

## Öğütülmüş Kolemanit Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi

Özlem SALLI BİDECI, Alper BİDECI

Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü  
ozlembideci@duzce.edu.tr

(Geliş/Received: 23.07.2017; Kabul/Accepted: 24.10.2017)

### Özet

Bu çalışmada, öğütülmüş kolemanit katkısının çimento harç özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Öncelikle öğütülmüş kolemanitin pozolanik aktivite özelliği belirlenmiştir. Daha sonra farklı oranlarda (%0, %1, %3, %5, %7) öğütülmüş kolemanit katkılı çimento harçlarının; özgül ağırlık, özgül yüzey, priz başlama ve sona erme süreleri tayini, kıvam ve genleşme deneylerinin yapılmasının yanı sıra harç numunelerin basınç dayanımı (2, 7 ve 28 günlük) belirlenerek referans numunesi ile karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, öğütülmüş kolemanit ikame oranının artışıyla priz başlangıç ve priz sona erme sürelerinin uzadığı, tüm çimento harçlarının TS EN 197-1 standardında istenilen en düşük mekanik özelliği sağladığı ( $\geq 42.5$  MPa ve  $\leq 62.5$  MPa) ve %1, %3 ve %5 oranında kolemanitin çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Öğütülmüş Kolemanit; Pozolanik Aktivite, Basınç Dayanımı

### The Effect of Ground Colemanite Additive on Cement Mortars

#### Abstract

In this study, the effects of ground colemanite admixture on cement mortar characteristics were investigated. Firstly, the pozzolanic activity property of the ground colemanite was determined. Afterwards, as well as specific gravity, specific surface, setting and ending times, consistency and expansion tests of ground colemanite-added cements at different rates (0%, 1%, 3%, 5%, 7%) and mortar samples (2, 7 and 28 days) were determined and also these were compared with the reference sample. According to the results of the experiment, the set start and the ending time of the setting time was elongated with the increase of ground colemanite substitution ratio, furthermore all cement mortars provide the lowest mechanical properties required in TS EN 197-1 standard ( $\geq 42.5$  MPa and  $\leq 62.5$  MPa) and 1%, 3% and 5 % of colemanite can be used as cement substitute material.

**Keywords:** Ground Colemanite; Pozzolanic Activity; Compressive Strength

### 1. Giriş

Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesi olan, yüksek konsantrasyonlarda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijene bağlanmış bileşikleri, çok eski zamanlardan beri bilinen ve kullanılan önemli bir madendir [1,2]. Bor mineralleri, çeşitli madencilik yöntemleri kullanılarak elde edildikten sonra fiziksel işleme tabi tutularak zenginleştirilmekte ve konsantre bor ürünleri elde edilmektedir. Konsantre bor, kimyasal süreçlere tabi tutularak sonrasında rafine edilip çeşitli bor kimyasallarına dönüştürülmektedir [3]. Bor, çoğunlukla bor kimyasalları şeklinde tüketildiği gibi konsantre bor ürünleri olarak doğrudan tüketilebilmektedir [4].

Doğada yaklaşık 230'dan fazla bor minerali mevcuttur. Dünya genelinde sektör tarafından kullanılan borların %90'ını sodyum bazlı tinal, sodyum+kalsiyum bazlı üleksit ve kalsiyum bazlı kolemanit oluşturmaktadır [4,5].

Ülkemizde çoğunlukla tekstil, cam elyafı, tarım ve deterjan üretiminde kullanılan bor ürünleri ayrıca, çatı kaplama malzemeleri, selülozik izolasyon malzemeleri, çimento katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır [6].

