



Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

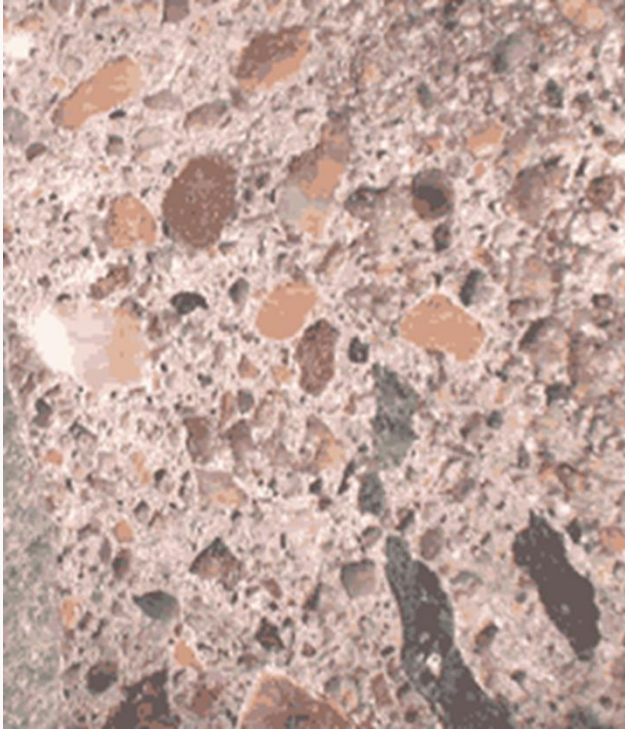
Çimentolu Sistemlerin Mikro Yapısı ve
Çimento-Agrega Arayüzü



Mikro Yapı Nedir?

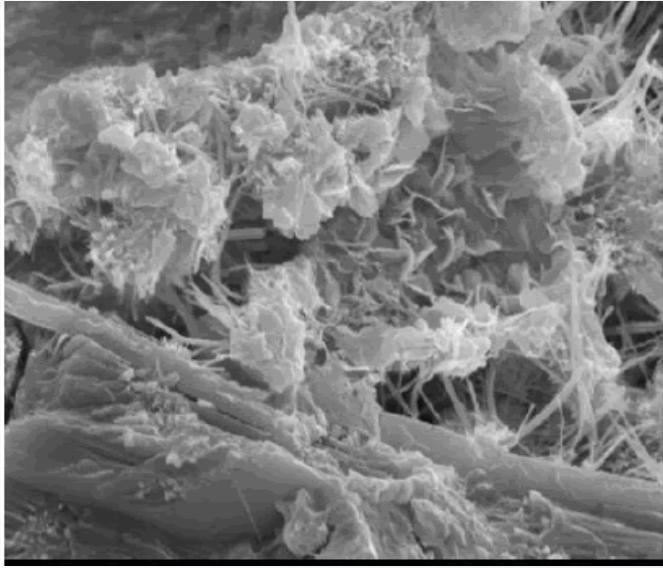
- ❖ Mikro yapı gözün göremediği 0.2 mm altındaki yapıyı ifade etmektedir.
- ❖ Mikro yapıyı çimentolu sistem içerisinde bulunan malzemelerin;
 - ❖ Tipi
 - ❖ Miktarı
 - ❖ Boyutu
 - ❖ Şekli
 - ❖ Dağılımı önem taşımaktadır.

