



SOMA UÇUCU KÜLÜNÜN TUĞLA (TS 4563) İÇİNDE KULLANIMI

Belgin Bayat(*), Oktay Bayat(**)

(*) Çukurova Üniversitesi, Çevre Müh Böl , Balcalı, 01330 Adana

(**) Çukurova Üniversitesi, Maden Müh Böl , Balcalı, 01330 Adana

ÖZET: Soma uçucu külünün değerlendirilmesi amaçlanarak tuğla kiline katılmış ve pişirilerek elde edilen tuğla örneklerinin fiziksel özellikleri tesbit edilmiştir. Tuğla örneklerinin TS 705'e göre belirtilen toplam küçülme, su emme, ateşte zayıflık, birim hacim ağırlık ve basınç dayanımları tesbit edilmiş ve sonuçlar kontrol tuğla örnekleri ile mukayese edilmiştir. Uçucu külün ağırlıkça %30 oranına kadar katkı maddesi olarak tuğla içinde kullanılması halinde üretilen tuğlalar TS 4563'de belirtilen fabrika tuğlası standartına uygun olmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Tuğla, Uçucu Kül

INVESTIGATION OF THE USE OF SOMA FLYASH IN BRICK (TS 4563)

ABSTRACT: Soma flyash was added to clay content and fired and then physical properties of the bricks were determined aiming the utilization of this waste material. The bricks were tested for dry, firing and total weight change and shrinkage, cold water absorption, density after firing and compressive strength according to TS 705 and the results were assessed in comparison with control bricks. The use of flyash as an admixture in brick up to 30%wt meets with the TS 4563 standard specifications.

KEYWORDS: Brick, Flyash

GİRİŞ

Son yıllara kadar temel seramik hammaddesi olarak kil kullanılmakta ise de seramik malzemelerin dayanıklılığını artırmak için eski çağlarda kil ile birlikte kuvars kumu ve bazı kayaların (feldispat, kalsiyum silikatlar, anortit) kullanıldığı bilinmektedir (Toydemir, 1976). Ancak yine de kil daima temel seramik hammaddesi olma özelliğini korumaktadır. Kil, seramik yapı içinde hem bağlayıcı hemde şekillendirici olarak işlev görmesinin yanısıra içerdiği elementler vasıtası ile pişirme esnasında seramik malzemeye gerekli olan sağlamlığı vermektedir. Kilin seramik içinde kullanımında bazı dezavantajlar mevcuttur. Bunlar; hazırlama prosesi esnasında kilin fazla miktarda su gereksinimi göstermesinin pişirme esnasında daha fazla enerji tüketimi olarak ortaya çıkması ve pişirilmiş ürünlerin fazla büzülme göstermesi de seramik ürün kalitesinde istenmeyen bozulmalara neden olmaktadır. İlave olarak kilin seramik hammaddesi olarak madencilik ve hazırlama işlemleri sonucunda

kullanıma hazır hale getirilmesi hem pahalı bir işlem olmakta hemde bu süreç içerisinde çevre kirliliği oluşmaktadır. Seramik endüstrisinde klasik kil hammaddesinin kullanımının yanısıra çevreyi kirleten ve büyük tonajlarda açığa çıkan madencilik, termik santral ve diğer sanayi dallarında oluşan atıkların kullanımı yeni kimyasal ve kristal yapıya sahip seramik ürünlerin üretimine imkan vermektedir (Stoch, 1986)

Endüstriyel katı atıkların inşaat sanayinde agraga veya katkı maddesi olarak kullanımı oldukça eskiye dayanmaktadır (Mindess, 1981) Bu atık malzemelerden birisi de elektrik üretimi için termik santrallerden kömürün yakılması sırasında açığa çıkan ve başlıca SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO ve SO_3 gibi oksitleri içeren uçucu küldür (Naik, 1989) Dünyada yaklaşık 800 milyon ton uçucu külün açığa çıktığı ve bu miktarın 2000'li yıllarda artacağı göz önünde tutulursa bu atık malzemenin uygun kullanım alanlarında büyük miktarlarda kullanılmasının gerekliliği aşikardır (Swamy, 1984) Özellikle 1980'li yılların başından itibaren uçucu kül, çimento içinde katkı maddesi olarak üretimine nazaran az miktarlarda kullanılmaktadır. Ancak uçucu külün direk olarak endüstride kullanımı sırasında uçucu külün karakteristik özelliklerinin her termik santralde farklı olması ve taşıma maliyeti gibi bazı sorunların olması bu malzemenin yaygın kullanımını engellemektedir (Bayat ve Toraman, 1996) Ülkemizde çalışmakta olan 11 termik santralden yaklaşık olarak 10-20 milyon ton uçucu kül açığa çıkmakta ve bu miktarın belki birkaç bin tonu bölgesel olarak değerlendirilmekte kalanı ise termik santrallere yakın arazilerde depolanmaktadır. Bu durumun termik santrallere aşırı mali yük getirmesinin yanısıra malzemenin özellikle yaz aylarında hava kirliliği yaratması, büyük tarım arazilerini kaplayarak değerlendirilmesine engel olması ve en önemlisi belki bir potansiyele sahip olan bu malzemenin endüstride uygun bir alanda kullanımının sağlayacağı ekonomik faydalar konunun hassasiyetini göstermektedir.