Borun inşaat malzemelerinde kullanımı konusunda yapılan bazı araştırmalarda; Volkman ve Bussolini [7], borlu katkıların betonun sertleşme ve basınç dayanımı özelliklerini yavaşlattığının bilindiğini ve ince parçacıkların çözünür olup betonun sertleşme özelliklerinin etkilediğini belirtmişlerdir. Yalçın [8], kolemanit katkısının betonun fiziksel özellikleri üzerine

etkisini araştırdığı çalışmada, %5'ten fazla kolemanit içeren çimentoların priz süresi ve dayanım bakımından standart dışında kaldığını, %2 kolemanit katkılı çimentoların priz süresini geciktirdiğini ve basınç dayanımında %28'e varan değerlerde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Demir ve Orhan [9], bor atıklarının yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi konulu çalışmalarında, pomzanın bor atığı ile ağırlıkça %50 oranında karışım yapılarak 900°C sıcaklıkta pişirilmesi ile porozitesi yüksek, birim hacim ağırlığı düşük (hafif) bir malzeme üretilebileceğini tespit etmişlerdir. Targan ve ark. [10], çimento üretiminde enerji tasarrufu sağlanması ve atık maddelerin çevreye verebilecekleri olumsuz etkilerin giderilmesi amacıyla, Kula cürufu-kolemanit konsantratör atığı ve betonit-kolemanit konsantratör atığı varyasyonlarını katkı maddesi olarak kullandıkları çalışmada, çimento karışımlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin Türk Standartlarıyla uyum içinde olduğunu, kullanılan katkıların çimento üretiminde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Topçu ve ark. [11], tinaların üretiminde sırasında ortaya çıkan bor atıklarının ( $B_2O_3$  oranı %9.63) çimento yerine kullanılması (çimento yerine ağırlıkça %0, %3, %7, %10 oranlarında) ile üretilen harçlarda, yüksek sıcaklığın zararlı etkilerine karşı %3 ve daha düşük oranlarda bor atığı kullanılmasını önermişlerdir. Sağlık ve ark. [12], BAB (Borlu Aktif Belit) çimentosu ile birlikte priz hızlandırıcı ve süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları kullanılarak, yüksek erken dayanım değerlerinin gerekli olduğu durumlarda çimentonun inceliğinin bir miktar daha (4000 veya 4300  $cm^2/g$  mertebesinde) artırılması ile kullanılabilmesinin mümkün olduğunu, yine Sağlık ve ark. [13], normal Portland çimentosu ile üretilen betonlara göre Borlu Aktif Belit (BAB) çimentosu ile üretilen betonların geçirgenliklerinin daha düşük ve klorür penetrasyonlarının daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Gencel ve ark. [14] yaptıkları çalışmada, kolemanit agregasının betonun katılma süresini geciktirdiğini, %30 oranında kolemanit agregasının işlenebilirlik ve dayanım için kabul edilebilir bir oran olduğunu tespit etmişlerdir. Çelik ve ark. [15], ürettikleri kolemanit katkılı perlitli tuğlaların nötron tutucu özelliğinin yanı sıra, binalarda ölü yükü azalttığı

ve enerji tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada Sallı Bideci ve ark. [16], hafif agrega kaplamasında öğütülmüş kolemanit kullanılmasıyla üretilen hafif betonda çimento+kolemanitin, hızlı klorür geçirimsizlik değerine olumlu katkısı olduğunu gözlemlemişlerdir. Yine bu agregalarla üretilen hafif betonların, çimento+kolemanit kaplaması sayesinde yüksek sıcaklık etkisinden daha az zarar gördüğünü [17] ve hafif betonun donatı ile aderans performansını iyileştirdiğini [18] belirtmişlerdir. Ülke ekonomisine daha fazla katma değer yaratabilmek amacıyla; bor pazarının büyümesini beklemek yerine yeni bor ürünleri ve yeni kullanım alanlarının bulunması yönünde faaliyetler de sürmektedir [4].

