

# Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi

## Utilization of Natural Pozzolan, Bentonit and Colemanite Waste in Cement Production

Ş. Targan

*Celal Boyar Üniversitesi, Kimya Bölümü, Manisa*

Y. Erdoğan, A. Olgun & B. Zeybek

*Dumlupınar Üniversitesi, Kimya Bölümü, Kütahya*

V. Sevinç

*Sakarya Üniversitesi, Kimya Bölümü, Sakarya*

**ÖZET:** Çimento üretiminde uygun pozzolanların ve uygun miktarlarının bilinçli olarak kullanılması hem çevresel hem de ekonomik yararlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, doğal pozzolan olan Kula cürufu, bentonit ve bor minerallerinden birisi olan kolemanit konsantratör atığının birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada söz konusu doğal pozzolanlar ve atıklar çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Bu sayede çimento üretiminde enerji tasarrufu sağlanması ve atık maddelerin çevreye verebilecekleri olumsuz etkilerin giderilmesi de amaçlanmıştır. Kula cürufu-kolemanit konsantratör atığı ve bentonit-kolemanit konsantratör atığı varyasyonları (Kula cürufu ve bentonit'in kütlece % 5,10, 15,20,25,30\*lık oranları) katkı maddesi olarak denenmiştir. Katkıların, çimento priz süresi, hacim genişmesi, eğme dayanımı, basınç dayanımı gibi özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çimento karışımlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Türk Standartlarıyla uyum halindedir. Buna göre, bu çalışmada kullanılan katkıları çimento üretiminde kullanılabilir.

**ABSTRACT:** The conscious use of appropriate pozzolan and its suitable amounts in cement production has environmental and economical advantages. In this study, the utilization of natural pozzolan, bentonit and colemanite waste from concentrator was aimed. All these, natural pozzolans and wastes were used as additive materials in cement production. By this work, energy save in cement industry and to prevent the negative effects of waste materials to ecology were aimed. Natural pozzolan- colemanite concentrator waste and bentonit- colemanite concentrator waste variations (the ratios of natural pozzolan and bentonit w % 5, 10, 15, 20, 25, 30) were tried as additive materials. The effects of the additives on cement setting time, volume expansion, compressive strength and bending strength were investigated. The physical, chemical and mechanical properties of the cement mixtures showed harmony with Turkish Standards. According to this, the additives examined in this study can be used in cement production.

### I GİRİŞ

Son yıllarda endüstri atıklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu atıkların değerlendirilmesi, hem ekonomik hem de çevresel faktörler bakımından büyük önem taşımaktadır. Özellikle kömürle çalışan enerji santrallerinde, oluşan katı atıklar hem enerji üretimi hem de çevre kirliliği açısından problemler yaratmaktadır (Recepoglu & ark. 1991; Seals 1977). Oluşan bu atıklardan uçucu kül, taban külü vb. çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Uçucu külün kullanımıyla, ekonomik açıdan kazanç

sağlanmış, hidrasyon ısısının toplam miktarı ve hızı azalmış ve geçirgenliği gelişmiştir (Seals & ark. 1977). Linyit tipi taban külü içeren beton, kimyasal bileşim olarak uçucu kül içeren betona benzemesine rağmen çimentonun reaktiflik derecesini değiştirir (Harris & ark. 1987).

Türkiye, büyük stratejik öneme sahip doğal bir kaynak olan bor yataklarının % 64'üne sahiptir (Eti Holding A.Ş. 2000). Bor mineralleri; bünyelerinde değişik oranlarda bor oksit (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) içeren mineraller olup; ülkemizde yaygın olarak bulunan bor mineralleri; tinkal, kolemanit ve üleksit'dir. Başlıca tinkal yatakları Eskişehir-Kırka'da, kolemanit

yatakları Kütahya-Emet (Espey ve Hisarcık), Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kemalpaşa'da (Kestelek), üleksit yatakları ise Balıkesir-Bigadiç civarında bulunmaktadır. Eti Holding A.Ş. (2000) kaynaklarına göre Tablo 1'de ülkemizdeki önemli bor mineralleri rezervleri verilmektedir

Tablo 1. Türkiye'deki bor mineralleri rezervleri.

