

Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

Çimento Özellikleri:

«Çimento Fazları ve Hidratasyonu»



Çimento Fazları ve Hidratasyonu

Belirli bir hesaplama ile bir araya getirilmiş kalker ve kil karışımının döner fırında 1400 C Sıcaklıkta pişirilmesi ile çimento ara ürünü olan klinker oluşur

Klinkerin belirli bir miktarda alçı taşı (ve bazen mineral katkıları) ile öğütülmesi ile **Portland Çimentosu** üretilir.

Bu bölümde klinker ve dolayısıyla çimentonun dayanımı başta olmak üzere temel özelliklerinden sorumlu olan fazlar hakkında bilgi verilecektir

Klinker Ana Fazları

- Fırın Reaksiyonları Sonucu Ortaya Çıkan Ana Fazlardır:

İsim	Kimyasal Formül	Kısaltma
Alit	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C₃S
Belit	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C₂S
Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C₃A
Ferrit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C₄AF

Klinker Ana Fazları

Klinker içinde bulunma oranlarının tespiti:

1. Bouge Yöntemi:

- Kimyasal Analize bağlıdır, yaklaşık olarak faz yüzdelerini verir
- Ortalama bir klinkerde %55-60 C_3S bulunmalıdır

2. Mikroskop ile faz sayımı:

- Gerçekçi ancak uygulaması zor bir yöntemdir

Klinker Ana Fazları

- Bouge Yöntemine Göre Fazların Hesaplanması:
 - $\%C_3S = 4.071(\%C) - 7.6(\%S) - 6.718(\%A) - 1.43(\%F) - \underline{2.852(\%S)}$
 - $\%C_2S = 2.867(\%S) - 0.7544(\%C_3S)$
 - $\%C_3A = 2.650(\%A) - 1.692(\%F)$
 - $\%C_4AF = 3.043(\%F)$

Klinker Ana Fazları



Tablo 1. Kimyasal Analiz Sonuçları

Özellik (%)	<u>Klinker Numunesi</u> 11.08.11	CEM I 42.5 R 11.08.11
Kızdırma Kaybı	0.19	3.59
SiO ₂	20.90	18.90
Al ₂ O ₃	5.53	5.15
Fe ₂ O ₃	3.70	3.36
CaO	65.51	63.59
MgO	1.76	1.57
SO ₃	0.72	2.65
Na ₂ O	0.41	0.40
K ₂ O	0.73	0.77
Cl ⁻	0.0027	0.0238
Çözünmeyen Kalıntı	-	0.91
Na ₂ O Eşd. Cins. Top. Alkali	0.89	0.31
Serbest CaO	2.56	-
C ₃ S	54.94	-
C ₂ S	18.52	-
C ₃ A	8.39	-
C ₄ AF	11.26	-
LSF	97.12	-
SİM	2.26	-
ALM	1.49	-

Klinker Ana Fazları

2.2. Mikroskop Analizi Sonuçları:

Klinker numunesine (11.08.11 Kodlu) ait farklı boyut ve görünümdeki granüllerin parlak kesitleri hazırlanmış ve numunenin, Polarize Mikroskop ile mikroyapısı incelenerek sonuçlar, Resim 1-4' de verilmiştir. Polarize Mikroskopda, Nokta Sayma Cihazı ile klinkerin faz analizi (C_3S (Alit), C_2S (Belit) ve sıvı faz (C_3A+C_4AF) miktarı) yapılmış ve sonuçlar, Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Klinker Numunesinin Mikroskopda Tespit Edilen Faz Yüzdeleri

Numune Kodu	C_3S (Alit) %	C_2S (Belit) %	C_3A+C_4AF (Sıvı Faz) %
Klinker (11.08.11 Kodlu)	56.48	16.70	19.49

Klinker numunesine ait granüllerin mikroskopda incelenmesi sonucunda, klinker numunesinde belit kümelerinden ileri gelen homojen olmayan faz dağılımı görülmüştür (Resim 1-2). Serbest kireç de kümeler halindedir (Resim 3). Bu şekilde yapılanma, hamkarışımında iri taneli mineraller (44 mikrondan iri kuvars, 125 mikrondan iri kalsit gibi) bulunduğu gösterir. İri taneli mineraller, pişmede zorluk çıkarabileceği için, hamkarışımın daha ince öğütülmesi önerilir.

