

Bor İçeren Kil Atıkların Çimento İçerisinde Değerlendirilmesi

Evaluation of Boron Containing Clay Wastes in Cement

A. Uğurlu
DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı, 06100, Yücepete, Ankara, Turkey

M. Özdemir,
Osmanğazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendislik Bölümü, 26480, Eskişehir

İ Topçu
Osmanğazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir

ÖZET: Bu çalışmada, tinkal üretimi sırasında boraks minerali konsantre hale getirilirken ortaya çıkan ve kil pestili olarak adlandırılan katı atıkların çimento içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Boraksın saflaştırılması sırasında her yıl binlerce ton katı atık ortaya çıkmakta ve bunların depolanması ekonomik ve teknik yönden ciddi sorunlar yaratmaktadır. Boraks atıkları kil minerali ile aynı bileşenleri içermesi nedeniyle hafif bir puzolanik karakter taşımaktadır. Buradan hareketle, çalışmada söz konusu atık malzemenin çimento içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çimento inceliğinde öğütülen kil pestili atığı Portland Çimentolu harç içerisine değişik oranlarda katılarak hazırlanmıştır. Elde edilen harç numuneler üzerinde taze beton ve setleşmiş beton deneyleri yapılarak kil pestilinin çimento içerisindeki davranışı ve çimentolu harç numuneler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlar şahit numuneler ve Türk Standartları (TS) ile karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT: Every year, large quantities of clay wastes are formed during the productions of boron compounds by the Plants of Etibank Kırka Borax. The disposal of clay wastes cause economical loss, and some technical and environmental problems. Clay wastes have a slight pozzolonic character because of consisting of components the same as those of clay mineral. For that reason, in this study, the effects of clay wastes containing boron on the mechanical properties of mortar were investigated. Clay wastes ground at the fineness of the cement with different proportion were added as cement additive in the mortar. The effects of clay on the workability and strength of mortar were analyzed by fresh and hardened concrete. The results obtained were compared with control mortar and Turkish Standarts (TS).

1. 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 (Özdemir ve Öztürk, 2000). Türkiye'deki bilinen bor rezervi 803 milyon ton olup tahmin edilen rezerv ise 240 ila 320 milyon 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 borat cevherleri olarak gösterilmektedir. Bu borat oluşumları, önemli ölçüde tinkal, kolemanit ve ülefsit minerallerinden meydana gelmiştir. Bor minerallerinin bir kısmı

bazı uygulamalarda doğrudan, büyük bir çoğunluğu da tesislerde işlenerek konsantre tinkal, boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum perborat şeklinde yüksek boraks içeriğine sahip bor bileşikleri halinde sanayide kullanılır (Elbeyli, 2000). Çalışmalarımızda Kırka yöresindeki boraks yataklarından çıkarılan ve Etibank tarafından işletilen tesiste tinkal üretimi sırasında cevher zenginleştirilmesi prosesinde ortaya çıkan, içerisinde borik oksit yanında temel kil minerallerinin de bulunması nedeniyle *kil pestili* olarak isimlendirilen atık malzeme kullanılmıştır.

Etibank Kırka Boraks Tesislerinde her yıl yaklaşık 800 bin ton konsantre tinkal, 160 bin ton boraks pentahidrat ve 60 bin ton susuz boraks üretimi

A. Uğurlu, M. Özdemir, I Topçu

yapılmaktadır. Üretim esnasında; 1. ve 2. kil pestili ve şlam gibi konsantratör atıklar ile elek üstü ve 2. kademe atıklar adı verilen atık malzemeler ortaya çıkmaktadır (Ediz, 1994). Tesiste her yıl 120 bin ton civarında 1. ve 2. 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 sorunun varlığı kolayca anlaşılabilir.

