

KOROZYON İNHİBİTÖRLERİ

Nihat GİRİT(*)

GİRİŞ

İnşaat teknolojisinin kuşkusuz en önemli yapı malzemesi betondur. Çünkü beton istediğimiz şekli verebildiğimiz bir yapı malzemesi olması yanında istediğimiz performans değerlerine göre de müdahale etme şansımız olan son derece uygun bir malzemedir. Betonun birçok olumsuz özellikleri günümüz teknolojisinde ortadan kaldırılmıştır. Örneğin: Betonun çekme dayanımlarındaki zayıflığı çelik donatı kullanılarak iyileştirilmekte hatta son yıllarda çelik fiber ve karbon lifleri ile de bu olumsuz özelliği iyileştirmektedir.

Beton dayanım gücünde bir zamanlar hayal olan çok yüksek dayanımlar (Örnek 1000 Kg/cm²) artık sistemli olarak üretilip sevk edilebilen beton olmuştur. Beton teknolojisinde kimyasal katkı ve mineral katkılar çok önemli rol oynamaktadır. Bu kimyasal katkılar ile betonun her koşulda üretilip korunmasını sağlamamız artık oldukça kolaylaşmıştır.

Gelişmiş ülkelerde betonarme yapılar dizayn edilirken hizmet ömürlerinin en az 100 - 150 yıl olması hedeflenmektedir. Betondan beklenen performans değerleri doğrultusunda hedeflenen hizmet ömürleri alınacak önlemler ile hiç de zor değerler değildir.

Ancak dünya bunları konuşurken ülkemizde 17 Ağustos 1999 sabahı gördük ki, 10-15 yıllık binalar dahi beklenen hizmet ömürlerinden daha kısa hizmet edecek. Gerek beton bileşenlerindeki kalitesizlik gerekse yapının standart değerlerin altında olması betonarme yapıdan beklenen hizmet sürelerini kısaltmıştır.

17 Ağustos 1999 sabahı itibari ile deprem bölgelerinde inceleme yapan birçok uzmanın ortak kanısı yapıların büyük bölümünde korozyon olduğu yönünde idi. Korozyona uğramış donatının betona yaptığı tahribatı son derece çarpıcı bir şekilde gözlemledik.

Önemli yapısal kusurların en başında gelen korozyona karşı betonda temel önlemlerin alınmadığını gözlemledik. Hatta en basiti olan yeterli pas payının bile ihmal edildiği tespit edildi.

Aşağıda betonda bir kanser etkisi yapan klor etkisine karşı son derece etkin bir koruma olan korozyon inhibitörleri ve etki mekanizmaları ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Bu tür malzemeler ile betonarme korozyon kesin olarak engellenmektedir.

DCI Nasıl Etki Eder?

Bu açıklamalarda, korozyon inhibitörleri rolü ve DCI korozyon inhibitörünün betonarmedeki çeliğin korozyonunu nasıl kontrol ettiği açıklanmaktadır. DCI korozyon inhibitörü, kalsiyum nitrit bazlı bir çözüldür. Kalsiyum nitrit, Ca(NO₂)₂, korozyon korumasına ihtiyaç gösteren sistemler için çok bilinen bir inhibitördür. Uzun dönem hizmet vermiş yapılarda gerçekleştirilen çalışmalar ile saha ve laboratuvar testleri, bu inhibitörün betondaki etkinliğini kanıtlamaktadır.

Problem nedir?

Betonun yüksek pH seviyesi nedeniyle betonarmedeki çelik doğal bir demir oksit tabakasıyla kaplanır ki, buna pasifleştirici tabaka adı verilir. Bu tabaka, demirin paslanmasını önler. Klorür gibi agresif iyonlar bulunmadığında, betonarmedeki çeliğin korozyonu gerçekleşmez. Deniz suyundan veya buz çözmek için kullanılan kimyasallardan kaynaklanan klorür iyonları çeliğe ulaştıklarında ise, oksit tabakasını aşındırırlar ve demir paslanır. Betonarme çeliğinin veya öngerilimli çeliğin etrafını saran ferrik oksit tabakasında mikroskopik ferröz oksit kalıntıları bulunur (Şekil 1). Klorürler böyle bir kalıntıdan girmek suretiyle çeliğe ulaşarak korozyonu başlatırlar. Korozyon devam ettikçe, oksit tabakası klorür iyonlarıncı aşındırılır ve pas oluşur.

Pasın oluşumu, genişletici bir reaksiyondur, betonun içinde büyük gerilim kuvvetleri yaratır. Korozyona uğrayan çelik içeren betonda, lekelenme, çatlama ve pas payı kırılması meydana gelir.

