

Tuğla Ununun Çimento da Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliği

Osman ŞİMŞEK, M.Muhammed ÇİFTÇİ*
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, ANKARA
*Ondokuzmayıs Üniversitesi Kavak Meslek Yüksekokulu İnşaat Programı
Kavak- SAMSUN

ÖZET

Tuğla ununun inşaat ta kullanımı çok eski uygarlıklara dayanmaktadır. Genellikle tuğla unu kireçle karıştırılarak duvar harcı yapımında kullanılmıştır. Bu çalışmada, tuğla ununun çimento harcı içerisinde puzolanik katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çimento, ağırlıkça % 0, % 10, % 20 ve % 30'u oranlarında azaltılarak yerine tuğla unu ikame edilmiştir. Mekanik özellikler için 40 x 40 x 160 mm' lik harç numuneleri hazırlanmıştır. 7, 28, 90 ve 180 günlük harç numunelerinin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tuğla unu katkısının karışım suyu gereksinimini, priz başlama ve bitiş sürelerini artırdığı belirlenmiştir. Kontrol harcına göre, en iyi eğilme ve basınç dayanımı değerleri % 10 tuğla unu ikameli karışımdan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tuğla unu, puzolan, çimento harcı

Usability of Waste Brick Powder as Pozzolanic Additive in Cement

ABSTRACT

The use of brick powder in constructions dates back to very ancient civilizations. Generally, brick powder was mixed with lime and used in making mortar for masonry. In this study, the usability of brick powder as pozzolanic additive in cement mortar has been investigated. Cement is reduced 0 %, 10 %, 20 % and 30 % by weight and replaced with brick powder. For mechanical properties mortar samples with dimensions of 40 x 40 x 160 mm, were prepared. Mechanical properties of mortar samples were determined at the ages of 7, 28, 90 and 180 days. According to the results obtained, it has been determined that the addition of brick powder increased the mixing water necessity and extended the initial and final setting time of cement. The best results for compressive and flexural strengths have been obtained on the sample containing by 10 % brick powder.

Key Words: Brick powder, pozzolan, cement mortar

1. GİRİŞ

Günümüzde yapı malzemelerinin yeryüzündeki doğal hammadde kaynakları gün geçtikçe azalmakta veya ekonomik olmamaktadır. Bundan dolayı bazı sanayi atıklarının az da olsa yapı malzemesinde kullanılması söz konusudur. Genellikle sanayi atıklarından bir çoğu alüminyum ve silisyum oksit mineralleri içermektedir. Bu alüminyum ve silisyum oksit mineralleri içeren atıklar puzolanik özellik göstermektedir. Atıkların kendilerine özgü karakteristikleri nedeni ile kullanıldıkları yapı malzemelerinde, teknik açıdan iyileştirmelerle daha kaliteli ürünler elde edilmeye çalışılmıştır (1-4).

Puzolanlar, beton ve çimento üretiminde farklı oranlarda, farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu puzolanlar; tuf, uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu vb. maddelerdir. Puzolanlar, çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmakta ve çimentolar puzolanların ismiyle anılmaktadır. Bu çimento tipleri CEM II, CEM III ve CEM IV grupları içinde yer almaktadır (4- 6).

İnşaat sektöründe tuğlanın, duvar malzemesi olarak kullanımı diğer duvar malzemelerine göre % 80'lere ulaşmıştır. Türkiye' de halen üretim yapan 520 adet tuğla ve kiremit fabrikası mevcuttur. Bu fabrikalar, yılda yaklaşık 30 milyon ton toprağı hammadde olarak işlemektedir. Tuğla toprağının hammadde ocağından, pişmiş tuğlaya kadar olan süreçte % 20-25 zayıflama olduğu belirtilmektedir (6). Tuğla üreticileri, tuğla hammaddesini kolay ve ekonomik olarak temin ettiklerinden dolayı, tuğla atıklarının değerlendirilmesi (geri dönüşümü) için yatırımlar yapmamaktadır (7).

