

강재의 부식과 콘크리트 구조물의 劣化評價

최 재 진

〈천안공업대학 토목과 교수〉

김 기 형

〈여주대학 토목과 교수〉

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. 서 언 | 3.2 강재부식성의 평가 |
| 2. 콘크리트 내에서의 철근의 부식 | 4. 염해를 받은 구조물의 열화 평가 |
| (1) 함수율 | 4.1 열화 평가계획 |
| (2) 염분농도 | 4.2 열화진행의 예측모델 |
| 3. 전기화학적 방법에 의한 강재부식성의 평가 | (1) 잠복기 |
| 3.1 전기화학적방법 | (2) 진전기 |
| (1) 자연전위법 | (3) 가속기 |
| (2) 분극저항법 | 5. 맺는말 |
| (3) 콘크리트 저항의 측정 | 참고문헌 |

1. 서 언

콘크리트는 내구성이 우수한 반영구적인 재료로 알려져 왔다. 그러나 콘크리트 속의 철근이나 PC강재가 녹슬어 부피가 팽창함으로써 콘크리트에 균열이 발생하여 구조물의 수명이 짧아지거나 붕괴의 위험에 처하는 경우를 종종 보게 된다. 철근의 부식은 피복두께의 부족 또는 염분을 충분히 제거하지 않은 바다모래의 사용 등이 중요한 원인이 되고 있다. 이러한 콘크리트 구조물은 해양환경 하에 노출될 경우 외부로부터 침투하는 염분에 의해 급속히 철근이 부식하게 되며 특히 파도나 조수 간만 등의 물리적 작용과 건조와 습윤상태가 교차

하는 위치에서의 철근부식은 보다 더 빠르게 진행된다.

콘크리트 구조물의 열화가 진행된다면 구조물의 유지를 위해서 보수 및 보강의 필요여부, 또는 구체적인 보수, 보강공법 등에 대하여 중요한 결정을 내리지 않으면 안 된다. 이 때 현재의 구조물이 어떠한 성능을 가지고 있고 앞으로 그 성능이 어떻게 저하할 것인가 하는 점을 명확히 파악하는 것이 매우 중요하다. 그런데 현실적으로 구조물의 보수시기와 보수공법을 선택하기 위해서는 구조물의 피상적인 손상상태를 조사하는 것이 일반적이며 열화된 구조물의 성능과 기능까지 자세히 조사하여 평가하는 경우는 많지 않은 실정이다. 보수는 통상

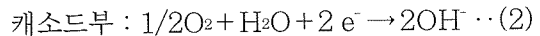
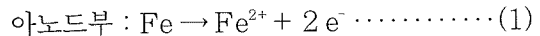
적으로 열화조사 결과와 경험적인 판단으로 결정되며 또한 보수재료와 공법은 손상의 정도와 경제성을 고려해서 선택하게 된다. 한편 보강은 재하실험에 의한 내하력을 검토하여 판단하지만 대부분의 경우 아직도 감각적인 판단이 최종적인 보수 필요여부의 결정수단으로 되고 있다. 그래서 구조물의 열화상태의 적절한 판정과 열화진행을 예측하고 또한 열화에 따른 구조물의 성능과 기능의 변화를 정확하게 파악하는 기술을 확립하는 것이 무엇보다 중요한 일이다.⁽¹⁾

이하에서는 철근의 부식정도를 평가할 수 있는 방법과 부식속도를 추정할 수 있는 방법 및 콘크리트 구조물의 열화 평가방법을 기술한 몇 가지 문헌의 내용을 살펴보고자 한다.

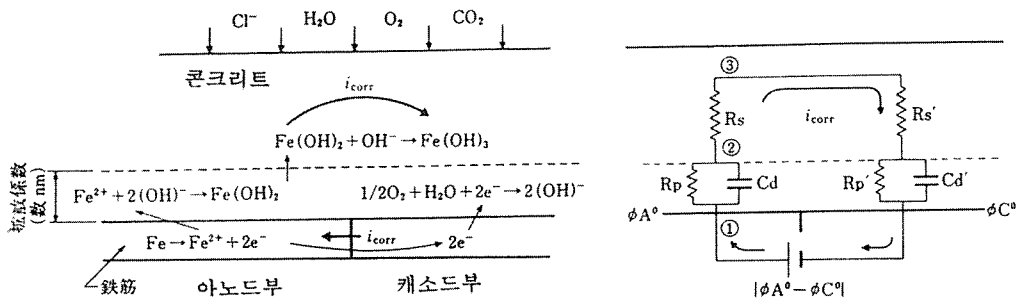
2. 콘크리트 내에서의 철근의 부식^(2,3)

정상적인 콘크리트는 수산화칼슘을 주성분으로 하는 용액이 공극을 채우고 있어서 pH 12 이상의 알칼리성을 나타낸다. 이러한 환경에서 철근은 그 표면에 20~60Å 정도의 얇은 산화피막을 형성하여 부동태화하기 때문에 거의 부식되지 않는다. 그러나 콘크리트에 염분이 혼입되거나 중성화가 진행되면 [그림 1(a)]에 나타난 반응에 의해 철근은 부식하게 된다.

