

# 콘크리트의 내구성과 철근의 부식

Durability of Concrete & Decay of  
Reinforcing Steel

尹在煥 / 수원대 건축학과 교수  
by Yoon, Chae-Hwan

## 1.머리글

최근 수년간의 신도시 개발 등 건설붐에 따라 인력, 자재의 부족으로 인한 바다모래의 사용, 수입시멘트의 사용, 부설시공 등으로 철근 콘크리트 구조물의 안전성 및 내구성 저하가 큰 사회적 문제로 대두되고 있다. 특히 대형 건설사고의 발생으로 인하여 구조물의 유지관리 및 보수문제가 큰 테마로 대두되고 있다.

철근콘크리트는 주지하는 바와 같이 압축에 강하고 인장에 약한 콘크리트를, 인장에 강한 철근으로 보강한 구조재이다. 철근과 콘크리트의 복합사용은 몇개의 이점을 가지고 있으나 그 중에서도 콘크리트가 철근에 대하여 우수한 防鏽力을 가지고 있어, 내부철근이 쉽게 녹슬지 않는다는 점이 가장 큰 이점의 하나이다. 이 때문에 철근콘크리트는 내구성이 좋은 구조재로써 안심하고 사용할 수 있다.

그러나 최근의 골재사정의 악화로 인하여 철근 콘크리트 구조물의 내구성이 현저하게 단축하는 현상이 여러 외국에서 발생하고 있고, 이러한 의미에서 우리나라도 예외는 아닌 것 같다. 그러나 이러한 문제들이 언론을 통하여 과장보도된 감이 있으며 무엇보다도 문제의 본질을 바르게 알고 이에 현명하게 대처하는 자세가 필요하다고 하겠다.

언론을 통하여 많은 문제점이 도출되어 일반인에게 많은 불안감을 안겨 주었는데, 이 문제의 해결은 콘크리트구조물의 건설에 관련된 우리들 모두의 책무일 것이다. 따라서 이 글에서는 바다모래의 사용으로 인한 철근부식의 메카니즘과 철근부식이 콘크리트구조물의 내구성에 미치는 영향 및 철근의 방식법(防蝕法)에 대하여 살펴보기로 한다.

## 2.철근의 부식

### 2-1.콘크리트중에서 철근의 부식

콘크리트중에서 철근은 부식하지 않기 때문에 철근콘크리트구조물이 성립된다. 이것은 콘크리트 공극중의 수분에는 수산화칼슘 용액과 여기에 약간의 수산화나트륨, 수산화칼륨을 포함하고 있으며, 그 pH는 약 12.5이다. 이와같이 강한 알칼리성 환경하에서는 철근표면에 부동태피막이라고 불리어지는 20-60Å 두께의 수산화물( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )이 얇은 산화피막을 형성하여 부동태화하고 있으므로 철근의 부식작용으로부터 보호되고 있다. 따라서 적절한 시공을 행한, 균열이 없는 밀실한 철근콘크리트구조물에서는 철근의 부식은 문제가 되지 않는다. 그러나 이러한 콘크리트의 철근 防鏽力도 두가지 원인으로 상실된다. 한가지 경우는 공기중에 있는 탄산가스의 침투에 의한 콘크리트의 중성화이며, 또 한가지 경우는 콘크리트중에 염분(염화물)이 함유되는 경우이다.

콘크리트의 중성화는, 콘크리트 표면으로부터 서서히 내부로 진행하여 철근부분까지 중성화 하려면 일반적으로 상당한 시간이 걸린다. 또한 표면마감재 등으로써 그 진행을 방지하는 것도 용이하다.

한편 염분은 어느 양 이상이 되면 콘크리트가 중성화하지 않더라도 철근을 급속히 부식시킨다. 이 속도에 관하여 예를들면 염분이 0.2~0.3%가 함유된 미세척된 바다모래를 사용한 경우에 있어 빠른 경우에는 10~15년 안에 철근이 녹투성이 되는 경우가 있다. 더욱이 콘크리트가 중성화 한 경우에는 부식이 가속적으로 진행된다고 생각할 수 있다.

