



Mineral Katkılar- Metakaolin

Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi



Çimento İkame Malzemeleri

- **Çimento İkame Malzemelerinin Temel Kullanım Sebebi Çimento Dayanıklılığını arttırmaktır**
- **Beyaz çimento sahip olduğu estetik özellikler gereği bir çok mineral katkı ile uyumlu değildir**
- **Prefabrik bülteninin bu sayısında beyaz çimento ile renk kaybı oluşmadan kullanılabilecek nadir mineral katkılardan biri olan metakaolin hakkında bilgi vereceğiz**

Çimento İkame Malzemeleri

- Doğal Malzemeler (Tras vb.)
- Atık Malzemeler (Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu, Silis Dumanı)
- Özel Üretilen İkame Malzemeler (**Metakaolin**)

ÇİMENTO HİDRATASYONUNUN ATIĞI OLAN CH (Kalsiyum Hidroksit) İLE REAKSİYON VEREBİLEN MALZEMELERDİR..

Metakaolin

Metakaolin Üretimi:

- Metakaolin'i diğer mineral katkılardan ayıran en temel özellik üretiminin farklılığı olmasıdır
- Diğer mineral katkıları ya doğal yollarla elde edilmekte ya da bir endüstrinin atığıdır
- Metakaolin ise saf haldeki kilin yaklaşık 700 °C sıcaklıkta 30-60 dk tutulması ve bağlı suyunun tamamen buharlaştırılması ile elde edilir

Metakaolin

Özellikle beyaz çimentolu sistemlerin dayanıklılık yönünden gelişmesine büyük katkıları olan metakaolin'in temel özellikleri;

- Yüksek miktarda amorf silis içermesi**
- Beyaz renkli olması**
- Alkali-silika reaksiyonu, sülfat saldırısı ve çiçeklenme gibi durabilite sorunlarını önlemesi**
- Beton elemanlara geçirimsizlik özelliği katması**

Metakaolin

Metakaolin'in Temel Özellikleri:

- %50-55'i SiO₂ %45-50'si Al₂O₃'den oluşmaktadır
- Yüzey alanı çimentoya benzer 1500-2500 cm²/gr'dır
- Yoğunluğu yaklaşık 2,5 gr/cm³'tür
- Ortalama Tane Boyutu 2 Mikron altındadır



Metakaolin'in Temel Kullanım Alanları:

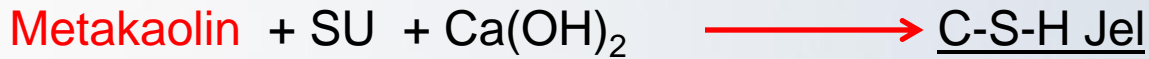
- **Beyaz renkli olması sebebi ile beyaz çimentolu sistemlerin tamamında kullanılması önemli faydalar sağlamaktadır**
 - Karo İmalatları
 - Cam Elyaf Katkılı Beton (GRC)
 - Renkli Beton Uygulamaları
 - Parke Taşları vs..
- **Bunun dışında diğer mineral katkıların kullanıldığı tüm alanlarda dayanıklılık arttırıcı olarak kullanılabilir**

Metakaolin Etki Mekanizması

Çimento Reaksiyonu:



Metakaolin Etki Mekanizması:



C-S-H Jel **İstenebilir Faz..** Dayanım veriyor..

Ca(OH)₂ **İstenmeyen Faz..** Dayanıma Katkısı YOK!!

Metakaolin

Metakaolin'in Çimentolu Sistemlerde Davranışı:

- İşlenebilirlik
- Priz Süresi
- Mekanik Özelliklere Etkisi (Basınç Dayanımı)
- Mekanik Özelliklere Etkisi (Çekme Dayanımı)
- Geçirgenliğe Etkisi
- Alkali-Silika Reaksiyonuna Etkisi
- Sülfat Saldırısına Etkisi