Pirani (1949) tarafından yapılan çalışmada uçucu külün tuğla içinde kullanımında bazı pratik zorlukların olabileceği belirtilmektedir. Bunların en önemlileri; kil ve kül karışımının zor olması ve kül içindeki yüksek oranda yanmamış karbon içeriğinin pişirme esnasında sinterleşmeyi olumsuz yönde etkileyerek pişirme kontrolünü güçleştirmesidir.

Bu çalışmada, Soma termik santral uçucu külünün tuğla (TS 4563) içinde katkı maddesi olarak kullanımı deneysel olarak araştırılmış ve sonuçlar kontrol tuğlaları ile karşılaştırılmalı olarak irdelenmiştir.

UÇUCU KÜLÜN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Deneysel çalışmada kullanılan uçucu kül örneği Soma termik santralinden alınmıştır. Bu malzemenin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmektedir (Bayat, 1996) Soma uçucu külünün yüksek oranda silis ve alümina içermesi, bu külü ASTM F sınıfı uçucu küller sınıfına sokmaktadır.

Tuğla test örneklerinin hazırlanması ve pişirilmesi Alganlar (Adana) tuğla-kiremit fabrikasında yapılmıştır. Kil malzemesi ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında uçucu kül ile kuru olarak karıştırılmıştır. Yaklaşık %18-20 oranında su ilave edilmiş olan karışım 30 dk yoğrulmuş ve vakum altında şekillendirilerek 38x145x27 mm boyutlarında tek delikli tuğla örnekleri elde edilmiştir. Oda sıcaklığında üç gün ve 105 °C'de 24 saat kurutulan tuğla örnekleri daha sonra fabrika fırınlarında

850-900 °C'de yedi gün pişirilmiştir. Pişme öncesi ve sonrası tüm tuğla örnekleri tartılmış ve uç boyut ölçüleri alınmıştır. TS 705 (1985) de belirtilen testler, 6 adet tuğla örneğine uygulanmış ve ortalama değerler hata sınırları ile birlikte grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1 Soma Uçucu Külünün Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi

Özellik	(%)
Renk	Açık Gri
Kaba Yoğunluk	0.95 g/cm ³
Özgül Ağırlık	2.12 g/cm ³
Tane İriliği	%65'i -45 µm
Özgül Yüzey Alanı	0.207 m ² /g
SiO ₂	49.50
Al ₂ O ₃	26.70
Fe ₂ O ₃	5.42
K ₂ O	2.42
Na ₂ O	0.81
CaO	0.84
MgO	2.92
TiO ₂	0.99
SO ₃	1.59
Pb**	79.7
Zn**	195.2
Cd**	8.00
Ni**	79.70
Cr**	119.50
Mn**	358.60
Cu**	59.80
Kızdırma Kaybı	6.47
Toplam	97.75