이때 표면상태의 차이, 금속조직 또는 성분의 차이 등에 따라 부식하기 쉬운 부분(아노드)과 부식하기 어려운 부분(캐소드)이 존재하며 각각 다른 전위를 나타낸다. 캐소드부(부동태 상태)의 철근의 전위는 높아서 포화황산동 전극 기준으로 -100mV 정도이고 아노드부의 철근의 전위는 낮은 값(염분이 많을수록 낮아서 -300mV~-500mV)를 나타내며, 그 전위차에 의해 부식전지(작은 영역에서)를 형성하고, 아노드와 캐소드 사이에 부식전류가 흐른다. [그림 1(b)]에 나타낸 바와 같은 부식전류에 의해 다음과 같은 전기화학반응이 진행되며 전위는 양자의 중간적인 값으로 변화한다. 이것이 자연전위로서 외부로부터 측정되는 전위이다.



위의 두 반응은 동시에 진행된다. 철근표면의 부동태 피막이 건전하면 식(1)의 반응은 극히 작게 되며 부식반응에 따른 부식전류도 극히 작게 된다. 그러나 Cl⁻가 침투하여 철근 표면의 부동태 피막을 파괴하면 식(1)의 반응이 용이하게 되어 부식 반응에 따른 부식전류는 크게 된다. 그 크기는 염분 농도와 산소의 공급량과 관계가 있으며 부동태 상태시의 값에 비



(a) 콘크리트 속의 부식반응의 모식도

(b) 부식회로의 모델화

(그림 1) 콘크리트 속의 강재부식과 그 모델⁽³⁾

하여 100배 혹은 1000배 이상으로도 된다. 특히 염분에 의한 부식은 孔食狀態로 되며, 공식 발생 전위는 염화물 이온 농도에 의존하며 그 농도가 높을수록 공식전위가 저하하고 그 결과 자연전위도 저하한다.

염분량이 많을수록 전위는 낮은 값이 되며 전위와 염분농도의 관계를 해석하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.⁽²⁾

건조조건에서 : $E = -0.070806 \ln(\text{NaCl}) - 0.34122 \text{ V(vs CSE)}$ (3)

수분조건에서 : $E = -0.087283 \ln(\text{NaCl}) - 0.62419 \text{ V(vs CSE)}$ (4)

여기서 (NaCl)은 콘크리트에 대한 중량 백분율 농도이다. 다만 실제환경에서 콘크리트는 양자의 중간적인 습윤상태에 있다고 가정하여, 철근의 자연전위는 양자의 평균치를 해석에 사용할 수 있다. 그런데 철근이 나타내는 전위는 전류의 출입이 있는 동적인 것이며 강재 표면에서는 식(1) 및 식(2)의 아노드 반응 및 캐소드 반응이 동시에 진행된다. 반응에

있어서 식(1)에서는 주로 염화물 이온이, 식(2)에서는 철근표면에서의 산소공급량이 관계된다. 특히 콘크리트 표면에 塗膜이 있는 경우 또는 물로 포화된 상태이면 철근에서의 산소공급량이 크게 감소하여 철근의 자연전위는 낮아진다. 이 형태는 [그림 2]에 나타낸 바와 같이 산소의 공급이 적어지면 캐소드 반응이 제한되어 캐소드 분극특성이 한계전류밀도로 되기 때문이다. 그 결과 음분극곡선은 변화하고 자연전위는 저하하여 부식전류밀도는 크게 저하한다. 따라서 매크로 전지부식의 해석에 있어서는 위에 기술한 바와 같은 자연전위의 특성을 고려할 필요가 있다.⁽²⁾

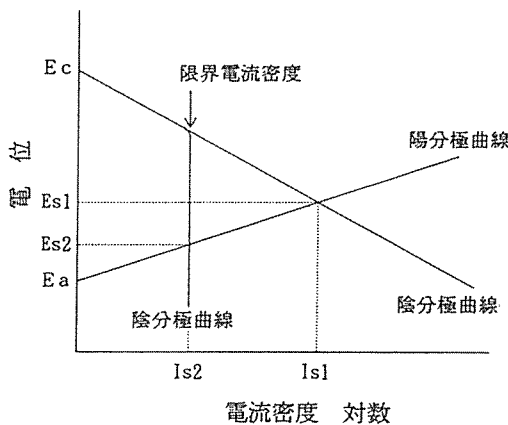
정확한 부식의 해석을 위해서는 다음과 같은 고려가 필요하며 콘크리트내의 염분량과 수분의 거동이 명확히 되어야 한다.