Üretim yeri	Cevher	Reserv milyon ton	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> bazında rezerv	Tenör % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kırka İşletmesi	Bor Tinkal	604	156	26-27,5
Bigadiç İşletmesi	Bor Kestelek	576		
Emet İşletmesi	Bor Kolemanit	835	225	26-28
Kestelek İşletmesi	Bor Kolemanit	7,5	2	29-31

Bu bor minerallerinin zenginleştirilmesi sırasında içerisinde bor bulunan atıklar da oluşmaktadır.

Ülkemizde bor atıklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar son dönemde hız kazanmıştır. Erdoğan ve arkadaşları bor içeren atıkların, portland çimentosu üretiminde çimento hammaddesi olarak kullanılabilceğini öne sürmüşlerdir. Erdoğan ve arkadaşları bugüne kadar yaptıkları çalışmalarda, çimento katkı maddesi olarak uçucu kül, taban külü, bentonit, kolemanit konsantratör atığı, tinkal konsantratör atığı ile bunların ikili veya üçlü karışımlarını kullanmışlardır. (Erdoğan & ark. 1992; Erdoğan & ark. 1994; Erdoğan & ark. 1998; Kula & ark. 2001; Targan & ark. 2002).

Bu çalışmada, kütlece %5 - % 30 Kula cürufu ve % 4 kolemanit konsantratör atığı ile %5 - % 30 bentonit ve % 4 kolemanit konsantratör atığı içeren katkılı çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## 2 MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan çimento malzemeleri, portland çimentosu klinkeri, alçı taşı. Kula cürufu, bentonit ve kolemanit konsantratör atığıdır. Bu malzemelerin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Doğal puzolan

olan Kula cürufu, Manisa'nın Kula ilçesinin şehirlerarası yol güzergahında bulunan- maden ocağından alınmış volkanik kül karışımıdır. Formülü Ca<sub>2</sub>B<sub>6</sub>O<sub>n</sub>.5H<sub>2</sub>O olan kolemanit konsantratör atığı, Kütahya Emet ilçesinde bulunan Etibank Etibor Tesisleri'nden alınmıştır. Bentonit ise Çanakkale Ayvacık ilçesindeki Emko Mining and Chemica Industry Ltd'den temin edilmiştir.

### 2.2. Çimento Karışımları

B (bentonit + kolemanit konsantratör atığı + portland çimentosu klinkeri + alçı taşı), C (Kula cürufu + kolemanit konsantratör atığı + portland çimentosu klinkeri + alçı taşı) seri karışımları ve bir de TS 24'e göre R (referans karışım) hazırlanmıştır. Ham malzeme karışımları için gerekli olan incelik oranı 32 um Tik elek bakiyesinde kütlece % 26' dır. Elek analizi sonuçlarına göre öğütme süreleri tespit edilmiştir. Bu karışımların fiziksel özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

#### 2.2.1 Çimento karışımlarının özgül ağırlıklarının tayini

Çimento karışımlarının özgül ağırlıkları TS 24'e göre Air Comparison Pycnometer Beckman 930 Model cihazı kullanılarak tayin edilmiştir.

#### 2-2.2. Çimento karışımlarının özgül yüzey tayini

Çimento karışımlarının özgül yüzey tayini TS 24'e göre Toni Technick marka otomatik Blaine aleti ile yapılmıştır.

#### 2.2.3. Çimento karışımlarının incelik tayini

Laboratuarda üretilen çimentolarda tane büyüklüğü, Alpine Air Jet Sieves A 200 LS marka cihazla TS 1227' ye uygun 32, 90 ve 200 um'lik elekler kullanılarak TS 24 standardına göre yapılmıştır (TS 24 1994, TS 1227 1994).

#### 2-2.4. Çimento karışımlarının hacim genişleme tayini

Çimento karışımlarının hacim değişimi, pirinçten yapılmış Atom teknik marka Le Chatelier halkası ile tayin edilmiştir.