Bu çalışmada, kolemanitin puzolanik aktivite deneyi CEM I 42,5R çimentosuna, çimentonun ağırlıkça %0, %1, %3, %5, %7 oranlarında kolemanit ikamesinin çimento harcının fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisi belirlenerek çimentoda ikame olarak kullanılabilecek oranı araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Materyal

Araştırmada TS EN 197-1'e uygun olarak üretilen CEM I 42.5/R çimentosu, TS EN 196-1'e uygun standart kum, içme suyu ve Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü'nden temin edilen öğütülmüş kolemanit [19] kullanılmıştır. Deneyde kullanılan çimento ve kolemanitin kimyasal analizi Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** CEM I 42.5 R çimentosu ile kolemanitin kimyasal analizi

Madde (%)	CEM I 42.5/R	Kolemanit
$B_2O_3$	-	39.85
$SiO_2$	19.33	5.60
$Al_2O_3$	4.74	0.15
$Fe_2O_3$	2.72	0.03
CaO	63.20	27.24
MgO	0.98	2.84
$Na_2O$	0.12	0.10
Kızdırma Kaybı	3.94	24.06
Özgül Yüzey ( $cm^2/g$ )	3983	3839
Özgül Ağırlık ( $g/cm^3$ )	3.12	2.50

## 2.2. Metod

Araştırmada; öncelikle belirli bir incelekte öğütülmüş kolemanitin, su ve sönmüş kireç  $\text{Ca(OH)}_2$  ile oluşturduğu basınç dayanımı cinsinden tespit edilen hidrolik özelliği "Puzolanik Aktivitesi" belirlenmiştir [20]. Puzolanik aktivite deneyinde harçlar; sönmüş kireç, standart kum, kolemanit ve suyun TS 25 standardında belirtilen karışım miktarları dikkate alınarak TS EN 196-1 standardına göre üretilmiş ve TS EN 196-6 [21] standardına uygun elek analizi, özgül yüzey ve yoğunluk deneyleri ile TS EN 196-1 standardına uygun basınç dayanımı tayini deneyine tabi tutulmuştur. Kolemanitin puzolanik aktivitesi belirlendikten sonra ağırlıkça %0, %1, %3, %5, %7 oranlarında öğütülmüş kolemanit, CEM I 42.5R çimentosuna ikame edilerek çimento karışımları hazırlanmıştır. Kıvam deneyi ile numunelere dahil edilen her %1'lik kolemanit miktarına karşılık, karışımlar için kullanılan su miktarında da 9cc'lik bir artış gözlenmiştir. Karışımların özgül ağırlık, özgül yüzey, priz süreleri, kıvam ve hacim genleşmesi deneyleri TS EN 196-1, TS EN 196-2 [22] ve TS EN 196-3 [23] standartlarındaki deney metodlarına göre sıcaklığın  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemin  $60 \pm 5$  olduğu laboratuvar ortamında yapılmıştır. Basınç dayanımı deneyi için malzeme karışım dizaynı Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Malzeme karışım dizaynı

Malzeme	Çimento (g)	Kolemanit (g)	Kum (g)	Su (g)
KLMT-0 (Referans)	450	0	1350	225
KLMT-1	445.5	4.5	1350	225
KLMT-3	436.5	13.5	1350	227
KLMT-5	427.5	22.5	1350	229
KLMT-7	418.5	31.5	1350	237

Hazırlanan harçlar  $40 \times 40 \times 160$ mm boyutlarındaki kalıplara dökülerek, sarsma tablasında dakikada 60 düşüş olacak şekilde sıkıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Sıkıştırma işleminden sonra numunelerin üzeri cam levha ile kapatılarak bağıl nemin %95 olduğu rutubet dolabında 24 saat süre ile bekletilmiştir. Rutubet dolabında bekletilen numuneler kalıplardan çıkarılarak,  $20 \pm 2$  °C sıcaklığa sahip su

havuzunda, basınç dayanımı deneyine tabi tutulacakları zamana kadar (2, 7 ve 28 gün) bekletilmiştir. Her bir seriden 6 adet olmak üzere toplam 54 numune teste tabi tutulmuştur.

