

ÇİMENTODA YENİ STANDARDLAR VE MİNERAL KATKILAR

Asım YEĞİNOBALI (*)

1. GİRİŞ

TS EN 197 -1 "Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri" Standardı TSE Teknik Kurulu'nun 11 Mart 2002 tarihli toplantısında kabul edilerek yayınlanmasına karar verildi. Bu yeni standardın 2004 yılı Mart ayında yürürlüğe girmesi ile başta en eski çimento standardımız TS 19 olmak üzere mevcut çimento standartlarımızdan 13 tanesi ve portland çimentosu klinkeri standardı iptal edilmiş olacak. TS EN 197-1 de tanımlanan çimentoların özellikleri mevcut TS 24 ve TS 687 standartları yerine yeni kabul edilen TS EN 196 serisi standartlara göre belirlenecektir.

Diğer taraftan genel amaçlı olmayıp "özel" olarak tanımlanan Beyaz Çimento (TS 21), Harç Çimentosu (TS 22) ve Sülfatlara Dayanıklı Çimento (TS 10157) ile ilgili mevcut standartlar yürürlükte kalmış olup bunların özelliklerinin belirlenmesinde de mevcut TS 24 ve TS 687 standartlarının kullanılması devam etmektedir.

Avrupa ülkelerinin çoğunluğu için geçerli olacak çimento standartlarının hazırlanmasına 1973 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN)'in teknik komitesi TC 51 tarafından başlandı. Çeşitli Avrupa ülkelerinde çok sayıda çimento türünün yerel standartlara uygun olarak kullanılmakta olduğunu dikkate alan komite genel çimentolar için hazırladığı EN 197 -1 de geniş bir çimento türü yelpazesine yer verdi. Sonuç olarak, doğrudan Türk standardı olarak kabul edilen bu Avrupa standardı da mevcut genel amaçlı Türk çimentolarının yerini almış olacak. Esasen Avrupa standardındaki çimentolardan 6 tanesi 1997 yılından beri (TS 12139 - 12144) olarak standartlarımıza girmiş durumda...

Aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanacağı gibi yeni standard genel çimento türlerini daha da arttırmakta, yeni bazı kavramlar getirmekte ve mineral katkıların daha yaygın kullanımına olanak tanımaktadır. Çimentoların bu standarda ve karakteristik değerler olarak verilen sınırlara uygunluğu TS EN

197-2 de açıklanan prosedürlerle belirlenmektedir [2].

Bu yazıda yeni genel çimentolar ve çimentoda kullanılan mineral katkıları hakkında kısaca bilgi verilecektir.

2. GENEL ÇİMENTOLAR

2.1 Genel Çimento Tipleri-Bileşim ve İşaretleme

Yeni genel çimentolar TS EN 197-1'de "CEM çimentosu" olarak adlandırılıyorlar. Ayrıca bir klinker standardı olmadığı için klinkerde aranan özellikler de çimento standardının içine alınmış. İlgili tanımlamalar şöyle özetlenebilir :

CEM Çimentosu: Hidrolik sertleşmesi öncelikle kalsiyum silikatların hidratasyonu sonucu meydana gelen ve içindeki reaktif CaO ve reaktif SiO₂ toplamının kütlece en az %50 olması gereken çimentodur. Bileşimi portland çimentosu klinkeri, alçı ve çeşitli mineral katkılardan oluşabilir.

Portland Çimentosu Klinkeri: Kalker ve kil gibi hammaddelerin CaO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ gibi oksitlerini içeren, hassas bir orantı ile birleştirilip ince öğütülmüş karışımının (farinin) döner fırında 1400-1500°C sıcaklıkta pişirilmesi sonucu elde edilen yaklaşık 1 cm çapında topakcıklardır. Kütlece en az 2/3 oranında kalsiyum silikat içermeli, CaO/SiO₂ oranısı 2,0 den az olmamalıdır.

Ayrıca, MgO içeriği en fazla % 5 olarak sınırlanmaktadır.

TS EN 197-1 standardı genel amaçlı çimentoları (CEM çimentoları) 5 ana tip içerisinde toplamaktadır:

Ana Tipler:

- CEM I Portland çimentosu
- CEM II Portland -kompoze çimento
- CEM III Portland Yüksek Fırın Cürufllu Çimento
- CEM IV Puzolanik çimento
- CEM V Kompoze çimento

Bu ana tipler Tablo 1'de gösterilen toplam 27 çimento tipini kapsamaktadır.