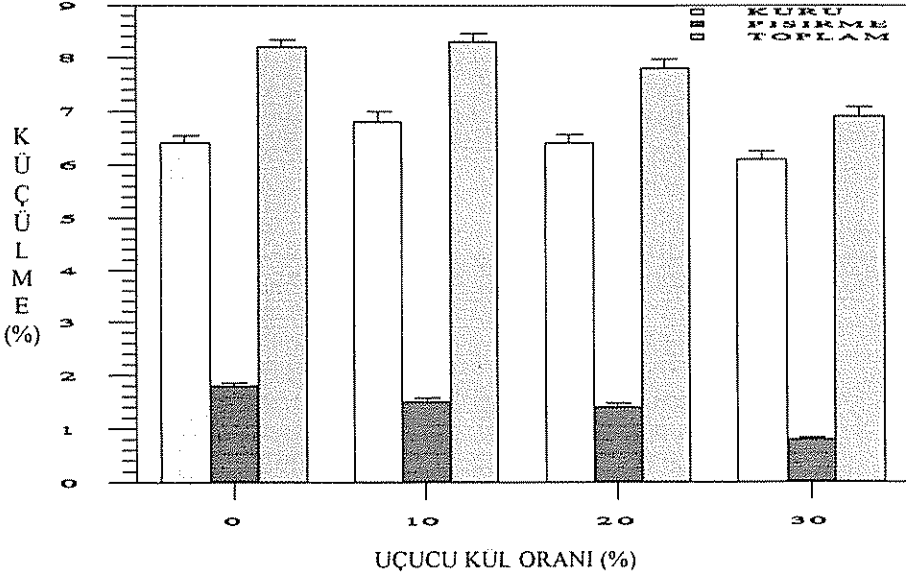
** ppm

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kontrol ve katkılu tuğlaların renk ve yüzeyleri pişme sonrası gözlenerek tuğlaların açık kahverengi renkte olduğu ve yüzeylerinde az bir pürüzlülük olduğu gözlenmiştir.

Pişme öncesi ve sonrası tuğla örnekleri üzerinde 100 mm lik kontrol çizgileri basılmış ve bu çizgiler işlemler sonucunda tekrar ölçülerek her bir tuğla örneğinin kuru, pişirme ve toplam küçülme değerleri tesbit edilmiş ve ortalama değerleri Şekil 1'de verilmektedir. Uçucu kül katkılu tuğlaların kuru küçülmeleri %6-7 civarındadır. Bunun uçucu külün kile nazaran daha iri tane yapısına sahip olması ve plastik olmayan malzeme olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Norton, 1970). Beklendiği gibi tuğla içinde uçucu kül oranı %10'dan %30'a artırıldığında kuru küçülme %6.8'den %6.1'e düşmektedir. Benzer şekilde kontrol tuğlalarına kıyasla daha düşük pişirme küçülmesi tesbit

edilmiştir Uçucu külün düşük Na ve K içeriğinin buna neden olabileceği Trauner (1993) tarafından yaptığı çalışmada belirtilmektedir Zira tuğla içindeki yüksek tuz içeriği flux reaksiyonları oluşturarak ergime sıcaklığını düşürmekte ve aynı zamanda daha fazla bütünleşmeyi oluşturmaktadır Dolayısı ile tuğla içinde artan oranda uçucu külün bulunması bu flux reaksiyonlarını azaltarak daha az pişirme küçülmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır Kontrol ve katkılu tuğlaların toplam küçülme değerleri %8 civarındadır ve aralarında belirgin fark görülmemiştir

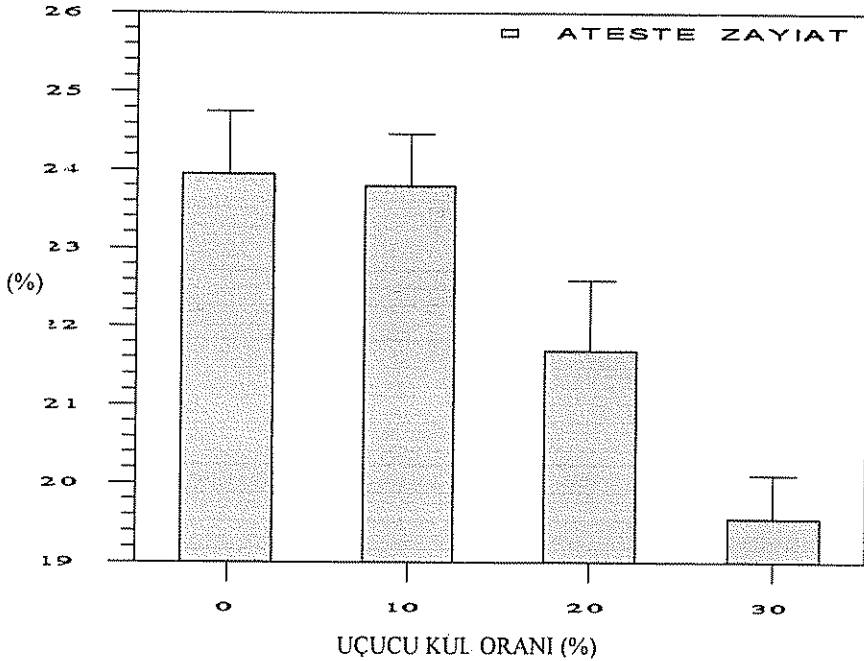


Şekil 1 Kontrol ve Uçucu Kül Katkılu Tuğlaların Kuru, Pişirme ve Toplam Küçülme Sonuçları

