

# 콘크리트 층간비저항에 의한 철근의 부식환경 평가에 관한 연구

## A Study on the Evaluation of the Corrosive Environment of Reinforcement Bar by Concrete Layer Resistivity

임 영 철\*

Lim, Young-Chul

### Abstract

Deterioration factors such as CO<sub>2</sub> and chloride ions cause steel corrosion in RC structures. The diffusion of these factors depends on the water content in concrete. To examine the moisture condition of concrete, this research considers the availability of the steel effect ratio, which is calculated by Resistivity Estimation Model (REM). It is concluded that the steel effect ratio is expected to be available as a quantitative evaluation method in the assessment of concrete layer resistivity.

키 워 드 : 부식, 함수량, 철근영향률, 콘크리트 층간비저항  
 Keywords : corrosion, water content, steel effect ratio, concrete layer resistivity

### 1. 서 론

콘크리트 표면부와 내부의 함수상태는 콘크리트의 공극분포, 상대습도, 표면마감상태 등 다양한 영향요소에 의해 달라지므로 특정 철근에 대한 부식진단은 그 철근을 감싸고 있는 콘크리트에 대한 직접적인 평가가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 또한 수분확산과 밀접한 관계<sup>1)</sup>를 가지는 콘크리트의 함수상태는 비저항 측정법에 의해 평가할 수 있는데 이때 측정전극의 간격은 콘크리트의 깊이별 측정영역<sup>2)</sup>을 결정한다.

따라서 콘크리트 함수상태를 파악하기 위해 콘크리트 표면에서 내부로의 비저항 변화를 추정할 수 있는 진단법 개발을 목적으로 본 연구에서는 전극간격에 따른 비저항 측정영역의 변화를 이용하여 콘크리트 층간비저항의 추정 가능성에 대해 검토하였다. 이를 위해 비저항추정모델(REM: Resistivity Estimation Model)<sup>3)</sup>을 이용하여 철근의 기하학적 영향을 고려한 철근영향률을 산출하였다.

비저항 추정모델(REM)은 비저항해석에 이러한 철근의 영향을 고려하기 위해 식(1)과 같이 콘크리트비저항, 철근비저항, 피복두께, 철근직경 및 전극간격의 요소를 포함하고 있다. 비저항의 측정은 그림 1과 같이 철근의 직상부 외측에 두 개의 전류전극과, 내측에 두 개의 전위전극을 등간격로 배치하는 Wenner법<sup>4)</sup>의 전극배치를 따르는 것으로 가정한다.

이 모델은 통전전류에 의한 응답전압으로부터 측정범위내 콘크리트의 평균비저항을 추정할 수 있으며 이를 이용하면 실측치와의 상대적 비교가 가능해진다. 또한 전극간격의 크기는 측정영역을 결정하게 되므로 전극간격을 통해 콘크리트 층간비저항의 변화를 추정할 수 있게 된다.

여기서  $V_a$ : 겉보기 전위차(V),  $I$ : 전류원(A),  $\rho_1$ : 콘크리트 비저항( $\Omega \cdot m$ ),  $\rho_2$ : 철근표면 비저항( $\Omega \cdot m$ ),  $d$ : 피복두께(m),  $r$ : 철근 반경(m),  $a$ : 전극 간격(m)이다.

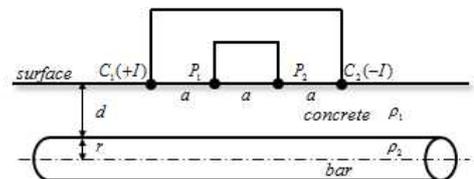


그림 1. 철근 직상부 비저항측정법

### 2. 철근 영향에 대한 비저항 해석

#### 2.1 비저항 추정모델(REM)

철근의 부식환경을 나타내는 콘크리트의 비저항 추정에는 철근의 비저항뿐만 아니라 철근직경, 피복두께 등에 대한 영향이 고려될 필요가 있다.

$$V_a = \frac{\rho_1 I}{\pi a} \left[ \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ k_n \prod_{n=1}^{\infty} \frac{Q_n}{k_n} \right] \cdot \left[ \frac{1}{(1 + H_n^2)^{1/2}} - \frac{1}{(4 + H_n^2)^{1/2}} \right] + \left[ \prod_{n=1}^{\infty} \frac{Q_n}{k_n} \right] \cdot \left[ \frac{1}{(1 + G_n^2)^{1/2}} - \frac{1}{(4 + G_n^2)^{1/2}} \right] \right] \quad (1)$$