또한 염분은 철근을 부식시킬 뿐만 아니라 설비 배관, 매설철물, 각종 앵커류의 부식원인이 된다. 예를들면, 새시의 앵커나 새시 그자

주 : 이 글은 한국토지개발공사에서 계간으로 발간하고 있는 잡지인 「토지개발기술」에 1991년 투고된 내용을 일부 보완, 전재한 것임.

체를 부식시킨 경우, 전화성용 파이프가 부식하여 콘크리트에 균열을 일으킨 예가 있다.

콘크리트중의 철근이 부식하면 철근체적은 원래의 약 2.5배로 팽창하여, 그 팽창압에 따라 피복콘크리트에 균열이 생긴다. 철근의 부식에 의하여 피복콘크리트에 균열이 생긴 시점에서의 부식량은 아직 그렇게 크지는 않아 곧바로 구조상의 안전성을 저하시키는 정도는 아니다. 그러나 균열이 발생하면 산소나 수분의 공급이 용이하게 됨에 따라 철근 부식이 촉진되어 균열이 더욱 커지게 되며, 피복콘크리트가 떨어져 구조물은 현저하게 열화되어 내구성이 감소한다.(사진 1. 2)



사진 1 철근부식에 의한 피복콘크리트 탈락

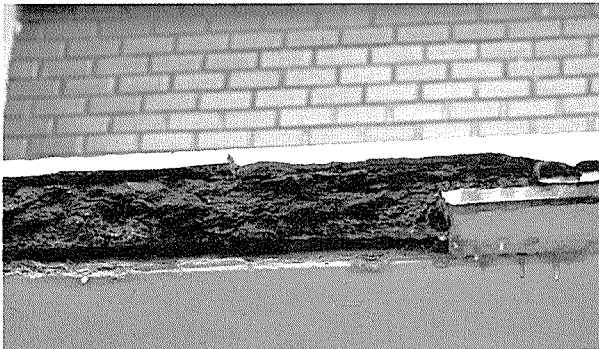


사진 2 철근부식에 의한 피복콘크리트 탈락

이와 같이 염분은 철근콘크리트에 있어서 큰 적이며, 따라서 무엇보다도 콘크리트 안으로의 침입을 막아야 한다.

염분침입의 경로는 두 가지가 있다. 한 가지는 바다모래나 혼합수, 혼화재료에 함유되어 처음부터 콘크리트에 들어오는 경우이고, 또 하나는 구조물이 완성되고 나서 바닷물이나 해염입자에 함유된 염분이 외부로부터 침투해 들어오는 경우이다. 또한 겨울철에 도로상에 뿌리는 염화칼슘 등의 제설제로부터 침투하는 경우도 있다.

### 2-2 철근의 부식메카니즘

수분이 존재하고 있는 매체중에서의 철근의 부식은 일반적으로 전기화학적 반응에 의한 것으로서 철근의 표면 또는 이에 접하는 전해질에 불균질한 부분(예를 들면 산소 또는 염분의 농도차 혹은 철근표면피복층의 건전한 부분과 결합부분 등)이 생기면 여기에 국부적인 전위차가 형성, 전류가 흐르게 되어 강재의 부식이 발생한다. 즉 일종의 국부전지(局部電池)가 형성된 것으로 이것을 부식전지(Corrosion Cell)라고 부르며, 이와같