Metakaolin

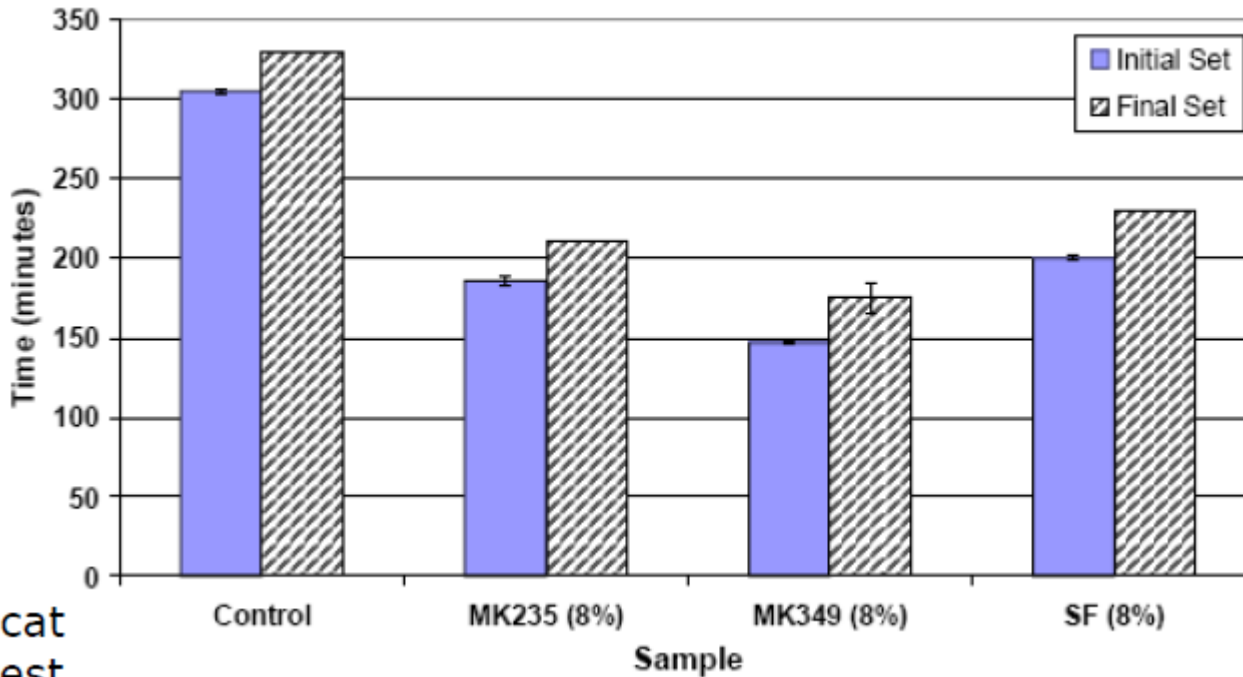
İşlenebilirlik:

- İşlenebilirliğe olan etkisi belki de metakaolin'in tek olumsuz yönüdür
- İçerdiği kil yapısı sebebi ile harcın su ihtiyacını arttırmaktadır
- Bu sebeple metakaolin kullanılan karışımlarda kimyasal katkı (akışkanlaştırıcı) eklenmesi tavsiye edilmektedir

Metakaolin

Priz Süresi:

Metakaolin içeren karışımlarda Portland çimento hidratlarının daha fazla yüzey alanı bulması ve karışım suyunun bir kısmının zamanla kil tarafından emilmesi sebebiyle priz süresi referans karışımlara oranla daha kısadır



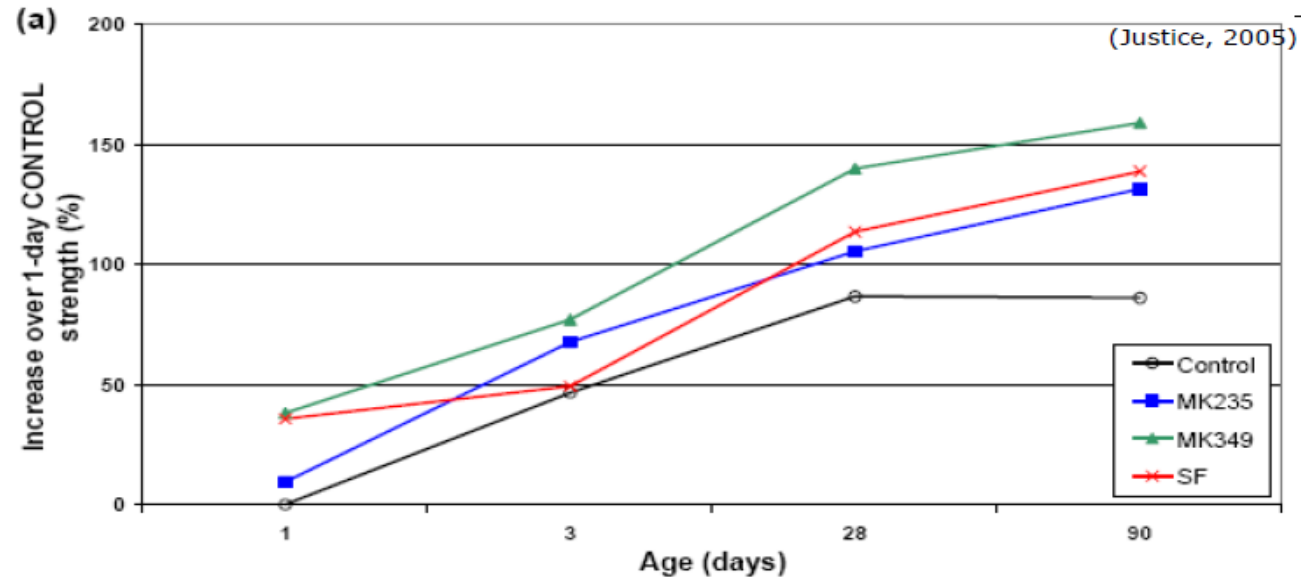
Mekanik Özelliklere Etkisi (Basınç Dayanımı):

