

# BORAKS ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN ATIK MALZEMENİN ÇİMENTODA DEĞERLENDİRİLMESİ

**Mine ÖZDEMİR**

Doç.Dr.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Eskişehir, Türkiye

**Ali UĞURLU**

Kim. Yük. Müh.

DSİ TAKK  
Ankara, Türkiye

## ÖZET

Türkiye 803 milyon ton bor cevheri rezervi ile dünyadaki bor cevheri rezervinin yaklaşık % 63'üne sahiptir. Türkiye'deki en önemli bor cevherleri kolemanit, üleksit ve tinkaldir. Boraks üretiminde kullanılan tinkal minerali ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Bu üretim sırasında her yıl 120.000 ton katı atık ortaya çıkmakta ve bunların depolanması ekonomik ve teknik yönden ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Tinkalin konsantrale hale getirilmesi sırasında konsantrale tinkal ve boraks pentahidrat ünitelerinde ortaya çıkan bu katı atıklar 1. ve 2. kil pestili atığı (1. KPA ve 2. KPA) olarak bilinmektedir. Kil pestili atığı % 8-20  $B_2O_3$  içermektedir. Epeyce yüksek miktarda  $B_2O_3$  içeren bu atıkların değerlendirilememesi ülke ekonomisi için bir kayıp olduğu gibi çevre açısından da sorun oluşturmaktadır. Ayrıca boraks atıkları kil minerali ile aynı bileşenleri içermesi nedeniyle hafif bir puzolanik karakter taşımaktadır. Bu nedenlerden dolayı söz konusu atık malzemenin çimento içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmada, kil pestili atıkları katkı maddesi olarak Portland çimentosuna katılmış ve kil pestili oranının çimento yapısı üzerindeki etkisi taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Türk Standartları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 1. ve 2. kil pestili atık malzemesinin sırasıyla % 5 ve % 7 oranlarında çimento içerisinde katkı maddesi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

## GİRİŞ

Türkiye dünya bor rezervlerinin yaklaşık % 63'ne sahip olup yıllık 1,72 milyon ton boraks minerali ve bileşikleri üretimiyle ABD'den sonra dünya ölçeğindeki en büyük bor üreticisidir [1]. Türkiye'deki bilinen bor rezervi 803 milyon ton olup tahmin edilen rezerv ise 2,40 ila 3,20 milyar ton arasındadır. Bor yatakları Zonguldak- Mersin hattının batısında kalan neojen göl tortulları içerisinde yer alır. Emet ve Bigadiç kolemanit yatakları ile Kırka'daki tinkal yatakları dünyanın sayılı boraks cevherleri olarak gösterilmektedir [2]. Etibank Kırka Boraks Tesislerinde konsantre tinkal, boraks pentahidrat ve susuz boraks üretimi esnasında; 1. ve 2. kil pestili ve şlam gibi konsantratör atıkları ile elektüstü ve 2. kademe atıkları adı verilen değişik atık malzemeler ortaya çıkmaktadır [3]. Tesiste her yıl 120 bin ton civarında kil pestili atığı ortaya çıkmakta ve bu malzeme hiçbir şekilde değerlendirilmemektedir. Tesisten çıkan diğer atık maddeler de dikkate alındığında her yıl gittikçe artan bir atık sorununun varlığı kolayca anlaşılabilir. Atık maddeler içerisinde % 8 ile % 20 arası bor oksit bulunması depolanmanın iyi yapılamaması durumunda çevre ve insan sağlığı için ciddi bir tehdit olarak algılanabilir. Günlük 20 mg boraks alımının hastalıklara, bu dozun üzerindeki alımların ise ölümlere neden olduğu bilinmektedir [4, 5]. Atık malzemelerin insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde depolanmasının yüksek maliyeti ise sorunun başka bir boyutudur. Son yıllarda atıklara değerlendirilebilecek bir malzeme olarak bakılması sonucu birçok atık malzeme sanayide değişik şekilde kullanılır olmuştur. Kimyasal ve fiziksel yapısı içine katılacağı esas malzemeye uygun olan ya da ona uygun hale getirilen atık malzemeler yapı malzemesi üretiminde; özellikle çimento, harç, beton, tuğla kiremit, yol vs yapımında kullanılır olmuştur [6,7].