Tablo 2 Çimento malzemesinin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikler

Madde	Klinker	Kolemanit atığı	Kula cımfu	Alçı taşı	Bentont
SiO <sub>2</sub>	2134	34 47	50 79	.	57 83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 96	9 72	20 53	0 04	13 55
F* <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 81	506	7 45	-	5 94
CaO	64 96	12 57	6 56	33 04	3 97
MgO	103	9 82	3 74	003	244
SO <sub>1</sub>	123	172	0 08	46 18	008
Na <sub>2</sub> O	0 28	-			
K <sub>2</sub> O	081	3 03	2 74	002	159
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		18 71			
Ateş kaybı	031	12 55	10 17	20 15	10 17
Serbest CaO	0 77				
<i>Bileşikler</i>					
C <sub>3</sub> S	53 26	-			
C <sub>2</sub> S	21 19	-			
C <sub>4</sub> A	94	-			
C <sub>4</sub> AF	116	-			
<i>Fiziksel Analizler</i>					
Tane boyutu (kullece %)					
>32nm	26	25 5	22 31		
>90um	2 28	12 6	170		
Spesifik yüzey	2650	3561	4632		
Spesifik yoğunluk	3 15	2 16	2 35		

Tablo 3 Çimento karışımlarının fiziksel özellikler

Sembol	Çimento karışımları	Tane boyutu (kullece %)		özümlü yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	Özümlü yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Öğütme zamanı (dak)
		+32n	+90n			
R	Referans karışım	26 0	20	2850	3 15	30
C <sub>3</sub>	% 5 KC + %4 KA + %91 PÇ	25 8	20	3380	3 13	24
C <sub>2</sub>	%10 KC + %4 KA + %86 PC	26 0	22	3430	3 11	22
C <sub>1</sub>	%15 KC + %4 KA + %81 PÇ	26 1	19	3530	3 10	21
C <sub>0</sub>	%20 KC + %4 KA + %76 PC	25 9	21	3550	3 05	20
C <sub>s</sub>	%25 KC + %4 KA + %71 PC	25 7	18	3560	2 98	19
Q	%30 KC + %4 KA + %66 PC	25 6	21	3570	2 94	18
B <sub>1</sub>	% 5B + %4KA + %91PÇ	26 0	21	3620	3 18	23
B <sub>2</sub>	%10B + %4KA + %86PÇ	26 2	18	3870	3 17	22
B <sub>3</sub>	%15B + %4KA + %81PÇ	25 9	19	4140	3 15	21
B <sub>4</sub>	%20B + %4KA + %76PÇ	25 8	17	4390	3 13	20
B <sub>5</sub>	%25B + %4KA + %71PÇ	25 9	20	4400	3 09	18
B*	%30B + %4KA + %66PÇ	26 1	22	4710	3 07	17

### 2.3. Deneysel İstemler

Çimento karışımlarının normal kıvam suyu ve pnz sureleri TS 24'e uygun olarak belirlenmiştir. Çimentonun normal kıvam suyu, vıcat iğnesinin çimento hamuru içine cam levhaya 5-7 mm uzaklık kalıncaya kadar batabilmesini sağlayan kıvamdır.

Normal kıvam suyu tayını, TS 24'e göre RMU 24100 Bergamo (Italy) Viç Gremello 57 marka Vıcat aleti, silindir şeklindeki sonda ve vıcat halkası kullanılarak 20 °C sıcaklıkta ve bağıl nemi % 50 - 60 olan beton laboratuvarında yapılmıştır. Priz başlama ve sona erme süresi, sırasıyla, vıcat

iğnesinin cam levhaya 3-5 mm ve 1 mm uzaklık kalıncaya kadar inmesine olanak sağlayan kıvama ulaşması için geçen zamandır. Laboratuvarda üretilen çimentolarda pnz süresi deneyi, 20 °C sıcaklıkta ve bağıl nemi %50-60 olan beton laboratuvarında, otomatik priz süresi tayin cihazları ile TS 24 ve TS 3452 metotlarına göre yapılmıştır (TS 24 1994, TS 3452 1984).

Çimento harçları, bağıl nemi % 50 - 60 arasında olan beton laboratuvarında hazırlanmıştır. Her bir harç için 450 g çimento, 225 g su ve 1350 g kum kullanılmıştır. Bu malzemelerin karıştırılmasıyla çimento harcı hazırlanmıştır. Hazırlanan bu harçlar 40

x 40 x 60 mm ebadındaki kalıplara alındı ve daha sonra sarsma işlemine tabi tutuldu. Harç kalıplan 20 °C sıcaklık ve en az % 90 nispi nem içeren bir odada 24 saat bekletildi. Kalıplar söküldü, harçların alt yüzleri numaralandı ve kırılacakları güne kadar bir havuzda bekletildi. Numuneler, dayanım deneyinden 15 dakika önce havuzdan çıkarılıp bir bezle kurulandı ve yükleme hızı, sırasıyla, 5 N / mm ve 10-20 N / mm' olan eğme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirildi. Harç örneklerinin eğme ve basınç dayanımı, TS 24'e göre Toni Teknik marka aleti kullanılarak yapılmıştır.