은 마이크로전지에 의한 부식을 마이크로셀부식이라 부른다. 부식전지의 형성에 의한 철근강재의 부식과정은 일반적으로 그림 1에 나타난 것과 같이 진행된다. 즉 A, B의 두점간에 전위차가 생기면 먼저 A(양극, Anode)에서는 철원자(Fe)가 결정격자로부터 이탈하여 이온(Fe<sup>++</sup>)이 되어 매체중으로 들어오므로 Fe의 1원자당 2개의 전자(e-)는 B(음극, Cathode)로 이동하게 되어, 이 결과 매체중을 전류가 A(Anode)로 부터 B(Cathode)로 흐르게 된다. 이 전류를 부식전류(Corrosion Current)라 부른다. 이상의 전기화학 반응은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

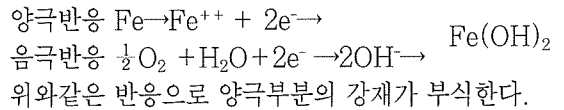


그림 1과 같이 두 점간에 전위차가 생기는 원인은 철근에 있어서 밀·스케일 등의 표면피막과 그 중의 국부적인 노출부분의 존재, 기계적인 요철, 먼지의 부착, 흠착부분의 유무, 잔류변형의 불균일분포, 粒界와 粒内, 가공조직과 재결정조직 등의 여러가지 물리화학적인 불균일성에 의한 것과 용존산소의 농도차, 용액중의 이온 농도차(pH의 차도 동일), 용액의 온도차와 같이 환경 측면에서의 요인으로 인한 것 등 크게 두 가지로 대별할 수 있다.

### 2-3.염화물을 함유한 콘크리트중에서의 철근의 부식메카니즘

콘크리트중에 염화물이 상당량 존재하면, 설사 콘크리트가 고알칼리성을 유지하고 있는 경우에도 철근강재는 비교적 용이하게 부식한다.(사진 3) 그 직접적인 원인은 염화물 이온에 의하여 강재표면의 부동태피막( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 산화피막)이 파괴되기 때문이며, 그 파괴메카니즘에 대해서는 몇가지의 설명이 가능하다. 예를들면, 산화피막설에서는 염화물이온은 다른 이온보다 용이하게 산화피막에 침투하여 산화피막을 콜로이드상태로 분산시켜 파괴한다고 하는 것이다. 어느 설에 의하든지간에 염화물이온에 의한 부동태피막의 파괴는 균일하지 않고 국부적으로 발생한다는 것이다. 부동태가 국부적으로 파괴된 결과, 강재표면에는 부동태표면으로 이루어지는 큰 Cathode로 둘러싸인 작은 면적의 Anode가 형성되어(일종의 매크로셀부식)이 사이에 커다란 전위차가 생기기 때문에 부식은 극단으로 한 부분에 집중하게 되어 孔蝕(Pitting)이라고 불리우는 부식형태가 된



사진 3 알칼리-골재 반응에 의한 아파트 구조물의 피해(일본의 예)

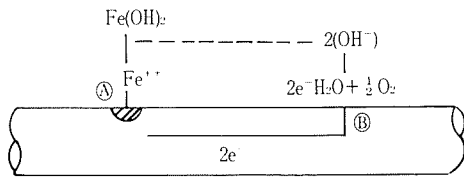


그림 1. 철근의 부식반응 메커니즘

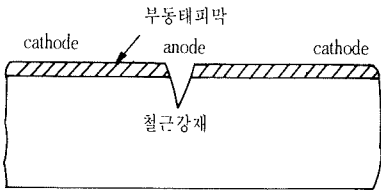


그림 2. 공식의 발생

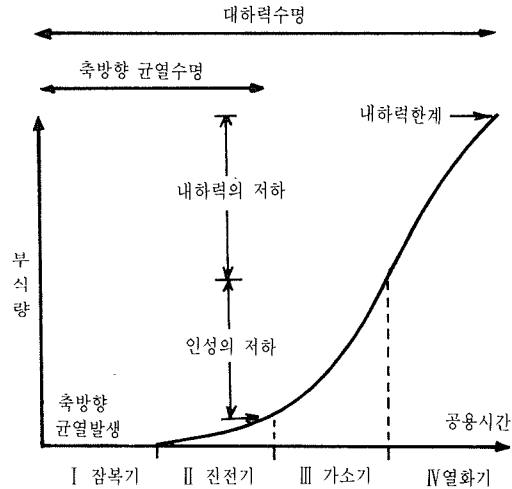


그림 3. 염분에 의한 열화과정

다.(그림 2참조)