(*) Grace Yapı Kimyasalları A.Ş.

Çözüm

Korozyon inhibitörü, çeliğin yüzey kimyasını değiştirmek suretiyle korozyon olayını yavaşlatır veya durdurur. İnhibitör, klorürlerin betona nüfuz etmesini engellemez ancak yüksek konsantrasyonda klorür varlığına rağmen çeliği korur. DCI, taze betona katılarak beton giren bir kalsiyum nitrit çözeltisidir. Bu basit uygulama yöntemi, uygun şekilde dağılarak tüm ankastre çelik ve diğer materyaller için korozyona karşı tam koruma sağlar. Kalsiyum nitrit, diğer inhibitörlerden farklı olarak, betonun fiziksel özellikleri üzerinde herhangi negatif bir etki göstermez. DCI korozyon inhibitörü, ASTM C494 C tipi bir katkı maddesi olarak sınıflandırılmıştır.

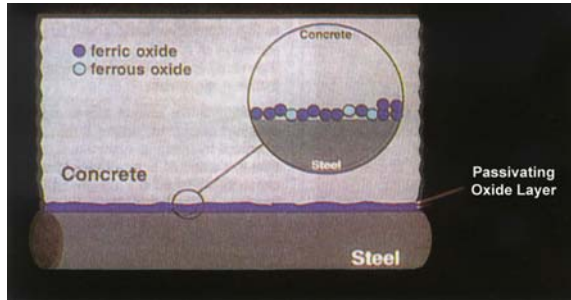
Kalsiyum nitrit, betonarmedeki çeliği zaten mevcut olan doğal korumaya yardımcı olmak suretiyle korur. Çelik alkali ortamda demir (Fe), oksijen (O), ve hidroksit (OH) iyonlarındaki bir oksit oluşur. Oksit ilk önce ferröz (Fe⁺⁺) iyonlarıyla oluşur. İyonlar, aşağıdaki denklem uyarınca oluşturulur.



Alkali ortam, ferröz (Fe⁺⁺) iyonlarının aşağıdaki reaksiyon uyarınca ferrik (Fe⁺⁺⁺) iyonlarına dönüşmesine neden olurlar.



Betonarmedeki demir üzerinde bulunan ferröz oksit'in ferrik oksite dönüşmesine rağmen daima ferröz oksit mevcuttur ve bu ise demiri korozyondan koruyan koruyucu pasif tabakanın bir parçası değildir (Şekil 1).

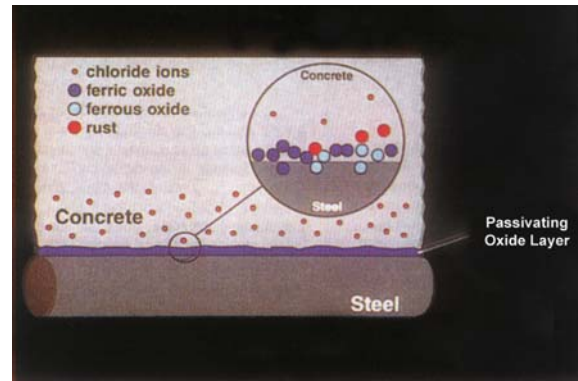


Şekil 1 - Doğal Yoldan Oluşan Koruyucu Oksit Tabakası

Ferröz oksit, klorür iyonlarına karşı daha az direnglidir ve korozyonun başladığı bölgeyi oluşturur. Ferröz oksit bölgelerinde, pasifleştirici tabakada bir kusur vardır. Buradan klorürler demir atomlarına hücum ederler. Klorür iyonları ne kadar fazla ise, herhangi bir klorür anyonunun bir ferröz kusuruna rastlama ihtimalinin o kadar yüksek olduğuna dikkat edilmelidir.

Pasifleştirici tabaka, birtakım ferröz oksit bileşikleri içerir. Ferröz oksit, ferrik oksit tabakasında bulunan bir kusurdur ve klorürün korozyonu başlatmasına imkan sağlar. Kalsiyum nitrit, yapının ömrü boyunca betonun içinde kalır. Nitrit iyonları, beton-