## 3. Bulgular

Puzolanik aktivite deneyinde, kireç-kolemanit karışımı ile hazırlanan deney numunelerinin fiziksel analizi ve 7 günlük basınç dayanımı değeri ile standartta karşılaması gereken değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Kolemanitin fiziksel analizi ve basınç dayanım deney sonucu

Özellikler			TS 25
Fiziksel Analiz	Yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )	2.50	-
	Özgül Yüzey ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	3839	$4000 \pm \%25$
	90 $\mu$ Elek Üzeri Kalıntı (%)	0.2	$\leq \%8$
Basınç Dayanımı (MPa)	7 Gün	4.1	$\geq 4$
	28 Gün	4.3	-

Deney sonuçları incelendiğinde; kolemanitin özgül yüzeyde istenilen en az  $4000 \text{ cm}^2/\text{g} \pm \%25$  değeri kolemanitte  $3839 \text{ cm}^2/\text{g}$  olarak belirlenmiştir. Literatürde incelik değerinin artmasıyla puzolanik aktivite değerinde artış olacağı belirtilmektedir [24, 25]. Göz açıklığı 90 mikron olan elek üzerinde kalan miktarı kütlece en çok %8 olmalı koşulu da sağlanmıştır. Ayrıca standartta 7 günlük minimum basınç dayanımı değeri olan 4MPa basınç dayanımını karşıladığı (4.1MPa) belirlenmiştir. Dolayısıyla kolemanitin puzolanik aktivitesi olduğundan bahsedilebilir.

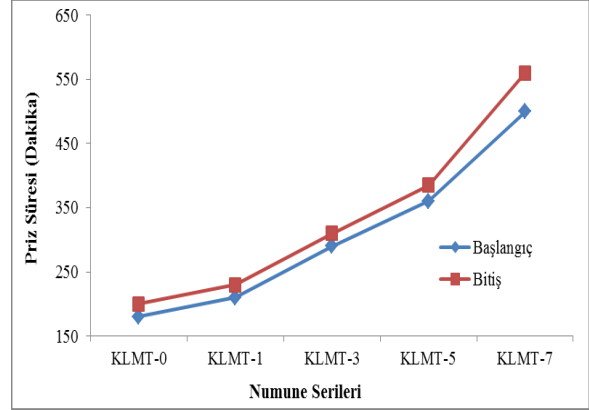
Katkısız ve kolemanit katkılı çimento numunelerin özgül ağırlık sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Kolemanitin özgül ağırlık değerinin çimentonun değerinden düşük olduğu, katkılı numunelerin özgül ağırlıklarının da katkı oranının artışı ile azaldığı belirlenmiştir. Numuneler arasında en düşük özgül ağırlık değeri KLMT-7 numunesinden elde edilmiştir. Numunelerin özgül yüzey sonuçları açısından incelendiğinde (Tablo 4), kolemanit katkısının özgül yüzey değerlerini düşürdüğü ve tüm katkılı numunelerin özgül yüzey değerlerinin KLMT-0 (Referans) numunesinin değerinden düşük olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Katkılı ve katkısız çimentonun fiziksel özellikleri