### 3. 철근부식이 구조물에 미치는 영향

#### 3-1. 염분에 의한 구조물의 열화

콘크리트중에 염분이 포함된 경우에 있어 주된 문제는 철근 부식에 대한 위험이다. 철근 부식이 진행함에 따라 철근콘크리트 구조물은 보통 그림 3과 같은 열화 과정을 밟는다.

첫째는 잠복기로서 염화물이온이 피복콘크리트에 침투하여 철근근처에 축적된 경우로써 구조물이 해안근방 등 염해환경에 노출된 경우에 해당되며, 바다모래의 사용시와 같이 처음부터 콘크리트에 유입된 경우에는 잠복기는 존재하지 않는다.

두번째 과정은 전전기로서 염분에 의해 철근이 부식하기 시작하여 부식생성물이 축적되면, 그 팽창압에 의해 피복콘크리트에 균열과 녹물이 나타나게 된다. 콘크리트내의 염분이 비교적 적은 경우(Cl ion 0.6~1.0kg/m<sup>3</sup>)에 철근에 따른 균열, 녹물, 들뜸과 같은 현상이 눈에 띄게 되는 것은 10~15년 정도이며, 이때의 철근의 부식감량은 3~5%이므로 구조적 안전성은 거의 영향이 없다.

세번째 과정은 가속기로서 콘크리트에 철근 부식에 따른 균열이 발생하면 균열부분으로부터 산소와 수분의 침투가 용이해지기 때문에 철근의 부식속도는 가속되어 피복콘크리트가 탈락, 철근이 노출되게 된다. 축방향 균열이 생겨도 정적인 내하력은 저하하지 않으며 孔蝕 등에 의해 반복되는 高應力의 하중이 작용하는 경우에는 내하력 및 인성의 저하가 생기기 시작한다. 네번째 과정은 열화기로서 철근부식이 발전되어 단면적의 감소가 현저하게 되어 내하력이 저하하며, 부재의 변형과 처짐이 증대하여 종국에는 부재의 붕괴에까지 이르는 것으로 추정된다.

철근콘크리트에 사용되는 철근은 여러가지의 성능이 요구된다. 철근을 사용하는 주된 목적이 콘크리트에 대한 보강이기 때문에 구조적인 성능이 제일 먼저 요구된다. 구조적인 성능중에는 철근이 소정의 단면적을 유지하고, 재질적으로는 소정의 항복점, 인장강도, 연신율을 가질 것과 콘크리트와 소정의 부착강도를 가질 것 등이 포함된다.

그러나 철근콘크리트구조물에 요구되는 성능은 구조

성능만이 아니라 기타의 성능도 요구된다. 즉 철근부식에 의하여 피복콘크리트의 균열, 박리, 탈락, 녹물의 침출 등이 발생하여 구조물 이용자의 안정성, 거주성, 건물의 미관이나 재산평가에 나쁜 영향을 미치는 일이 있어서는 안될 것이다.

철근부식이 진행함에 따라 위와 같은 성능이 어떻게 저하하며, 또 위에서 열거한 열화과정과 어떻게 연관되는지를 표 1에 나타내었다. 표 1은 실제구조물의 지붕슬래브에 사용된 약 900개의 철근에 대하여 조사한 외국문헌을 인용한 것이다.