Klinker granüllerinde silikat fazlarının boyutları incelendiğinde, alit kristallerinin normal boyutlu (20-25 mikron); belit kristallerinin de normal boyutlu (25-30 mikron) olduğu görülmüştür (Resim 1). Ancak, bazı granüllerde iri boyutlu belit kristalli kümeler de görülmüştür (Resim.4). Bu durum, hamkarışımın fırında, sinterleşme sıcaklığında biraz uzun süreli olarak kalmasından ileri gelebilir.

Klinker granüllerinin kristal şekli incelendiğinde, genelde, alit ve belit kristallerinde, şekil bozuklukları bulunmadığı ve zemindeki sıvı fazın ince kristalize formda olduğu görülmüştür (Resim 1). Bununla birlikte, bazı granüllerdeki kristallerde şekil bozukluklarına da rastlanmıştır (Resim 2). Buna göre, klinkerin biraz yavaş soğutulduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak, hamkarışımın daha ince öğütülmesi ve klinkerin biraz daha hızlı soğutulması önerilir.

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

Hidratasyon: Çimentonun su ile kimyasal reaksiyonudur

- Isı açığa çıkartan (ekzotermik) bir reaksiyondur
- Hızlı bir reaksiyondur
- Çimento kompozisyonuna bağlıdır
- Çimentonun fiziksel özelliklerine bağlıdır

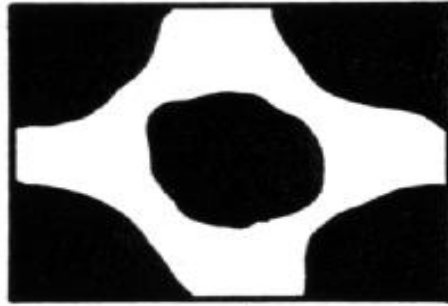
Portland Çimentosunun Hidratasyonu

	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Reaksiyon Hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Yavaş
Isı Açığa çıkartma	Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	Orta
İlk Dayanım	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Nihai Dayanım	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

- Hidratasyon Reaksiyonları:
- $2C_3S + 6H \rightarrow C_3S_2H_3 + 3CH$
- $2C_2S + 4H \rightarrow C_3S_2H_3 + CH$
- $C_3A + 3CSH_2 + 26H \rightarrow C_6A\dot{S}_3H_{32}$