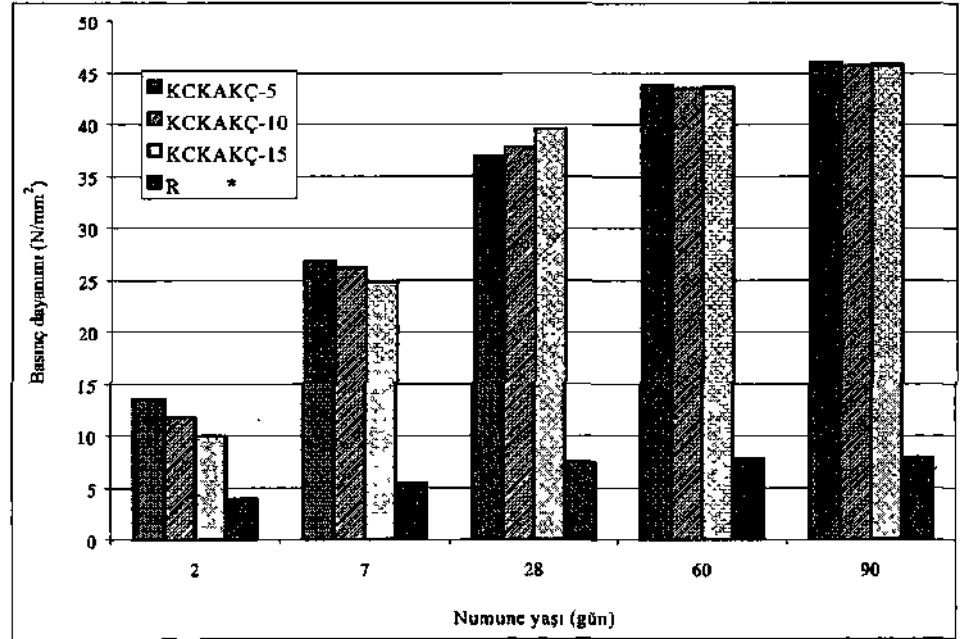
### 3. BULGULAR

Şekil 1, KC + KA + PC içeren örneklerin, numune yaşına göre basınç dayanımını göstermektedir. KC, KA ve PC içeren bütün örneklerin 2 günlük numune yaşı basınç dayanımı, diğer numune yaşlarındaki basınç dayanımından daha azdır. Birçok araştırmacı, Kula cürufu gibi puzolanik madde ilavesiyle erken numune yaşlarında dayanımın yavaşladığını bildirmişlerdir (Shannag 2000; Shannag & ark. 1995). Çünkü, bütün

puzolanik reaksiyonlar yavaştır. Ancak, birkaç hafta içinde büyük miktarlarla reaksiyonu aşarak dayanım artmıştır.