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı

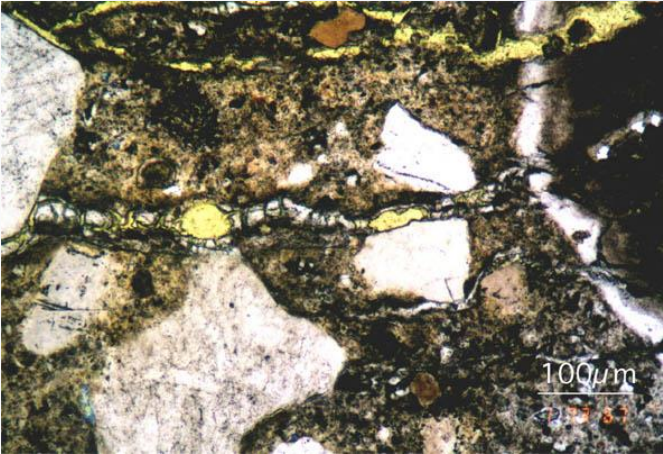


- ❖ Betonun yapısında iki ana nokta insan gözü tarafından ayırt edilebilmektedir. Bu yapılar;
 - ❖ Farklı boyut ve dağılımdaki agregalar
 - ❖ Bağlayıcı ortam
- ❖ Ancak iç yapı görünenden çok daha komplekstir!

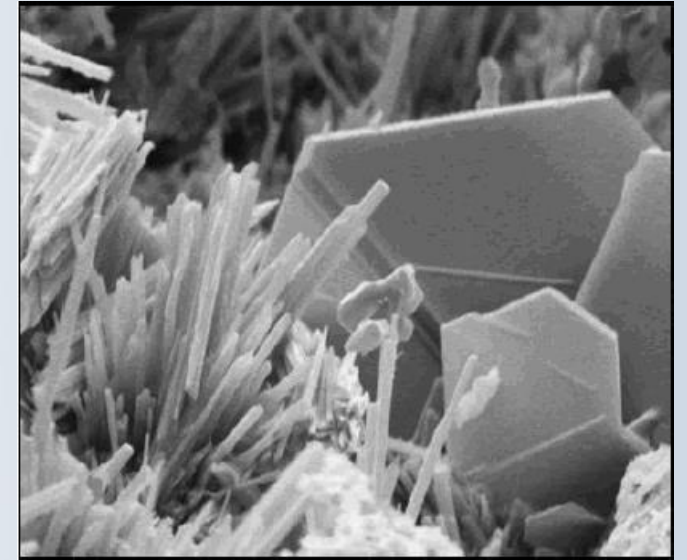
Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı



Bulutsu C-S-H yapısı
İğne yapısındaki etrenjit
CH kristalleri



Silissi agregalar ve alkali silika reaksiyonu sonrası oluşmuş jelin meydana getirdiği çatlaklar



İğne yapılı etrenjit
Tabakalar halinde kalsiyum hidroksit kristalleri

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı

- ❖ Sertliğini sağlamış çimentolu sistemlerde 3 ana bölge bulunmaktadır. Bunlar;
 - ❖ Agregada Bölümü
 - ❖ Çimento Pastası
 - ❖ Agregada ve Çimento Ara yüzü
- ❖ Beton, yapı kimyasalları gibi çimentonun temel bağlayıcı olduğu tüm uygulamalarda dayanım konusunda ön plana çıkan bölüm agregada ve çimentodan oluşan **arayüz**'dür.

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı

Agreganın Mikro Yapısı:

- ❖ Farklı mineral yapılar
- ❖ Boşluklar
- ❖ Mikro çatlaklar



Kırma Kum (>%25
Feldspat)



Kum (>70
Kuvarts)



Kil, Feldspat ve Kuvarts
içeren Kum

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı

Agrega Mikro Yapısının Etkilediği Parametreler:

- ❖ Birim Ağırlık
- ❖ Elastite Modülü
- ❖ Betonun Hacim Kararlılığı
- ❖ Beton Yoğunluğu
- ❖ Agregave Betonun Dayanımı
- ❖ Betondaki Kimyasal Reaksiyonlar
- ❖ Beton Durabilitesi

Agreganın mikro yapısı; sistemin dayanım ve dayanıklılık parametreleri üzerinde önemli etkiye sahiptir!!