(1) 함수율

양질의 콘크리트로서 수분만이 환경의 건습에 의해 변화하는 경우, 콘크리트의 수분은 표면부근에서는 크게 변화하지만 철근부근에서의 변화는 적다. 철근의 자연전위를 결정하는 인자는 주로 염분량과 산소공급의 정도인데 철근에서의 산소공급량은 함수율의 영향을 크게 받는다. 그래서 함수율의 변화에 따른 산소공급량의 변화를 구해 철근부식의 해석에 반영시키는 것이 필요하다.

(2) 염분농도

콘크리트 내의 수분량이 일정하면 철근의 자연전위는 부동태 피막을 파괴시킨 콘크리트 내의 염분량과 높은 관계가 있다. 그러나 그 염분량은 철근표면에서의 값이기 때문에 철근부근의 염분량을 구하여 자연전위와 염분량의 관계로부터 철근의 자연전위를 구한다. 깊이 방향으로 농도구배가 있는 경우에 철근의 자연전위는 확산문제를 풀어 시간변화에 따른



Es1 : 산소공급이 양호한 경우의 자연전위
Es2 : 산소공급이 어려운 경우의 자연전위

[그림 2] 철근전위의 모델도⁽²⁾

철근부근의 염분량이 변화하는 것을 고려하고, 염분농도와 산소공급량을 파라미터로 하여 산출하는 것이 필요하다.

3. 전기화학적 방법에 의한 강재 부식성의 평가

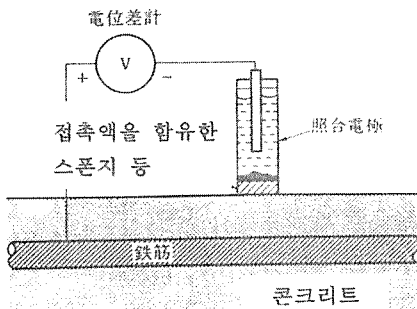
3.1 전기화학적 방법⁽³⁾

강재의 부식반응은 전자의 이동을 수반하고, 이것에 의해 강재 중에는 전류가 생겨 부식회로가 형성되며 이것은 전기회로로 바꾸어 생각할 수 있다. 여기서의 전기화학적 방법이란 이 전기회로의 전원부, 강재와 콘크리트 계면의 저항부 및 콘크리트 저항부의 정보를 얻는 것을 의미한다.

전기화학적 검사방법으로서 현재 실제 사용되고 있는 것은 다음 3가지이다.

(1) 자연전위법

자연전위는 금속이 존재하는 환경에서 유지되는 전위로서 부식환경에 있는 강재에서는 부식회로에 전류가 흐른 결과로서 측정되는 값이다. 콘크리트 속의 강재에 대해서는 [그림 3]에 나타난 방법으로 콘크리트 표면으로부터 강재 전위를 측정한다. 이 측정방법은 간편하며, 지금까지의 실적도 많다. ASTM에서는 1977



(그림 3) 자연전위 측정방법의 개요⁽³⁾

(표 1) 자연전위에 의한 부식평가에 관한 ASTM 기준⁽⁴⁾

측정 전위의 범위	콘크리트 중의 강재부식의 가능성
$-200\text{mV} < E$	90% 이상의 확률로 부식이 없다.
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	불확정
$E \leq -350\text{mV}$	90% 이상의 확률로 부식이 있다.

(표 2) 전위의 측정결과에 미치는 콘크리트의 영향⁽⁵⁾

항 목	영향의 정도 (mV)	대책 등
콘크리트 흡수량	± 70	살수에 의해 습윤상태로 한다.
콘크리트 중의 液間 전위차	± 20	콘크리트중의 염분과 pH분포에 의해 생긴다.
콘크리트의 W/C	± 100	초기재령에서의 영향이 크다.
照合電極과 콘크리트의 접촉	± 150	양자의 사이에 물 등을 함유시킨 스펀지 등을 끼운다.
표면의 중성화	>250	오래된 콘크리트에서 이 영향이 나타난다. 중성화 층을 제거한다.
콘크리트의 열화	>400	뜯뜸이 생긴 곳에서는 측정값이 크게 변화 한다.