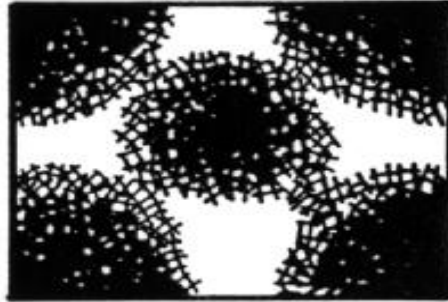
Portland Çimentosunun Hidratasyonu



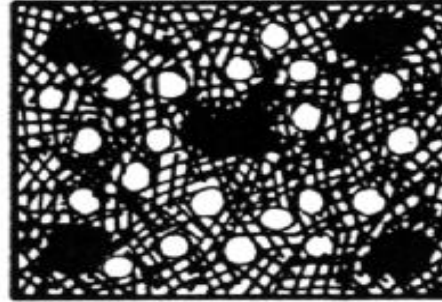
A



B



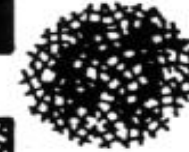
C



D



Hidrate
olmamış
çimento



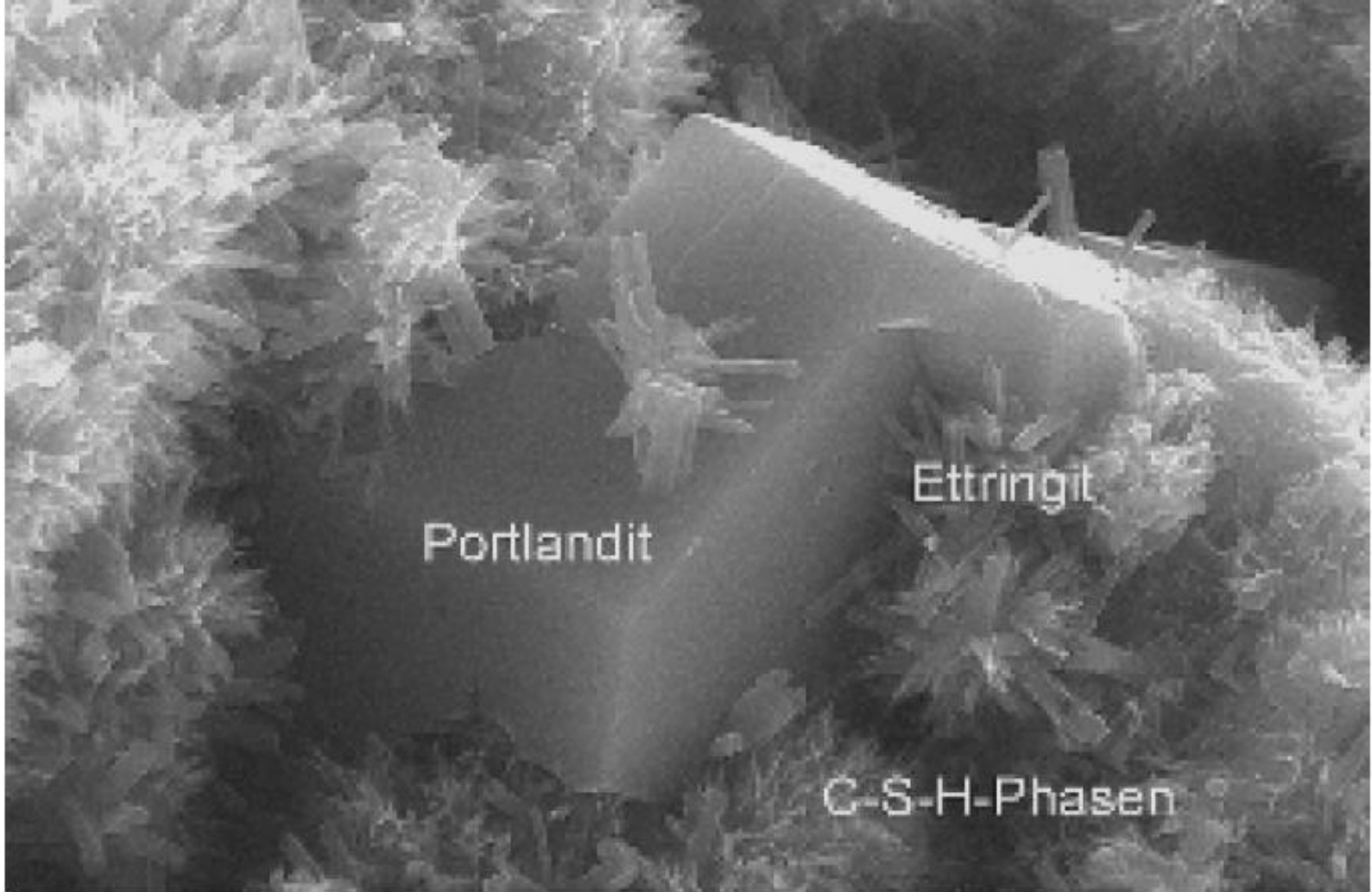
Çimento Jeli



Kapiler
Boşluklar

- A) Karıştırdıktan Hemen Sonra
- B) Hidratasyon Başı
- C) Priz Başlaması
- D) İleri Yaş