## AMAÇ

Çalışmanın amacı, tinkalin konsantre hale getirilmesi sırasında konsantre tinkal ve boraks pentahidrat ünitelerinde ortaya çıkan ve depolanması gerek teknik ve gerekse de ekonomik açıdan önemli bir yatırımı gerektiren, kimyasal yapısından da anlaşılacağı üzere kil içerisindeki aktif bileşenleri içeren atık malzemenin kalsine edilmeden çimento içerisinde değerlendirilmesidir. Çimento içerisine sadece öğütülerek katılan ve bu nedenle çimento maliyetini düşüren bu atık malzemenin çimento özelliklerini hangi yönde ve ne kadar değiştirdiği çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## DENEYSEL ÇALIŞMALAR

## Kullanılan Malzemeler

Çalışmalarda kullanılan 1. ve 2. kil pestili atığı Etibank Kırka Boraks tesislerinden alınmış olup, kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. 1. ve 2. kil pestili atık malzemelerinin özellikleri

Oksit bileşenler	1. Kil pestili, %	2. Kil pestili, %
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,78	9,63
CaO	15,86	20,24
MgO	14,26	17,31
SiO <sub>2</sub>	15,47	12,09
Na <sub>2</sub> O	6,13	5,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,05	1,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,72	1,44
K <sub>2</sub> O	1,36	1,04
Kızdırma kaybı	23,37	31,3
Özgül ağırlık, gr/cm <sup>3</sup>	2,24	2,08
Özgül yüzey, cm <sup>2</sup> /gr	2820	2830
Priz süresi saat. dak		
başlangıç	28, 15	21, 3
bitiş	116, 23	93,17
200µm elekte kalan, %	0,9	0,8
90µm elekte kalan, %	11,3	10,3

Görüleceği üzere kil pestili (KPA) olarak tanımlanan malzeme içerisinde çimentolu hidrolik bağlayıcılar için önemli sayılan silis, alümina ve demir oksit gibi bileşenler mevcuttur. Her ne kadar tras standardı TS 25 ve ASTM C 618’e göre bir malzemenin puzolanik aktivitesi için bu “üç bileşenin malzeme içerisinde en az % 70 olması gerekir” koşulu sağlanmasa da bu bileşenlerin toplam yüzdesinden kil pestili atığının düşük de olsa puzolanik bir özellik taşıdığı açıktır [8,9].

Hazırlanan harç örneklerde kullanılan çimento Eskişehir Çimento Fabrikasının üretmiş olduğu Portland Çimentosu (PÇ 42.5)’dur. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 2’ deki gibidir [10, 11].

Tablo 2. Kullanılan Portland çimentosunun (PÇ42.5) özellikleri

Oksit bileşenler,%	Ağırlıkça, %	Fiziksel özellikler	
CaO	63,17	Öz. ağırlık, gr/cm <sup>3</sup>	3,08
MgO	1,25	Öz. yüzey, cm <sup>2</sup> /gr	3450
SiO <sub>2</sub>	21,24	Basınç dayanımı, MPa	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,96		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,16		
Na <sub>2</sub> O	0,06		
K <sub>2</sub> O	0,50	Çekme dayanımı,MPa	
SO <sub>3</sub>	2,35		
Cl	0,002		
Kız. kaybı	2,20	2 gün	1,9
Çöz. kalıntı	1,10	7 gün	3,5
		28 gün	6,5
		Priz süresi, saat, dak	
		başlangıç	2,30
		bitiş	3,25
		Hacim gen, mm	3,0