Kuruma ve pişirme esnasında tuğla içinde uçucu kül ile seramik yapı arasında nasıl bir bağın olduğu yolunda iki farklı yaklaşım Stoch (1986) tarafından öne sürülmektedir Bunlar; (a) uçucu külün pozolana özelliğinin oluşturduğu hidrolik bağ ve (b) düşük sıcaklıklarda ergiyen maddelerin tane çeperlerinde ergiyerek oluşturduğu bağ şeklindedir Yapılan deneysel çalışmada kullanılan uçucu külün içeriği göz önüne alınırsa, Soma uçucu külünün bir alümina-silikat olduğu ve serbest Ca(OH)_2 içeriğininde pozolana özelliği ile hidrolik bağ oluşturma kabiliyetinin olduğu görülmektedir Dolayısı ile pişirme esnasında kül içeriğindeki Ca(OH)_2 ve camsız bileşenlerin reaksiyona girdiği ve oluşan yeni bileşimin kil içindeki amorf bileşenler ile reaksiyon yaparak gerekli olan hidrolik bağın oluşturduğu söylenebilir Kalsiyum hidroksit, cam ve silika ile etkileşimi sonucu $\text{Ca}_3\text{SiO}_3\text{OH}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (aphwillite) ve kaolinit ile etkileşim sonucu ise $\text{CSH}(\text{CaO SiO}_2 \text{H}_2\text{O})$ oluşmaktadır Bu reaksiyonlar sonucu oluşan kristal yapı kül taneciklerini birbirlerine bağlanmasını sağlamaktadır Aynı kristal fazların uçucu kül-Portland çimentosu karışımlarında da gözlemlendiği belirtilmektedir (Rybicka, 1977)

Uçucu kül-ateşte zayıt arasındaki ilişki Şekil 2'de görülmektedir Tuğla içinde artan oranda uçucu külün kullanımı daha düşük ateşte zayıt değerlerini vermektedir Tuğla içindeki suyun ve

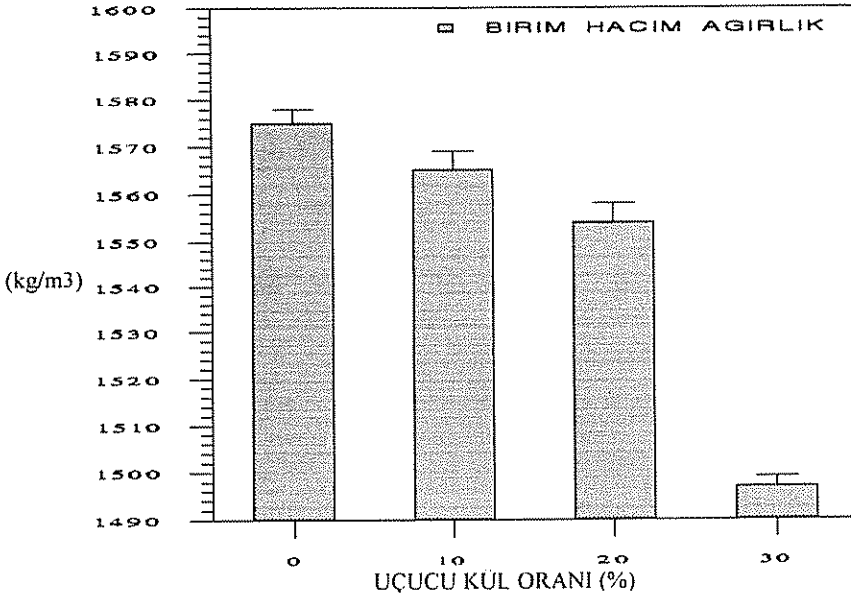
bileşenlerin buharlaşması pişirme sonrası ateşte zayıt ile nitelendirilen ağırlık kaybı şeklinde belirtilmektedir. Kilin aksine uçucu külün daha önceden kömürün termik santrallerde 1000 °C civarında yakılması sonucu oluştuğu göz önüne alınırsa artan uçucu kül karışımı tuğlaların kontrol tuğlalarına kıyasla daha az ateşte zayıta sahip olması açıklanabilir.