Tuğla atıklarının öğütülmesi ile elde edilen tuğla unu (TU)'nun puzolanik özelliğı yüz yıllar öncesinden bilinmektedir. Bu malzemenin eski Mısır'dan Osmanlı uygarlığına kadar birçok yapıda duvar harcı olarak kullanıldığı araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır(8,9,10). Son zamanlarda hazır duvar harcı üreten bir firma, tuğla ununu hazır duvar harcında kum yerine kullanmıştır(11). Bolton(12), eski eserlerin tamir ve onarımında, 2 hacim doğal kum, 1/4 hacim tuğla unu ve 1 hacim bağlayıcı ile hazırladığı harcı kullanmıştır. Bu karışımla ha-

zırlanan harcın tuz ve atmosfer etkilerine karşı oldukça avantajlı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Gibbons(13) kireç harcına tuğla unu karıştırıldığında harcın basınç dayanımı, kompasitesi, donma ve çözülme ile durabilite özelliklerini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada, çanak çömlek üretiminde tuğla unu kullanılmasının basınç ve çekme gerilmesini, su emme ve hacim değişimini olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir(14).

Yapılan diğer bir çalışmada, çimento ve tuğla ununa hidrolik ve normal kireç katıldığında sertleşmesinin çok kısa sürede gerçekleşmesinden dolayı harcın işlenebilirliği olumsuz yönde etkilenirken, duvar elemanları ile kısa sürede yapışıp sertleşmesi nedeniyle yağmur ve karbonatlanmadan etkilenmediği görülmüştür(15).

Turanlı ve arkadaşları(16) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda tuğla unu ikameli, çimento harçlarının basınç dayanımı ve alkali-silika reaksiyonuna etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada % 20 tuğla unu ikameli numunelerin 28 günlük basınç dayanımların da azalma saptanırken, alkali-silika reaksiyonu için hazırlanan % 10, 20 ve 30 ikameli harç çubuklarındaki hacim genişlemesinde TU oranına bağlı olarak azalma görülmüştür. Yani TU, 28 günlük basınç dayanımına olumsuz etki ederken, alkali silika reaksiyonunu azaltmaktadır.

Bu çalışmada, tuğla ununun çimento harcında puzolanik bir katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Tablo 1. PÇ 42,5, TU ve (PÇ 42,5+TU) karışımlarının kimyasal analizleri

| Kimyasal Analiz (%) | PÇ 42.5 | TU | TU 10 | TU 20 | TU 30 | Uçucu kül[20] |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| SiO ₂ | 19.50 | 58.50 | 23.40 | 27.30 | 31.20 | 43.6 - 64.4 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.95 | 8.00 | 3.46 | 3.96 | 4.46 | 3.8 - 23.9 |
| Al ₂ O ₃ | 5.72 | 16.50 | 6.80 | 7.87 | 8.95 | 19.6 - 30.1 |
| CaO | 61.94 | 3.50 | 56.10 | 50.25 | 44.41 | 0.7 - 6.7 |
| MgO | 2.91 | 0.15 | 2.63 | 2.36 | 2.08 | 0.9 - 1.7 |
| Na ₂ O | 0.28 | 1.00 | 0.35 | 0.42 | 0.49 | 0 - 2.8 |
| K ₂ O | 1.18 | 2.41 | 1.30 | 1.43 | 1.55 | - |
| SO ₃ | 2.79 | 0.00 | 2.51 | 2.23 | 1.95 | - |
| TiO ₂ | 0.00 | 0.88 | 0.08 | 0.18 | 0.26 | - |
| Çözünmeyen kalıntı | 0.57 | - | 0.53 | - | - | - |

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Araştırmada; çimento harcında TS EN 196-1'e (17) uygun standart kum, PÇ 42.5 N çimentosu, içme suyu ve tuğla unu kullanılmıştır. Tuğla unu (TU), Samsun- Kavak bölgesi tuğla fabrikalarından elde edilen atıkların öğütülmesiyle elde edilmiştir. TU'nun yoğunluğu 2.64 gr/cm³ olarak saptanmıştır.

2.2. Metot

Çimentonun kıvam, priz süresi ve hacim genişmesi özelliklerinin belirlenmesinde TS EN 196-3 stan-