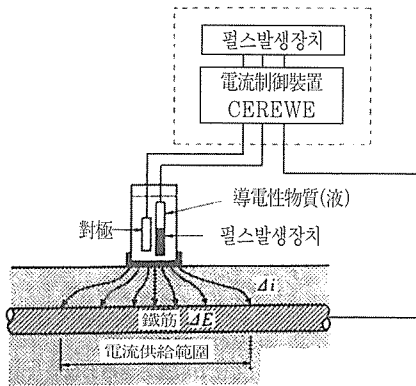
년에 이미 이 방법에 의해 측정된 자연전위와 강재부식의 관계에 대하여 [표 1]에 나타난 판정기준을 작성하였으며, 이 기준은 지금까지도 널리 적용되고 있다. 다만 [그림 3]의 측정방법에서의 문제는 [표 2]에 나타난 바와 같이 콘크리트의 영향을 피할 수 없다는 점이다. 이것은 콘크리트의 상황에 따라서는 평가에 큰 오차를 일으킬 가능성이 있음을 나타낸다.

(2) 분극저항법

분극이란 전류가 유입됨으로써 강재 표면의 전위가 변화하는 현상을 말한다. 또 이 현상은 [그림 1(b)] 속의 저항 R_p 에 의해 생긴다고 보기 때문에 이 R_p 를 분극저항이라 부른다.

회로전류밀도와 분극저항의 사이에는 일반적으로 다음 식이 성립된다.

$$i_{corr} = K / R_p \dots \dots \dots (5)$$



(그림 4) 분극저항 측정방법의 개요⁽³⁾

여기서, i_{corr} : 부식전류밀도 (일반적으로 부식속도를 나타낸다)

K : 비례상수

즉, 분극저항법이란 R_p 를 구함으로써 부식속도의 지표로 얻는 방법이며 측정방법은 [그림 4]와 같다.

이 방법은 [그림 1(b)] 속의 ① - ③ 사이의 외부(對極)로부터 미소한 전류 Δi 를 가하여 그 때의 강재표면의 전위 변화량 ΔE 를 조합전극으로 읽어, $R_p = \Delta i / \Delta E$ 로서 구하는 것이다. 다만 이 회로에는 R_p 와 병렬로 부식반응의 전기용량성분이, 또 직렬로 콘크리트의 저항성분(R_s)이 추가되기 때문에 R_p 를 정확히 구하기 위해서는 양자의 영향을 제거할 필요가 있다. 이 때문에 최근에는 이 회로(① - ③ 사이)에 주파수가 다른 교류를 공급하고 이 때의 회로의 임피던스 특성으로부터 R_s , R_p 등을 구하는 방법도 사용되고 있다.⁽⁵⁾

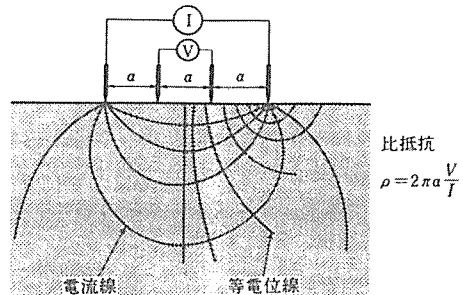
(3) 콘크리트 저항의 측정

강재의 부식전류는 콘크리트 속을 통과하는 것으로부터 콘크리트의 전기저항도 부식전류밀도 i_{corr} 의 크기를 지배하는 요인이 된다.

콘크리트의 전기저항을 측정하는 방법은 현재 두 종류가 있다. 그 하나는 위에 기술한 교류분극저항법에 의해 R_s 를 측정하는 방법이

다. 이 방법으로 강제 부식에 보다 밀접한 영향을 미치는 강제 주변의 콘크리트의 저항평가가 가능하다. 또 하나의 방법은 [그림 5]에 나타난 바와 같이 전극을 콘크리트 표면에 대어 콘크리트의 비저항을 직접 측정하는 방법이다.

콘크리트의 비저항 자체는 직접 강재의 부식성을 평가하는 것은 아니지만 일반적으로 $10\text{-}20\text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ 정도 이하에서 부식의 위험성이 높다.⁽⁶⁾



(그림 5) 콘크리트 비저항 측정방법의 개요⁽³⁾

3.2 강제 부식성의 평가⁽³⁾

앞에 기술한 3가지의 전기화학적 측정치는 원래 자연전위가 강제부식 유무의 지표, 분극저항이 강제부식의 지표, 콘크리트의 비저항이 강재를 둘러싼 환경의 지표로서 각각 다른 성격을 갖는다. 그래서 이들 3가지의 지표를 병용하여 그 전체의 평가로부터 철근의 부식성을 판단하는 시도가 되고 있다. [그림 6]은 분극저항과 자연전위를 동시에 측정된 결과를 강재의 부식상태와 비교한 예이다. 전위 또는 분극저항 만의 판단으로는 부식성의 판단이 곤란한 경우에도 양자를 종합하여 평가함으로써 부식부를 평가하는 것이 가능하게 된다.