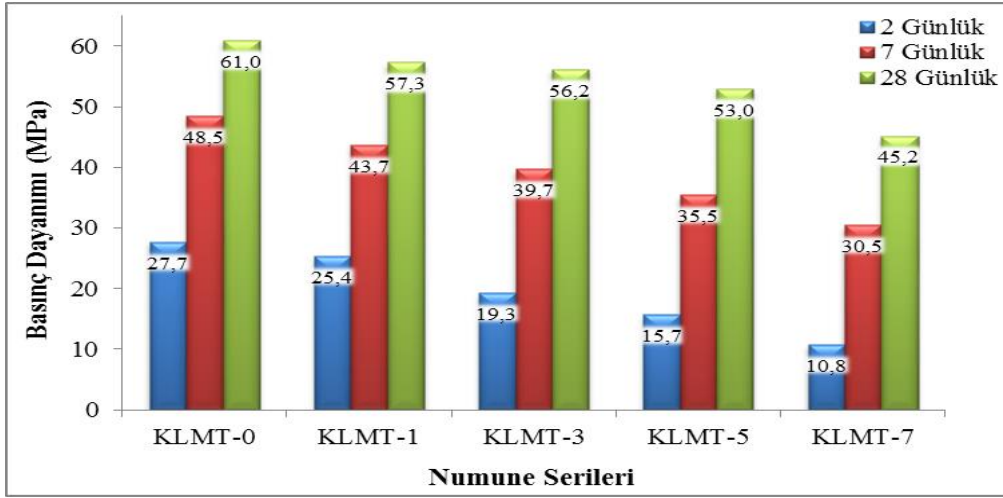
	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	Priz Süresi (Dakika)		Standart Kıvam İçin Gereken Su (%)	Hacim Genleşmesi (mm)
			Başlangıç	Sonu		
KLMT-0	3.12	-	180	200	26.6	7
KLMT-1	3.11	3982	210	230	26.6	7
KLMT-3	3.10	3945	290	310	26.8	6
KLMT-5	3.09	3944	360	385	27.1	7
KLMT-7	3.08	3930	500	560	28.0	7

Priz başlangıcı ve priz sonu süreleri Portland çimentosu-doğal puzolan karışımlarında puzolanın Portland çimentosu yerine ikame miktarına, inceliğine, reaktifliğine bağlıdır [26]. Araştırmada katkısız ve kolemanit katkı çimento numunelerinin normal hidrasyon reaksiyonlarını gerçekleştirip gerçekleştirmediğini anlamak için priz başlama ve priz sona erme süreleri tayini deneyi yapılmıştır. TS EN 196-3'e göre yapılan deneyde; numunelerin priz başlangıç ve priz sonu sürelerinin; KLMT-0 (Referans)'dan yüksek olduğu görülmüştür. KLMT-7 numunesi en yüksek priz başlangıç ve sonu süresine sahiptir.

Sürelerin TS EN 197-1'de CEM I 42.5R çimentosu için tanımlanan limite (Priz başlama süresi  $\geq 60$  dk.) uygun olduğu görülmektedir (Tablo 4). Tablo 4'te verilen değerlere göre priz başlangıç ve priz sonu süreleri kolemanit oranı arttıkça artmıştır. Dolayısıyla kolemanitin priz geciktirici bir etkisinin olacağı söylenebilir. Bu durum kolemanitin içindeki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (boroksit) konsantrasyonu ile yakından ilgilidir. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonu düştükçe, sertleşme gecikmesi ve dayanım azalması da doğru orantılı olarak iyileşecektir. Gecikmenin önlenmesi için priz hızlandırıcı katkı veya stabilizör olarak kimyasal katkı maddesi kullanılabilir [27, 28]. Numunelerin katkı oranlarına göre priz sürelerinin grafiksel gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

**Şekil 1.** Çimento numunelerinin priz başlangıç ve sonu sürelerinin grafiği.

Katkısız ve kolemanit katkı çimento numunelerinin standart kıvam suyu ihtiyacı incelendiğinde (Tablo 4); katkı oranının artışına bağlı olarak standart kıvam suyu ihtiyacının da arttığı gözlenmiştir. En fazla kıvam suyu ihtiyacı KLMT-7'de tespit edilmiştir. Ayrıca, bağlanmamış (serbest) Ca(OH)<sub>2</sub> veya Mg(OH)<sub>2</sub> hidrasyonu sebebiyle sonradan ortaya çıkabilecek genleşme riski açısından sonuçlar değerlendirildiğinde; Tablo 4'te verilen hacim genleşmesi (mm) değerlerinin TS EN 197-1'de ki sınır değer (genleşme  $\leq 10$ mm) altında olduğu görülmüştür. Katkısız ve kolemanit katkısı içeren harç numunelerinin yaşa göre basınç dayanımı sonuçları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Harç numunelerin 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları grafiği.