dardı esas alınmıştır (18). Araştırmada Portland çimentosu, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında TU ile ikame edilerek çimento karışımları hazırlanmıştır. Bu çimento(PÇ 42,5+ TU) karışımlarının kimyasal analizi ve fiziksel özellikleri ile yoğunluk, priz süreleri, kıvamı ve elek üstünde kalan miktarları, TS EN 196-1 (17) ve TS EN 196-2'de (19) önerilen deney metotlarına göre yapılmıştır. Hazırlanan karışımlarla 40 x 40 x 160 mm boyutunda harç numuneleri üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde 7, 28, 90 ve 180 gün yaşlarında eğilme ve basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Eğilme dayanımı için her yaş ve oran için 6'ar adet, basınç deneyi için ise 12 numune teste tabi tutulmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çimento ve TU'nun Ankara Set Çimento fabrikasında yapılan kimyasal analizleri Tablo 1'de görülmektedir. TU'nun kimyasal kompozisyonu incelendiğinde, F sınıfı uçucu külün düşük kireçli sınıflamasında verilen sınırların içinde kalmaktadır (Tablo 1). ASTM C 618 (20)'e göre, F sınıfı uçucu küllerin kimyasal bileşenlerinde SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃ ≥% 70 olması durumunda puzolanik özellik gösterdiği belirtilmektedir. TU'da bu kimyasal bileşenlerin toplamı % 83 olduğu Tablo 1'de görülmektedir.

Çimentoların elek üstünde kalan miktarları, yoğunluk ve hacim genişmesi değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, PÇ 42,5+TU karışımlarının 40 ve 90 µm elek üstünde kalan miktarları, TU oranına bağlı olarak artmış, yoğunluk

değerlerinde ise azalma olduğu görülmüştür. TU ikame oranının, Tablo 2'de görüldüğü gibi hacim genişlemesine etkisinin olmadığı saptanmıştır. ASTM C 114 [21] 'e göre, MgO miktarının bağlayıcı içinde % 5'i geçmesi durumunda hacim genişlemesi meydana geleceği belirtilmektedir. TU ve PÇ 42,5 kullanarak hazırlanan çimento karışımlarında MgO miktarı % 5'den az olduğu görülmüştür. Hem kimyasal analiz hem de test sonuçlarına göre TU oranının genişlemeye etkisinin olmadığı söylenebilir.

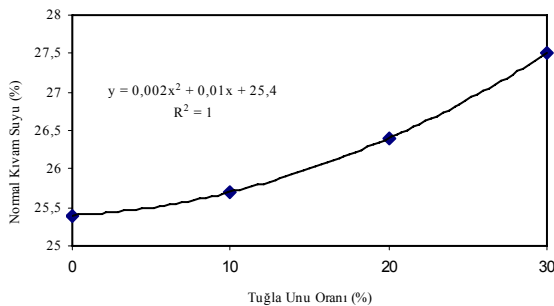
Tablo 2. PÇ 42,5 ve TU karışımı çimentoların fiziksel özellikleri

| Harçlar | Yoğunluk (g/cm ³) | 90 µm elek üstü kalan (%) | 40 µm elek üstü kalan(%) | Priz başlangıcı (dakika) | Priz sonu (dakika) | Katılma süresi (dakika) | Hacim genleşmesi (mm) |
|---------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| PÇ 42.5 | 3.12 | 0.8 | 15.2 | 129 | 212 | 83 | 3 |
| TU 10 | 3.06 | 1.8 | 20.5 | 154 | 259 | 105 | 3 |
| TU 20 | 2.97 | 2.0 | 26.6 | 173 | 286 | 113 | 2 |
| TU 30 | 2.89 | 2.4 | 29.1 | 207 | 323 | 116 | 3 |

3.1. Tuğla Ununun Çimento Kıvam ve Priz Süresine Etkisi

Çimentoda TU oranı- kıvam suyu ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, TU oranı arttıkça kıvam suyu miktarı da artmaktadır. Kıvam suyunun çimentoya % 10 TU ilave edildiğinde % 0.3, % 20 TU ilave edildiğinde % 1 ve % 30 TU ilave edildiğinde ise % 2.1 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Bunun nedeni; TU'nun yoğunluğunun çimento yoğunluğundan daha düşük olmasından dolayı karışıma giren malzemede hacim artışı söz konusudur. Malzemedeki hacim artışının da, daha fazla taneden dolayı yüzey alanının artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yani fazla tanenin karışıma girmesi sonucu yüzey alanı arttığından çimentonun kıvam suyu gereksinimi de artmaktadır.