- Metakaolin çimentolu sistemlerin nihai mukavemet değerlerini arttırmaktadır
- Bunun yanında belirli bir orana kadar kullanıldığında ve akışkanlaştırıcı ile desteklendiğinde erken mukavemeti arttırdığı da literatürde izlenmiştir. Bunun temel sebebi;
 - Filler Etkisi
 - Puzolanik Reaksiyon
 - PÇ Hidratasyonunu hızlandırması olarak özetlenebilir

Metakaolin

Mekanik Özelliklere Etkisi (Eğilme Dayanımı):

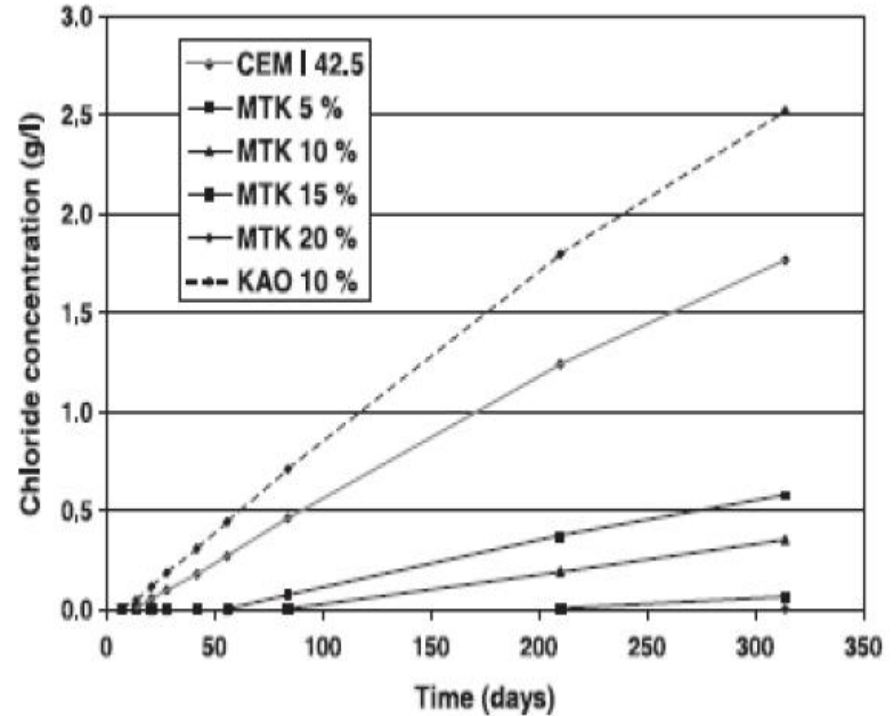
- Yapılan çalışmalar metakaolin kullanımının harç (ya da betonun) eğilme davranışı üzerinde pozitif etkisi olduğunu göstermiştir
- Metakaolin yapısal özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte uygun incelik ve reaktiviteye ulaştığında silis dumanını aşan performans göstermektedir



Metakaolin

Geçirgenlik:

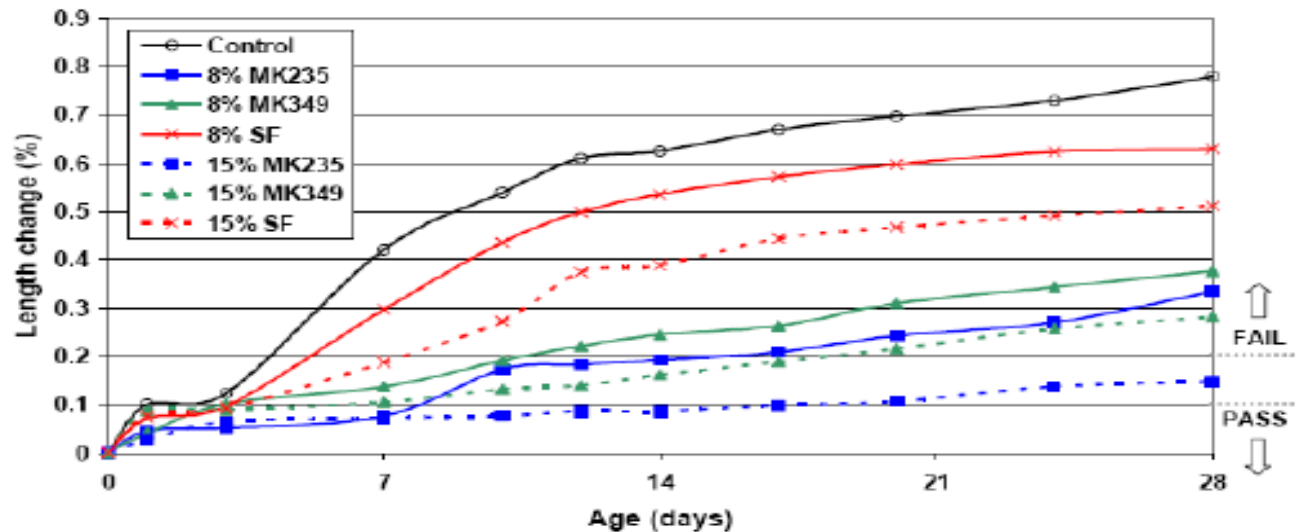
- Betonun dayanıklılığını etkileyen en önemli parametrelerin başında geçirimsizlik gelmektedir
- Metakaolen betonda geçirgenliğe sebep olan CH'ı; geçirimsiz yapıdaki C-S-H jeli haline getirmekte ve betonun geçirgenliğini azaltmaktadır