#### 3-2. 철근부식이 구조물의 내력에 미치는 영향

위에서는 부식이 하나하나의 철근의 부착강도, 항복점, 인장강도 등의 재료특성이나 균열 등이 철근의 부식도에 따라 어떻게 변화하는가를 검토하였다. 그러나 실제의 구조물에 있어서 철근부식도는 부재나 부위에 따라 또 하나의 철근이라 하더라도 길이방향이나 철근

표 1. 철근의 부식도가 구조물에 미치는 영향

부식도	등급*	I	II	III	IV
	부식감량	0~1%	1~3%	1~8%	6~16%
균열		없음	음	균열발생개시	균열이 발생되어 있으면 반드시 등급 IV, 반대로 IV이면 약 50%의 균열 발생
녹의 확산		녹은 철근과 콘크리트와의 경계면에 한정됨		콘크리트내부로 확산 개시	균열에 따라서 확산, 콘크리트표면에 스며 나온다.
부착강도	이형철근	거의 변화없음			
	원형철근	부식도가 커짐에 따라 오히려 중대한다.			
항복점		부착강도비(등급 I을 100으로 기준)			
		100	124	166	139
인장강도		거의 변화없음			
		항복점이 잘 나타나지 않는다.			
		단면결손이 없으면 강도의 저하는 무시할 수 있다.			
		상당히 저하한다. 부식감량, 등급으로 부터 강도를 추정하는 것은 어려우며 강도시험을 필요로 한다.			

\* 철근부식 정도의 등급 I : 철근이 흑피상태, 또는 녹이 발생되어 있으나 전체적으로 옅고 치밀한 녹이며 콘크리트면에 녹이 부착되어 있지 않다.  
 II : 부분적으로 부풀은 녹이 있으나 소면적의 반점 상태이다.  
 III : 단면결손은 육안관찰로는 확인되지 않으나 철근의 전둘레 또는 전길이에 걸쳐 부풀은 녹이 발생되어 있다.  
 IV : 단면결손이 발생되어 있다.

의 상, 하면에 따라 각각 상이한 경우가 많다. 따라서 부식 상태나 정도가 서로 다른 철근이 혼재하고 있는 부재나 구조물의 구조특성을 평가한다는 것은 많은 어려움이 따른다는 것을 예상할 수 있다. 문헌에 의하면, 염해(鹽害)로 철근이 부식하여 主筋에 따라 콘크리트의 균열과 박리가 생겨 해체된 교량에 대하여 내력조사를 행한 사례가 있다.

이 사례에서는 해체하기 전에 덤프트럭을 재하한 현장 실험에 의해 처짐과 철근변형도를 측정하고, 다음에 주된 보를 몇개 절단하여 파괴에 이르기까지 재하실험을 행하였다. 이상의 조사실험에 근거하여 이 문헌에서는 「외관적으로 노후도가 크지만 부재전체의 강성, 내력 모두 현저하게 저하하고 있다고는 생각할 수 없다」라는 결론을 내리고 있다.

또 다른 문헌에서는 단면이 10cm×15cm, 길이가 120cm~150cm의 철근콘크리트보 시험체를 만들어 電蝕에 의해 主筋에 연하여 폭 0.2mm~0.4mm의 균열을 발생시킨 후, 휨시험에 의하여 부재의 역학적 성상을 조사하고 있다. 이 문헌에 의하면 부식에 의하여 오히려 강성이 높아져, 파괴내력은 부재의 종류나 배근상태, 파괴형식에 따라 다르나, 오히려 파괴내력이 향상하는 경향이 있다는 것을 나타내고 있다.

그러나 우리가 여기에서 주의해야 할 점은, 위와 같은 결과는 소량의 철근부식으로 인하여 콘크리트와의 부착강도 증가로 인한 일시적인 내력증가일 뿐, 철근의 부식이 증가하여 단면결손이 심해진다거나, 콘크리트의 균열을 통해 수분이 침투하여 동결융해작용을 일으킨다거나, 혹은 중성화 등의 열화현상이 복합적으로 작용한다고 가정하였을 때에는 구조물의 내력은 현저하게 저하할 것이 예상된다는 것이다.