(*) Prof., Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Çimentoların tablodaki bileşimleri ana bileşenler ile minör ilave bileşenlerden oluşmaktadır.

Ana Bileşenler:

Çimento ana bileşenleri: klinker ile tabloda belirtilen ve miktarları kütlece %5'in üzerinde olan ana bileşen katkılardır.

Tiplerin ve çimento ana bileşenlerinin belirlenmesinde aşağıdaki semboller kullanılmıştır:

Tip ve Ana Bileşen Sembolleri:

A: Çimentonun en az mineral katkı içeren tipi

B: Çimentonun A tipinden daha fazla mineral katkı içeren tipi

C: Çimentonun B tipinden daha fazla mineral katkı içeren tipi

K: Klinker

S: Granüle yüksek fırın cürufu

D: Silis dumanı

P: Doğal puzolan

Q: Doğal kalsine edilmiş puzolan

V: Silissi uçucu kül

Tablo 1 - Genel Çimentolar [1]

Ana Tipler	Çimento Tipleri ve İşaretleri		Bileşim (kütlece % olarak)										Minör İlave Bileşen	
			Ana Bileşenler											
			Klinker	Yüksek Fırın Curufu	Silis dumanı	Puzolan		Uçucu Kül		Pişmiş Şist	Kalker			
			K	S	D	P	Doğal Kalsine Edilmiş Q	Silissi V	Kalkersi W	T	L	LL		
CEM I	Portland Çimento	CEM I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
CEM II	Portland - Curufllu Çimento	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
	Portland - Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90 - 94	-	6 -10	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
	Portland - Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/A-Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5	
	Portland - Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/A-W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5	
	Portland - Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5	
	Portland - Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5	
		CEM II/B-L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0 - 5	
		CEM II/A-LL	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5	
		CEM II/B-LL	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5	
	Portland - Kompoze Çimento	CEM II/A-M	80 - 94	6 - 20										0 - 5
		CEM II/B-M	65 - 79	21 - 35										0 - 5
CEM III	Yüksek Fırın Curufllu Çimento	CEM III/A	35 - 64	36 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
CEM IV	Puzolanik Çimento	CEM IV/A	65 - 89	-	11 - 35					-	-	-	0 - 5	
		CEM IV/B	45 - 64	-	36 - 55					-	-	-	0 - 5	
CEM V	Kompoze Çimento	CEM V/A	40 - 64	18 - 30	-	18 - 30			-	-	-	-	0 - 5	
		CEM V/B	20 - 38	31 - 50	-	31 - 50			-	-	-	-	0 - 5	

- W: Kalkersi uçucu kül
T: Pişmiş şist
L: Kalker (TOC % 0.5)
LL: Kalker (TOC %0.2)

(TOC: Toplam organik karbon)

Yukarıdaki ana bileşenlerin özellikleri standardda verilen ve ilerde değinilecek olan hususlara uygun olmalıdır.

Minör İlave Bileşen:

Her çimento tipine kütlece % 0-5 arasında bir minör ilave bileşen katılabilmektedir. Bu madde o çimentoda ana bileşen olarak kullanılmamış bir mineral katkı veya çimento özelliklerini iyileştirecek başka bir inorganik madde olabilmektedir.

Genel çimentoların tipleri ve bileşimleri ile ilgili genel bilgiler Tablo 1' de verilmiştir.

Bileşim Oranları:

- Tablo 1'de çimento tipleri için verilen bileşim yüzde değerleri klinker, ana bileşen katkı ve minör ilave bileşen katkıların toplamı esasına göredir. Yani bunların toplamı 100 olmalıdır. Katılacak alçı taşı 100'e ilave edilecektir.
- Miktarı kütlece %5'i geçen katkılar ana bileşen kabul edilecektir.
- Portland kompoze, puzolanik ve kompoze çimentolarda toplam ana bileşen katkı yüzdesi en az iki değişik katkı maddesi kullanılarak elde edilmelidir.

Dayanım Sınıfları:

Çimentolar için 3 standard dayanım sınıfı belirlenmiştir: 32.5, 42.5 ve 52.5

Bu değerler TS EN 196-1'e göre tayin edilen ve MPa olarak ifade edilen 28 günlük basınç dayanımları ile ilişkilidir. TS EN 197-1'de karakteristik değerler olarak belirtilmiştir.