\* 대구가톨릭대학교 건축학부 조교수, 교신저자(yclim@cu.ac.kr)

$$k_n = \frac{r}{(1+2(n-1))d+r} \quad (2)$$

$$Q_n = \frac{k_n(\rho_2 - \rho_1)}{\sqrt{k_n \rho_2 + \rho_1}} \quad (3)$$

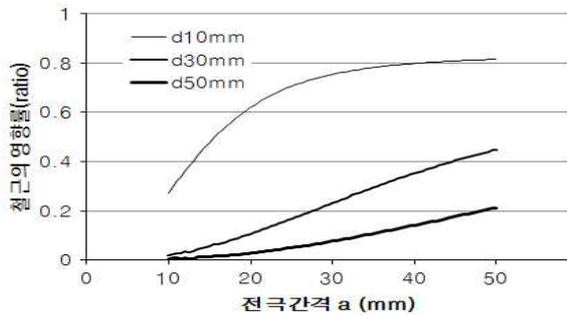
$$H_n = \frac{d+r(1-k_n)}{a} \quad (4)$$

$$G_n = \frac{2nd}{a} \quad (5)$$

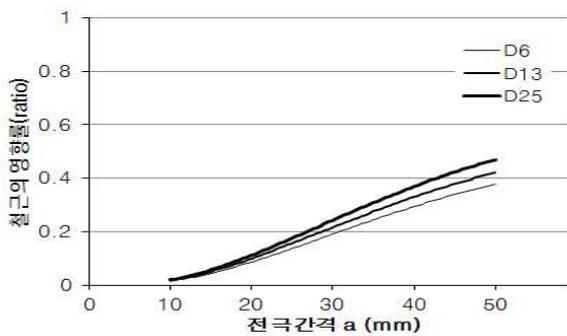
### 2.2 해석조건

비저항 해석을 위해 먼저 콘크리트비저항은  $50\Omega \cdot m$ , 철근비저항은  $0\Omega \cdot m$ 으로 설정하고 전극간격은 10mm~50mm의 범위에서 철근영향에 대한 비저항 해석을 하였다. 피복두께의 영향에 대해서는 철근직경을 D13(=6.5mm)으로 고정하고 피복두께를 10, 30, 50mm로 변화시켰으며, 철근직경에 대해서는 피복두께를 30mm로 고정하고 철근직경을 D6(=3mm), D13(=6.5mm), D25(=12.5mm)로 수준을 변화시켜 철근의 영향정도를 파악했다.

### 2.3 해석결과



a) 피복두께



b) 철근직경

그림 2. 철근의 영향률

비저항 추정에서 철근의 영향정도를 파악하기 위해 피복두께와 철근직경의 변화에 따른 전극간격별 철근영향률을 그림 2와 같이 산출하였다.

그림 2의 a)는 피복두께 변화에 따른 전극간격별 철근영향률을 나타낸다. 피복두께가 10mm인 경우, 전극간격이 40mm까지 증

가함에 따라 철근영향률이 급하게 증가하고 있다. 이것은 측정영역에 포함되는 콘크리트와 철근와의 체적비에 기인한 것으로 이 경우는 다른 경우에 비해 피복두께가 작아 측정범위내 콘크리트의 영역보다 철근의 영역이 상대적으로 크게 증가한 결과로 사료된다.

피복두께가 큰 피복두께가 30mm, 50mm의 경우, 피복두께가 증가할수록 전체 측정영역에서 철근이 차지하는 비율이 줄어들어 이로 인해 철근영향률도 감소하지만 전극간격이 증가함에 따라 철근영향률은 증가한다.

그림 2의 b)는 철근직경 변화에 따른 전극간격별 철근영향률을 나타낸다. 철근직경이 증가할수록 철근영향률이 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 상기에 언급한 측정범위내 포함된 철근 체적 증가에 기인한 것으로 설명할 수 있다.

따라서 본 해석에서 검토한 철근영향률은 동일한 철근의 기하학적 조건(피복두께, 철근직경)에 대해 실측 겉보기비저항과 추정 겉보기비저항의 상대적 관계를 파악할 수 있게 함으로써 전극간격에 따른 콘크리트의 층간비저항 추정을 가능하게 한다.

### 3. 결 론

본 해석을 통해 콘크리트 비저항평가에서 철근영향률은 콘크리트 내 철근의 피복두께 및 직경과 같은 철근의 기하학적 영향을 비저항분석에 정량적으로 반영할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 이것은 추정된 콘크리트 평균비저항과 전극간격별 측정된 응답치의 상대적 비교를 가능하게 하여 콘크리트의 함수상태를 나타내는 콘크리트의 층간비저항 추정에 이를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2011-0015052)

### 참 고 문 헌

1. 임영철, 복소비저항법을 이용한 부식측정에서 전극간격의 영향, 대한건축학회구조계논문집, 제25권 제12호, pp.113~120, 2009
2. Park DC, Ahn JC, Development of Testing and Analysis Model for Evaluation of Absorbed Water Diffusion into Concrete, Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol.11, No.4, 2011
3. The Society of Exploration Geophysicists, Exploration of Geophysicists' Mining Geophysics, 1967
4. Y.C. Lim, et al., Mathematical Modeling for Corrosion Environment Estimation Based on Concrete Resistivity Measurement Directly above Reinforcement, ISIJ International, Vol.49, pp.92~99, 2009