### 3-3.RC구조물의 수명과 허용부식량

이사의 기술로부터 피복콘크리트에 철근에 따른 균열과 박리가 발생하여도 부재전체의 강성이나 내력은 그렇게 큰 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있었다. 그러나 앞에서 논의한 바와 같이 철근 콘크리트 구조물에 요구되는 성능은 구조특성만이 아니라 거주성, 미관, 안전성, 안심감 등도 중요하게 요구되어지는 성능들이다. 피복콘크리트에 균열이 발생하면 상당한 불안감을 동반하며, 아울러 균열이 발생한 뒤의 부식속도는 급증할 것이 예상된다. 또한 피복콘크리트의 탈락 등이 발생하면 구조물의 입지조건과 용도에 따라 다르기는 하나 인신사고로 연결될 가능성도 다분히 있다. 실제로 구조물의 결함으로 클레임이 발생하는 시점도 균열 등이 발생하여 비관과 거주성이 손상되기 시작하는 단계이며, 그 이상 부식이 진행하여 내력상의 문제에까지 발전한 단계가 아닌 것도 사실이다.

따라서 내력과 강성에는 아직 여유가 있다고 해도, 피복콘크리트에 균열이 발생한 시점을 우선 RC구조물이 수명에 달한 시점으로 판단하는 것도 하나의 방법이라고 생각된다.

염해에 대한 내구성설계에 있어서는 기본적으로 다른 두 가지의 사고방식이 있다. 하나는 위에서 기술한 바와

같이 조금이라도 철근의 부식이 시작하면 구조물의 내구성은 대폭적으로 저하한다고 하여 이와같은 상태가 設計耐用年數안에 일어나지 않도록 설계(대책)하는 사고법이다. 또 하나는 설사 철근이 부식하여 피복콘크리트가 탈락하여도 設計耐用年數내의 설계내력을 가지고 있으면 된다는 관점에서 설계(대책)하는 방법이다.

이 두가지 사고법을 양극으로 하여 여러가지 논의가 있었으나 결국 「설계내용년수내에 될 수 있는 한 열화하지 않도록 설계, 시공하여야 하나 어느 정도의 열화는 허용하는 반면 계획적인 유지관리를 하므로써 내용년수(耐用年數)가 저하하지 않도록 하고, 어쩔 수 없는 경우에는 보수 혹은 보강을 행한다」라는 사고방법으로 정착되고 있는 것 같다.

## 4.강재의 방식법

콘크리트중의 강재의 耐蝕性을 높이기 위해서는 부식작용인자인 수분, 산소 또는 부식성염류가 침투하기 어려워야 하며, 또한 균열이 없어야 한다. 이를 위해서는 ①물·시멘트가 작은, 수밀성의 콘크리트를 시공하고 ②피복콘크리트를 충분히 확보하며 ③균열폭을 작게하는 것이 바람직하다.

일반적으로 콘크리트중의 강재는 콘크리트가 고알칼리성이기 때문에 강재표면이 부동태화 될 뿐만 아니라 산소나 수분의 공급도 제한되어 부식하기 어려운 상태에 있다. 특히 밀실한 콘크리트안에 매입된 철근은 부식하기 어렵다. 즉 강재에 있어서 콘크리트중에 매입되는 것은 좋은 防蝕이 된다. 여기에서는 이와같이 콘크리트만으로 대처하는 방식법을 제1종 방식법으로 부르기로 한다.

또한 해양콘크리트구조물의 경우처럼 끊임없이 염분이 공급되는 극심한 부식환경에 있어서는, 육상구조물의 경우에 비해 강재가 부식하기 쉬워 염분의 침투를 차단하는 등 보다 적극적인 방법에 의해 방식하는 것이 필요하게 된다. 따라서 콘크리트중의 강재를 적극적으로 방식하는 방법을 콘크리트만으로써 대처하는 제1종 방식법과 구분하여 제2종 방식법으로 기술하기로 한다. 여기에서는 제1종 방식법과 제2종 방식법에 속하는 것을 나누어서 설명한다.