Çalışma öncesi; KPA laboratuvar ortamında 2 ay bekletilerek havada kurutulmuş ve daha sonra etüvde 60 °C 'de 1 saat bekletilerek öğütülmüştür. Öğütülen malzeme 0.0125 mm elekten elenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Çalışmalarda TS 24 standardı esas alınarak örnekler hazırlanmış ve biri katkısız diğerleri çimentodan % 1,0; 1,5; 2,5; 5,0; 7,5; 10; 15; 20 eksilti olarak yerine katkı ilave edilen toplam 9 seri harç örneği üretilmiştir [12]. Çalışmalar 1. ve 2. KPA örnekleri için ayrı ayrı tekrar edilmiştir. Hazırlanan harç (4x4x16)cm boyutlarında prizma şekilli kalıplara dökülmüştür. Her bir deney için 3 adet örnek hazırlanmıştır. Taze harç kalıplara yerleştirildikten sonra harici vibratör ile sıkıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler laboratuvar ortamında 24 saat bırakılmış sonra sonunda kalıplardan çıkarılarak 20 ± 1 °C lik kür havuzuna alınarak 28 gün boyunca kür edilmiştir.

## ELDE EDİLEN SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

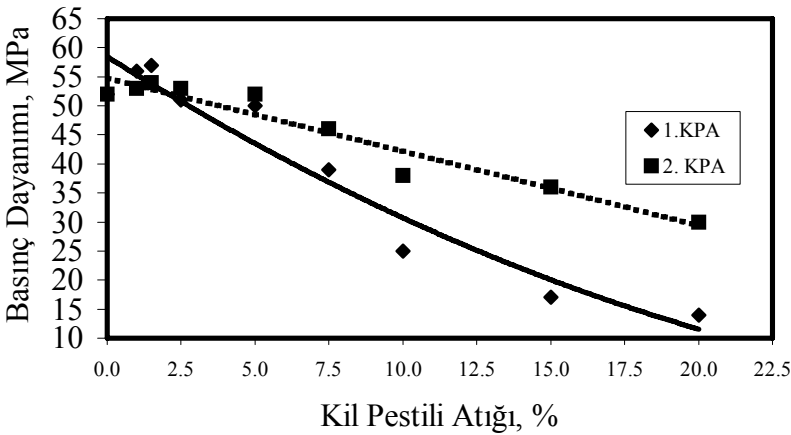
### Basınç Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen örneklerden elde edilen sonuçlar Tablo 3 ve Şekil 1' den görülebilir. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere KPA çimento (dolayısıyla harç ve beton) içerisinde % 2,5 oranında kullanılabilir. Bu oranların üzerinde KPA'nın kullanılması durumunda dayanımda kayıplar meydana gelmekte, atık yüzdesinin artışı ile dayanım

Tablo 3. Sertleşmiş beton deneyleri sonuçları

Kodu	Katkı %	Basınç day., MPa		Çekme day., MPa	
		1. KPA	2. KPA	1. KPA	2. KPA
KPA <sub>0</sub>	0,0	52	52	7,2	7,2
KPA <sub>1</sub>	1,0	56	53	8,1	7,8
KPA <sub>1,5</sub>	1,5	57	54	8,4	8,0
KPA <sub>2,5</sub>	2,5	51	53	7,2	7,9
KPA <sub>5</sub>	5,0	50	52	7,0	7,3
KPA <sub>7,5</sub>	7,5	39	46	6,4	6,9
KPA <sub>10</sub>	10	21	38	4,4	6,4
KPA <sub>15</sub>	15	17	36	2,1	5,7
KPA <sub>20</sub>	20	14	30	-	4,6

1. (-): Deneyde değer elde edilememiştir



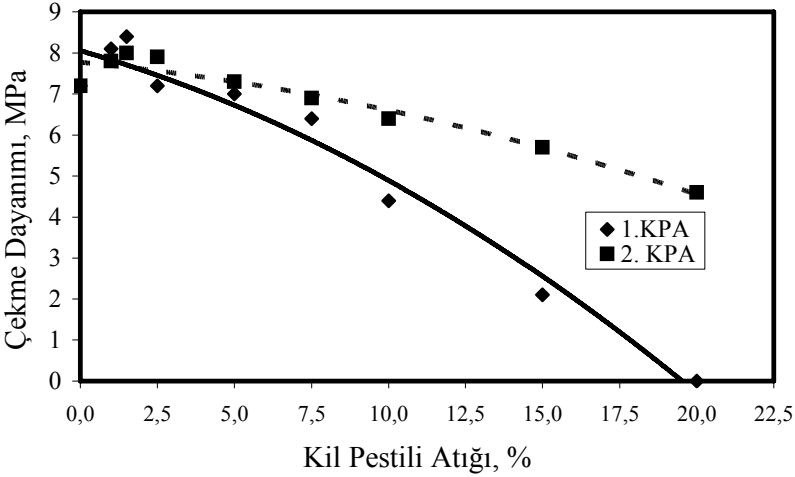
Şekil 1. Basınç dayanımının kil pestili içeriğine göre değişimi.