Portland Çimentosunun Hidratasyonu



Portland imentosunun Hidratasyonu



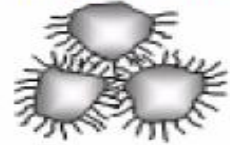
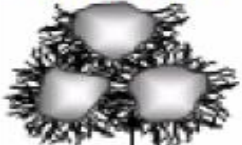

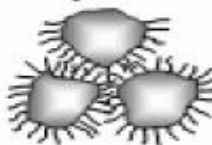

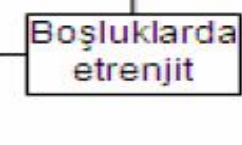



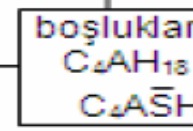

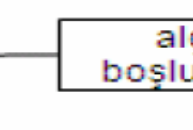
1. Priz Alma
2. İlk Dayanım
3. Nihai Dayanım

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

- PRİZ ALMA

- Çimentonun Kimyasal Özellikleri:
 - C_3S oranı
 - C_2S oranı
 - C_3A oranı
 - **Sülfat Miktarı (Sülfat optimum olmalı)**
- Çimentonun Fiziksel Özellikleri:
 - Çimentonun İnceliği
 - Çimentonun Saklama Koşulları
 - Çimentonun Sıcaklığı

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

Klinkerdeki C_3A 'nın reaktivliği	Sülfatın çözeltide bulunabilirliği	Hidratasyon Süresi			
		< 10 dak.	10 – 45 dak.	1 – 2 saat	2 – 4 saat
1. Durum düşük	düşük	İşlenebilir 	İşlenebilir 	az İşlenebilir 	normal priz 
2. Durum yüksek	yüksek	İşlenebilir 	az İşlenebilir 	normal priz 	Boşluklarda etrenjit 
3. Durum yüksek	düşük	İşlenebilir 	hızlı priz 		
4. Durum yüksek	Çok düşük veya yok	ani priz 		boşluklardaki C_2AH_13 ve $C_2A\bar{S}H_{13}$ 	
5. Durum düşük	yüksek	yalancı priz 		alçıtaşı iğneciklerinin boşluklarda kristalizasyonu 	

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

- ÇİMENTONUN İLK DAYANIMI

- Çimentonun Kimyasal Özellikleri:
 - C_3S oranı
 - C_3A oranı
- Çimentonun Fiziksel Özellikleri:
 - Çimentonun İnceliği

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

- ÇİMENTONUN NİHAİ DAYANIMI

- Çimentonun Kimyasal Özellikleri:
 - C_3S oranı
 - C_2S oranı
- Çimentonun Fiziksel Özellikleri:
 - Çimentonun Saklama Koşulları

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

- Hidratasyon Isısı:
 - Hidratasyon reaksiyonu ısı yayan (ekzotermik) bir reaksiyondur
 - Bu ısı su ile temasla başlar %50 ilk 3 gün, %75'ini ilk 7 günde yayar
 - Temel sebebi C_3S ve C_3A fazlarıdır
 - Kimyasal olarak:

•YÜKSEK ERKEN DAYANIM = YÜKSEK HİDRATASYON ISISI

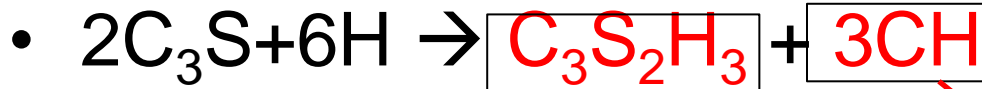
Portland Çimentosunun Hidratasyonu

Çimento Fazları	Yayıdıkları Isı Miktarı (cal/gr)
C₃S	120
C₂S	62
C₃A	207
C₄AF	100

Portland Çimentosunun Hidratasyonu

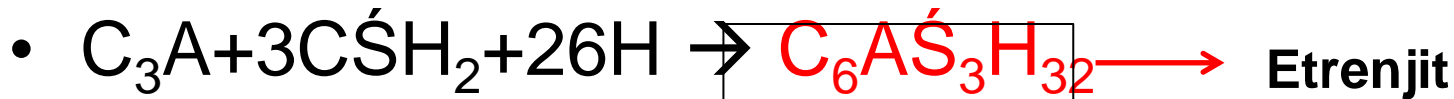
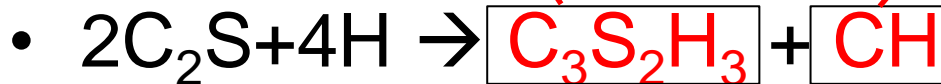
- Hidratasyon Isısının önemi:
 - Yüksek olması soğuk havalarda avantaj sağlar
 - Katkılı Çimentolarda katkısız çimentolardan daha düşüktür
 - Düşük olması dozajı yüksek, özel beton uygulamalarında ve büyük eleman dökümlerinde avantaj sağlar (Örn: Yüksek mukavemetli beton, Kütle-Baraj Betonları)