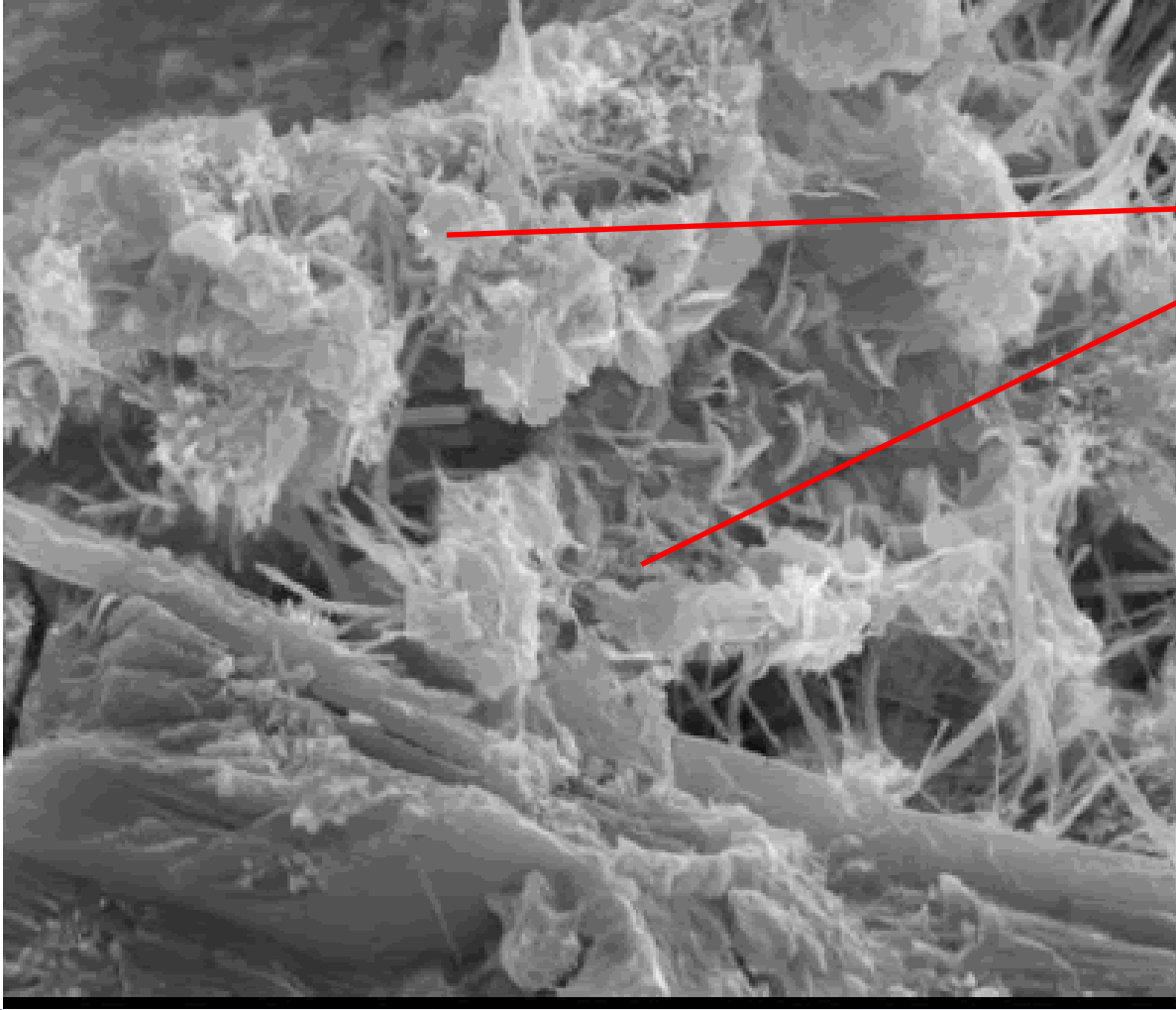
Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı

Çimento Pastası:

Kalkersi ve silissi hammaddenin 1300°C sıcaklıkta pişirilmesi ile elde edilen klinkerin alçı ile birlikte değirmende öğütülmesi ile elde edilir.

Çimentonun su ile reaksiyonu sonucu CSH jeli, CH (kalsiyum hidroksit) kristalleri ve etrenjit çubuksu yapıları mikro yapıyı oluşturmaktadır.