Değişik atık maddeler içerisinde % 8 ile % 25 arası borik 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 (Genç vd., 1997; Rand vd., 1975). Atık malzemelerin insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde depolanmasının yüksek maliyeti ise sorunun ciddiyetinin başka bir boyutudur. Bu durum günümüzde birçok sanayileşmiş ülkede olduğu gibi bizim de önümüze atık malzemelerin katkı maddesi olarak değerlendirilmesi zorunluluğunu koymaktadır-

Özellikle son yıllarda atıklara değerlendirilebilecek bir malzeme olarak bakılması sonucu, daha önce değerlendirilmeyen ve bir problem olarak düşünülen bir çok atık malzemenin sanayide değişik jnamul üretimlerinde kullanılması sağlanmıştır. Bu nedenle kimyasal ve fiziksel yapısı içine katılacağı esas malzemeye uygun olan yada ona uygun hale getirilen atık malzemeler yapı malzemesi üretiminde; özellikle çimento, harç, beton, tuğla kiremit, yol vs yapımında kullanılır olmuştur. Böylece atıkların depolanmasına bir çözüm getirildiği gibi ekonomik olarak daha ucuz ve kaliteli yeni ürünler elde etmenin olanağı da yaratılmıştır (Boncukçuoğlu vd., 2002; Pmarlı ve Uğurlu, 2000).

2.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Kullanılan malzemeler

Çalışmalarda kullanılan 1. ve 2. konsantratör kil pestili atığı Etibank Kırka Boraks tesislerinden alınmış olup tespit edilen özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kil pestili atığı olarak tanımlanan malzeme içerisinde çimentom hidrolik bağlayıcılar için önemli sayılan silisli, alüminli ve

demir oksitli bileşenler mevcuttur. Her ne-kadar tras standardı TS 25 ve ASTM C 618'e göre bir malzemenin puzolanik aktivitesi için btt "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.

Çizelge 1. 1. ve 2. Kil pestili atık malzemesinin özellikleri.

<i>Bileşen</i>	1. Kil pestili, %, ağırlıkça	2.Kil pestili, %, ağırlıkça
B ₂ O ₃	19.78	9.63
CaO	15.86	20.24
MgO	14.26	17.31
SiO ₂	15.47	12.09
Na ₂ O	6.13	560
Al ₂ O ₃	2.05	135
Fe ₂ O ₃	1.72	144
K ₂ O	1.36	1.04
Kızdırma kaybı	23.37	31.3
Oz. ağırlık, gr/cm ³	2.24	2.08
Oz. yüzey.cnrvgr	2820	2830
Priz sür, saat. Dak		
başlangıç	28.15	21.3-
•bitiş	116.23	93.17
200fin elk. kâan,%	0.9	0.8
90nmelk. kalan,%	11.3	10.3

Hazırlanan harç numunelerde kullanılan çimento Eskişehir Çimento fabrikasının üretmiş olduğu Portland Çimentosu (PC 42.5)'dur. Çalışmalarda kullanılan kil pestili atığının bir katkı maddesi olarak düşünülmesi ve çimentoya katılan bu malzemenin etkisinin net olarak görülebilmesi için çalışmalarda katkısız çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir (TS 19; TS 687).

Çizelge 2. Kullanılan Portland Çimentosunun (PC42.5) özellikleri

<i>Bileşen</i>	<i>Ağırlıkça, %</i>	<i>Fiziksel özellikler</i>	
CaO	63.17	Oz.ağırlık,gr/cm ³	3.08
MgO	1.25	Öz. yüzey, cm ² /gr	3450
SiO ₂	21.24	Basınç day., /mm ²	
Al ₂ O ₃	4.96	2 gün	2Q.2
Fe ₂ O ₃	3.16	7 gün	38.2
*Ja ₂ O	0.06	28 gün	49.0
K ₂ O	0.50	Çekme day., /mm ²	
SO ₃	2.35	2 gün	19
Cl	0.002	7 gün	3.5
Kız. kaybı	2.20	28 gün	6.5
Çöz.kalıtıf	1.10	Priz sür, saat, dak	
		başlangıç	2.30
		•bitiş	3 25
		Hacim gen, mm	3