[그림 7]은 자연전위, 분극저항 및 콘크리트 비저항의 조합평가에 의해 실제 콘크리트 중의 강재의 부식상태를 추정할 예를 나타낸다.

한편 철근의 부식현상을 모델화하여 팽창균열을 예측하기 위해서는 콘크리트 중에서의 염소이온 및 산소의 확산, 부식속도, 부식생성물과 균열발생의 관계 등 각종현상을 명확히 해야 한다. 이것을 최초로 이론적으로 다룬 연구로 Bazant의 연구⁽⁷⁾가 있다. Bazant는 해양환경중의 철근콘크리트에 대하여 염소 이온의 확산, 부동태의 파괴 외에 산소 및 수분의 확산 침투, 콘크리트 속을 흐르는 전류, 산소의 소비, Fe(OH)와 붉은 녹의 생성, 콘크리트의 균열발생조건 등을 여러 가지의 가정 하에 수식화하여 부식개시시간, 부식속도, 균열

발생시간의 추정을 하였다. 콘크리트 속의 염소이온 농도가 한계치에 달하여 철근이 활성화하기까지의 시간을 예측한 초기적인 연구로서는 Browne의 연구⁽⁸⁾를 들 수 있다. 염소이온이 시간과 함께 콘크리트 속으로 침투해 가는 과정을 Fick의 확산방정식을 사용하여 수식화하고 철근위치의 염소이온농도가 어느 한계염소이온농도에 달하기까지의 시간을 추정하고 있다.

기존의 데이터가 축적됨으로써 Bazant 시대에 비하여 팽창균열의 발생기구의 모델화 및 그 시간을 예측하기 위한 제반 계수가 조금씩 명확히 되고 있다.

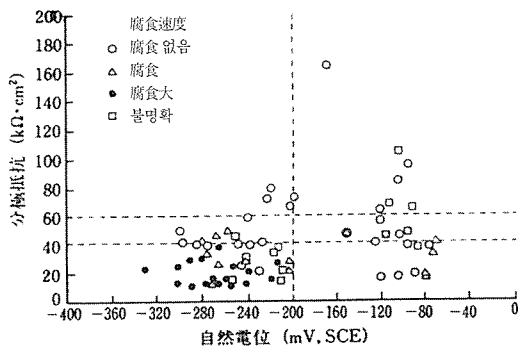
현재 외국에서는 부식에 의한 팽창균열을 예측하기 위한 연구로서 균열현상을 모델화한 해석적 방법, 電食에 의한 강제부식 등을 병용한 수치해석 등의 연구도 보고되고 있다.⁽⁹⁾

4. 염해를 받은 구조물의 열화평가⁽¹⁾

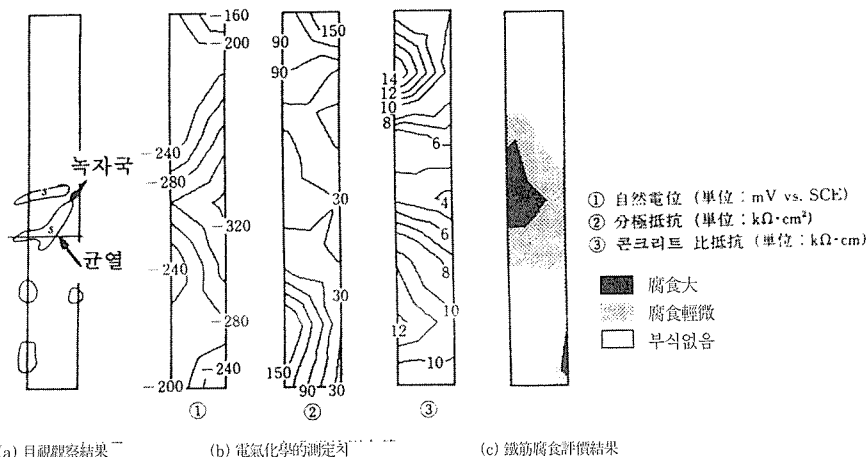
4.1 열화평가 계획

콘크리트 구조물은 열화가 시작되고 나서야 유지관리 행위를 시작하는 경우가 많은데 이

것은 구조물의 장래를 위한 보수이기 보다는 현재의 열화상태를 보수하는 효과밖에 얻지 못한다. 콘크리트 구조물은 열화가 시작되기 전에 보수를 실시하여 소위 예방적인 관점에서 유지관리를