Ayrıca, her standard dayanım sınıfı için iki erken dayanım sınıfı tanımlanmıştır.

Bu amaçla kullanılan sembollerden, N: Normal erken dayanım sınıfını, R: Yüksek erken dayanım sınıfını belirtmektedir.

Çimento İçin Standard İşaretleme:

Genel çimentolar standard numarasını ve Tablo 1'deki ifadelerine dayanım sınıflarını ilave ederek

tanımlanırlar. Ayrıca CEM II/A-M, II/B-M, IV/A, VI/B, V/A ve V/B çimentolarında klinkerin yanındaki diğer ana bileşenlerin sembolleri de parantez içinde yazılmalıdır. Bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

- Dayanım sınıfı 32.5 olan , yüksek erken dayanımlı portland çimentosu:

TS EN 197-1- CEM I 32,5 R

- Toplam olarak kütlece % 66-80 arasında granüle yüksek fırın cürufu içeren, dayanım sınıfı 32,5 olan yüksek fırın cürufu çimento:

TS EN 197-1- CEM III / B 32,5 N

- Toplam olarak kütlece % 6-20 arasında tras (doğal puzolan) içeren, dayanım sınıfı 42.5 olan, normal erken dayanımlı portland puzolanlı çimento:

TS EN 197-1- CEM II /A-P 42,5 N

- Toplam olarak kütlece %31-50 arasında granüle

Tablo 2 - Yürürlükten Kalkacak Olan Çimentoların TS EN197-1'deki Benzerleri

Yürürlükten Kalkacak Olanlar			TS EN 197-1'deki Benzerleri		
Standard No ve isim	Notasyon	Anabileşen Katkı, %	İsim	Notasyon	Anabileşen Katkı, %
TS 19 Portland Çimento	PÇ	0	Portland Çimento	CEM I	0 - 5
TS 20 Cürufu Çimento	CÇ	20 - 80	Portland Cürufu Çimento	CEM II/B-S	21 - 35
			Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM III/A	36 - 65
				CEM III/B	66 - 80
TS 26 Traslı Çimento	TÇ	20 - 40	Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/B-P	21 - 35
TS 640 Uçucu Küllü Çimento	UKÇ	10 - 30	Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	6 - 20
TS 809 Süper Sülfat Çimentosu	SSÇ	> 65	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM II/B-V	21 - 35
				CEM III/B	66 - 80
TS 3646 Erken Dayanımı Yüksek Çimento	EYÇ	0		CEM III/C	81 - 95
TS 10156 Katkılı Çimento	KÇ	<19	Portland Çimento	CEM I/52.5R	0
TS 12139 Portland Cürufu Çimento	PÇÇ/A	6 - 20	Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	6 - 20
TS 12140 Portland Kalkerli Çimento	PÇÇ/B	21 - 35	Portland Cürufu Çimento	CEM II/A-S	6 - 20
	PLÇ/A	6 - 20		CEM II/B-S	21 - 35
TS 12141 Portland Silika Füme	PLÇ/B	21 - 35	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	6 - 20
	PSFÇ	6 - 10		CEM II/B-L	21 - 35
TS 12142 Kompoze Çimento	KZÇ/A	(18-30)+(18-30)	Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	6 - 10
TS 12143 Portland Kompoze Çimento	KZÇ/B	(31-50)+(31-50)	Kompoze Çimento	CEM V/A	(18-30)+(18-30)
	PCK/A	6 - 20		CEM V/B	(31-50)+(31-50)
TS 12144 Puzolanik Çimento	PCK/B	21 - 35	Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	6 - 20
	PZÇ/A	11 - 35		CEM II/B-M	21 - 35
	PZÇ/B	36 - 55	Puzolanik Çimento	CEM IV/A-M	11 - 35
				CEM IV/B-M	36 - 55

yüksek fırın cürufu ve %31-50 arasında silissi uçucu kül içeren, 32.5 dayanım sınıfında kompozite çimento:

TS EN 197-1- CEM V / B (S-V) 32.5 N

- Toplam olarak kütlece %6-20 arasında granüle yüksek fırın cürufu, silissi uçucu kül ve kalker (TOC miktarı %0,2'den az) içeren, 32.5 dayanım sınıfında, yüksek erken dayanımlı portland kompozite çimento:

TS EN 197-1- CEM II /A-M (S-V-LL) 32.5 R

Eski Genel Çimentoların Yerini Alacak Çimentolar

İptal edilen çimento standartlarındaki genel çimento tiplerinin yerlerini Tablo 2 de gösterildiği şekilde TS EN 197-1 deki benzerleri olacaktır. Tablodaki eşleştirmeler klinker dışındaki anabileşenlerin yani ana bileşen katkıların yüzde miktarları dikkate alınarak yapılmıştır. Benzer dayanım sınıfları itibara alınacaktır. Doğal olarak 1997'den sonra yürürlüğe girmiş standartlardaki (TS 12139 -12144) çimentolar ile TS EN 197-1 deki benzerleri arasında sadece isim veya notasyon farkı söz konusudur.

2.2 Özellikler ve Uygunluk

Mekanik ve Fiziksel Özellikler

TS EN 197-1 çimentoları için öngörülen mekanik ve fiziksel özellikler Tablo 3'de "karakteristik" değerler olarak gösterilmiştir. Ayrıca 1997'den önceki çimento standartlarında yer alan tane inceliği ve priz bitiş süreleri ile ilgili sınırlamalar kalkmış bulunmaktadır. İlave eten, 32.5 ve 42.5 dayanım sınıflarında 28 günlük dayanımlar için üst sınır belirtilmektedir.

Kimyasal Özellikler

TS EN 197-1 çimentoları için öngörülen kimyasal özellikler Tablo 4'de "karakteristik" değerler olarak gösterilmiştir. Gene 1997'den önceki çimento standartlarında yer alan MgO kısıtlaması bu tabloda yer almamaktadır (Ancak klinker MgO içeriği için %5 sınırı belirtilmiştir). Ayrıca CEM IV çimentolarının puzolanik özellik kriterini sağlamaları gerekmektedir. İlave açıklamalar standarddaki tablonun dipnotlarında verilmiştir.

Çimentonun Uygunluğu İçin Kriterler

Genel çimentoların bileşim ve özellikler yönlerinden standarda uygunluğunun anlık (spot) numunelerin deneye tabi tutulması ile sürekli olarak değerlendirilmesi öngörülmüştür. İlgili prosedür ve istatistikî değerlendirmeler ile "yetkili kuruluş" tarafından çimentoya verilecek uygunluk belgesi ile ilgili hususlar TS EN 197- 1 ve TS EN 197-2' de açıklanmaktadır. Standartlarda üretici tarafından yürütülen "otokontrol deneyleri" ile yetkili kuruluşun sorumluluğu altında yürütülen "denetim deneyleri" ne ayrıntılı olarak yer verilmektedir.

Tablo 3 - Gerekli Mekanik ve Fiziksel Özellikler İçin Karakteristik Değerler [1]

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)			Priz Başlama Süresi (dakika)	Genleşme (mm)	
	Erken Dayanım		Standard dayanım			
	2 Günlük	7 Günlük				
32.5 N	-	≥ 16.0	≥ 32.5	≤ 52.5	≥ 75	≤ 10
32.5 R	≥ 10.0	-				
42.5 N	≥ 10.0	-	≥ 42.5	≤ 62.5	≥ 60	
42.5 R	≥ 20.0	-				
52.5 N	≥ 20.0	-	≥ 52.5	-	≥ 45	
52.5 R	≥ 30.0	-				
	TS EN 196-1				TS EN 196-3	

Tablo 4 - Gerekli Kimyasal Özellikler İçin Karakteristik Değerler [1]

Özellik	Standard	Çimento Tipi	Dayanım Sınıfı	Özellikler
Kızdırma Kaybı	EN 196-2	CEM I CEM III	Hepsi için	≤ % 5.0
Çözünmeyen Kalıntı	EN 196-2	CEM I CEM III	Hepsi için	≤ % 5.0
Sülfat Miktarı (SO ₃ olarak) EN 196-2		CEM I CEM II CEM IV CEM V	32.5 N 32.5 R 42.5 N	≤ % 3.5
		CEM III	42.5 R 52.5 N 52.5 R	≤ % 4.0
Klorür İçeriği	EN 196-21	Hepsi için	Hepsi için	≤ % 0.10
Puzolanik Özellik	EN 196-5	CEM VI	Hepsi için	Deneyi Sağlar

3. MİNERAL KATKILAR

3.1 Genel Bir Sınıflandırma

Çimento ve betona eskiden beri doğal veya yapay (endüstriyel) kökenli mineral katkıları katılmaktadır. Bu katkıları sınıflandırmadan önce "puzolanik madde"nin tanımını hatırlamak yerinde olur:

Puzolanik Madde (Puzolan): Kendi başına bağlayıcı özelliği olmayan ancak ince öğütülmüş olarak kireç hidrat ile karıştırıldığında hidrolik bağlayıcı özelliği kazanan silis ve/veya alüminyum silikat bileşimli maddedir.