Değerlere göre kolemanit katkı oranları arttıkça numunelerin basınç dayanımlarının azaldığı, katkılı numunelerde en yüksek basınç dayanımı KLMT-1 numunesinden (57.3 MPa), en düşük basınç dayanımı ise KLMT-7 (45.2 MPa) numunesinden tespit edilmiştir. Yalçın [8] %2'lik kolemanit katkısının basınç dayanımında %28'e varan azalmaya sebep olduğunu bildirmiştir. Katkı oranına bağlı olarak 2, 7 ve 28 günlük numunelerde dayanımlar en yüksekte en düşüğe sırasıyla KLMT-0 (referans), KLMT-1, KLMT-3, KLMT-5, KLMT-7 numunelerinden elde edilmiştir. TS EN 197-1 standardına göre, 2 günlük numunelerin sağlamaları gereken erken dayanım ( $\geq 20$ MPa) değerine ulaştığı ve 28 günlük numunelerin istenilen en düşük mekanik özelliği sağladığı belirlenmiştir ( $\geq 42.5$  MPa ve  $\leq 62.5$  MPa). Ayrıca Şekil 2 genel olarak incelendiğinde; katkılı numunelerin kendi aralarında dayanım kazanma hızlarının kontrol numunesine göre fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).

#### 4. Sonuçlar

Öğütülmüş kolemanit katkısının çimento harç özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Puzolanik aktivite deneyi sonucunda TS 25 standardında 7 günlük minimum basınç dayanımı değeri olan 4MPa basınç dayanımını karşıladığından dolayı kolemanitin puzolanik aktivitesinden bahsedilebilir.
- Kolemanit katkılı numunelerin özgül ağırlıkları katkı oranının artışı ile azalmıştır.

- Kolemanit katkısı özgül yüzey değerlerini düşürmüştür.
- Priz başlangıç ve priz sonu süreleri kolemanit katkısı arttıkça uzamıştır.
- Katkı oranının artışına bağlı olarak standart kıvam suyu ihtiyacı artmıştır.
- Hacim genişmesi değerleri TS EN 197-1'deki sınır değerinin altında kalmıştır.
- Kolemanit katkı oranları arttıkça numunelerin basınç dayanımlarının azalmıştır.
- %1, %3 ve %5 oranında kolemanitin çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

#### 5. Kaynaklar

1. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013, Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu, (2008). "Bor-Soda Külü, Krom Kimyasalları Çalışma Grubu Raporu", Ankara, 15-16.
2. Yenmez, N. (2009). Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, **19**, İstanbul, 59-94.
3. [http://www.etimaden.gov.tr/files/files/2016\\_%20Bor\\_%20Sek\\_t%C3%B6r\\_Raporu\\_%2030\\_05\\_2017.pdf](http://www.etimaden.gov.tr/files/files/2016_%20Bor_%20Sek_t%C3%B6r_Raporu_%2030_05_2017.pdf). Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Bor Sektör Raporu, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, 2017.
4. [http://www.etimaden.gov.tr/files/files/document/files/Stratejik\\_plan\\_2015\\_2019.pdf](http://www.etimaden.gov.tr/files/files/document/files/Stratejik_plan_2015_2019.pdf) Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2015-2019 Dönemi Stratejik Planı
5. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>