(그림 6) 분극저항과 자연전위의 상관과 실제의 부식 상황⁽⁶⁾



(그림 7) 3가지 전기화학적 정보의 병용에 의한 부식평가 결과⁽³⁾

할 필요가 있다. 이와 같은 예방적인 유지관리를 위해서는 구조물을 정기적으로 점검하고 그 결과를 기초로 하여 열화의 진행과 구조물의 현재성능과 앞으로의 성능변화를 예측하여 구조물의 열화를 평가해야 한다. 즉, 열화의 원인은 무엇인가, 현재의 열화상태는 어느 정도이고 앞으로 어떻게 열화가 진행될 것인가,

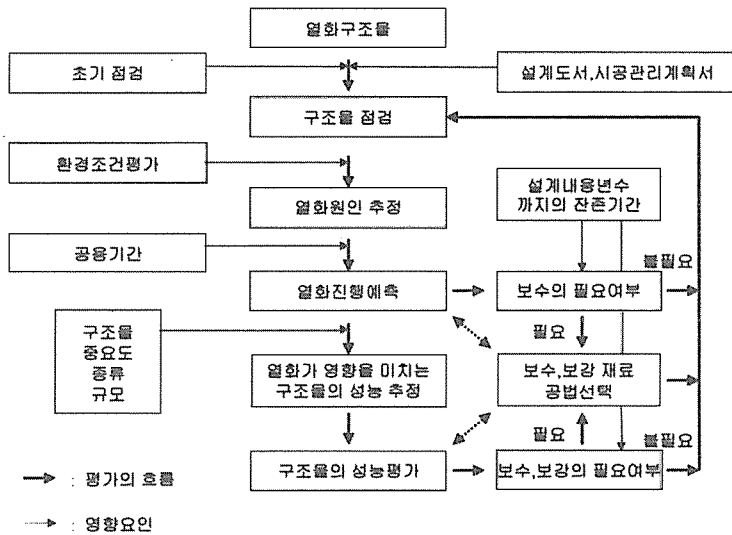
그리고 열화에 따라서 구조물의 어떤 성능에 문제가 발생하고 장래에는 어떻게 될 것인가가 명확해지면 보수와 보강의 필요여부, 또는 공법과 재료에 대한 요구성능도 구체적으로 결정할 수가 있다. 또한 라이프 사이클의 개념을 도입함으로써 가장 적절하고 경제적인 보수재료와 공법을 선택할 수 있으며 최적의 보수시기를 결정할 수 있다.

[그림 8]은 콘크리트 구조물의 열화를 평가하는 작업의 기본 흐름도를 나타낸 것이며 [그림 9]는 염해에 의한 열화평가 흐름도를 나타낸 것이다.

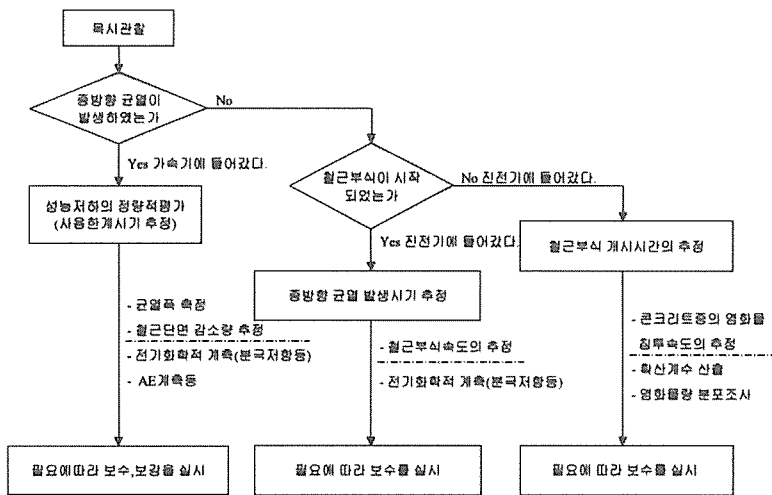
콘크리트 구조물의 열화평가는 우선 열화에 대한 의심 또는 그 징후가 나타난 구조물에 상세점검을 실시한다. 또한 점검결과를 열화모델과 조합하여 현재의 열화진행상태를 파악하고 아울러 앞으로의 열화진행 정도를 예측한다.

한편 구조물 구성재료의 열화와 동반하여 구조물의 각종 성능에도 변화가 발생하게 된다.

구조물의 성능과 구성재료의 열화의 관계는 미리 작성한 정량화 모델에 기초하여 현재 구조물의 상황을 평가함과 더불어 필요에 따라서는 구조물의 성능이 장래에 어떻게 변화할 것인가에 대한 예측을 실시한다.



