

겉보기 비저항 측정에서 철근과 전극배치의 상대적 영향 분석

Analysis of the Relative Effect of Rebar and Electrode Arrangement in the Measurement of Apparent Resistivity

임 영 철*

Lim, Young-Chul

Abstract

The effect of reinforcing bars embedded in concrete varies depending on the position of the electrode in the electrical resistivity measurement. In this study, the apparent resistivity according to the electrode arrangement is analyzed for each measurement angle. Through this, it is intended to be used to improve the accuracy of measurement in the concrete resistivity.

키 워 드 : 콘크리트, 겉보기 비저항, 전극배열

Keywords : concrete, apparent resistivity, electrode arrangement

1. 서 론

1.1 연구의 목적

철근의 부식환경을 나타내는 하나의 지표로 콘크리트 비저항이 활용되고 있으며 이것은 Wenner 전극배열¹⁾의 전기비저항법에 의해 일반적으로 측정된다. 전기비저항법에 의해 측정된 콘크리트 비저항에는 철근, 함수 상태, 염화물 이온, 중성화(탄산화)와 같은 콘크리트 내구성 관련 열화인자의 영향이 포함되어 있다. 하지만 주변 철근의 영향은 측정된 겉보기 비저항의 정확도를 저하시키는 요인이 될 수 있으므로 이러한 영향에 대한 검토가 필요하다.

전기 비저항법에서 전기영상법을 이용한 REM(Resistivity Estimation Model)은 콘크리트 및 철근의 영향, 철근의 기하학적 조건, 측정전극의 간격 등을 고려한 있는 수학적 모델²⁾이 제안되었다. 본 연구에서는 이를 활용한 간편하고 정확한 진단개발을 목표로 연구를 진행하고 있다.

2. 겉보기 비저항에서 철근의 영향 분석

2.1 비저항 추정모델(REM)

비저항 추정모델(REM)은 식(1)과 같이 전기영상법의 개념을 이용한 콘크리트의 비저항 특성 및 철근의 영향을 고려하기 위한 수학적 해석모델이다. 그림 1과 같이 철근 상부에 두 개의 전류전극을 외측에, 두 개의 전위전극을 내측에 등간격으로 배치하고, 콘크리트 비저항 ρ_1 , 철근비저항 ρ_2 , 철근반경 r , 피복두께 d , 전극간격 a 의 영향을 정량적으로 평가한다.

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

$$k_n = \frac{r}{(1+2(n-1)d+r)}, \quad Q_n = \frac{k_n(\rho_2 - \rho_1)}{\sqrt{k_n \rho_2 + \rho_1}}, \quad H_n = \frac{d+r(1-k_n)}{a}, \quad G_n = \frac{2nd}{a}$$

V_a : 겉보기 전위차(V), I : 전류원(A), ρ_1 : 콘크리트 비저항($\Omega \cdot m$)

ρ_2 : 철근표면 비저항($\Omega \cdot m$), d : 피복두께(m), r : 철근 반경(m), a : 전극 간격(m)

2.2 측정위치에 따른 겉보기 비저항률

측정위치에 따른 겉보기 비저항률(=겉보기 비저항/콘크리트 비저항)을 추정하기 위해 REM을 개선하여 측정전극의 측정각에 따른

* 대구가톨릭대학교 건축공학과 부교수, 교신저자(yclim@cu.ac.kr)

해석을 진행하였다. 그림 2는 겉보기 비저항률의 정량적 추정을 위해 REM을 이용하여 매립 철근을 중심으로 양단 $\pm 0.4\text{m}$ 를 이동하며 측정각을 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 로 변화시켜 해석한 결과이다. 해석요소는 콘크리트 비저항($\rho_1=100\Omega$), 철근 비저항($\rho_2=0\Omega$), 철근 직경($D=2r=16\text{mm}$), 전극 간격($a=0.04\text{m}$)이다.

그림 2는 피복두께 d 를 0.03m 와 0.05m 일 때의 겉보기 비저항률을 나타낸 것으로 겉보기 비저항률의 변동이 측정각에 따른 크게 달라지는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 양단으로 이동한 위치에서도 나타났으며 중심위치와는 반대의 경향을 보이며 이를 통해 전기비저항 측정시 측정전극과 매립 철근의 위치관계에 대한 검토가 필요함을 알 수 있다. 그림 2(b)는 그림 2(a)에 비해 낮은 변화율을 보인다.

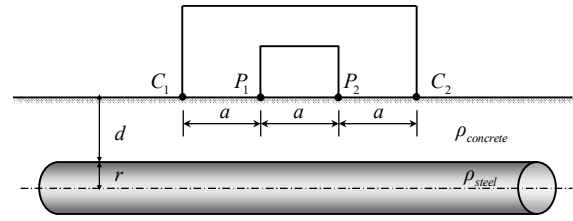
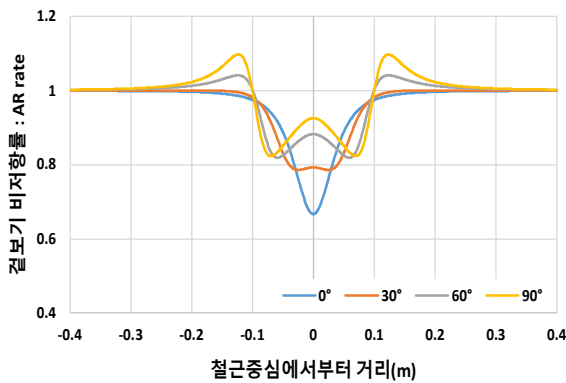
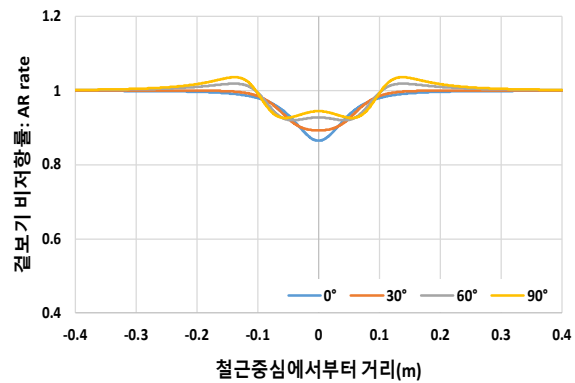


그림 1. Resistivity Estimation Model(REM)



(a) cover depth $d : 0.03\text{m}$



(a) cover depth $d : 0.05\text{m}$

그림 2. Apparent resistivity rate

3. 결 론

본 연구에서는 REM에 의해 산출된 겉보기 비저항률을 이용하여 측정전극 위치에 따른 매립 철근의 영향을 분석하였다. 해석결과, 매립철근과 측정전극의 상대적 위치관계에 따른 철근의 영향정도가 달라지는 것을 확인할 수 있어 콘크리트 비저항 평가시 겉보기 비저항률을 이용한다면 진단의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이라 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2018R1D1A1A09083934)

참 고 문 헌

1. Wenner, F., Bulletin of the Bureau of Standard, 12, pp.469~478, 1915
2. Lim, Y. C., Noguchi, T. and Lee, H. S., Mathematical Modeling for Corrosion Environment Estimation Based on Concrete Resistivity Measurement, The Iron and Steel Institute of Japan International, Vol.49, No.1, pp.92~99, 2009
3. Lim, Y.C., Kim, T.S. and Hwang, C.S., Modeling for Apparent Resistivity Estimation along Direction of Electrode Array above Rebar in Electrical Resistivity Measurement, Journal of Building Engineering, 31, pp.1~11, 2020