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-CSH Jeli

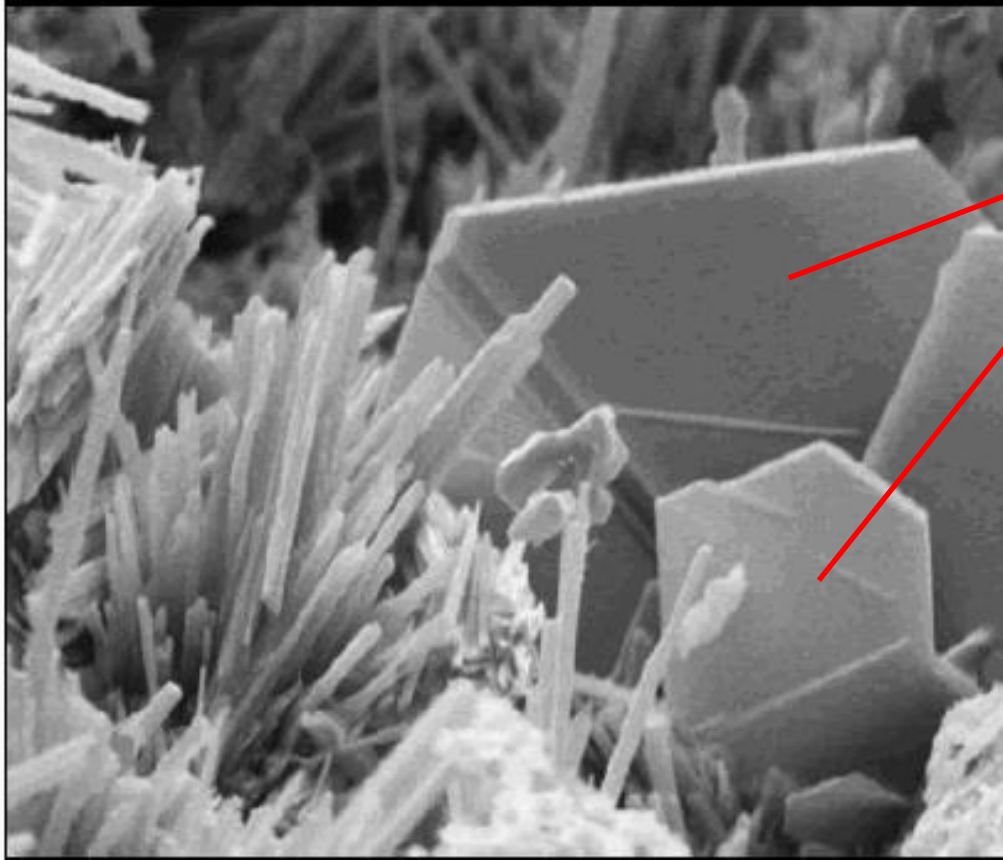


C S H Jeli

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-CSH Jeli

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

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-Portlandit

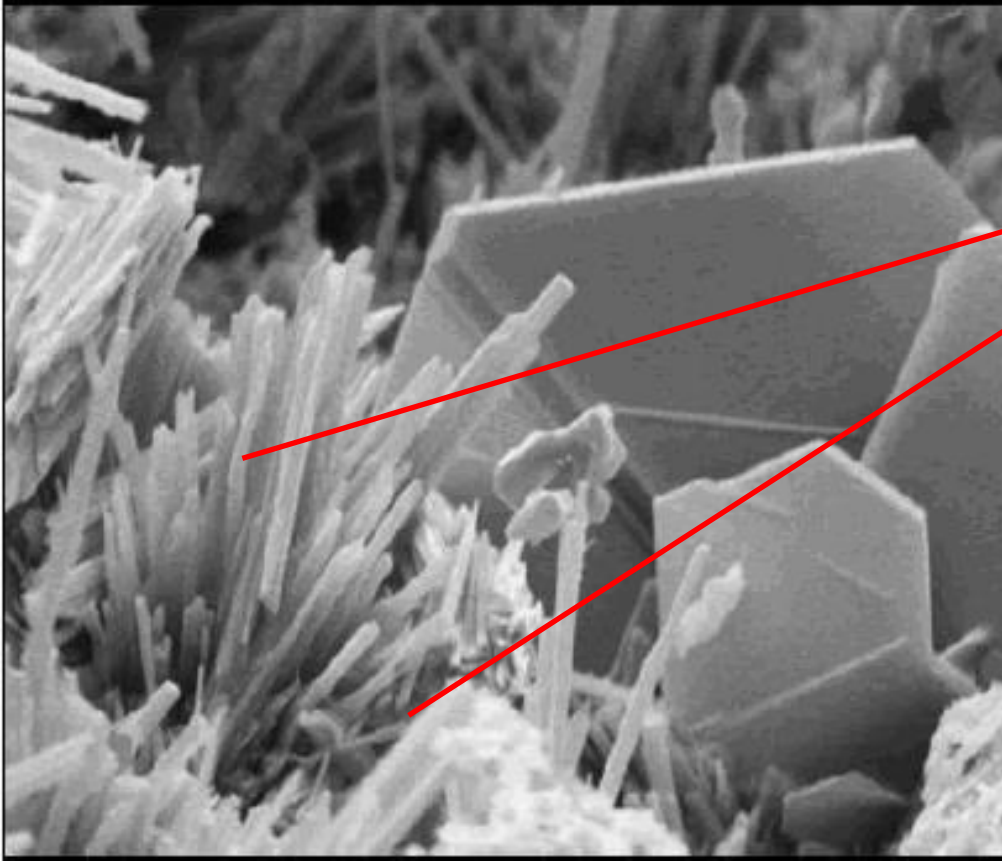


CH «Portlandit»

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-Portlandit

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

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-Etrenjit



Etrenjit
Çubukları

Çimentolu Sistemlerde Mikro Yapı-Etrenjit

- ❖ C_3A 'nın alçıtaşı ile reaksiyonu sonucu ortaya çıkar
- ❖ Alçıtaşı miktarına göre değişiklik gösterir
- ❖ Çimento prizi ile ilişkili parametredir
- ❖ C_3A Miktarına göre alçıtaşının optimizasyonunu gerektirir
- ❖ Çimento Dayanımını etkilemez

Çimento Agregaya Arayüzü (ITZ)

