

콘크리트 중의 철근 부식

■ WHAT 철근부식이란?

부식은 물질과 이를 열화시키는 환경 조건 사이에서 발생하는 화학적 또는 전기화학적 반응으로 주로 금속 물질이 대상이 된다, 콘크리트 내부의 철근에서 부식이 발생되면 철근은 원래 부피의 2 배에서 4 배 정도에 해당하는 녹을 형성하게 된다. 또한, 부식은 철근의 표면에 공보나 구멍을 만들어 단면적을 감소시키고 결과적으로 강도를 감소시키게 된다.

■ WHY 왜 철근의 부식을 고려해야 하는가?

콘크리트 구조물은 구조적으로 요구되는 인장력을 높이기 위해 철근을 사용한다. 철근은 동하중, 풍하중, 고정하중, 열순환 등에 의해 발생하는 인장 및 휨 응력에 대응하여 콘크리트 구조물의 파괴를 방지한다. 그러나, 철근이 부식하게 되면 녹이 형성되어 철근과 콘크리트 사이의 부착력을 떨어뜨리고 점차 얇은 층으로 갈라지거나 쪼개지게 된다. 만약 이러한 문제를 방치하게 되면 구조물의 안전에 심각한 악영향을 주게 될 것이다.

■ WHY 왜 콘크리트 속의 철근이 부식하는가?

콘크리트 속의 철근은 일반적으로는 녹이 슬지 않는다. 그러나,

철근콘크리트는 해안이나 제빙염을 사용해야 하는 환경 조건을 가진 지역에서도 자주 이용이 된다. 이러한 조건에서 콘크리트 내부로 염화물 침투가 일어나고 철근의 부동태 피막을 파괴시켜 결국 철근에 녹이 발생하게 되는 것이다.

철근 부식의 또 다른 원인으로 콘크리트의 탄산화를 들 수 있다. 콘크리트의 탄산화가 철근이 있는 곳까지 진행된다면 철근을 부식으로부터 보호하는 알칼리 환경이 중성으로 변화게 된다. 이러한 조건에서 철근은 부동태 상태를 유지하지 못하고 급속한 부식이 시작된다. 콘크리트 탄산화에 의한 부식의 진행 속도는 염화물이 일으키는 부식보다는 늦는 편이다.



교량 바닥판의 철근 부식

■ HOW 어떻게 부식을 방지할 것인가?

철근 부식을 방지하는 방법은 품질이 좋은 콘크리트를 제조하는 것과 철근의 피복 두께를 충분히 주는 것이다. 품질 좋은

콘크리트는 물시멘트비를 낮게 하여 염화물의 침투 및 탄산화의 진행이 늦어지도록 하는 것이다. 탄산화를 늦게 하기 위해서는 물시멘트비를 50 % 이하로, 염화물 침투를 최소화하기 위해서는 40 % 이하로 하는 것이 좋다. 콘크리트의 물시멘트비를 낮추기 위해서는 단위시멘트량을 높이거나 감수제 또는 유동화제를 사용하여 단위수량을 낮추는 방법이 있으며 플라이 애시나 슬래그와 같은 혼화재료를 다량 치환하여 사용하는 방법들도 있다.

콘크리트 재료 중 염화물을 함유하는 재료는 그 양을 제한할 필요가 있으며, 콘크리트 배합에 허용되는 염화물의 최대 양은 규정 및 공사 관계자의 협의 조건에 따라야 한다.

양질의 콘크리트를 만들기 위해서는 공기의 연행도 중요하다. 연행 공기는 콘크리트를 동결융해로부터 보호하는 역할을 하며, 블리딩의 발생 및 블리딩으로 인해 증가된 투수성을 감소시킨다.

콘크리트에서 발생된 스케일링이나 박리는 철근의 부식 피해를 증가시킨다. 콘크리트에서 과도한 스케일링이나 박리, 균열 등이 발생하지 않도록 표면마감 작업 시기의 적절한 일정 관리가 필요하다.