Şekil 2 Kontrol ve Uçucu Kül Katkılı Tuğlaların Ateşte Zayıt Sonuçları

Pişirme sonrası test edilen tuğla örnekleri 105 °C ısıdaki etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra her örneğin ağırlık değerleri geometrik yol ile bulunan dış hacme bölünerek birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Tuğlaların birim hacim ağırlık değerleri Şekil 3'de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi uçucu kül oranı %10 dan %30'a artırıldığında tuğla birim hacim ağırlık değerleri 1564 kg/m³'den 1497 kg/m³'e düşmektedir. Bu tuğlaların nakliyesi açısından bir avantaj olarak sayılabilir.

Pişirme sonrası 105 °C'de etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra oda sıcaklığındaki (23±2 °C) bir kab içinde önce 1/4 yüksekliğine kadar, 1 saat sonra 1/2'sine kadar, 2 saat sonunda 3/4 yüksekliğe ve 24 saat sonunda ise tamamı su içine batırılan tuğla örnekleri 48 saat su içinde bırakılmış ve bünyelerine aldıkları su miktarları tesbit edilmiştir. Artan uçucu kül oranı tuğlaların su emme değerlerini artırmıştır (Şekil 4). Bu sonuç beklenmiştir ve tuğla birim hacim ağırlık değerleri ile uygunluk göstermektedir.



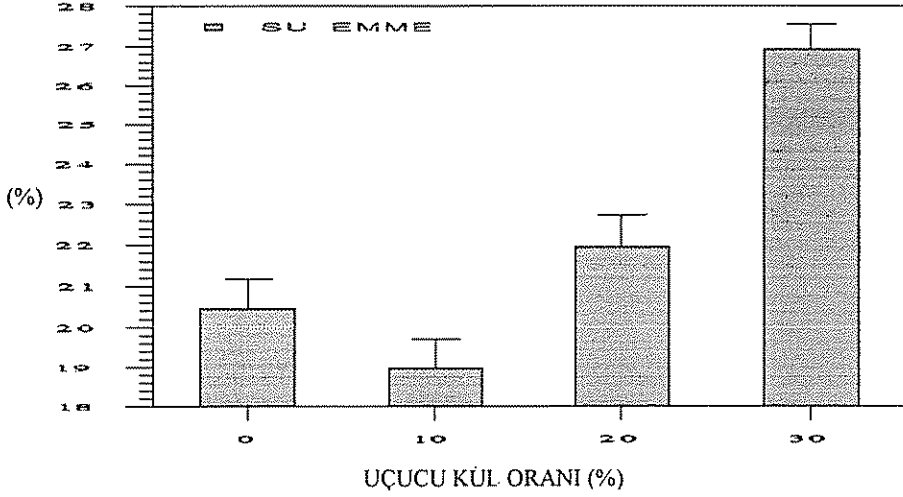
Şekil 3 Kontrol ve Uçucu Kül Katkılı Tuğlaların Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Her kontrol ve karışım oranı için 6 adet tuğla örneği yüzeyleri düzeltildikten sonra önce iki gün nemli bir ortamda ve sonra oda sıcaklığında (23 ± 5 °C) yedi gün bekletildikten sonra bu örneklerin basınç dayanımları tesbit edilmeye çalışılmıştır. Basınç presinde yük saniyede $5-6 \text{ kg/cm}^2$ artırılarak tuğlalar kırılmış ve kırılma yükü tuğla örneğinin alanına bölünerek herbir örneğin basınç dayanımı bulunmuştur. Şekil 5'den görüldüğü gibi tuğlaların basınç dayanımlarında artan uçucu kül oranına ters yönde bir düşüş gözlenmektedir. Öte yandan maksimum %30 uçucu kül katkıli tuğlaların standartlarda istenen minimum 50 kg/cm^2 basınç dayanımına uygun olduğu görülmektedir.