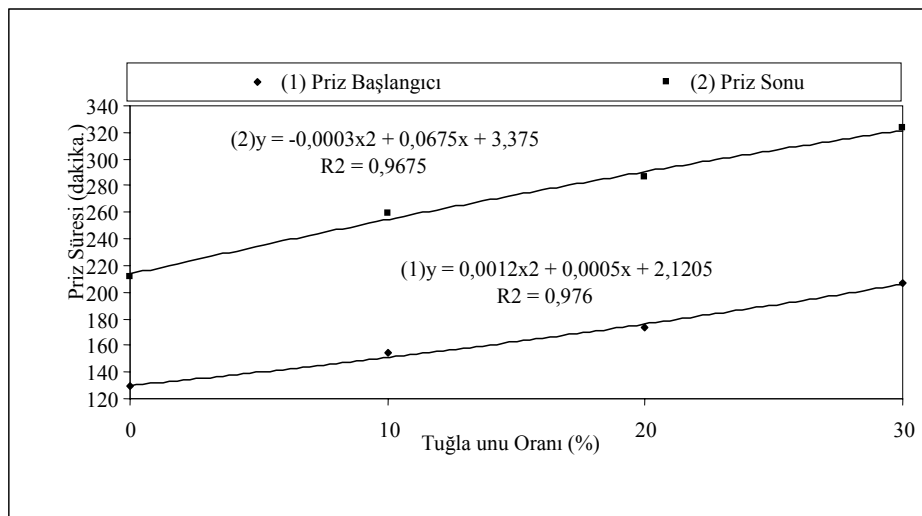
Şekil 1. Çimentoda TU oranı- kıvam suyu ilişkisi

Tablo 2 ve Şekil 2 incelendiğinde PÇ 42,5+TU karışımı çimentoların priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinin, TU oranı arttıkça arttığı görülmektedir. TU'nun priz geciktirici yönde etkisinin olduğu söylenebilir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi priz başlaması ile priz sonu arasındaki geçen süreye katılma süresi denilmiştir. Katılma süresi PÇ 42,5'ta 83 dakika iken, % 30 ikamelide 116 dakika olmuştur. Katılma süresi TU artış oranına bağlı olarak artmaktadır. Yani TU oranı katılma süresini uzatmaktadır. Çimentoda katılmanın uzaması puzolanların genel özelliğidir.

3.2. Tuğla Ununun Çimento Harcının Eğilme Dayanımına Etkisi

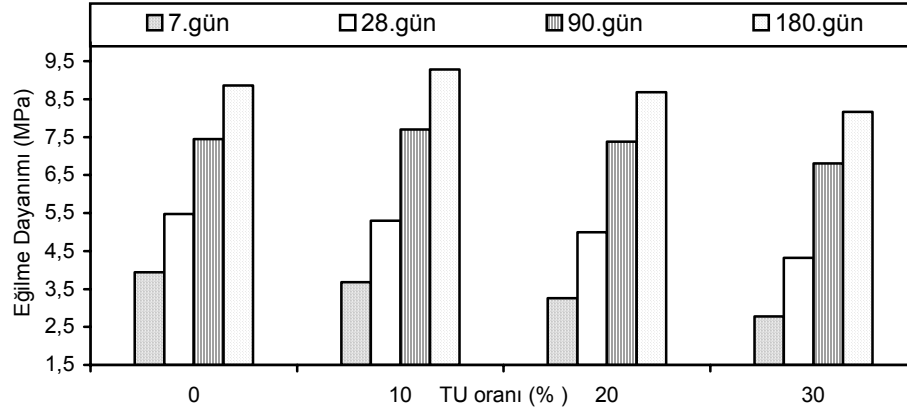
TU ikameli çimento harç numunelerinin eğilme dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamaları Tablo 3'de, TU oranı-eğilme dayanımı ilişkisi Şekil 3'de verilmiştir. Tablo 3 ve Şekil 3 incelendiğinde 7 ve 28 günlük eğilme dayanımlarında kontrol harcına göre TU oranına bağlı olarak bir düşüş görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü puzolan katkılı harç ve betonların erken mekanik dayanımlarında azalma olduğu ve 90 günden sonraki dayanımlarında bir artış olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmektedir [1, 3, 20, 21, 22]. TU 10 ile üretilen harç numunelerinin kontrol harcına göre 90 günlük eğilme dayanımında % 2.66 artış olurken, 180 günlük eğilme dayanımlarında % 4.49 oranında artış görülmektedir. Diğer oranlarda ise 90 ve 180 günlerde PÇ 42.5'a göre bir azalma söz konusudur.