kayıplarında da artışlar kaydedilmektedir. Bor oksit içeriğinin düşük olduğu 2. kil pestili ile üretilen karışımlarda ise katkı kullanım oranını % 5'lere kadar çıkarmak olasıdır. 2. KPA kullanılarak hazırlanmış örneklerde atık miktarının % 5'ten fazla olması durumlarında bile şahit örneğe göre ortaya çıkan dayanımdaki azalmalar 1. KPA kullanılarak hazırlanmış örneklere göre daha düşüktür. Bu, daha düşük bor oksit içeriğinden kaynaklanan bir durumdur. Buna karşılık daha yüksek bor içeriğine sahip olan 1. KPA kullanılarak üretilen örneklerin basınç dayanımı, % 1,5 katkı içeriğine kadar şahit ve 2. KPA örneklerinin basınç dayanımlarından daha yüksektir.

### Çekme Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çalışmalar kapsamında üretilen harç numuneler üzerinde gerçekleştirilen çekme dayanımı sonuçları Tablo 3 ve Şekil 2' de verilmiştir. Görüleceği üzere elde edilen çekme dayanımı sonuçları KPA'yı çimento içerisinde % 2,5' lara

kadar, hatta bor içeriğinin düşük olduğu 2. kil pestili atığının kullanıldığı örneklerde % 5'lere kadar değerlendirmek olasıdır. Daha yüksek katkı içeriklerinde artan katkı içeriğine bağlı olarak çekme dayanımında azalmalar meydana gelmektedir. 1. KPA ile üretilen ve düşük katkı içeren (% 1,5'a kadar) numunelerin çekme dayanımı aynı oranda 2. KPA içeren karışım ve şahit örnek sonuçlarına göre daha yüksektir. Elde edilen çekme dayanımı sonuçları basınç dayanımı sonuçlarıyla da uyumludur.



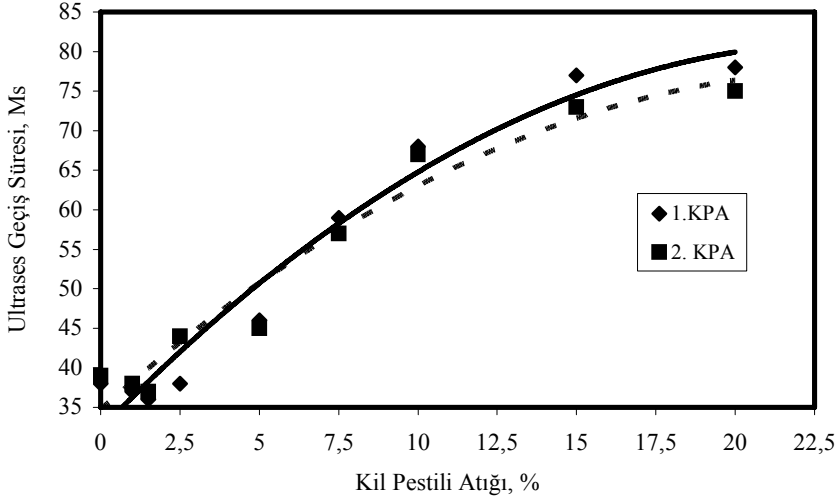
Şekil 2. Çekme dayanımının kil pestili içeriğine göre değişimi.