Katkı maddesi olarak çimento yada harç (dolayısıyla beton) içerisinde değerlendirilmek amacıyla alman kil pestili atıkları laboratuvar ortamında 2 ay bekletilerek havada kurutulmuş ve sonra etüvde 60 °C'de 1 saat bekletilerek öğütülmüştür. Öğütülen mateme -100 snesh (ortalama 0.0125 mm) elekten elenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Çalışmalarda TS 24 standardı esas alınarak çalışmalar yürütülmüştür. Numuneler hazırlanırken biri katkısız diğerleri çimentodan %1, 1.5, 2.5, 5, 7.5, 10, 15, 20 eksiltiyle yerine katkı ilave edilen toplam 9 seri harç numunesi üretilmiştir. Çalışmalar 1. ve 2. M pestili atığı, numuneleri için ayı-ayn tekrar edilmiştir.

Çalışmalarda TS 24'de belirtilen esaslar dahilinde harç numuneler hazırlanırken 450 gr çimento, 1350 gr standart harç kumu ve 225 ml su kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Harç karıştırma makinesinde hazırlanan, iaze harç 4x4x16 cm boyutlarındaki prizma şekilli kalıplara dökülmüştür. Her bir deney için 3 adet numune hazırlanmıştır. Taze beton numunelerine priz süresi ve hacim genişmesi deneyleri yapılmıştır.

Taze harç kalıplara yerleştirildikten sonra harici vibrator vasıtasıyla sıkıştırılmıştır. Hazırlanan numuneler laboratuvar ortamında 24 saat bırakılmış ve bu sürenin sonunda kalıplardan çıkarılarak 20 + I °C'lik kür havuzuna alınmıştır. Deney gününe kadar burada bekletilen numuneler deneyden önce havuzdan çıkarılarak doymun kuru yüzey durumuna getirilip sonra basınç dayanım, çekme dayanım, ultrases geçiş süresi ve birim ağırlık testleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlar şahit numuneler ve TS 19 esas alınarak yorumlanmıştır.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Tinkal üretiminde ortaya çıkan ve kil pestili olarak isimlendirilen atık malzemenin çimento, harç ve dolayısıyla beton içerisinde değerlendirilebilirliğini araştırmak üzere yürütülen çalışmalar kapsamında üretilen harç numuneler üzerinde basınç dayanımı, çekme dayanımı, ultrases geçiş süresi, birim ağırlık ve priz süresi deneyleri yapılmıştır. Aynı çalışma kapsamında harç " numuneler" üzerinde gerçekleştirilen dayanıklılık-kalıcılık deneyleri de halen devam etmektedir.

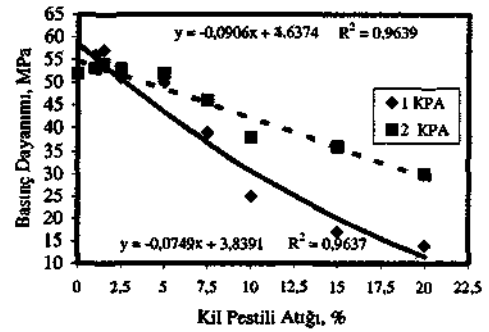
3d Basınç dayanımı sonuçları ve değerlendirilmesi

Çalışmalar kapsamında her bir kil pestili için biri katkısız (şahit) diğerleri katkılı olmak üzere 9 seri harç numune hazırlanmıştır. İki farklı kil pestili atığı ile toplam 18 seri, toplam 56 adet numune üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3 ve Şekil 1 üzerinde görülebilir. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere kil pestili atığı çimento (dolayısıyla harç ve beton) içerisinde % 1.5 hatta % 2.5 oranında kullanılabilir. Borik oksit içeriğinin düşük olduğu 2. kil pestili ile üretilen karışımlarda bu oranı % 5'lere kadar çıkarmak da olasıdır. Bu oranların üzerinde kil pestili atığının kullanılması ile dayanımda kayıplar meydana gelmekte, atık yüzdesinin artışı ile dayanım kayıplarında da artışlar kaydedilmektedir. 2. kil pestili kullanılarak hazırlanmış numunelerde atık miktarının % 5'ten fazla olması durumlarında şahit numuneye göre ortaya çıkan dayanımdaki azalmalar 1. kil pestili kullanılarak hazırlanmış numunelere, göre daha düşüktür. Bu, daha düşük borik oksit içeriğinden kaynaklanan bir durumdur.

