğla malzemesi karışımı kullanımıyla uygun nitelikte tuğla üretilebileceği gözükmektedir. Bu kül içeriği aralığında kül içermeyen karşılaştırma örneği tek eksenli basınç dayanımının yaklaşık % 90'ına erişilebilmektedir. Burada vurgulanması gereken önemli bir nokta da, tuğlalarda meydana gelen kireç kusmasından kaynaklanan "beyazlaşma"nın uçucu kül kullanımıyla ortadan kalkmış olmasıdır.

KAYNAKLAR

- Anon, 1989. Çatalağzı B Termik Santralından denize atılması planlanan kül ve eürufim deniz ortamındaki etkilerinin irdelenmesi projesi. Nihai rapor. ODTÜ Çevre Müh. Böl s 43.
- Anon, 1995. Çeşitli puzolanik katkıların çimento üretiminde kullanılabilirliklerinin araştırılması. Çimento ve Beton Araştırma ve Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Atanur, A , 1971. Uçucu küllerin kimyasal ve fiziksel vasıfları ve yapı malzemesi olarak kullanılması. Karayolları Genel Müdürlüğü >ayın no 193: s 219.
- Baradan B., 1985. Uçucu küllü yapı blok elemanı üretimi ön çalışmaları ve fizibilite etüdü nihai raporu. D.E.O. Müh. Mim Fakültesi yayını 132.
- Fdiz, N., Özdağ, H, 1995. Kırka boraks işletmesi artık küllerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması, *Madencilik*, TMMOB MMO Yayın, cilt XXIV, sayı 4: s 26-34
- Egemen, E., 1993. Release of metal ions fi on fly ash originating from coal fired thermal power plants. MSc Thesis, METU
- E1E., 1979 Türkiye uçucu küllerinin özellikleri ve kullanım olanakları. E1E. Genel Direktörlüğü Yayın no: 81-45.
- EIU , 1982. Türkiye uçucu küllerinin özellikleri ve kullanıma olanakları. E1I. Genel Direktörlüğü Yayın no: 82-21,28.
- Erdoğan, i., 1993. Atık malzemelerin inşaat endüstrisinde kullanımı; uçucu kül ve yüksek fırın cürufu. *Endüstriyel Atıkların inşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu*. IMO, Ankara, s 1-8
- Ergül, Ş., Günay, V., Sevinç, V., Özkan, O., 1994. Bentonit katkıli termik santral atık uçucu küllerinin sinterleşme

- karakterizasyonu. //, *Ulu.shrara.si Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı*. Cilt i : s 319-326,
- intron. 1992. Fly ash addition to concrete. A.A. Balkema pub. CUR report 144,99 p.
- Kara, M., Ekerim, A., Emrulloğlu, Ö.F., 1995. Kil İlaveli kırmızı çamurun inşaat sanayinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu*, TMO, Ankara : s 161-170
- Owens, P.L., 1976. The development of fly ash as a pozzolan for economic concret. *Fourth International Ash Utilisation Symposium*. 76/4.
- Şişman, Ş., 2000. Kişisel görüşme, ÇATES, Zonguldak.
- Tokyay, M., 1993. Betonda uçucu kül kullanımı. *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu*. İMO, Ankara : s 29-36.
- Tok\<n M Ranrvar K Tınanlı L Ddoğan T \e Yegtnbogai A İ990 Termik santiai kullcimm çimento \e beton katkı maddesi olarak kullanılma olanaklarının etud \e cm anten Proje raporu T C Başbakanlık Çe\re Müsteşarlığı
- "N ilma?, S, 1992 SeMtomer Termik Santral atık uçucu kulienmn \apı mal/emesi olarak değeriendirilmesi ^ uktek lisans tezi İTT l en Bılımlen Fnstılsu