### Ultrases Geçiş Süresi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4 ve Şekil 3 incelendiğinde, düşük yüzdelerde (% 2,5' a kadar) kil pestili atığı kullanımı ile beton içyapısında herhangi bir kusur oluşmadığı atık oranının yükselmesi ile geçiş süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Bu durum büyük olasılıkla birim ağırlık sonuçlarından da görüleceği üzere beton yoğunluğunun düşük de olsa azalması ile ilgili bir durumdur. Elde edilen sonuçların basınç ve çekme dayanımı sonuçları ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Tablo 4. Ultrases geçiş hızı ve birim ağırlık deney sonuçları

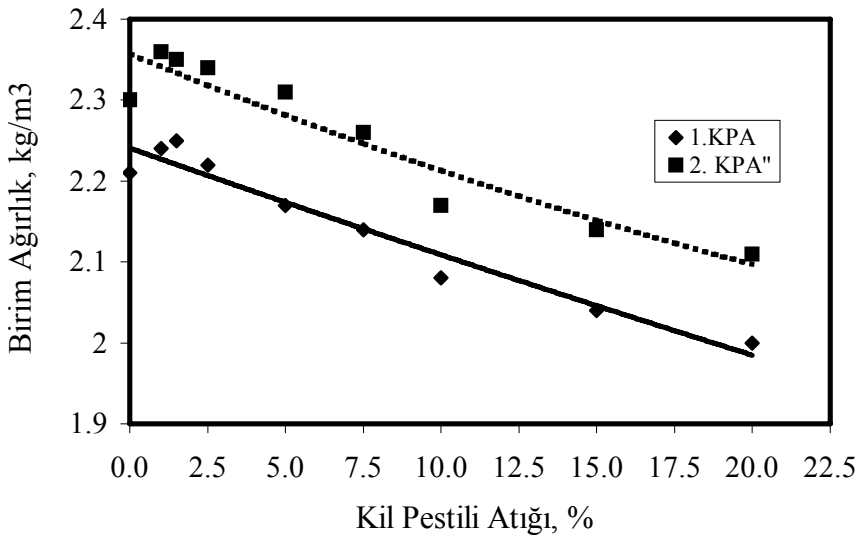
Kodu	Katkı %	Ultrases geç. hızı, $\mu$ s		Birim ağı., $\text{kg/m}^3$	
		1. KPA	2. KPA	1. KPA	2. KPA
KPA <sub>0</sub>	0.0	38	39	2.21	2.30
KPA <sub>1</sub>	1.0	37	38	2.24	2.36
KPA <sub>1,5</sub>	1.5	36	37	2.25	2.35
KPA <sub>2,5</sub>	2.5	38	44	2.22	2.34
KPA <sub>5</sub>	5.0	46	45	2.17	2.31
KPA <sub>7,5</sub>	7.5	59	57	2.14	2.26
KPA <sub>10</sub>	10	68	67	2.08	2.19
KPA <sub>15</sub>	15	73	73	2.04	2.14
KPA <sub>20</sub>	20	78	75	2.02	2.10



Şekil 3. Ultrases geçiş hızının kil pestili içeriğine göre değişimi.

### Birim Ağırlık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4 ile Şekil 4'den görüleceği üzere birim ağırlık deney sonuçları da önceki deney sonuçları ile uyumlu ve aynı eğilimleri gösterir niteliktedir. Burada da her iki KPA'nın % 2,5' lara kadar kullanılması ile birim ağırlıklarda hafif bir artış meydana gelmekte daha yüksek atık içeriklerinde ise hafif azalmalar ortaya çıkmaktadır. 2. KPA kullanılarak elde edilen sonuçlar birim ağırlık açısından 1. KPA ile üretilen örneklerle göre biraz daha yüksektir. Bu durum atığın bor içeriği ile açıklanabilir.



Şekil 4. Birim ağırlığın kil pestili içeriğine göre değişimi.