Çizelge-3. Sertleşmiş beton deneyleri sonuçları, (€)

Kodu	Katkı %	Basınç day, N/mm ²		Çekme day, N/mm ²	
		1. KPA	2. KPA	1. KPA	2. KPA
KPA ₀	0	52	52	7.2	7.2
KPA ₁	1	56	53	8.1	7.8
KPA _{1.5}	1.5	57	54	8.4	8.0
KPA _{2.5}	2.5	51	53	7.2	7.9
KPA ₅	5	50	52	7.0	7.3
KPA _{7.5}	7.5	39	46	6.4	6.3
KPA ₁₀	10	21	38	4.4	6.4
KPA ₁₅	15	17	36	2.1	5.7
KPA ₂₀	20	14	30	-	4.6

/ KPA: 1. Kil pestili atığı 3 (**) Deneyde değer elde edilememiştir
2 KPA. 2. Kil pestili atığı 4. (*) -18 g/mlük deney sonuçları kullanılmıştır

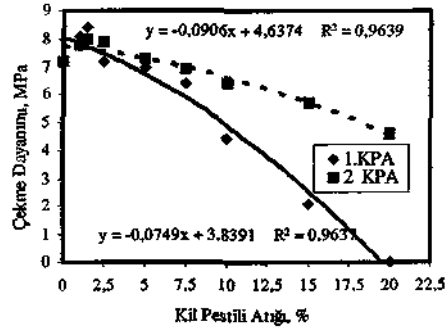


Şekil 1. Basınç dayanımının kil pestili içeriğine göre değişimi

Buna karşılık daha yüksek boraks içeriğine sahip olan 1. kil pestili kullanılarak üretilen numunelerin basınç dayanımı, % 1.5 katkı içeriğine kadar şahit ve 2. kil pestili numune basınç dayanımlarından daha yüksektir. 28 günlük numuneler için yapılan bu yorumlar 2 ve 7 günlük numuneler için de geçerlidir.

3.2 Çekme dayanımı sonuçları ve değerlendirilmesi

Çalışmalar kapsamında üretilen harç numuneler üzerinde gerçekleştirilen çekme dayanımı sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 2' de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere elde edilen çekme dayanımı sonuçları kil pestili atık malzemesini harç yada beton içerisinde %2.5' lara kadar, hatta boraks içeriğinin düşük olduğu 2. kil pestili



Şekil 2. Çekme dayanımının kil pestili içeriğine göre değişimi.

atığının kullanıldığı numunelerde % 5'lere kadar değerlendirmek olasıdır. Daha yüksek katkı içeriklerinde artan katkı içeriğine bağlı olarak çekme dayanımında azalmalar meydana gelmektedir. 1. kil pestili ile üretilen ve düşük katkı içeren (%1.5'a kadar) numunelerin çekme dayanımı aynı oranda 2. kil pestili içeren karışım ve şahit numune sonuçlarına göre daha yüksektir. Elde edilen çekme dayanımı sonuçları basınç dayanımı sonuçlarıyla da uyumludur.

3.3 Ultrases geçiş süresi sonuçlarının değerlendirilmesi

Tahribatsız olarak yapılan bu deneyde; çimento, harç ve betonun içyapısı, yoğunluğu, dinamik elastisite modülü gibi özellikleri hakkında bilgi

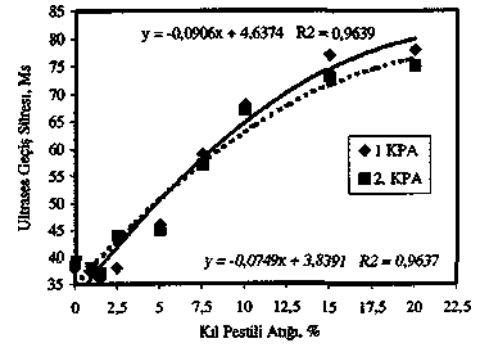
edinilebilir. Titreşim frekansı 20 KHz'den yüksek olan ses dalgalarının numunenin bir yüzeyinden gönderilip diğerinden alınması esasına dayanan bu deneyde ses dalgasının numune içersinden geçiş süresi tespit edilir. İç yapıda çatlak ve boşluk olması durumunda yada düşük yoğunluklu ve su/çimento oranı yüksek numunelerde bu sürenin uzadığı bilinir.