Mineral katkıların genel bir sınıflandırılmaları ve tipik örnekler şöyle sıralanabilir:

- Bağlayıcı özelliği olanlar: Suda soğutulmuş (granüle) yüksek fırın cürufu,...
- Bağlayıcı ve puzolanik özellikte olanlar: Kalkersi uçucu kül, bazı bitümlü şist külleri,...
- Puzolanik aktivitesi yüksek olanlar: Silis dumanı, pirinç kabuğu külü,...
- Normal puzolanlar: Silissi uçucu kül, doğal veya kalsine puzolanlar,...
- Puzolanik aktivitesi düşük olanlar: Yavaş soğutulmuş yüksek fırın cürufu, bazı doğal puzolanlar, bazı kazan cürufu, bitki külleri,...

- Atıl olanlar: İnce öğütülmüş kuvars, kalker, bentonit,...

Mineral katkıların etkileri katıldıkları klinker veya çimentonun özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Ayrıca atıl olarak sınıflandırılan bazı katkıların, örneğin kalker tozunun, çimento hidratasyonu ve hamur oluşumu üzerinde olumlu etki yapabildikleri anlaşılmaktadır.

3.2 Yeni Standartdaki Mineral Katkılar ve Özellikleri

Mineral katkı türleri ve TS EN 197-1 de öngörülen bileşimleri konusunda ilave bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

Doğal Puzolan: Doğada bulunan puzolanik özellikte madde ve kayalar. Genellikle volkanik kökenlidirler. Türkiye’de “tras” olarak adlandırılırlar. TS EN 197-1’e göre doğal puzolanlarda reaktif silis miktarı en az % 25 olmalıdır.

Kalsine Edilmiş Doğal Puzolan: Puzolanik özellikleri ısı işlem uygulanarak kazandırılmış olan doğal madde ve kayalar. Reaktif silis içerikleri en az %25 olmalıdır.

Granüle Yüksek Fırın Cürufu: Yüksek fırında pik demir elde edilirken demir cevheri içindeki SiO_2 ve Al_2O_3 içeren gayrisafıklar yumuşatıcı olarak katılan kalkerdeki CaO tarafından bağlanır. Bu şekilde oluşan cürufun bileşimi portland çimentosuna büyük benzerlik gösterir. Fırın çıkışında hızla soğutulması ve en az 2/3 oranında camsı faz içermesi gerekir. Ayrıca içindeki CaO , MgO ve SiO_2 miktarları toplamı gene en az 2/3 oranında olmalıdır. $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ oranının ise 1,0 den fazla olması istenmektedir.

Uçucu Kül: Çok ince öğütülmüş kömür yakan fırınların baca gazlarına karışan ve çoğunlukla çimentodan ince olan kül tanecikleri elektrostatik yöntemlerle tutularak ayrılırlar. Genellikle kömürle çalışan termik elektrik santrallerinde elde edilir. Kızdırma kaybı 1 saatda %5’i geçmemelidir. Kızdırma kaybı %5-7 arasında ise kül koşullu olarak çimentoda kullanılabilir.

Silissi Uçucu Kül: Reaktif CaO oranı %10’dan az olan puzolanik özellikli uçucu küldür. Serbest CaO içeriği %1’den fazla olmamalıdır. Serbest CaO değeri % 2,5 ‘e kadar olan küller koşullu olarak kullanılabilirler. Reaktif SiO_2 %25 ‘den fazla olmalıdır.

Kalkersi Uçucu Kül: Reaktif CaO oranı %10’dan fazla olan bağlayıcı ve/veya puzolanik özellikli uçucu küldür. Reaktif CaO miktarı %15’e kadar olan küllerde reaktif SiO_2 %25’den fazla olmalıdır. Reaktif CaO miktarı %15’den fazla olan küller koşullu olarak kullanılabilirler. Hacim genleşmesi 10 mm’yi geçmemelidir.