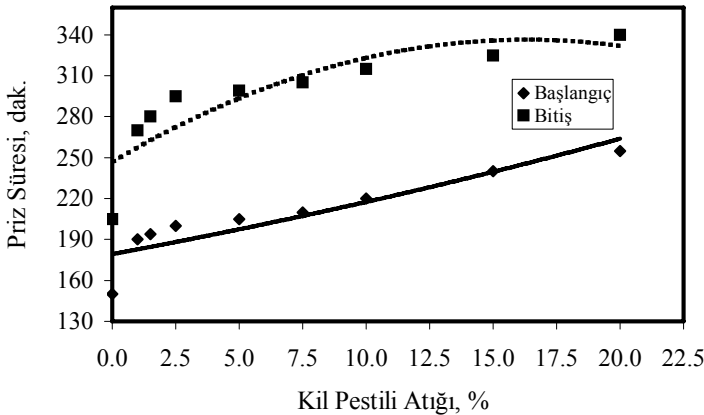
### Priz Süresi ve Hacim Genleşmesi Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 1'den görüleceği üzere bor içeren kil pestili atığının priz başlangıç ve bitiş süresi Portland çimentosu için tanımlanan limitlerin çok üzerindedir. Bu nedenle kil pestili atığı ile üretilen harç örneklerinin de priz başlangıç ve bitiş süreleri Tablo 5, Şekil 5 ve 6'dan görüleceği üzere Portland çimentolarına göre daha uzundur. Bu durum kil pestili içerisindeki bor oksit yüzdesi ile yakından ilgilidir. Hazırlanan harç örneklerindeki katkı miktarının artması ile örneklerin priz süreleri de uzamaktadır. Bu nedenle 1. KPA ile üretilen örneklerin priz süreleri 2. KPA kullanılarak üretilen örneklere göre daha uzundur.

Tablo 5. Priz süresi ve hacim genleşmesi deney sonuçları

Kodu	Katkı %	Priz süresi, saat. dak				Hacim gen.,mm	
		1. KPA		2. KPA		1.KPA	2.KPA
		baş.	btş.	baş.	btş.		
KPA <sub>0</sub>	0,0	2,30	3,25	2,30	3,25	3	3
KPA <sub>1</sub>	1,0	3,10	4,30	2,40	3,05	3	3
KPA <sub>1,5</sub>	1,5	3,14	4,40	2,50	3,25	3	3
KPA <sub>2,5</sub>	2,5	3,20	4,55	3,05	3,44	4	3
KPA <sub>5</sub>	5,0	3,25	4,59	3,18	3,55	4	3
KPA <sub>7,5</sub>	7,5	3,30	5,05	3,25	4,00	4	3
KPA <sub>10</sub>	10	3,40	5,19	3,35	4,15	4	3
KPA <sub>15</sub>	15	4,00	5,25	3,40	4,30	3	2
KPA <sub>20</sub>	20	4,15	5,40	3,55	4,55	2	2

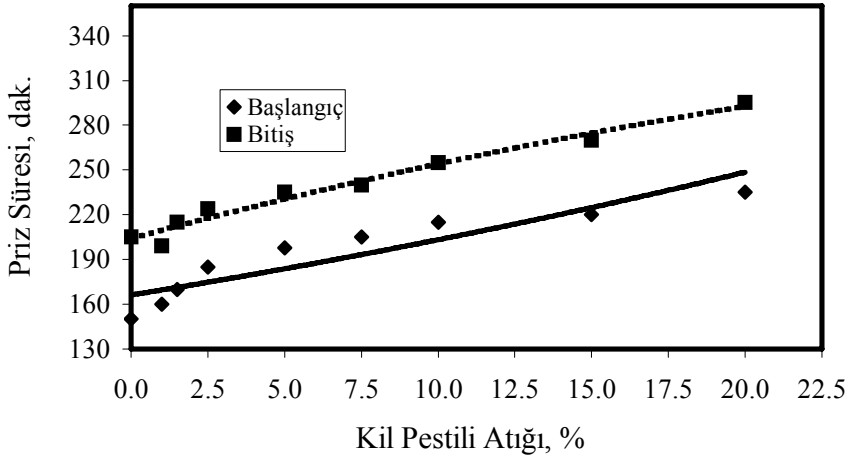
Tablo 5, Şekil 5 ve 6'dan görüleceği üzere, prizde bir gecikme olmakla birlikte % 2,5 katkı içeriğine kadar priz başlangıcı % 25 – 35, priz sonu ise % 40 – 50 oranında uzamaktadır. Priz süresi gecikmesinin istenmediği durumlarda harç ya da beton içerisine



Şekil 5. Priz süresinin 1. KPA içeriğine göre değişimi.

