



Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

**Betonda Dayanıklılık Sorunları ve
Çözümleri- Sülfat Saldırısı**



Betonda Dayanıklılık

- **2000’li yıllarda Beton algısı değişmeye başlamıştır**
- **Yüksek Mukavemete odaklanmanın yanında uzun süreli dayanıklılığa sahip beton üretimi önem kazanmaya başlamıştır**
- **Beton’un içeriğinde yer alan girdilerin (çimento, agrega, vb..) farklı ortamlarla fiziksel ve kimyasal etkileşimleri sonucu çeşitli durabilite sorunları ortaya çıkmaktadır**

Betonda Dayanıklılık

- **Uzun süre dayanıklılığa sahip bir beton ancak her girdinin dikkatli bir şekilde kontrolü ile üretilebilir**
- **Betonun içerinden gerçekleşen ve dayanıklılık sorununa yol açan olayları kimyasal ve fiziksel olarak iki bölümde inceleyebiliriz**
- **Betonun içerisine sızan su, karbondioksit, sülfat, asit ve klor gibi maddeler betonda farklı kimyasal reaksiyonların meydana gelmesine sebep olur**
- **Donma-çözünme, ıslanma-kuruma, aşınma ise betonun fiziksel olarak yıpratmaktadır**

Betonda Dayanıklılık

- **Beton hizmette olduğu süre boyunca hem gerekli mukavemeti korumalı hem de kimyasal ve fiziksel etkilere karşı gerekli dayanıklılığı sağlamalıdır**
- **Beton tasarımı yapılırken çimento, agrega ve karma suyu dikkatli analiz edilerek; kısa-orta ve uzun vadede ortaya çıkabilecek durabilite sorunlarının önüne geçilmelidir**
- **Prefabrik bülteninin bundan sonraki sayılarında Türkiye’de mukavemet algısının gerisinde kalmış olan ancak betonun servis ömrünü gerekli performans ile tamamlaması için hayati öneme sahip durabilite sorunları ve çözümleri hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir**

Betonda Dayanıklılık

Betonun dayanıklılığını etkileyen fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar şu şekildedir:

- **Sülfat Saldırısı**
- Çiçeklenme
- Alkali Silika Reaksiyonu
- Deniz Suyu Etkisi
- Asit Saldırısı
- Karbonatlaşma
- Klor Saldırısı
- Donma-Çözünme Etkisi
- Islanma Kuruma
- Aşınma

Sülfat Saldırısı

Sülfat saldırısının mekanizmasını incelediğimizde;

Sertleşmiş betonun yapısında bulunan CH (kalsiyum hidroksit) deniz suyu/yeraltı suyunun yapısında bulunan sodyum sülfatlarla reaksiyona girer ve kalsiyum sülfat oluşturur

Çimentonun yapısında yer alan C3A fazı su ve etrenjitin etkisi ile mono sülfata dönüşmektedir

Mono sülfat ile birleşen kalsiyum sülfat sertleşmiş betonda genişlemeye sebep olur