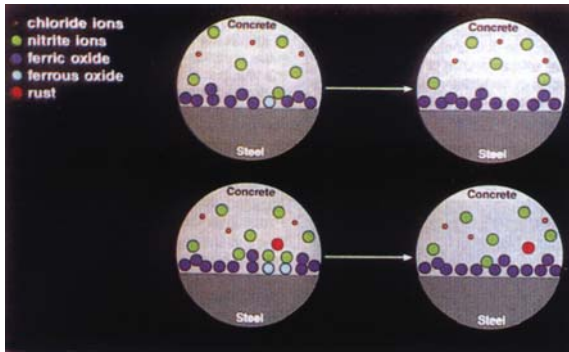
dan dışarı çıkıp dağılamaz ve pasifleştirici tabakanın onarımı hariç tutulacak olursa betondaki diğer elementlerle reaksiyon vermezler. Bu onarım süreci öyle etkindir ki, kalsiyum nitrit miktarında temel olarak hiçbir azalmaya neden olmaz. Saha yapılarında ve laboratuvar numunelerinde yapılan analizler sonucu bu durum ispatlanmıştır. DCI, çeliği belirli bir klorür konsantrasyonuna kadar, klorür kaynaklı korozyona karşı korur. Bu da, yapının hizmet ömrünü belirgin ölçüde artırır. Fakat sonunda, çelikteki klorür miktarı korozyonu başlatmaya yetecek bir düzeye erişir. Klorür iyonlarının sayısı o kadar çok olur ki bunlardan bazıları yeni oluşmuş ferröz oksit kusurlarına ulaşır. Korozyon başladığında bile (kalsiyum nitrit içermeyen betondakine nazaran çok yüksek klorür konsantrasyonunda), korozyon hızları, korumasız çelikte korozyonun başlama anındaki hızdan daha düşük olur. Çeliği çevreleyen DCI birikimi, klorür iyonlarının gücüne rağmen korozyonu inhibe etmeye devam eder. Korozyon başladığında, yeni demir atomları da korozyona maruz kalır. Bu yeni maruz kalann demir atomları, daha kararlı olan ferrik hale ulaşabilmek için önce ferröz halden geçmek zorunda olduklarından, daha ileri bir klorür hücumu tehlikesi altındadırlar. Bu nedenle, korozyon hücreleri giderek büyür ve korozyon ürünleri birikir. Bu olay, Şekil 2'de gösterilmiştir.



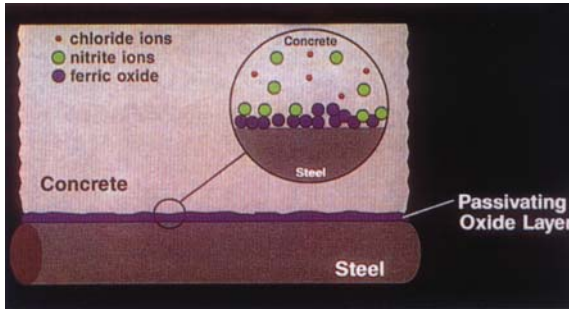
Şekil 2 - Çelik Üzerinde Klorür Hücumu

Nitrit iyonları, doğal ferrik oksit tabakasına eşlik ederek, klorür iyonlarını ferröz iyonlarıyla kompleks oluşturmaktan alıkoyarlar. Nitrit bunu üç şekilde gerçekleştirir. Birincisi, ferröz oksiti yükseltger ve koruyucu ferrik oksite dönüşmesini sağlar. Ferrik oksit, klorür hücumuna uğramaz. Alkali ortamda ferröz bölgeler ferrik bölgelere nazaran küçük olduklarından, temel olarak hiç nitrit sarfiyatı olmaz (Şekil 3A).

İkincisi, nitrit anyonları demir yüzeyinde kimyasal olarak absorblanarak sağlam bir ferrik oksit koruyucu tabakası oluştururlar. Şekil 3B'de görüldüğü gibi, ferröz oksit kusurları nitrit iyonlarıncı çevrelenmiştir ve klorür hücumuna maruz kalma ihtimalleri daha azdır.

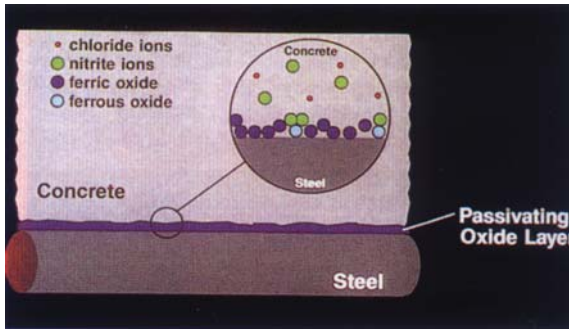


Şekil 3A - Çeliğin Kalsiyum Nitrit'çe Korunması



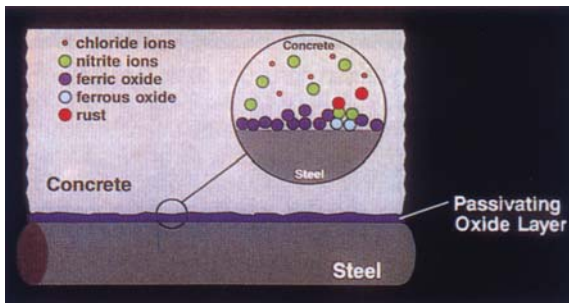
Şekil 3B - Çeliğin Kalsiyum Nitrit'le Korunması

Nitrit iyonları, aynı tür korumayı artırarak ferric oksit pasifleştirici tabakasını kuvvetlendirirler.