Çizelge 4. Ultrases geçiş hızı ve birim ağırlık deney sonuçları

Kodu	Katkı %	Ultrases geç. hızı, us		Birim ağır.kg/m ³	
		1.KPA	2. KPA	1.KPA	2. KPA
KPA ₀	0	38	39	2.21	2.30
KPA ₁	1	37	38	2.24	2.36
KPA _{1.5}	1,5	36	37	2.25	2.35
KPA _{2.5}	2,5	38	44	2.22	2.34
KPA ₅	5	46	45	2.17	2.31
KPA _{7.5}	7,5	59	57	2.14	2.26
KPA ₁₀	10	68	67	2.08	2.19
KPA ₁₅	15	73	73	2.04	2.14
KPA ₂₀	20	78	75	2.02	2.10

1.KPA: 1. Kil pestili atığı
2.KPA: 2. Kilpestili atığı 3(*) > 28 günlük deney sonucum)wlentlmp>

Sürenin kısalması, çatlaksız ve boşluksuz bir içyapı ve yüksek yoğunluğun ifadesi olarak değerlendirilir. Çizelge 4 ve Şekil 3'te verilen ultrases geçiş süresi deney sonuçları incelendiğinde düşük yüzdelerde (% 2.5'e kadar) kil pestili atığı kullanımı ile beton iç yapısında 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 ilgilidir. Elde edilen sonuçların basınç ve çekme dayanımı sonuçları ile uyumlu olduğu söylenebilir.

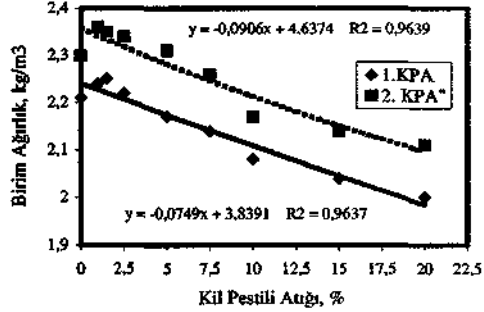


Şekil 3. Ultrases geçiş hızının kil pestili içeriğine göre değişimi

3.4 Birim ağırlık deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında serleşmiş numuneler üzerinde birim ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar

Çizelge 4 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Birim ağırlığın kil pestil içeriğine göre değişimi.

Çizelge 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 kil pestili atığının % 2,5'lara kadar kullanılması ile birim ağırlıklarda hafif bir artış meydana gelmekte daha yüksek atak içeriklerinde ise hafif azalmalar ortaya çıkmaktadır. 2. kil pestili atığı kullanılarak elde edilen sonuçlar birim ağırlık açısından 1. kil pestili atığı ile üretilen numunelere nazaran biraz daha yüksektir. Bu durum atık içerisindeki boraks içeriği ile açıklanabilir.

3.5 Priz süresi ve hacim genişmesi deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Bilindiği üzere priz süresini düzenlemek başka bir deyişle çimentonun ani priz yapmasını önlemek amacıyla üretim sırasında klinkere % 3 ila 6 arasında alçıtaşı (doğal jips) katılır. Benzer kimyasal yapısı nedeniyle boraks jipsi de bağlayıcı maddelerde bu amaçla kullanılabilir. Çizelge 1'den görüleceği üzere borakslı kil pestili atığının priz başlangıç ve bitiş süresi portland çimentosu için tanımlanan limitlerin çok üzerindedir. Bu nedenle kil pestili atığı ile üretilen harç numunelerinin de priz başlangıç ve bitiş süreleri Çizelge 5, Şekil 5 ve 6'dan da görüleceği üzere Portland çimentolana göre daha yüksektir. Daha doğru bir deyişle katkı