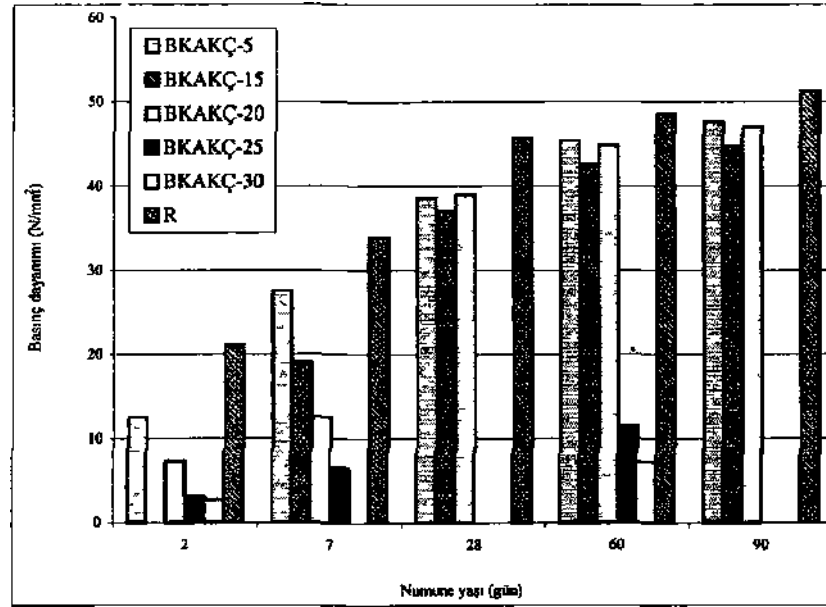
Şekilden de görülebileceği gibi örneklerin dayanımı, referans örneklerininkinden düşüktür ve 28 günlük numune yaşının ardından üç değişken yüzdesinde dereceli olarak gelişmiştir. % 4 KA varlığında, artan KC değişkeninin dayanımın artması üzerine bir etkisinin olmayışı ilginçtir. Bu sonuçlar, dayanımdaki artışın muhtemelen bor içeren kolemanit konsantratör atığına bağlı olduğunu göstermektedir. Bor, numunenin dayanımının artışı ile sonuçlanan enttringite yapışma dahil edilebilir (Shi & ark. 2001).

Şekil 2, B + KA + PC içeren numunelerin, numune yaşına göre basınç dayanımını göstermektedir. Numunelerin, portland çimentosu ile birlikte bentonit ve kolemanit konsantratör atığı içermesi 2 günlük numune yaşı testi basınç dayanımında büyük azalmalarla sonuçlanır. Bu, bu numune yaşında KA'nın küçük puzolanik katkısından kaynaklanabilir ve aynı zamanda çimentonun sertleşmesini engelleyen KA'nın içindeki bor ile ilgili olabilir.



\*KCKAKÇ-20, KCKAKÇ-25 ve KCKAKÇ-30'larda ven alınamamıştır

Şekil 1 Kula cürufu ve kolemanit konsantratör atığı içeren çimentolu harçlarda basınç dayanımı-numune yaşı ilişkisi



\* BKAKÇ-10larda veri alınamamıştır

Şekil 2 Bentonit ve kolemanit konsantratör atığı içeren çimentolu harçlarda basınç dayanımı-numune yaşı ilişkisi

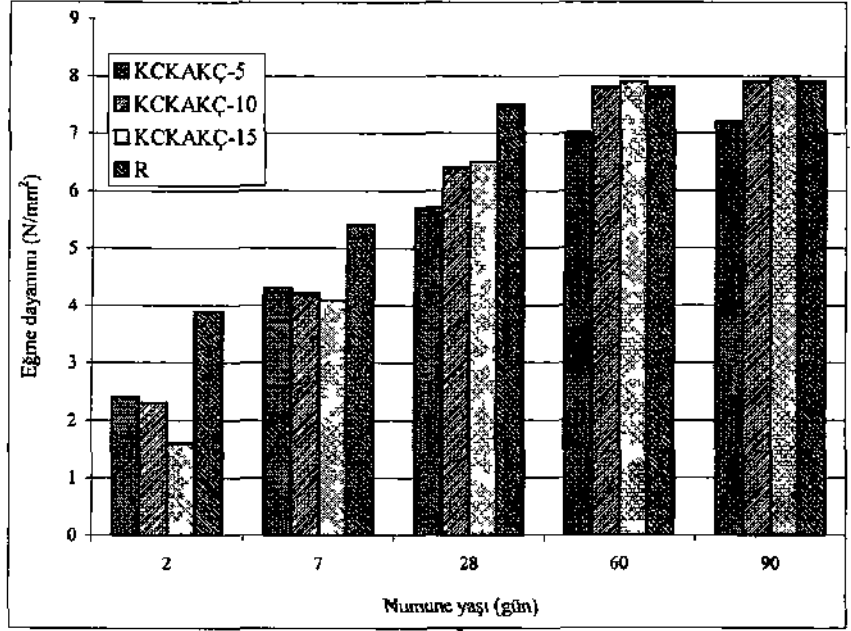
Bununla birlikte; numunelerin basınç dayanımı, 2 günlük numune yaşından sonra dereceli olarak artmıştır. Bu sonuçlardan sonra düşüncemiz, numunelerde borun katkısıyla parçacıklar arasında büyükçe köprüler geliştiği yönündedir. Bu görüntü, diğer araştırmacıların önceki bulgularıyla uyusmaktadır (Bothe & ark. 1998; Solem-Tishmack & ark. 1995; Sebok & ark. 2001).