- ❖ Malzemelerin özellikleri iç yapıları tarafından şekillendirilmektedir. Bu sebeple iç yapıda gerçekleştirilen iyileştirmeler tüm yapıyı pozitif yönde etkileyen sonuçlar ortaya çıkartmaktadır.
- ❖ Çimentolu sistemler çok kompleks ve heterojen bir mikro yapıya sahiptir, ancak temel mikro yapıyı anlamak çimentolu sistemlerin dayanım ve dayanıklılık özelliklerini anlama konusunda fayda sağlamaktadır.

Çimento Agregaya Arayüzü

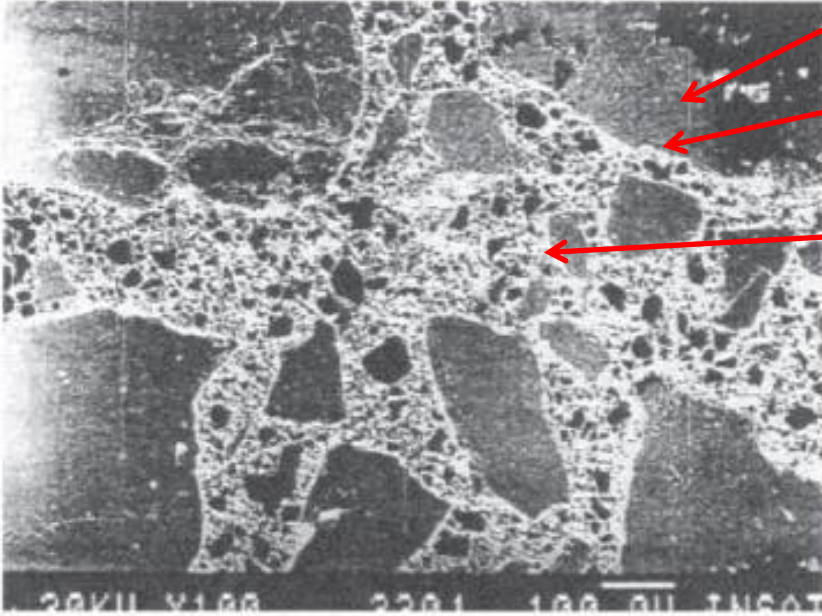
- ❖ Malzemelerin özellikleri iç yapıları tarafından şekillendirilmektedir. Bu sebeple iç yapıda gerçekleştirilen iyileştirmeler tüm yapıyı pozitif yönde etkileyen sonuçlar ortaya çıkartmaktadır.
- ❖ Çimentolu sistemler çok kompleks ve heterojen bir mikro yapıya sahiptir, ancak temel mikro yapıyı anlamak çimentolu sistemlerin dayanım ve dayanıklılık özelliklerini anlama konusunda fayda sağlamaktadır.