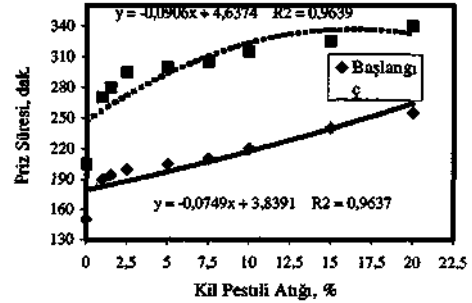
numunelerin Portland çimentolu şahit numunelere göre priz başlangıç ve bitiş süreleri daha uzundur. Bu durum kil pestili içerisindeki borik oksit yüzdesi ile yakından ilgilidir. Bu nedenle 1. kil pestili atığı ile üretilen numunelerin priz süreleri 2. kil pestili atığı kullanılarak üretilen numunelere göre daha uzundur. Hazırlanan harç numunelerdeki katkı miktarının artması ile numunelerin priz süreleri de uzamaktadır.

Çizelge 5. Priz süresi ve hacim genişmesi deney sonuçları

Kodu	Katkı %	Priz Süresi, saat.dak				Hacim Genies. mm	
		1. KPA		2. KPA		1. KPA	2.KPA
		baş.	btş.	baş.	btş.		
KPA ₀	0	2.30	3.25	2.30	3.25	3	3
KPA ₁	1	3.10	4.30	2.40	3.05	3	3
KPA _{1,5}	1,5	3.14	4.40	2.50	3.25	3	3
KPA _{2,5}	2,5	3.20	4.55	3.05	3.44	4	3
KPA ₅	5	3.25	4.59	3.18	3.55	4	3
KPA _{7,5}	7,5	3.30	5.05	3.25	4.00	4	3
KPA ₁₀	10	3.40	5.19	3.35	4.15	4	3
KPA ₁₅	15	4.00	5.25	3.40	4.30	3	2
KPA ₂₀	20	4.15	5.40	3.55	4.55	2	2

1.KPA: 1. Kil pestili atığı

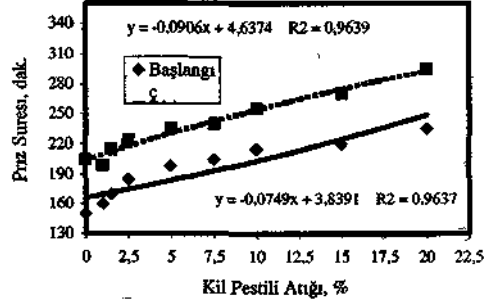
2.KPA: 2. Kil pestili atığı 3 (*): 28 günlük deney sonuçları kullanılmıştır



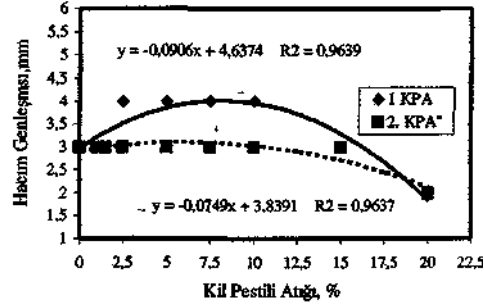
Şekil 5. Priz süresinin 1. kil pestili içeriğine göre değişimi

Çizelge 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 ölçüsünde uzamaktadır. Priz süresi gecikmesinin istenmediği durumlarda harç yada beton içerisinde priz hızlandırıcı bir katkı maddesi katılarak bu sorun çözülebilir. Buna karşılık katkı harç yada betonların bu özellikleri ile sıcak bölgelerde kullanımı bir avantaj teşkil etmektedir.

Elde edilen sonuçlar TS 19'a göre değerlendirildiğinde priz başlangıcının geciktiği buna karşılık priz bitiş sürelerinin limitler dahilinde kalmaktadır.



Şekil 6. Priz süresinin 2. kil pestili içeriğine göre değişimi.



Şekil 7. Hacim genişemesinin kil pestili içeriğine göre değişimi.