Hidratasyon Ürünleri ve Özellikleri

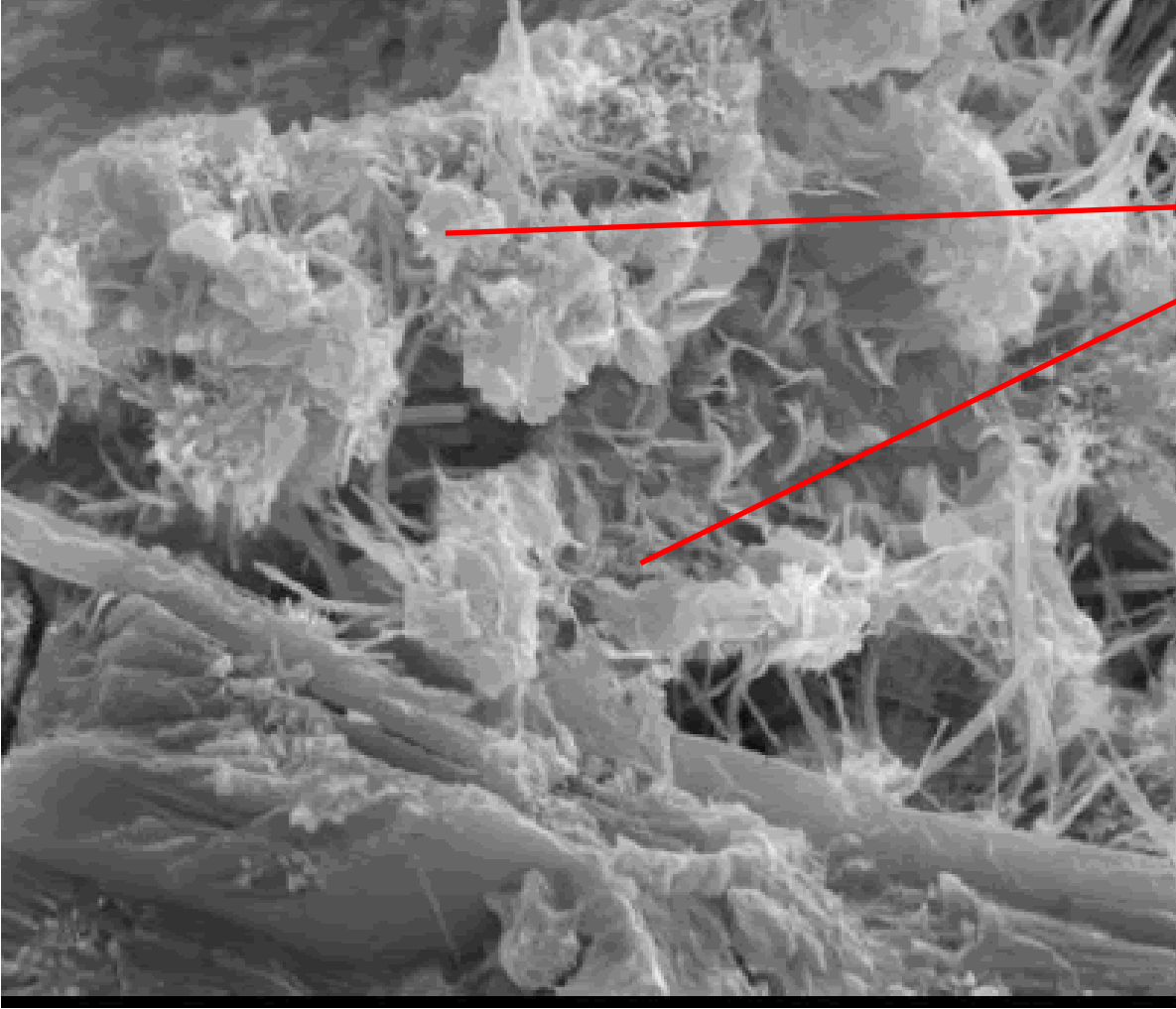


Kalsiyum
Silikat Hidrat
Jel

Portlandit (Kalsiyum
Hidroksit)



Hidratasyon Ürünleri (C-S-H Jeli)

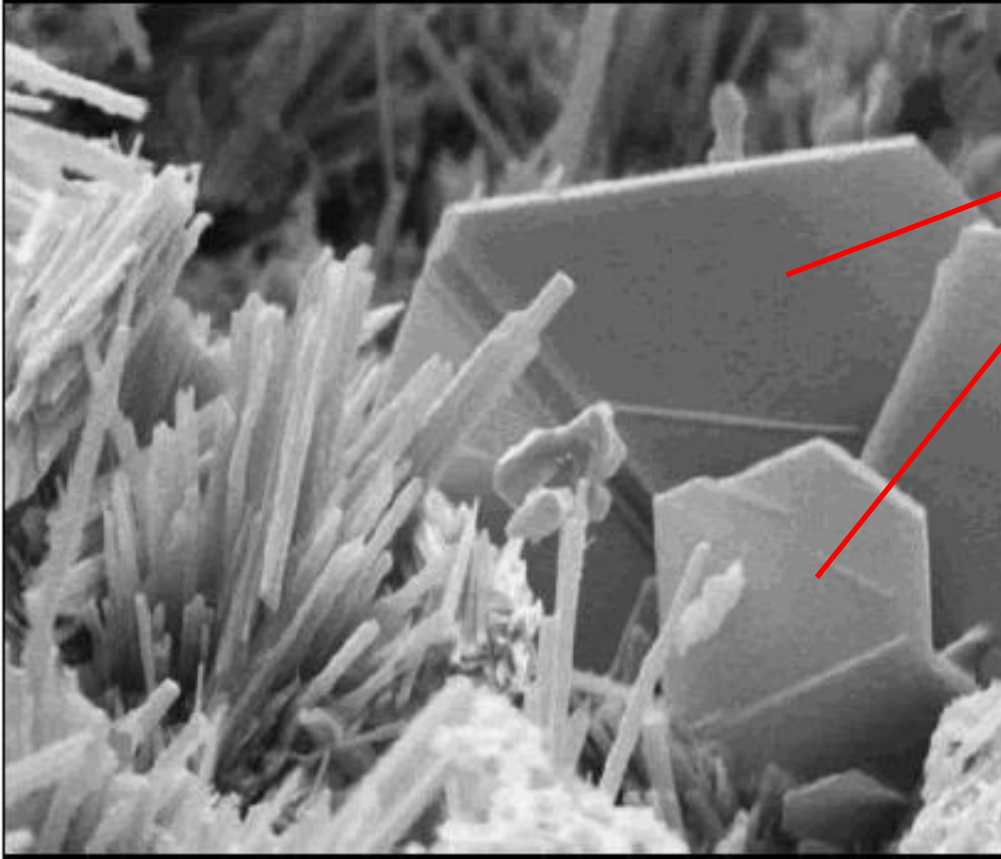


C S H Jeli

Hidratasyon Ürünleri (C-S-H Jeli)

- Çimento pastasının %70'lik bölümünü oluşturur
- Çimentolu sistemlerin dayanımından sorumlu fazdır
- Geçirimsizdir
- Agrega ile bağ yaparak beton matrisini oluşturur