Şekil 2. Çimentoda TU oranı-priz süresi ilişkisi

Tablo 3. PÇ 42.5 ve TU ikameli çimentoların eğilme dayanımları

| Harçlar | Eğilme Dayanımı (MPa) | | | |
|---------|-----------------------|--------|--------|---------|
| | 7 Gün | 28 Gün | 90 Gün | 180 Gün |
| PÇ 42.5 | 3.9 | 5.5 | 7.5 | 8.9 |
| TU 10 | 3.7 | 5.3 | 7.7 | 9.3 |
| TU 20 | 3.3 | 5.0 | 7.4 | 8.7 |
| TU 30 | 2.8 | 4.3 | 6.8 | 8.2 |



Şekil 3. TU ile PÇ 42.5 harçlarının eğilme dayanımı – TU oranı ilişkisi

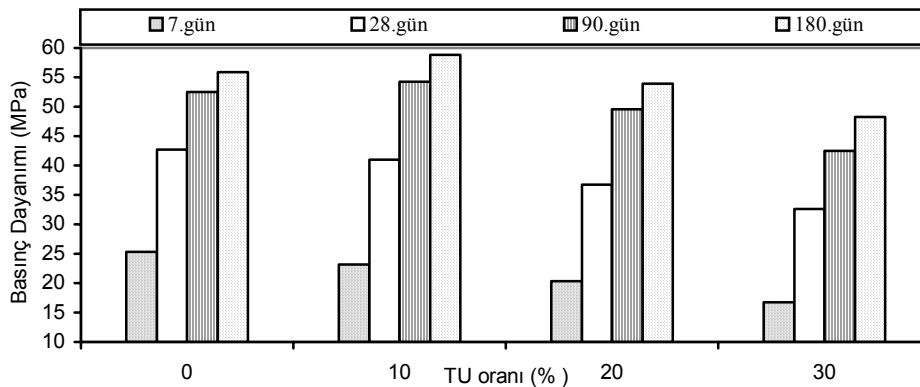
3.3. Tuğla Ununun Çimento Harcının Basınç Dayanımına Etkisi

Üretilen numunelerinin basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamaları Tablo 4’de TU oranı-basınç dayanımı ilişkisi Şekil 4’de verilmiştir. Tablo 4 ve Şekil 4 incelendiğinde 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında kontrol numunelerine göre TU oranına bağlı olarak bir

karışımı ile üretilen çimento numunelerinin 90 ve 180 günlük basınç dayanımlarında sırasıyla % 3.24 ve % 5.2 oranında bir artış görülmüştür. Bu artışın TU’nun puzolanik özelliğinden kaynaklandığı söylenebilir. Tablo 4’deki sonuçlara göre TU, çimento üretimi esnasında öğütmeden önce % 10 ve % 20 oranlarında katılarak, CEM II, CEM III ve CEM IV çimento tiplerinde yer alan 28 günlük dayanımları 32.5 N/mm² olan çimento

Tablo 4. TU ile PÇ 42.5 harçlarının basınç dayanımları

| Harçlar | Basınç Dayanımları (MPa) | | | |
|---------|--------------------------|--------|--------|---------|
| | 7 Gün | 28 Gün | 90 Gün | 180 Gün |
| PÇ 42.5 | 25.3 | 42.7 | 52.5 | 55.9 |
| TU 10 | 23.2 | 41.0 | 54.2 | 58.8 |
| TU 20 | 20.3 | 36.7 | 49.6 | 53.9 |
| TU 30 | 16.7 | 32.6 | 42.5 | 48.3 |



Şekil 4. TU ile PÇ 42.5 harçlarının basınç dayanımı – numune yaşı ilişkisi

düşüş görülmektedir. Yani katkısız (PÇ 42.5) numunenin basınç dayanımı eğilme dayanımındaki gibi daha yüksektir, genellikle bu beklenen bir sonuçtur. TU 10

mentolara eşdeğer çimento üretilebileceği görülmektedir. Atık tuğla ununun en az % 20 oranında çimento

üretiminde değerlendirilmesi durumunda, klinker, enerji ve hammadde kaynakları bakımından tasarruf sağlanacağı gibi çevre kirliliği bakımından da önemli yararlar sağlanacağı söylenebilir.