Sülfat Saldırısı

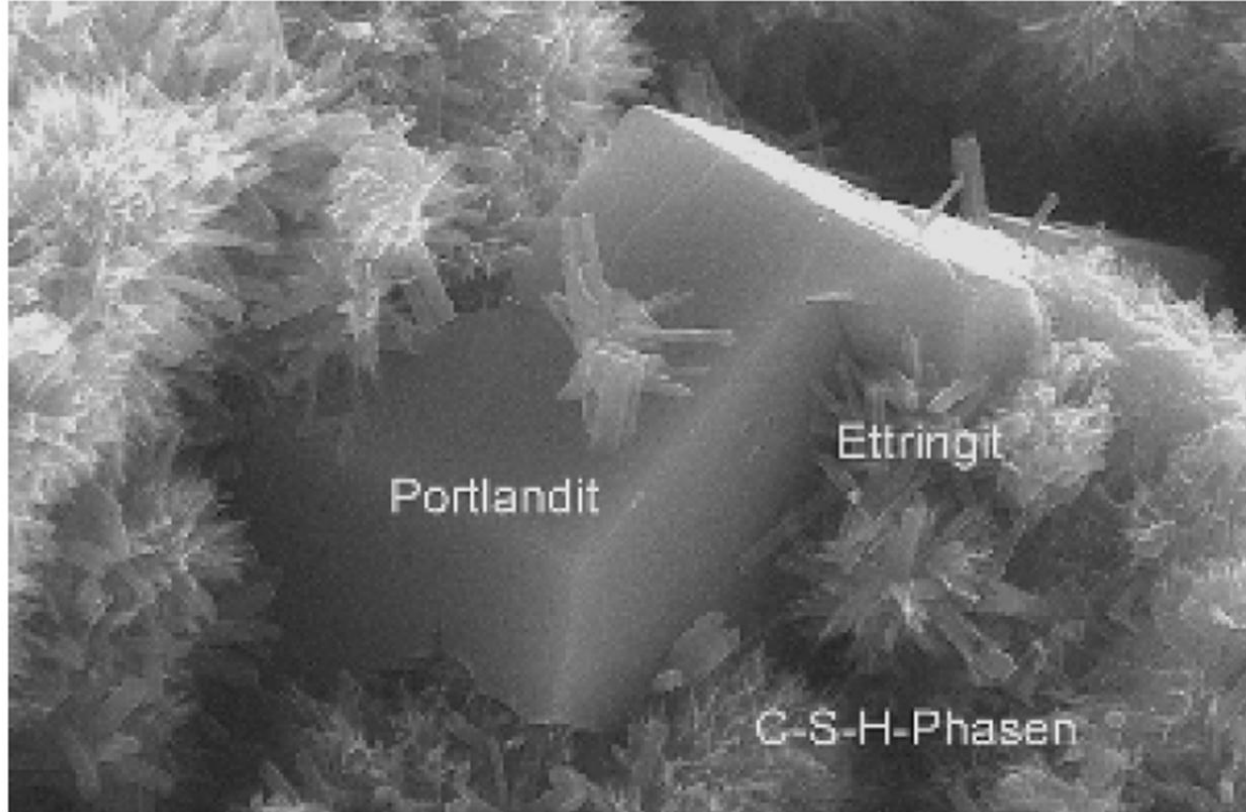
Sülfat saldırısı adı verilen ve sertleşmiş betonda zararlı genleşmelere yol açan reaksiyonun temel 3 sebebi vardır;

- Çimentonun içerisinde yer alan C_3A fazı
- Yer altı suyu ya da deniz suyu kaynaklı sülfat
- Betonun yapısında yer alan çimento hidratasyonunun ürünü CH (kalsiyum hidroksit)

BETONDA SÜLFAT SALDIRISI KAYNAKLI GENLEŞMEYİ DURDURMAK İÇİN BU 3 ETMENDEN BİRİ ÖNLENMELİDİR!!

Sülfat Saldırısı

Su ile reaksiyona girmiş çimento pastasının son ürünleri, kalsiyum hidroksit (portlandit), kalsiyum silikat hidrat jeli ve etrenjit'in elektron mikroskobunda görünümü



Sülfat Saldırısı



Sülfat Saldırısına Uğramış Beton Elemanlar

Sülfat Saldırısı

Sülfat saldırısının beton üzerindeki olumsuz etkileri:

- **Betonun geçirimsizliğini olumsuz yönde etkilemekte ve boşluklu bir yapıya neden olmaktadır**
- **Beton dış yüzeyinde derin çatlaklar oluşturmakta, pas payına zarar vererek donatının korozyona uğramasına neden olmaktadır**
- **Beton mukavemetini düşürmektedir**
- **Estetik sorunlara neden olmaktadır**

Sülfat Saldırısı

Betonda sülfat saldırısını engellemek için;

1. Düşük C₃A oranına sahip çimento kullanmak

- Yer altı suyu ve deniz suyuna maruz kalması muhtemel beton imalatları sülfat saldırısına maruz kalacaktır bu sebeple söz konusu imalatlarda özel çimentolar tercih edilmelidir
- TS EN 197-1'e göre CEM I SR ibareli çimentolar ile CEM III B ve CEM III C tipi çimentolar sülfata karşı dirençli çimentolardır

Sülfat Saldırısı

Betonda sülfat saldırısını engellemek için;

2. Mineral Katkı Kullanımı:

- **Sülfat saldırısı mekanizmasında çimento hidrasyonunun bir ürünü olan CH (kalsiyum hidroksit) de etkin bir rol oynamaktadır**
- **Mineral katkıların (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, metakaolin vs.) %10-20 aralığında kullanımı CH tüketimini sağlayacak ve sülfat saldırısını engelleyecektir**

Sülfat Saldırısı

Betonda sülfat saldırısını engellemek için;

3. Betonun geçirimsiz hale getirmek

- Sülfat içeren suların beton içerisine sızması engellenir ya da azaltılırsa sülfat saldırısına karşı beton korunabilir
- Betonun su/çimento oranının kimyasal katkı kullanımı ile mümkün olduğunca azaltılması betonun geçirimsizliğini arttıracaktır

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