Şekil 3C - Çeliğin Kalsiyum Nitrit'le Korunması

Nitrit iyonları ferröz oksit kusurlarını çevrelemek suretiyle korurlar.



Şekil 3D - Çeliğin Kalsiyum Nitrit'le Korunması

Pas çelikten uzaklaşınca, nitrit iyonları içeri girerek yeni oluşmuş ferröz oksit bileşiklerini çevrelemek suretiyle koruma sağlar.

Klorür iyonları ferröz oksite hücum ederek, kompleksler oluştururlar. Bu kompleksler, çelikten uzaklaşarak pasa dönüşür. Hücumu yeni maruz kalan demir atomları daha çok ferröz oksit oluşturarak klorür hücumu altında kalmaya devam ederler.

Nitrit iyonları ferröz oksit bileşikleriyle reaksiyona girerek ferric oksit oluştururlar. Şayet klorür iyonları bir ferröz kusuru buldukları takdirde korozyon başlar. Ferröz klorür kompleksi (pas), çelik yüzeyinden uzaklaşırken, yeni ferröz iyonları, etraftaki betona temas edebilirler. Nitrit iyonları yeni ferröz iyonlarını hemen çevreleyebilir, onları klorür hücumuna karşı koruyabilirler. Nitrit iyonları ferröz iyonlarını klorür hücumuna karşı siperlerken, ferröz iyonları ferric hale yükseltirler. Böylece pasifleştirici oksit tabakası onarılır ve korozyon hücrelerinin oluşumu son bulur. (Şekil 3D)

Şayet nitrit iyonları betonun içindeyse, ferrözü koruyucu ferric hale yükseltgeyebilirler. Nitrit yokluğunda, klorür iyonları yeni maruz kalan ferrözoksit hücum ederek daha çok pas oluşmasına yol açarlar.

Kalsiyum nitrit, çeliği klorür kaynaklı korozyondan korumakta kullanılan ve klorürün betona nüfuz etmesini önleyen fiziksel bariyerlerden farklı olarak, çatlamış, betonda da etkilidir. Böyle bariyerler pek çok gerilmeye karşı dayanıksız olup, korumasız çeliği klorürlere maruz bırakabilirler. Beton, çeliğe kadar tamamen çatlamış olsa bile, DCI koruma sağlamaya devam eder, Klorürün nüfuz etmesini yavaşlatmak suretiyle etki gösteren korozyon koruma yöntemlerinin çatlak betondaki etkililikleri farklılık gösterir.

ÖZET

1. Çelik takviyeli veya öngerilimli betona DCI korozyon inhibitörü ilavesi, yapının hizmet ömrünü belirgin ölçüde artırmaktır.
2. DCI, çeliği korurken doğal yoldan oluşan pasifleştirici tabakaya eşlik etmektedir. Betona DCI ilave edilmesine korozyonun başlamasını geciktirmekte ve korozyon başladıktan sonra da hızını azaltmaktadır.
3. Deniz ortamları ve buz çözme tuzları, betondaki klorürlerin başlıca kaynaklarıdır, fakat betonun bileşenlerinde de bulunabilmektedirler. Klorür iyonları, korumasız çeliğe, üzerindeki koruyucu oksit tabakasında bulunan kusurlar vasıtasıyla hücum etmekte ve korozyon sürecini başlatmaktadır.
4. Klorürlerin yokluğunda, betonarme çeliğinin korozyondan korunması, alkali ortam (yüksek pH) nedeniyle beton tarafından gerçekleştirilebilmektedir.
5. Kalsiyum nitrit betonun içindeki çeliği korurken, nitrit konsantrasyonu yapının ömrü boyunca temel olarak sabit kalmaktadır. Bu tüketimsel bir işlem olmadığından kalsiyum nitrit çeliği korurken miktarca azalma göstermemektedir. Korozyon başladığında, DCI korozyon hızını azaltmak suretiyle korozyonu inhibe devam etmektedir.