4. SONUÇ

TU'nun çimento harcında puzolanik katkı olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Çimentoda TU oranı artışına bağlı olarak standart kıvam suyu ihtiyacı artmaktadır.
2. TU oranı artıca prize başlama, priz sona erme süreleri artmaktadır.
3. TU'nun çimento harcında hacim genişmesine olumsuz bir etkisi yoktur.
4. TU, kimyasal kompozisyon bakımından ASTM C 618'in belirttiği puzolanik özelliğe sahiptir.
5. % 10 TU ikameli harç numunelerinin, kontrol çimentosuna göre sırasıyla, 90 ve 180 günlük eğilme dayanımları % 2.66 ve % 4.49 artarken, basınç dayanımları % 3.24 ve % 5.2 oranında artmıştır. 28 günlük % 20 TU ikameli numunelerin basınç dayanımlarının 36.7 MPa olduğu saptanmıştır.
6. Çimento üretiminde, % 10 TU kullanmakla en az % 10 klinker tasarrufu sağlanmış olacaktır.
7. Atık olan bir malzeme ekonomiye kazandırılacak ve çevre kirliliğinin azaltılması yönünde olumlu katkı sağlanmış olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Aruntaş, H.Y., Tokyay, M., "Katkılı Çimento Üretiminde Diatomitin Puzolanik Malzeme Olarak Kullanılabilirliği", Çimento ve Beton Dünyası, 1,4 33-41, 1996.
2. Şimşek O., Aruntaş, H.Y. ve Fırat, S., "Çayırhan ve Soma-B Termik Santralleri Uçucu Küllerin Betonun Basınç Dayanımına Etkisi", Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongresi, Teknik Notlar Kitabı, ODTÜ, Ankara, 1-3 Kasım, 2001.
3. Şimşek O., Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2004.
4. Erdoğan T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, Ankara, 2003.
5. Aruntaş, H.Y., Albayrak, M., Saka, H.A., Tokyay, M., "Ankara-Kızılcahamam ve Çankırı-Çerkeş Yöresi Diatomitlerinin Özelliklerinin Araştırılması", Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 22, 4, 337-343, 1998.
6. DPT., 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt

Komisyonu Yapı Malzemeleri I (Alçı-Kireç-Kum-Çakıl-Mıcır- Boya Toprakları-Tuğla-Kiremit.) Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2615, OİK: 626, s: 84-97, Ankara, 2001.

7. Kaynak, H., Tuğla ve Gazbetonun Mühendislik Özellikleri, Ülke Ekonomisindeki Yeri, Hammadde Potansiyelleri, Avantaj ve Dezavantajları, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1999.
8. Baronio, G., Binda, L. and Lombardini, N., "The Role of Brick Pebbles and Dust in Conglomerates Based on Hydrated Lime and Crushed Bricks", Construction and Building Materials, V:11, N: 1, 33-40, 1997.
9. <http://www.rose-of-jericho.demon.co.uk/index1.htm>
10. Pat, G., Pozzolans for Lime Mortars, www.buildingconservation.com
11. Clay Fix(R), Duvar Örgü Harcının Tanıtım Broşürü. Kudret Tuğla A.Ş. <http://www.kudret.com/index>, 2004.
12. Bolton, J., New Materials for Conservation And Safeguarding Cultural Heritage. http://www.arcchip.cz/w10/w10_bolton.pdf
13. Gibsons, P., Pozzolans for Lime Mortars www.buildingconservation.com
14. Ripoli Filho, F., "The Use of Industrial Ceramic Waste – Brick Powder - to Improve Product Quality in Ceramic Elements Manufacture: an Experimental Study" Ceramic, May, June/July/Agust Vol:43, No:281-282, P. 133-13, 1997
15. Quach, Thornton, Gillis, http://www.stolaf.edu/people/jackson/08-124/gbreport/limemortar_j05.pdf
16. Turanlı, L., Bektaş, F., Monteriro, P.I.M., "Use of Ground Clay Brick as a Pozzolanik Material to Reduce the Alkali-Silica Reaction". Cement and Concrete Research, 33, 1539-1542, 2003.
17. TS EN 196-1, Çimento Deney Metotları – Bölüm 1: Dayanım TSE., Ankara, 2002.
18. TS EN 196-3, Çimento Deney Metotları – Bölüm 3: Priz süresi ve hacim genişmesi tayini, TSE., Ankara, 2002.
19. TS EN 196-2, Çimento Deney Metotları – Bölüm 2: Kimyasal analizi, TSE., Ankara, 2002.
20. ASTM C 618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as Aminerall Admixture in Portland Cement, Annual Book of ASTM Standards, 1994
21. ASTM C 114, Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standards, 1993.
22. Massazza, F., Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları Semineri, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, 1-28, 1989.