Pişmiş Şist: Yaklaşık 800 °C da pişirilen şist bileşimi itibarı ile puzolanik ve bağlayıcı özellikler gösterir. Çimento gibi denendiğinde 28 günlük basınç dayanımı en az 25 MPa olmalıdır. Hacim genleşmesi 10 mm’yi geçmemelidir.

Kalker (Kireçtaşı): CaCO_3 içeriği en az %75 olmalıdır. Kil içeriği %1,2’yi geçmemelidir. Standardda toplam organik karbon (TOC) değerinin en fazla %0,2 (LL) ve %0,5 (L) olarak sınırlandırıldığı iki sınıfa ayrılmıştır.

Silis Dumanı: Silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında elektrik ark fırınlarında yüksek safılıktaki kuvarsın kömürle indirgenmesi sonucu elde edilen çok ince taneli baca tozudur. Reaktif silis içeriği en az %85 olup BET özgül yüzeyi en az 15 m²/g olmalıdır. Kızdırma kaybı 1 saatte %4’ü geçmemelidir.

3. 3 Mineral Katkıların Etkileri

TS EN 197-1 de değişik mineral katkıları ve bunların çeşitli kombinezonlarını içeren çok sayıda çimento türüne yer verilmiştir. Gerçekten uygun özelliklerdeki mineral katkıların çimento üretiminde kullanımı önemli ekonomik, çevresel ve teknik avantajlar sağlamaktadır.

C_3S	C_3S	K	C_3S	K
C_2S	C_2S	A	C_2S	A
C_3A	C_3A	T	C_3A	T
C_4AF	C_4AF	K	C_4AF	K
C, M, Ş, N, K, ...	C, M, Ş, N, K, ...		C, M, Ş, N, K, ...	
a) Çimento	b) Katkılı Çimento		c) Çimento + Katkı	

Şekil 1 - Çimento ve Mineral Katkı

Örnek olarak bir mineral katkının muhtemel etkilerini kısaca gözden geçirelim. Şekil 1 a) da katkısız bir portland çimentosu bileşimi görülmektedir. Hatırlanacak olursa, bileşimin yaklaşık %90 kadarı dört karma oksitten oluşur. Bunlar C_3S ve C_2S olarak belirtilen kalsiyum silikatlar ile C_3A ve C_4AF olarak belirtilen kalsiyum aluminatlardır.

Şekil 1 b) ve c) de çimento belirli bir miktarda katkı ile oluşturulmuştur. Mineral katkıları genellikle klinker elde edildikten sonra klinkerle birlikte öğütülerek katılırlar. Dolayısı ile çimento elde etmek için daha az hammadde (doğal kaynak) ve daha az enerji kullanılmakta, ortaya daha az sera gazı çıkmaktadır. Katkı maddesi endüstriyel atık ise çevresel yarar daha da fazladır. Bu arada toplam bağlayıcı içindeki dört karma oksitin göreceli miktarları katkı miktarına bağlı olarak azalmıştır.



Şekil 2 - Çimento Hamur Yapıları

Çimento su ile karıştırıldığında kalsiyum silikatlar bağlayıcı özellikteki kalsiyum silikat hidrat, C-S-H jelini oluşturlar ve bir miktar kireç hidrat, CH açığa çıkar. C_3S erken dayanıma ve hidrasyon ısısına daha fazla katkıda bulunur, daha fazla kireç açığa çıkarır. Kalsiyum aluminatlar da jel meydana getirirler. C_3A hidrasyon ısısını artırır, sülfatlara karşı direnci azaltır.