### 4-1.제1종 방식법에 속하는 것

제1종 방식법의 기본은 방식의 구분 및 시공조건에 따라 방식에 필요한 피복두께, 허용균열폭 및 콘크리트의 품질을 선정하는 것이다.

먼저 피복에 의한 防蝕에서 철근을 피복하고 있는 피복부분의 콘크리트는, 표면으로부터 침투, 확산하여 강재 표면에 도달하여 직접 혹은 간접으로 강재의 부식을 발생시키는  $Cl^-$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  등의 물질을 차폐하는 기능을 갖는다. 그렇기 때문에 피복콘크리트는 될 수 있는 한 공극이 적은 치밀한 품질이 요망되어 더욱더 피복두께를 크게하는 것이 방식상 유리하다.

일반적으로 콘크리트표면의 균열폭이 커질수록 콘크리트내부의 강재는 부식하는 경향이 커진다고 한다. 따

라서 최대균열폭을 정하여 제어하는 것이 바람직하다.

콘크리트의 품질로서는 재료 및 배합이 소요품질의 콘크리트가 얻어질 수 있도록 선정하여야 한다. 콘크리트량에 대하여 0.3kg/m<sup>3</sup>이하이어야 한다. 시멘트는 방식성능이 좋은 고로시멘트의 사용이 권장되고 있다. 이 경우 양생을 충분히 행한다는 전제조건이 필요하다. 물·시멘트비, 단위수량에 대해서는 가능한 한 작게하는 것이 바람직하다. 해양 콘크리트구조물에 대해서는 물시멘트비 50%이하, 단위수량은 170kg/m<sup>3</sup>이하가 바람직하다. 이 경우 유동화제의 활용도 고려한다.

철근콘크리트용 방청제는 콘크리트 혼합시에 혼화제로서 첨가하는 것으로, 콘크리트경화시 철근 표면에 안정된 보호피막을 생성하여 철근의 부식을 방지하는 것이다. 방청제는 그 작용메카니즘에 따라 ①Anode형 방청제(부동태화제), ②Cathode형 방청제, ③흡착형 방청제로 분류된다. 일반적으로 Anode형 방청제는 방식력이 크고 비교적 소량으로 충분한 효과가 얻어지나, 첨가량이 불충분한 경우에는 부식을 국부적으로 집중시킬 위험이 있다. 반면 Cathode형 방청제는 첨가량을 조금 잘못 넣어도 국부적으로 부식이 집중할 위험은 적은대신 Anode형 방청제에 비해 방식력이 떨어지며 비교적 다량첨가를 필요로 한다. 2종류 이상의 방청제를 혼합하여 사용하면 단독사용인 경우에 일어나기 쉬운 국부적 부식을 방지할 뿐만 아니라 상승적 방식효과를 나타내므로 유효하다.

#### 4-2. 제2종 방식법에 속하는 것

제2종 방식법은 제1종 방식법의 요건을 가능한 한 만족시킨 뒤에 적용하는 것을 원칙으로 한다. 제2종 방식법에는 다음과 같은 방식방법이 있다.

i) 강제표면을 방식성재료로써 피복하는 방법

①비금속재료에 의한 피복

에폭시수지 도장철근, unbond PC강재의 樹脂系재료에 의한 피복

②금속도금에 의한 피복

아연, 알루미늄, 동, 니켈 등의 금속도금

ii) 콘크리트층으로써 부식성 성분의 침투를 막는 방법

①콘크리트표면비복

수지코팅, 수지라이닝, PIC(Polymer-Impregnated Concrete), PCC(Polymer-Cement Concrete)라이닝, 레진몰탈라이닝.