Hidratasyon Ürünleri (Portlandit)

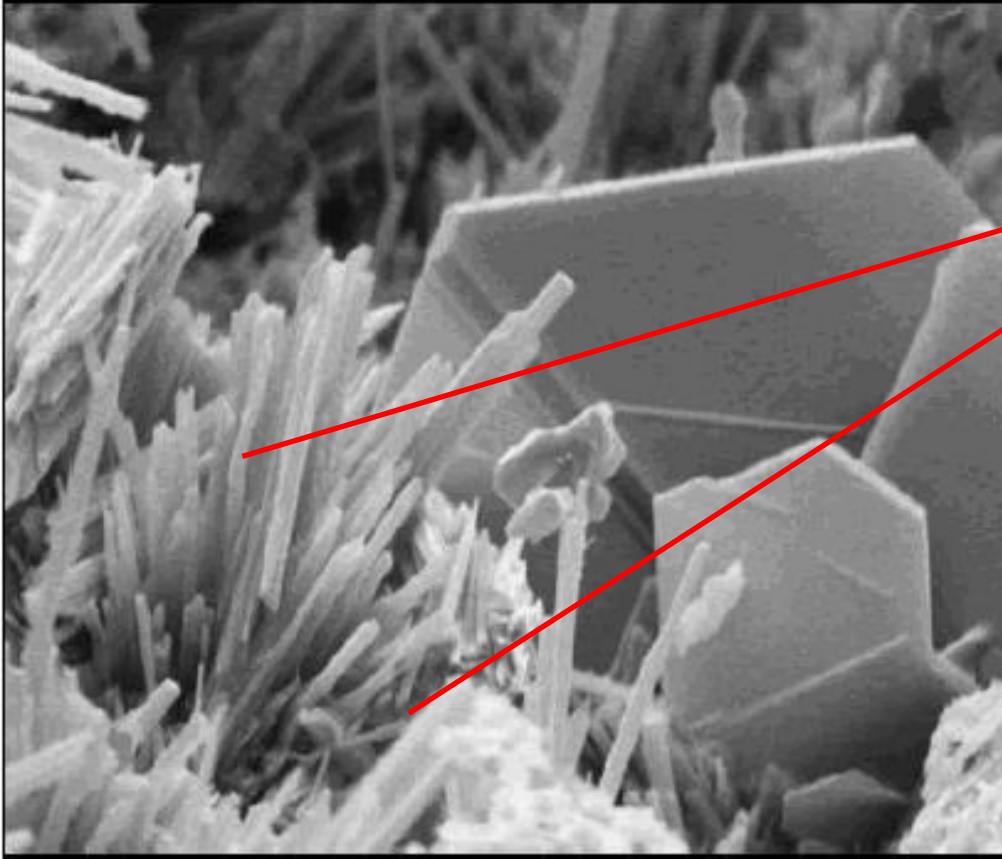


CH «Portlandit»

Hidratasyon Ürünleri (Portlandit)

- Çimento dayanıklılığını etkileyen en önemli parametre
- Su ile etkileşince çözülür
- Çimentonun boşluklu yapısının sebebidir
- Boşluk oluşturmada tüketilmesinin tek yolu mineral katkıların kullanılmasıdır

Hidratasyon Ürünleri (Etrenjit)



Etrenjit

Hidratasyon Ürünleri (Etrenjit)

- C3A'nın alçıtaşı ile reaksiyonu sonucu ortaya çıkar
- Alçıtaşı miktarına göre değişiklik gösterir
- Çimento prizi ile ilişkili parametredir
- C3A Miktarına göre alçıtaşının optimizasyonunu gerektirir
- Çimento Dayanımını etkilemez

Ayrıntılı Bilgi ve Ortak Çalışmalar için;

Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

Toroslar Mah. Tekke Cad.

33013 Yenitaşkent/MERSİN

Email : musteridestek@cimsa.com.tr

Tel : 00.90.324 241 23 37

GSM : 00.90.530 441 85 43

Fax : 00.90.324 454 00 52