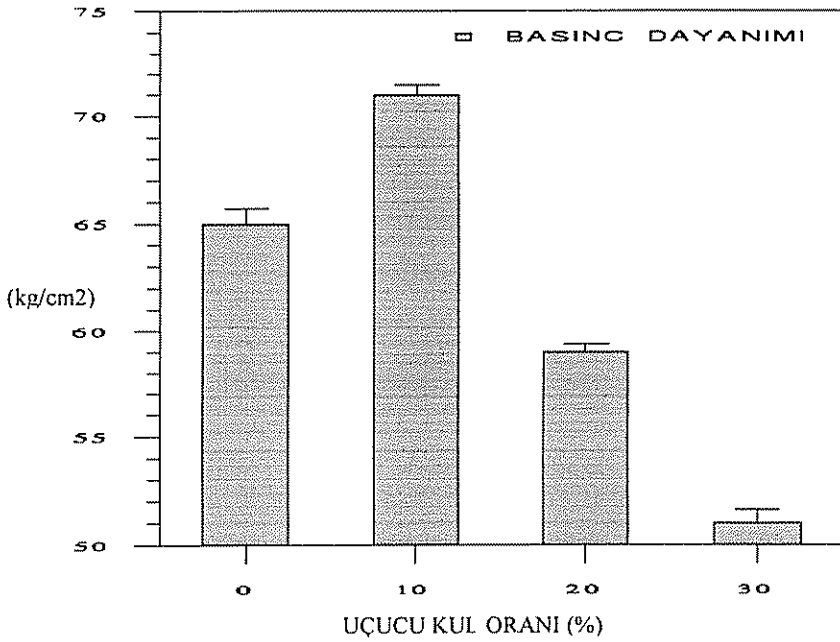
SONUÇLAR

Soma uçucu külünün tuğla içinde kullanımı bu atık malzemenin değerlendirilmesi yolunda göz önünde bulundurulması gereken alternatiflerden birisidir. Uçucu kül katkıli tuğla örnekleri aşağıdaki karakteristik özelliklere sahiptir:

- Toplam küçülme değerleri kontrol tuğlaları ile yaklaşık aynıdır.
- Kontrol tuğlalarına kıyasla daha az birim hacim ağırlık ve daha yüksek su emme oranları elde edilmiştir.
- Tuğlaların basınç dayanımları kontrol tuğlalarına kıyasla daha azdır ancak ağırlıkça %30 oranında uçucu külün tuğla içinde kullanılması ile elde edilen tuğlaların basınç dayanımları TS 4563'deki minimum tuğla basınç dayanımı olan 50 kg/cm^2 'den daha yüksek değerlerde elde edilmiştir.



Şekil 4 Kontrol ve Uçucu Kül Katkılı Tuğlaların Su Emme Sonuçları



Şekil 5 Kontrol ve Uçucu Kül Tuğlaların Basınç Dayanım Sonuçları

KAYNAKLAR

- Bayat, O (1996) Türkiye'deki Termik Santral Çıkışı Uçucu Küllerin Beton ve Seramik İçinde Katkı Maddesi Olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Tübitak Alt Yapı Destekleme Projesi, YDABÇA/ 222/A
- Bayat, O ve Toraman, Y (1996) Utilisation of Coal Fly Ash in Concrete (BS 18), 1st International Symposium on Mine Environmental Engineering, Kütahya, 222-229
- Mindess, S and Young, J F (1981) Concrete, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N J
- Naik, I R and Ramme, B W (1989) High Strength Concrete Containing Large Quantities of Flyash, **ACI Materials Journal** 86(2): 111-117
- Norton, F H (1970) Fine Ceramics, Technology and Applications, McGraw-Hill, NewYork, N Y
- Pirani, M and Smith, W D (1949) Utilization of Fly aAsh, **Fuel** 28: 73-76
- Rybicka, E (1977) The Reactions of Clay Minerals with $Ca(OH)_2$ and their Practical Significance", **Mineral. Trans.** 52: 41
- Stoch, L , Kordek M and Nadachowski, F (1986) Processing some Non-Conventional Ceramic Raw Materials and By-Products, **Ceramic International** 12: 213-220
- Swamy, R N (1984) Fly Ash Utilization in Concrete Construction, Proc Ash "84" Tech 2nd Int Conf on Ash Tech and Marketing, 359-367
- Toydemir, N (1976) Seramik Yapı Malzemeleri, İTÜ Yayını
- Trauner, E J (1993) Sludge Ash Bricks Fired to Above and Below Ash-Vitrifying Temperature, **J. Envir. Engrg. Div. ASCE** 119(3): 506-519
- TS 705 (1985) Fabrika Tuğlaları - Duvarlar için Dolu ve Düşey Delikli, İSE, Ankara 16