Şekil 3, KC + KA + PC içeren karışımların numune yaşı - basınç dayanımı ilişkisini göstermektedir. Portland çimentosu klinkerme, KC ve KA ilavesi 2

günlük numune yaşı eğme dayanımında önemli bir azalma ile sonuçlanmıştır. Numune yaşı arttıkça, tüm örneklerin eğme dayanımları dereceli olarak artmıştır. 28 günlük numune yaşı sonrasında KC + KA + PC içeren örneklerin eğme dayanımının artması ilginçtir. KC ve KA içeren örneklerin eğme dayanımındaki artış, yukarıda bu karışım için bahsettiğimiz basınç dayanımlarındaki artışa benzer bir yolla açıklanabilir. Ayrıca, portland çimentosunun hidrasyonu sırasında açığa çıkan  $Ca(OH)_2$  ve bor bileşikleri ile potasyumun reaksiyonu, dayanımın daha da artmasına öncülük eden geçiş alanındaki parçacıklar arasındaki bağların oluşumuna yardım eder (Apagyı & ark. 2001).

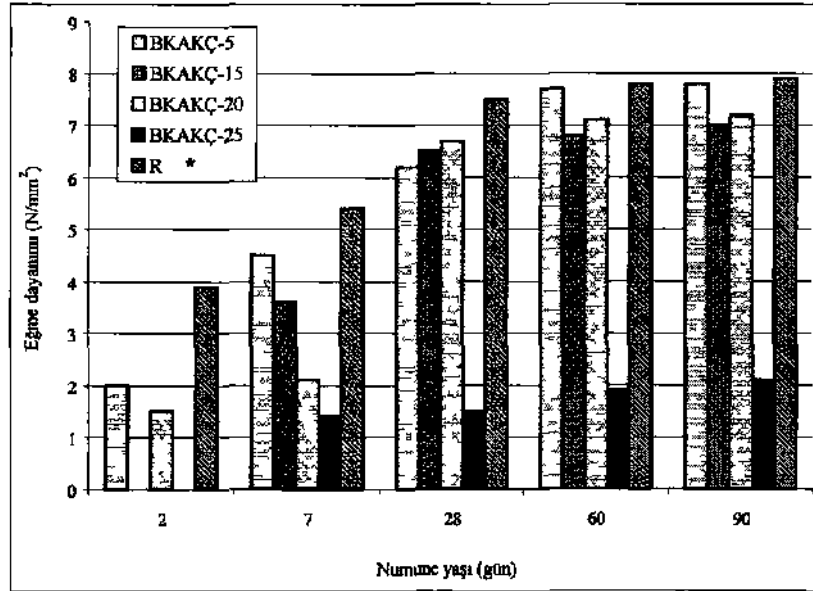
Şekil 4, içerisinde B + KC + PC bulunan numunelerin çeşitli numune yaşlarında betonun eğme dayanımına, bentonit (B) değişkenin farklı yüzdelere etkisini göstermektedir. Şekilden görüldüğü kadarıyla, genel olarak deneyin 90 günün tamamı boyunca B + KA içeren karışım için eğme dayanımı artmıştır.

Çimento hamurunun hacim genişlemesine değişken maddelerin etkisini Tablo 4 göstermektedir. Sonuçlar, geniş olarak değişken maddelerin genişleme değerlerine etkisini göstermektedir. Gerçekte, en iyi ifadeyle bu sonuçların önceki sonuçlarımıza benzediğini açıklayabiliriz (Kula & ark. 2001). Bu yüzden, çimento hamurundaki genişlemenin çimento içindeki bentonitten meydana geldiği teklif edilebilir. Ancak, çimento içindeki bentonit değişken yüzdesinin artmasıyla ve KA + PC + B'den hazırlanan hamur için benzer etki gözlenmemiştir. PC ile KC değişkeninin, çimento hamurunun genişlemesine kayda değer bir etkisi yoktur. Ancak, KA ile KC'nin birlikte bulunduğu yüksek değişken yüzdelere bir hacim genişlemesi olduğu görülmektedir.