(그림 8) 구조물의 열화평가 기본 흐름도



(그림 9) 염해를 받은 구조물의 열화평가 흐름도

구조물의 열화평가는 이와 같은 일련 행위의 총칭이며 점검결과로부터 구성재료의 열화를 예측하기 위해서 사용되는 열화예측모델 및 구성재료의 열화와 구조물의 각종 성능을 유기적으로 결부시킨 구조물 성능평가 모델이 필요하게 된다.

4.2 열화진행의 예측모델

일반적으로 철근콘크리트구조물의 염해에 의한 열화는 [그림 10]에서와 같이 潛伏期, 進展期, 加速期, 劣化期의 4단계로 구분해서 설명된다.⁽¹⁰⁾

염해에 의해서 구조물이 열화하는 경우는 구조물에 따라서 각 단계의 기간은 다를지 모르지만 모두 4 단계를 거쳐서 열화가 진행되는 점은 동일하며 각 단계의 길이는 해당 구조물의 내구성과 환경조건에 따라서 결정된다.

염해를 받고 있는 구조물의 열화의 예측은 구조물이 현재 어느 단계에 해당되고 있는지 또는 다음 단계에는 언제 도달하는지를 예측하는 것으로서 이를 위해서는 열화진행의 구체적인 모델을 구축할 필요가 있다.

(1) 잠복기

잠복기는 구조물의 사용시작을 기점으로 하여 콘크리트 중의 철근이 부식을 시작할 때

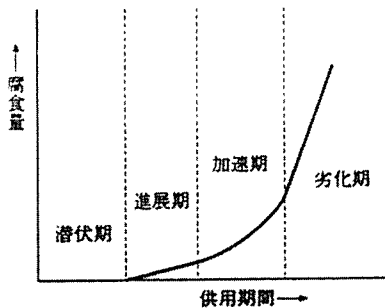
까지의 기간을 나타낸다. 일반적으로 철근의 부식은 철근 주변의 염화물 함유량이 임계함유량을 초과할 때 발생한다고 한다면 잠복기의 기간은 콘크리트 중으로의 염화물 이온의 침입속도와 피복두께에 따라서 결정된다. 이 중에서 콘크리트 덮개는 설계도를 보면 대략 파악이 되며 비파괴 검사를 통하여 비교적 정도 높게 파악할 수가 있다. 그렇다면 잠복기 열화의 모델은 콘크리트 중으로의 염화물 이온의 침입현상을 모델화하는 것이 주된 요소가 된다.

일반적으로 콘크리트 중으로의 염화물 이온의 침입현상은 확산이론이 이용되고 있다. 그러나 콘크리트 중으로의 염화물 이온의 거동은 염화물 이온의 농도확산 뿐만 아니라 해수의 침투현상과 시멘트 경화체에 따른 염화물의 고정화 등과 같은 복잡한 현상과 관련이 있다. 그러므로 Fick의 제2법칙에 의한 단순한 확산이론의 적용은 어디까지나 매크로한 관점에서의 계산 밖에 되지 않는다.

다만 구조물에서 채취한 시료로부터 구한 실제의 염화물 함유량을 이용하여 확산이론으로부터 얻어진 이론적인 값을 수정하는 것이 가능하기 때문에 Fick 식의 값을 사용하여도 잠복기를 어느 정도 확실하게 추정하는 것이 가능하다.

(2) 진전기

진전기는 철근의 부식이 시작된 시각을 기점으로 해서 콘크리트에 철근부식에 따른 균열이 발생할 때까지의 기간이다. 진전기의 기간을 결정하는 주요 요인은 철근의 부식속도와 부식균열 발생시의 철근 부식량이다. 부식속도에 대해서는 콘크리트 중으로의 산소 확산속도를 주요인으로 한 부식모델이 제안되고 있다.⁽¹¹⁾ 이를 위해서는 상세점검시에 전기 화학적 방법에 의해서 철근 부식상황에 대한



[그림 10] 염해의 열화진행 모델 예⁽¹⁰⁾

정보를 수집하는 것이 필요하다.