6. Bilgiç, M., Dayık, M. (2013). Borun Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*. Cilt: 7. No: 2. 27-37.
7. Volkman, D.E., Bussolini, P.L. (1992). Comparison of Fine Particle Colomanite and Boron Frit in Concrete for Time-Strength Relationship. *Journal of Testing and Evaluation*, Vol:20. No:1.
8. Yalçın, S. (1996). Kolemanitli Çimentoların Betonarme Demirlerinin Korozyonu Üzerine İnhibitif Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
9. Demir, İ., Orhan, M. (2002). Bor Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Değerlendirilmesi. *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Kütahya, 235-239.
10. Targan, Ş., Erdoğan, Y., Olgun, A., Zeybek, B., Sevinç, V. (2002). Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi. *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Kütahya, 259-265.
11. Topçu, İ.B., Boğa, A.R., Demir, A. (2006). Bor Atıklı Çimento Harçlarında Yüksek Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi. *III. Uluslararası Bor Sempozyumu (2-4 Kasım)*. Ankara, 117-121.
12. Sağlık, A., Sümer, O., Tunç, E., Kocabeyler, M.F., Çelik, R.S. (2008). Borlu aktif Belit (BAB) Çimentosunun Özellikleri ve Kütle Betonu İle Klasik Betonda Kullanılabilirliği. *II. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı (17-18 Nisan)*. Ankara, 21-24.
13. Sağlık, A., Sümer, O., Tunç, E., Kocabeyler, M., F., Çelik, R., S. (2009). Borlu Aktif Belit (BAB) Çimentosu ve DSİ Projelerinde Uygulanabilirliği. *DSİ Teknik Bülteni*, Sayı:105.
14. Gencel, O., Brostow, W., Özel, C., Filiz, M. (2010). An Investigation on The Concrete Properties Containing Colemanite. *International Journal of Physical Sciences*, 5(3), 216-225.
15. Çelik, A.G., Depci, T., Kılıç, A.M. (2014). New Lightweight Colemanite-Added Perlite Brick and Comparison of Its Physicomechanical Properties With Other Commercial Lightweight Materials. *Construction and Building Materials*, 62, 59-66.
16. Sallı Bideci, Ö., Bideci A., Oymael, S., Gültekin A.H., Yıldırım, H. (2015). Permeability Features of Concretes Produced with Aggregates Coated with Colemanite. *Computers and Concrete*, 15, 5, 833-845.
17. Sallı Bideci, Ö. (2016). The Effect Of High Temperature On Lightweight Concretes Produced With Colemanite Coated Pumice Aggregates. *Construction and Building Materials*. 113, 631-640.
18. Beycioğlu, A., Arslan, M.E., Sallı Bideci, Ö., Bideci A., Emiroğlu, M. (2015). Bond Behavior of Lightweight Concretes Containing Coated Pumice Aggregate: Hinged Beam Approach. *Computers and Concrete*, 16, 6, 911-920.
19. Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü (2011). Kolemanit Analiz Raporu, Balıkesir.
20. TS 25 (2008). Doğal Puzolan (Tras)-Çimento ve Betonda Kullanılan-Tarifler, Gereklere ve Uygunluk Kriterler. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
21. TS EN 196-6 (2010). Çimento Deney Yöntemleri - Bölüm 6: İncelik Tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
22. TS EN 196-2 (2013). Çimento Deney Yöntemleri - Bölüm 2: Çimentonun Kimyasal Analizi. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
23. TS EN 196-3 (2002). Çimento Deney Metotları - Bölüm 3: Priz Süresi ve Genleşme Tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
24. Demirörs, N. (2009). Suudi Arabistan Damad Barajında Uçucu Kül Yerine Puzolanik Madde Olarak Taş Unu Kullanımı ve Proje Ekonomisine Etkisi. *ARCEA-Association of Turkish Consulting Engineers and Architects 7th Engineering Consultancy Congress*, Ankara.
25. Şengül, Ö., Taşdemir, M.A., Sönmez, R. (2003). Yüksek Oranda Uçucu Kül İçeren Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Klor Geçirirliği, *5. Ulusal Beton Kongresi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 75-85.
26. Erdoğan, K., Tokyay, M., Türker, P. (2007). Traslar ve Traslı Çimentolar. *TÇMB/AR-GE/Y99-2*.
27. Özdemir, M., Uğurlu, A. (2007). Boraks Üretiminde Ortaya Çıkan Atık Malzemenin Çimentoda Değerlendirilmesi, *II. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, Ankara.
28. Pehlivanoğlu E., Davraz, M., Kılınçarslan, S. (2013). Bor Bileşiklerinin Çimento Priz Süresine Etkisi ve Denetlenebilirliği. *SDU International Technologic Science*. 5, 3, 39-48.