\*KCKAKÇ 20, KCKAKÇ 25 ve KCKAKÇ 30'larında veri alınamamıştır

Şekil 3 Kula çürüfu ve kolemanit konsantratör atığı içeren çimentolu harçlarda eğme dayanımı-numune yaşı ilişkisi



\* BKAKÇ 10 ve BKAKÇ 30'larında veri alınamamıştır

Şekil 4 Bentonit ve konsantratör atığı içeren çimentolu harçlarda eğme dayanımı-numune yaşı ilişkisi

Tablo 4. Çimento karışımlarının normal kıvam suyu, hacim genişmesi ve priz süreleri.

Çimento Karışımın	Normal suyu	kıvam	Priz süresi (dakika)		Hacim genişmesi (mm)
			Başlangıç	Bitiş	
R	29.4		2:05	4:00	0
C <sub>1</sub>	29.1		2:30	3:45	1
C <sub>2</sub>	28.9		2:15	3:35	1
C <sub>3</sub>	28.6		2:15	3:20	1
C <sub>4</sub>	28.3		2:15	3:20	0
C <sub>5</sub>	29.7		1:35	3:05	1
C <sub>6</sub>	29.1		1:45	2:55	1
B <sub>1</sub>	27.4		5:50	9:10	4
B <sub>2</sub>	28.2	-	-	-	-
B <sub>3</sub>	29.0	-	-	-	-
B <sub>4</sub>	30.3		8:00	14:15	3
B <sub>5</sub>	34.3		5:00	12:30	6
B <sub>6</sub>	37.1		2:55	6:0	2
TS 24	•		En az 1:00	En çok 10:00	En çok 10:00

Çimento hamurunun % 4 KA İle % 20 B değişkeni içermesi halinde, değişken yüzdesi arttıkça hem başlama hem de sona erme priz sürelerinin artmaya eğilimli olduğu açıktır. Ancak, bentonit değişken yüzdesinde % 25'e doğru bir artış olduğunda, B<sub>4</sub> ( % 20 B, % 4 KA, % 76 PC ) karışımıyla kıyaslandığında özellikle başlama priz süresinde çok az bir azalma gözlenmiştir. Bu, yüksek bentonit içeriğinin etkisi, düşük kolemanit atığı etkisini dengeleyebilir. Bu sonuçlardan, priz süresinin uzaması ve kısalması sırasıyla çimento karışımındaki kolemanit konsantratör atığına ve bentonit içeriğine bağlanabilir. KC'nin değişken yüzdeleri için, artan başlama ve sona erme priz süreleri sırasıyla 2.1 ve 10.3 faktörleri ile artmıştır. Bu farkın oluşmasındaki sebeplerden biri, bu çalışmada kullanılan kolemanit konsantratör atığı olabilir.

Son çalışmalar göstermektedir ki, bor içeren çimento maddelerinin kullanımıyla çimento hamurunun başlama ve • sona erme süreleri artmaktadır (Kula & ark. 2001; Kula & ark. 2002; Targan & ark. 2002).

## SONUÇLAR

Bu çalışma, çimento ve betonun özelliklerine, Kula cürufu, kolemanit konsantratör atığı ve bentonitin etkisini tayin etmek için tasarlanmıştır. Verilerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. Bentonit, kolemanit atığına ilave edildiğinde, betonun eğme dayanımı artan bentonit içeriği İle azalmaktadır. B ve KA içeren katkılı çimentolarla elde edilen harçların basınç ve eğme dayanımları incelendiğinde, BKAKÇ-5' İn tüm numune yaşı

sürelerindeki verileri, TS değerleri üzerinde çıkmıştır.

2. %4 KA'nın yanında KC'nin yüzdesinin artması, çimento priz süresinde büyük azalmaların meydana gelmesine sebep olur.3. KA ve KC içeren katkılı çimentolarla elde edilen tüm harçların basınç ve eğme dayanımları TS değerlerine uygun bulunmuştur. KC ve KA'nın katkısıyla, numune yaşının 28 gününden sonra basınç dayanımlarında önemli bir artış olduğu gözlenir.

4. Son numune yaşında, KC ve KA kombinasyonları betonun dayanımını geliştirebilir.

5. Özgül yüzey değerleri de, katkı miktarının artmasıyla artmaktadır.