Kullanılan kil pestili atıklarının herhangi bir hacimsel genişmeye neden olup olmadığını tespit etmek üzere TS 24'de tarif edildiği gibi Le Chatelier aleti ile üretilen numuneler üzerinde hacim genişemesi deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5 ile Şekil 7'de verilmiştir.

Bilindiği üzere çimento içerisinde fazla miktarda serbest kireç (CaO) veya serbest magnezyum oksit (MgO) bulunması hacim genişemesine yol açar. Çalışmalarda kullanılan kil pestili atık malzeme içerisindeki CaO ve MgO miktarları Portland çimentosundan daha düşüktür. Bu nedenle hacim genişemesi konusunda olumsuz bir durum gözlenmemiştir. Elde edilen sonuçlar TS 19'a uygundur.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde kil pestili E Btği olarak adlandırılan ve tınkal üretimi sürecinde ortaya çıkan atıkların çimento, harç ve dolayısıyla beton içerisinde değerlendirilebilirliğinin olası olduğu görülmektedir. Sonuçlar özetlenirse:

1. Boraks içerikli kil pestili atığı çimento, harç yada beton içerisinde yapısındaki jips nedeniyle geciktirici olarak işlev görmektedir. Özellikle sıcak bölgelerdeki harç yada beton uygulamalarında teknik ve ekonomik yönden daha kullanılabilir bir yapı malzemesi için kil pestili katkı malzemeler üretilir-bilinir.

2. Harç içerisine düşük yüzdelerde (%1.5) kil pestili atığı katılması sonucu basınç ve çekme dayanımında az da olsa artışlar meydana geldiği görülmüştür. Borik oksit yüzdesi düşük katkıların (2. kil pestili) kullanımı ile harca katılan katkı miktar da (% 2.5'lara kadar) artırılabilir. Bu durum ekonomik ve teknik yönden daha doğru bir seçim olacaktır.

3. Kil pestili atıklarının harçta kullanımı beton iç yapısında, herhangi olumsuz bir sorun gözlenmemiş 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 güçlendirecektir.

Araştırmanın halen devam eden diğer sonuçlarının da elde edilmesi ile bu konuda daha sağlıklı değerlendirmeler yapmak mümkün olacaktır. Ancak şu ana kadar elde edilen sonuçlar göstermiştir ki daha önce farklı yapı malzemeleri içerisinde değerlendirilen bu atıklar harç ve beton içerisinde çimentolu bağlayıcılarla birlikte değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

ASTM C 618. 1991. *Fly Ash and Row or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement, Concrete*

Boncukcuoğlu, R., Yılmaz, M.T., Kocakerim, M.M., Tosunoğlu, V. 2002. *Utilization of Trommel*

Sieve Waste as an Additive in Portland Cement Production, CCR, 32,35-39

Ediz, N. 1994. *Kırka Boraks İşletmesi Atık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, OGÜ Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir

Elbeyli, İ.Y. 2000. *Boraks ve Borik Asit Üretiminde Ortaya Çıkan Katı Atıkların Çimento Sanayiinde Değerlendirilmesi*, YTU Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Genç, H., Ayaş, A.P., Yaylı, N. 1997 *Protecting Environment: Evaluation Techniques for Waste - Mud Produced by Boric Acid And Borax Factories*, Journal of Qafqaz University, Vol 1, Number 1

Rand, M.C., Agnold, E., Micheal, J 1975 *Standart Methods*, American Public Health Association, 14 th Edition, Washington

Özdemir, M., Öztürk, N.U. 2003 *Utilization of Clay Wastes Containing Boron as Cement Additives*, CRR Journal, 33,1659-1661

Pmarli, V., Uğurlu, A. 2000. *Atıksu Arıtım Çamuru Kulunun Beton Malzemesi Olarak Kullanılması*, Beton Prefabrikasyon, Sayı 56

TS 19. 1984. *Portland Çimentoları*

TS 24. 1985. *Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları*

TS 25. 1975. *Tras*

TS 687. 1977. *Çimentoların Kimyasal Analiz Metotları*