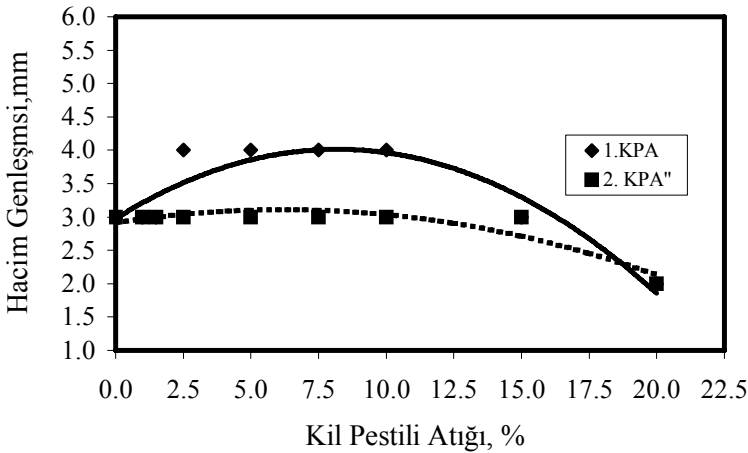


priz hızlandırıcı bir katkı maddesi katılarak bu sorun çözülebilir. Buna karşılık katkılı harç ya da betonların bu özellikleri ile sıcak bölgelerde kullanımı bir avantaj teşkil edebilir. Elde edilen sonuçlar TS 19'a göre değerlendirildiğinde priz başlangıcının geciktiği buna karşılık priz bitiş sürelerinin sınırlar içerisinde kaldığı görülmektedir.



Şekil 6. Priz süresinin 2. KPA içeriğine göre değişimi.

• Kullanılan kil pestili atıklarının herhangi bir hacimsel genişlemeye neden olup olmadığını tespit etmek üzere TS 24'e göre deneyler yapılmış ve sonuçlar Tablo 5 ile Şekil 7'de verilmiştir. Bilindiği üzere çimento içerisinde fazla miktarda serbest kireç (CaO) veya



Şekil 7. Hacim genişmesinin kil pestili içeriğine göre değişimi.

serbest magnezyum oksit (MgO) bulunması hacim genişmesine neden olur. Çalışmalarda kullanılan kil pestili atık malzeme içerisindeki toplam

CaO ve MgO miktarları Portland çimentosundan daha düşüktür. Katkı maddesinin çimento içerisinde düşük yüzdelerde kullanılması gerçeği de göz önüne alındığında yapılan çalışmalarda yüksek ölçüde bir hacim genişmesi gözlenmemiştir. Elde edilen genişleme deneyleri sonuçları TS 19' da belirtilen limitler içerisinde dir.

### SONUÇ

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kil pestili olarak adlandırılan boraksız atıkların çimento, harç ve dolayısıyla beton içerisinde değerlendirilebilirliğinin mümkün olduğu anlaşılmıştır. Yeni çimento standartları incelendiğinde; çimento içerisinde çimentonun fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkilemeyen her türlü mineral katkı malzemesinin kullanılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Bu nedenle kil pestili atıklarının, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı gibi mineral katkılarla birlikte çimento içerisinde yeniden değerlendirilmesinde fayda vardır.