Metakaolin

Alkali Silika Reaksiyonu:

- Agregadan yer alan reaktif silis ile çimentoda bulunan alkalilerin reaksiyonu sonucu zararlı genleşme potansiyeline sahip alkali-silika jeli oluşur
- Metakaolen hem çimentoyu seyreltmesi hem de reaksiyonda kullanılan CH'ı yok etmesi sebebiyle söz konusu reaksiyon ihtimalini azaltmaktadır

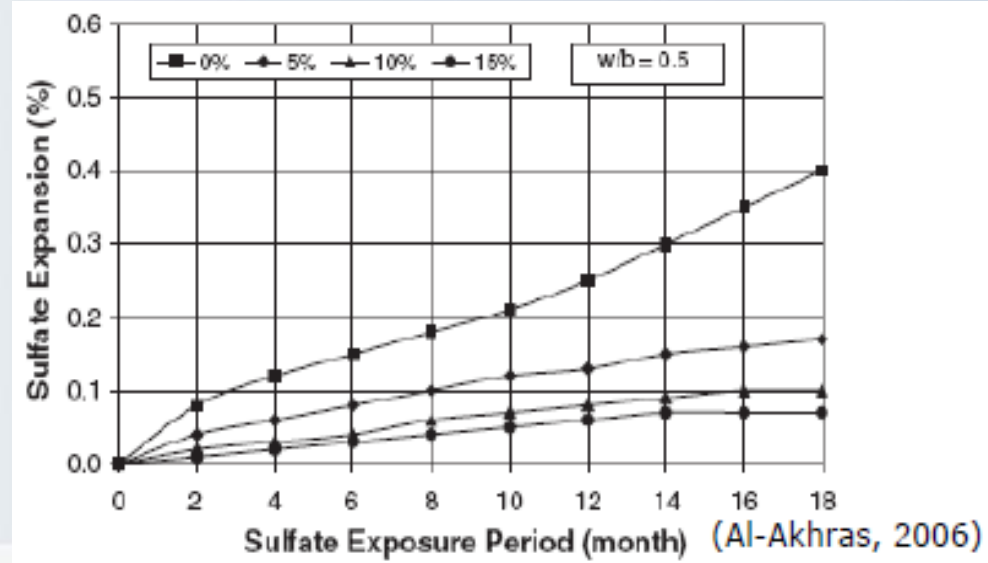


(Justice, 2005)

Metakaolin

Sülfat Saldırısı:

- Sülfat saldırısı çimentolu sistemlerin karma suyundan ya da yer altı suyundan gelen sülfat neticesinde hacim genleşmeleri ile meydana gelen bir reaksiyondur
- Metakaolen hem çimentoda sülfat saldırısına yardımcı olan C3A fazının seyreltilmesi hem de CH'in tüketilmesine yardımcı olur, düşük dozajlarda bile sülfat saldırısı sonucu oluşan uzama miktarını %50'ye yakın azaltır



Metakaolin

Sonuç olarak;

Metakaolen çimentolu sistemlerde nihai mukavemeti arttırıcı, dayanıklılık parametrelerine olumlu etki eden, çimentonun büzülmesini ve dolayısıyla çatlak oluşumunu azaltan bir mineral katkıdır

TEŐEKKÜRLER...

Her türlü soru ve bilgi için..

Çimsa Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

Toroslar Mah. Tekke Cad.

33013 Yenitařkent/MERSİN

T: 00.90.324 241 23 37

C: 00.90.505 462 00 52

F: 00.90.324 454 00 52