적당한 피복 두께 역시 철근을 보호하는 중요한 요소이다. 염화물의 침투나 탄산화는 모두 콘크리트 표면 상에서 시작하기 때문에 피복두께를 늘리는 것이 부식의 시작을 늦출 수 있는 방법이다. 예를 들어, 콘크리트 표면으로부터 5 mm 아래에 위치한 철근에 염화물 이온이 도달하는 시간은 피복두께 2.5 mm일 때보다 4 배 정도 더 소요된다. 구조물의 최소 피복두께는 철근의 두께에 따라 다르며, 일반적으로 슬래브 벽체의 옥외 기준으로 40 ~ 60 mm 를 규정하고 있다.

미국의 경우 구조물의 최소 피복두께는 일반적으로 38 mm이고 제빙염이 있는 환경에서는 51 mm까지 높일 것을 권장하고 있다. 해양에 접한 환경의 경우에는 최소 피복두께를 64 mm로 권장한다. 그러나, 골재 크기가 클수록 피복두께는 두꺼워져야 한다. 골재 크기가 19 mm보다 큰 경우 제빙염에 노출된 환경에서는 골재최대치수에 추가적으로 19 mm를, 해양환경에서는 44 mm를 더 늘려야 한다. 예를 들어 해양에 노출된 상태에서 25 mm 골재를 사용한 콘크리트의 최소피복 두께는 69 mm(25 mm + 44 mm)가 되어야 하는 것이다.

콘크리트는 적절한 다짐과 양생이 이루어져야 한다. 물시멘트비 40 %의 콘크리트의 경우 21 °C에서 최소 7일간의 습윤 양생이 필요하고, 반면 물시멘트비 60 %의 경우 동등한 성능을 얻기 위해서는 6개월의 시간이 요구된다. 수많은 연구에서 콘크리트의 공극은 양생시간이 길어짐에 따라 감소하고 이에 상응하여 부식저항성도 개선된다고 보고하고 있다.

실리카 폼이나 플라이 애시, 고로 슬래그와 같은 혼화재료의 사용은 염화물 이온의 침투에 대한 콘크리트의 투수성을 감소시켜 부식저항성을 개선시킬 수 있다.

아질산염 (calcium nitrite)과 같은 부식억제제는 염화물 이온에 의한 부식을 방지한다. 방수제 역시 수분과 염화물의 침입을 감소시키는 역할을 한다. 그러나, 장기적으로는 효과적이지 않은 것으로 보고되고 있으며, 양질의 콘크리트는 이미 낮은 투수성을 지니고 있기 때문에 방수제에 대한 추가적인 이점은 크지 않다.

부식을 제한하는 방법

1. 물시멘트비 40% 이하인 공기연행제를 사용한 품질 좋은 콘크리트를 사용
2. 콘크리트 피복두께는 최소 38 mm 정도로, 굵은골재 최대치수보다 최소한 19 mm 더 크게 적용
3. 제빙염에 노출된 경우 피복두께는 최소 51 mm를, 해양환경에 노출된 경우에는 최소 64 mm를 적용
4. 콘크리트가 적절하게 양생되는지를 확인
5. 플라이 애시, 고로 슬래그, 실리카 폼 또는 인증된 부식 억제제를 사용

References

1. "Building Code Requirements for Reinforced Concrete," ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. "Corrosion of Metals in Concrete," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. "Control of Cracking in Concrete Structures," ACI 224R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. Design and Construction of Fixed Offshore Concrete Structures," ACI 357R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. Perenchio, W.F., "Corrosion of Reinforcing Steel," ASTM STP 169C, 1994, pp. 164-172.
6. Whiting, D., ed., Paul Klieger Symposium on Performance of Concrete, ACI SP-122, 1990, 499 pp.
7. Berke, N.S., "Corrosion Inhibitors in Concrete," Concrete International,

Vol. 13, No. 7, 1991, pp. 24-27.

8. Berke, N.S., Pfeifer, D.W., and Weil, T.G., "Protection Against Chloride Induced Corrosion," *Concrete International*, Vol. 10, No. 12, 1988, pp. 44-55.