Çalışmayı sonuçları açısından özetlersek;

1. Bor içeren KPA' lı çimento, harç ya da beton içerisinde priz geciktirici bir karakter taşımaktadır. Bu özeliği nedeniyle çimento üretiminde; priz geciktirmek için çimentoya katılan jips yerine de kullanılabilir. Ayrıca, özellikle sıcak bölgelerdeki harç ya da beton uygulamalarında, soğuk derzin önlenemediği durumlarda, betonun uzun süre taşınmasının gerektiği hallerde çimento, harç ya da beton içerisinde KPA' ğı kullanılmasında fayda vardır.
2. Harç içerisine düşük yüzdelerde (% 3) kil pestili atığı katılması sonucu basınç ve çekme dayanımında az da olsa artışlar meydana geldiği görülmüştür. Bor oksit yüzdesi düşük katkıların (2.KPA) kullanımı ile harca katılan katkı miktarı (% 5'lere kadar) artırılabilir. Bu durum teknik yönden daha iyi bir çimento üretimi için doğru bir uygulama olacaktır. Bununla birlikte daha yüksek oranda kil pestili kullanımı da mümkündür. Örneğin 1. KPA % 5 ve 2. KPA'da % 7 oranlarında kullanıldığında çimentonun teknik özellikleri priz süresinin dışında önemli ölçüde değişmemektedir. Buna karşılık çimento ekonomisi bakımından bu oranlarda kil pestili atığı kullanılmasında fayda vardır. Pişirmeden öğütme sırasında klinkere katılması nedeniyle atık katkılı çimentoların üretim maliyeti de daha düşük olacaktır.
3. KPA'larının çimentoda değerlendirilmesi ile harç iç yapısında herhangi bir olumsuz durum meydana gelmemiş aksine düşük yüzdelerdeki kullanımı ile ultrases geçiş sürelerinden de görüleceği üzere daha yoğun bir iç yapı elde edilmiştir. Bu durum teorik olarak üretilen malzemenin geçirimsizliğini olumlu yönde etkileyecek ve onu durabilite yönünden de güçlendirecektir.

4. Atık malzeme içerisindeki bor oksit miktarının çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bu etki, yüksek bor oksit içeriğindeki 1.KPA'nın çok düşük oranda kullanılmasından (%2,5'a kadar) çimento özellikleri olumlu etkilenmektedir. Düşük bor oksit içeriğindeki 2. KPA'nın kullanımında ise yüksek oranda kullanılmasına karşın (% 7' ye kadar) çimento özelliklerini ya hiç etkilenmemekte ya da az da olsa olumlu etkilenmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Özdemir, M.,Öztürk, N. U., utilization of clay wastes containing boron as cement additives, CRR Journal, 33 (2003), pp 1659-1661
2. Elbeyli, İ.Y., Boraks ve borik asit üretiminde ortaya çıkan katı atıkların çimento sanayinde değerlendirilmesi, YTÜ Yüksek lisans tezi, İstanbul, 2000
3. Ediz, N., Kırka boraks işletmesi atık killerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması, OGÜ Yüksek lisans tezi, Eskişehir , 1994
4. Genç, H., Ayas, A. P.,Yaylı, N, Protecting environment: evaluation techniques for waste – mud produced by boric acid and borax factories, Journal of Qafqaz University, vol 1, number 1 1997
5. Rand, MC., Agnold, E., Micheal, J., Standart methods, American Public Health Association, 14 th Edition, Washington, 1975
6. Boncukcuoğlu, Yılmaz, M. T., Kocakerim, M.M., Tosunoğlu, V., Utilization of trommel sieve waste as an additive in Port. Cem. production, CCR, 32 (2002), pp. 35-39
7. Pınarlı, V., Uğurlu, A., Atıksu arıtım çamuru külünün beton malzemesi olarak kullanılması, Beton Prefabrikasyon, ekim 2000, sayı.56
8. Türk Standartları, Tras, Türk Standartları Enstitüsü (TS 25), Nisan 1975
9. ASTM C 618, fly ash and row or colcined natural puzzolan for use as a mineral admixture in portland cement, Concrete, 1991
10. Türk Standartları, Çimentoların Kimyasal analiz metodları (TS 687), Türk Standartları Enstitüsü,1977
11. Türk Standartları, Portland Çimentoları (TS 19), Türk Standartları Enstitüsü,1984
12. Türk Standartları, Çimentoların fiziki ve mekanik deney metotları (TS 24), Türk Standartları Enstitüsü,, eylül, 1985