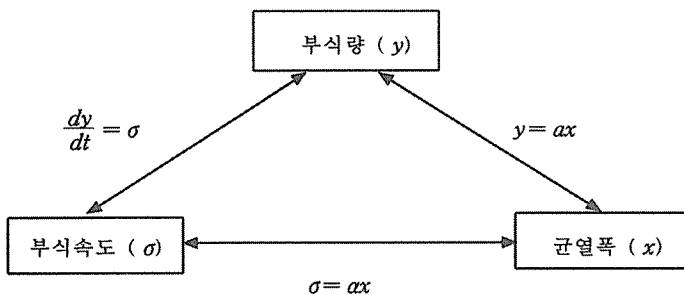
한편 콘크리트에 부식균열이 발생할 때의 철근 부식량은 콘크리트의 역학적 특성과 구조물의 형상 치수에 따라서 영향을 받으며 이들을 고려한 유한요소법 모델이 제안되고 있다.⁽¹²⁾

(3) 가속기

가속기는 콘크리트에 부식균열이 발생하여 구조물의 성능저하가 현저하게 발생하는 단계이다. 균열의 규모를 나타내는 변수로서 균열폭을 사용하며, 균열폭과 부식속도 또는 부식량과의 관계는 [그림 11]과 같이 3자간의 유기적인 관계를 나타내는 모델이 된다.

균열폭과 부식속도의 관계는 「균열폭이 크게 되면 부식속도도 크게 된다」라는 관계를 만족하며 부식량과 균열폭의 관계는 「부식량이 증가하면 균열폭이 크게 된다」라는 관계를 형성한다.

이들의 관계를 수식화할 수 있다면 균열폭과 시간, 부식량과 시간 또는 부식속도와 시간과의 관계를 정량화할 수 있다. 또한 이것을 구조물의 성능저하 모델에 적용시킬 수 있다면 성능저하의 경시변화를 추정하는 것이 가능할 것이다.⁽¹³⁾



a : 구조물의 조건에 따라 결정되는 계수
 α : 환경조건에 따라 결정되는 계수

[그림 11] 가속기의 모델구축

5. 맺는 말

구조물의 성능은 건설직후에는 충분히 확보되어 있지만 시간이 경과할수록 여러 가지 열화요인이 작용해서 서서히 또는 갑작스럽게 성능이 저하하며 결국에는 구조물에 부과된 요구성능을 만족시키지 못하게 된다. 열화요인은 우선 구조물을 구성하는 콘크리트와 철근에 작용하여 그 성능을 저하시키고 계속해서 구조물의 성능에 영향을 미치게 된다. 그중에서도 철근의 성능저하는 구조물의 성능에 있어서 매우 치명적이다. 따라서 철근의 부식에 따른 구조물의 성능저하를 정량적으로 평가하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다. 특히 철근의 부식속도와 부식량을 정확하게 측정하는 일은 구조물의 수명을 예측하고 구조물의 보수 보강시기 및 보수 보강공법을 선정하기 위해 매우 필요한 일로서 앞으로 이 분야에서 체계적인 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- (1) 武若耕司 外, “劣化メカニズムとリハビリテーション”, 콘크리트工学, Vol.36, No.7, 1998. 7
- (2) 日本콘크리트工学協會, 콘크리트構造物の補修工法研究委員會報告書(Ⅲ), 1996.10
- (3) 武若耕司, “鋼材腐食”, 콘크리트工学, Vol.33, No.3, 1995. 3
- (4) J.W. Figg and A.F. Marsden, Development of Inspection Techniques for Reinforced Concrete, Offshore Technology Report, OTH 84205, 1985

-
- (5) 近藤忠生, “コンクリート構造物の鉄筋腐食診断システムー電気化学的手法による非破壊式腐食調査方法”, 橋梁, Vol.28, No.11, 1992
- (6) Taylor Woodrow Research Laboratories, Marine Durability Survey of the Tongue Sands Tower, Concrete in the Oceans Technical Report, No.5, 1980
- (7) Z.P. Bazant, “Physical Model for Steel Corrosion In Concrete Sea Structures-Theory”, Proc. of ASCE Structural Div., Vol.105, No. ST6, June 1979
- (8) R.D. Browne, “Desine Prediction of the Life for Reinforced Concrete in Marine and Other Chloride Environments”, Durability of Building Materials 1, Elsevier Scientific Publishing Company, 1982
- (9) 關博・金子雄一, “コンクリートの寿命予測ー鉄筋の腐食を中心として”, コンクリート工學, Vol.29, No.8, 1991. 8
- (10) 宮川豊章 外, “鹽分雰圍氣中におけるコンクリート構造物の寿命予測と耐久性設計”, コンクリート構造物の寿命予測と耐久性設計に関するシンポジウム論文集, 1984
- (11) 土木學會編: 付録 耐久限界期間に基づくコンクリート構造物の耐久設計, コンクリート構物耐久性設計指針(案), コンクリートライブラリー-82, 1995.
- (12) MISRA Sudhir 外, 腐食ひびわれ發生限界量に関する解析的検討, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.14, No.1, 1992.
- (13) 武若耕司 外, “コンクリート中の鉄筋腐がRC部材の力學的性狀に及ぼす影響”, コンクリート工學年次講演會論文報告集, 1984.