②콘크리트층 자체를 유해물이 통과하기 어렵게 하는 방법

PIC, PCC, 왁스혼입콘크리트

iii) 전류에 의하여 강재의 전위를 변화시켜서 방식하는 방법

전기방식

iv) 강제자체의 방식성능을 높이는 방법

내염성 鋼

이상 위에서 열거한 방법중 한 단계에서 유효하게 적용할 수 있는 몇가지 방법을 기술하면 다음과 같다.

-에폭시수지 도장철근

에폭시수지 도장철근이란 粉體型 에폭시수지 도료를 사용하여 靜電분체도장에 의해 제조한 것으로 도막의 두께는 200±50μm정도가 표준이다. 극심한 부식환경 하에서도 사용할 수 있으나, 콘크리트와의 부착이 도장하지 않은 철근에 비해 작기 때문에 겹침이음인 경우 25%정도 겹침이음길이를 크게 할 필요가 있다. 또한 시공시에 있어서는 도막에 상처가 생기지 않도록 주의 깊은 취급이 요구된다. 현재 결속선에 대해서도 수지피복철선이 시험적으로 시공되고 있으나 풀어지기 쉬운 등 약간의 문제점이 남아 있다.

-콘크리트표면라이닝(도장, 코팅, 라이닝, 함침)

콘크리트표면라이닝은 일반적으로 유지, 보수가 충분히 가능한 경우에만 사용된다. 수지계로서는 에폭시, 폴리우레탄, 비닐에스테르, 폴리에스테르 등이 사용된다. 사용시에는 내후성, 遮水·遮監性, 내알칼리성, 콘크리트와의 부착성, 균열추종성 등에 대한 검토가 필요하다.

-아연도금 철근

아연도금 철근은 부식성이 극히 심한 환경중에서의 사용은 권장되지 않으며, 도금의 부착량은 550g/m<sup>2</sup> 이상으로 되어 있다. 또한 보통철근 등의 이중금속과 접촉하면 매크로셀부식이 생길 가능성이 높으므로 접촉하지 않도록 충분한 배려가 필요하다.

-전기방식

전기방식은 콘크리트기술자에게 익숙하지 않은 방식 방법이지만 강구조물에서는 자주 사용되는 방법이다. 일반적으로 음극방식(Cathodic Protection)이라고 부르는 것으로서 외부전원방식 또는 流電陽極방식 등을 사용할 수 있으며 海中에서 가장 많이 사용된다. 방식전류는 -850mV(포화황산동 전극기준)가 표준으로 방식전류가 균일하게 흘러, 전체방식전류가 최소가 되는 것이 좋다고 한다.

이상과 같이 防蝕에는 여러 방법이 있으나 각각에 대한 방법의 특징과 적용법을 이해한 후에 적용하여야 하며, 또 구조물이 놓여있는 환경과 내용년수를 고려하여 방식방법을 선정하여야 한다.

### 5. 맺는말

이 글에서는 최근의 바다모래의 사용과 관련하여 우려되고 있는 철근의 부식 및 철근의 부식이 콘크리트구조물의 내구성에 미치는 영향과 아울러 현재까지 알려진 防蝕法을 간략하게 소개하였다.

콘크리트를 둘러싼 주위환경은 더욱 악화될 것이 예상되는 가운데 3면이 바다로 둘러쌓인 우리나라에서는 앞으로 이 문제가 건설분야에 있어서 중요한 논점이 될 것으로 생각되며, 장기적인 안목에서의 대책과 연구개발이 필요하다고 생각된다.

콘크리트는 결코 Maintenance Free의 영구적인 재료는 아니며, 이미 여러 외국에서 콘크리트구조물의 내구성 신화가 붕괴되기 시작하고 있다. 현대도시문명을 지탱하여 온 콘크리트 구조물의 중요성을 감안할 때 우리 후손들에게 무거운 유산을 남겨놓지 않도록 우리 모두 지혜를 모아야 할 때이다.