Şekil 2 a)'da katkısız çimento hamurunun bileşimi gösterilmiştir. Bağlayıcı özellikteki C-S-H jelleri ile kalsiyum aluminat jelleri hamurun yarısından fazlasını oluşturmakta, kireç hidrat CH açığa çıkmakta ve gözenekler oluşmaktadır. CH ve gözenekler dayanım ve dayanıklılığı olumsuz etkileyen unsurlardır. Katkılı çimentonun hidrasyonu ve özellikleri ise farklıdır: Karma oksitlerden C_3A azaldığı için sülfat direnci artacak, C_3S ve C_3A azaldığı için hidrasyon ısısı ve erken dayanım azalacaktır. C_2S ve C_3S azaldığı için açığa çıkan CH miktarı da azalacaktır. Bu da gene sülfat direncini ve dayanıklılığı arttıracaktır. Puzolanik özelliklere sahip olduğu kabul edilirse katkı kalan CH'yi zamanla bağlayarak yeni (puzolanik) C-S-H jeline dönüştürecek ve gözenekleri tıkayacaktır. Dolayısı ile zamana bağlı olarak dayanım ve dayanıklılıkta artış söz konusudur. Özet olarak, Şekil 2 b)'de gösterildiği gibi katkı çimento hamurunda bağlayıcı jeller artmakta, CH ve gözenekler azalmaktadır.

Kuşkusuz bu genel etkiler klinker ve katkı özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Puzolanik olmayan katkıların bile ince öğütüldüklerinde harç ve betonda su ihtiyacını azalttıkları, hidrasyonu hızlandırdıkları ve gözenekleri tıkayarak dayanıklılığı arttırdıkları bilinmektedir.

Sonuç olarak, çimentoya katılan mineral katkılar:

- Ekonomi ve enerji tasarrufu sağlanması,
- Doğal kaynakların ve çevrenin korunması, sera gazlarının azaltılması,
- Hidrasyon ısısının azaltılması,
- Çimento ürünlerinde işlenebilmenin kolaylaştırılması,

ması, dayanıklılığın ve zamanla dayanımın artırılması

gibi konularda yararlı olabilmektedir. Erken dayanımlarda görülebilecek azalma çimentoyu daha ince öğüterek veya klinker özelliklerini değiştirerek çözümlenebilmektedir.

4. SONUÇ

TS EN 197-1 standardı genel çimentolar olarak portland çimentosuna ilaveten geniş bir katkı çimento yelpazesi sunmakta, ayrıca aynı çimento içinde birden fazla katkının kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Çimento türlerinde artış olmasına rağmen bir çimento fabrikası, yöresindeki ham madde ve talep durumlarına göre en fazla 3-4 tip çimentoyu üretmeye devam edecektir. Gene de yeni standardın bu yönden üreticiye esneklik sağladığı söylenebilir.

Yeni standartlar performansla dönük olarak çimentonun sürekli ve daha sıkı kalite kontrolüne tabi tutulmasını öngörmektedir. Öngörülen kontrol yöntemleri Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ve üyesi fabrikalar tarafından zaten uzun bir süredir titizlikle uygulanmakta olan yöntemlerdir.

2004 yılı Mart ayında Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nin de yürürlüğe girmesi halinde çimentonun yurt içinde ve dışında piyasaya sürülebilmesi için CE Markası alması gerekecektir. TÇMB bunun için de gerekli hazırlıkları tamamlamış bulunmaktadır. Bünyesindeki Laboratuvarlar ve Kalite Çevre Kurulu geçen Mayıs ayında TÜRKAK tarafından akredite oldular. CE Markası alınması sürecinde "Deney Laboratuvarı" ve "Onaylanmış Muayene ve Belgelendirme Kuruluşu" olarak görev yapabilecekler.

KAYNAKLAR

1. TS EN 197-1 "Genel Çimentolar- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri", Türk Standardları Enstitüsü, 2002.
2. TS EN 197-2 "Çimento- Bölüm 2: Uygunluk Değerlendirmesi", Türk Standardları Enstitüsü, 2002.
3. TS EN 196-1 "Çimento Deney Metodları- Bölüm 1: Dayanım Tayini" Türk Standardları Enstitüsü, 2002.
4. TS EN 196-2 "Çimento Deney Metodları- Bölüm 2: Çimentonun Kimyasal Analizi", Türk Standardları Enstitüsü, 2002.
5. TS EN 196-3 "Çimento Deney Metodları- Bölüm 3: Priz Süresi ve Genleşme Tayini", Türk Standardları Enstitüsü, 2002.
6. TS EN 196-5 "Çimento Deney Metodları- Bölüm 5: Puzolanik Çimentolarda Puzolanik Özellik Tayini", Türk Standardları Enstitüsü
7. TS EN 196-21 "Çimento Deney Metodları- Bölüm 21: Klörür, Karbon Dioksit ve Alkali Muhtevası Tayini", Türk Standardları Enstitüsü, 2002.