Çimento Agregaya Arayüzü

Kum tanecikleri

Çimento Agregaya Ara yüzü

Çimento tanecikleri



Çimento Agregaya Arayüzü

Çimento Ara yüzünün diğer çimento harcından/betonundan önemli farklılıkları aşağıdaki gibidir:

- ❖ Hidrate olmamış çimento tanecikleri bulunmaktadır.
- ❖ Boşluk yapısı yüksek orandadır ve heterojendir.
- ❖ Büyük oranda dayanıma etkisi az olan etrenjit fazı içermektedir.
- ❖ Dayanım ve dayanıklılık sorunlarına neden olabilecek kalsiyum hidroksit fazını yüksek oranda içermektedir.

Çimento Agregaya Arayüzü

Çimento Ara yüzünün diğer çimento harcından/betonundan önemli farklılıkları aşağıdaki gibidir:

- ❖ Hidrate olmamış çimento tanecikleri bulunmaktadır
- ❖ Boşluk yapısı yüksek orandadır ve heterojendir
- ❖ Büyük oranda dayanıma etkisi az olan etrenjit fazı içermektedir
- ❖ Dayanım ve dayanıklılık sorunlarına neden olabilecek kalsiyum hidroksit fazını yüksek oranda içermektedir

Çimento Agrega Arayüzü- Nasıl İyileştirilir?

Çimentolu sistemlerin (çimento/harç) en zayıf noktası olan ve normal/yüksek dayanımlı sistemlerin dayanımını belirleyen ITZ (çimento agrega ara yüzünü iyileştirmek için öneriler;

- ❖ Düşük su/çimento oranı kullanılarak bu bölgenin boşluklu yapısı azaltılabilir
- ❖ Mineral katkıların kullanımı ile yoğun CH (portlandit) oluşumunun önüne geçilebilir
- ❖ Harç/Beton uygun şekilde karıştırılmalı ve yerleştirilmelidir
- ❖ Aşırı karıştırma ve vibrasyon kaynaklı kasma engellenmelidir

Çimento Agregaya Arayüzü- Nasıl İyileştirilir?

- ❖ Agregaya yapısı bölgesel su toplanmalarına neden olmayacak şekilde düzgün geometrik yapıda olmalıdır (localized bleeding)
- ❖ Agregaya gradasyonu uygun eğride seçilmelidir
- ❖ Çimento tane dağılımı kontrol edilmeli, aynı agregada olduğu gibi mümkün olduğu kadar –uygun gradasyon-da üretim yapılmalıdır (optimum packing)
- ❖ ITZ'nin geliştirilmesi çimentolu sistemlerin tamamında durabilite (dayanıklılık) ve dayanımı olumlu yönde etkilecektir

TEŞEKKÜRLER...

Her türlü soru ve bilgi için..

Çimsa Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

Toroslar Mah. Tekke Cad.

33013 Yenitaşkent/MERSİN

T: 00.90.324 241 23 37

C: 00.90.505 462 00 52

F: 00.90.324 454 00 52