6. KCKAKÇ-10, KCKAKÇ-30, BKAKÇ-20 ve BKAKÇ-25 dışında hazırlanan tüm katkılı çimentoların priz süreleri Türk Standartlarında verilen değerlerine uygunluk göstermektedir.

7. Hacim genişmeleri bakımından tüm çimento tiplerinde TS değerlerine uygun sonuçlar bulunmuştur.

8. Normal kıvam suyu ihtiyacı, bentonit katkılı çimentolarda katkı oranı arttıkça arttığı görülmektedir.

Kula cürufu ve kolemanit konsantratör atığı karışımları ile bentonit ve kolemanit konsantratör atığı karışımları çimento katkı maddesi olarak değerlendirilebilir ve klinker üretiminde enerji tasarrufu sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Apagyı, Z., Csetenyi, L. J. 2001. Phase equilibrium study in the CaO-K<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O system at 25 °C, Cem. Concr Res, 31, 1087-1091
- Bothe, J. V., Brown, P. W. 1998 Phase formation in the system CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O at 23 ± 1, J Hazard. Mater, B 63, 199-210.
- Erdoğan, Y., Genç, H., Demirbaş, A. 1992. Utilization of borogypsum for cement, Cem. Concr Res., 22, 841-844
- Erdoğan, Y., Genç H., Demirbaş, A. 1994 Partially-refined chemical by product gypsums as cement additives. Cem. Concr. Res., 24,601-604
- Erdoğan, Y., Zeybek M S , Demirbaş, A 1998 Cement mixes containing colemanit from concentrator wastes. Cem. Concr. Res. 28,605-609.
- Eü Holding A.Ş. 2000. 2000 Yılı Aralık Ayı Rezerv Bilgilen
- Harris, H.A., Thomson, J.L, Murphy T.E 1987 Factors affecting the reactivity of fly ash from Western coals, Cem. Concr. Aggregates, 9, 34-37.
- Kula, I, Olgun, A, Erdoğan, Y, Sevinç, V 2001 Effects of colemanit Waste, coal bottom ash and fly ash on the properties of cement and concrete. Cem. Concr. Res., 31, 491-494.
- Kula, I, Olgun, A, Sevinç, V., Erdoğan, Y., 2002. An Investigation on the use of lineal ore waste, fly ash and coal bottom ash as Portland cement replacement materials, Cem. Concr. Res., 32, 55-61.
- Recepoglu, O, Beker, Ü. 1991. A preliminary study on boron removal from Kizildere / Turkey geothermal waste water, Geothermics, 20, 83-89.
- Seals, R.K. 1977". Properties of bottom ash / boiler slag and fly ash, short course on Technology and Utilization of Power Plant Ash, West Virginia Univ., West Virginia, March 6-9
- Seals, R.K. 1977". Use of power plants ash in structural fills, . short course on Technology and Utilization of Power Plants Ash, West Virginia Univ., West Virginia, March 6-9.
- Sebok, T., Simonik, J., Kuhsek, K. 2001. The compressive strength of sample containing fly ash with high content of calcium sulfate and calcium oxide. Cem. Concr. Res., 31, 1101-1107.
- Shannag, M. J. 2000. High strength concrete containing natural pozzolan and silica fume, Cem. Concr Res, 22,399-406
- Shannag, M. J., Yeinobali A. 1995. Properties of pastes, mortars and concretes containing natural pozzolan. Cem. Concr. Res.. 25,647-657.
- Shi, C, Day, R L. 2001. Comparison of different methods for enhancing reactivity of pozzolans, Cem. Concr. Res, 31, 813-818.
- Solera-Tishmack, J. K., McCarthy, G. J., Docktor, B., Eylans, K. E, Thompson, J. S, Hassett, D. J. 1995 High-calcium coal combustion by products- Engineering properties, enttngite formation, and potential application in solidification and stabilization of selenium and boron. Cem Cone. Res.. 25,658-670.
- Targan, S, Olgun, A, Erdoğan, Y , Sevinç, V. 2002. Effects of supplementary cementing material on the properties of cement and concrete, Cem Concr Res, 2096, 1-8
- TS 24 1994 Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deneysel Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 1227 1994 Deneysel Eleklere-Tel Kafesli Kare Göz Açıklıklı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3452 1984 Beton Kimyasal Katkı Maddelerin (Priz Süresini Ayarlayan ve Karışım Suyunu Azaltan), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.