

비저항추정모델을 이용한 실험체 크기의 영향에 대한 연구

임영철^{1*}

A Study on the Effect of Specimen Size using Resistivity Estimation Model

Young-Chul Lim^{1*}

Abstract: This study aims at the analysis using the Resistivity Estimation Model (REM) to examine the effect of specimen size on the measurement of electrical resistivity. In the experiment, specimens of concrete were fabricated and the apparent resistivity was measured for each electrode interval. The apparent resistivity measured was found to be distorted in the apparent resistivity as the specimen size became smaller and closer to the outside (edge). As a result of comparing the experimental and analysis values, it is expected that REM can be used to examine the effect of the size of the specimen.

Keywords: Resistivity estimation model, Specimen Size, Non-destructive testing, Concrete resistivity

1. 서 론

콘크리트에 발생하는 철근의 부식은 염해, 중성화, 균열, 함수상태 등 다양한 요인에 의해 발생하여 인명 및 시설물에 큰 피해를 줄 수 있는 열화현상으로 사전 점검을 통한 예방이 무엇보다 중요하다.

콘크리트 비저항에 의한 부식 진단은 철근을 감싸는 콘크리트의 부식환경을 추정하여 매립된 철근의 부식 가능성을 평가하는 것으로 이러한 부식환경에는 함수상태, 공극분포, 이온 등의 내·외적 요소가 영향을 미친다. 특히 이 진단기법은 기존 부식측정을 위해 콘크리트에 부분 손상을 주던 half-cell, polarization resistance와 달리 콘크리트 부재를 손상 없이 완전 비파괴로 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있다 (ASTM C876-09, 2009; Andrade et al., 1978; Feliu et al., 1988).

구조물 진단에 전기 비저항법을 이용하기 위한 많은 연구가 진행되어왔다(Polder et al., 2000; Hornbostel et al., 2013). 현재 콘크리트에 적용되는 기존 전기 비저항법은 먼저 철근의 배근상태를 파악하고 측정부 아래에 철근이 매립되어 있지 않은 위치나 철근에 직교한 방향을 선정하여 측정함으로써 겉보기 비저항에 포함되는 철근의 영향을 최소화한다. 이렇듯 철근을 감싸는 콘크리트의 직접적인 비저항 추정이 어

려있던 이유는 측정된 겉보기 비저항으로부터 철근의 영향을 분석·제거할 수 있는 평가기법이 부재했기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 비저항 추정모델 (REM: Resistivity Estimation Model)은 철근의 영향을 분석하기 위한 수학적 모델로 비저항 해석에서 철근의 직경, 피복두께, 전극간격 그리고 콘크리트 및 철근의 비저항을 해석요소로 포함하고 있다(Lim et al., 2009). 이 REM을 이용하여 특정 철근을 감싸는 콘크리트만의 비저항과 주변 철근의 영향 범위의 파악에 이용할 수 있다.

한편 현장의 콘크리트 부재뿐만 아니라 실험단계에 제작된 실험체는 크기가 제한적이므로 비저항 측정시 중앙부와 가장자리가 부재 크기의 기하학적 영향에 따라 겉보기 비저항치가 달라진다(Gowers and Millard, 1999; Lim, 2018).

이를 해석적으로 검토하기 위해 본 연구에서는 REM을 이용하여 겉보기 비저항 측정의 영향 범위를 정량적으로 파악하고, 이를 실험체 크기에 따른 측정치와의 비교를 통해 그 영향 정도를 분석한다.

2. 연구의 이론적 배경

2.1 Wenner 전극배치법

전기비저항법은 지구물리학에서 지반탐사에 이용하기 위해 개발된 진단기법이다(The Society of Exploration Geophysicists, 1967). 일반적으로 외측 2개의 전류전극과 내측 2개의 전압전극을 직선의 등간격으로 배치하는 Wenner의 4극법이 적용되어 측정매질의 균질여부를 평가한다(Wenner, 1915).

¹정회원, 대구가톨릭대학교 건축학부 부교수

*Corresponding author: yclim@cu.ac.kr

Hayang-Ro 13-13, Hayang-Eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, 38430, Rep. of Korea

•본 논문에 대한 토의를 2019년 12월 1일까지 학회로 보내주시면 2020년 1월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

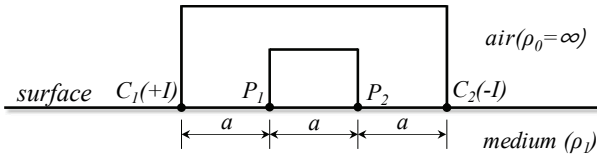


Fig. 1 Resistivity method by Wenner electrode array

Fig. 1은 Wenner 전극배치에 의한 비저항 측정을 나타내는 모식도이다. 4극법에 의한 비저항 측정은 식 (1)을 이용하여 반무한 등방성 매질의 비저항(ρ_1)을 추정한다. 여기서 상부의 매질인 공기의 비저항은 무한대(∞)로 가정한다.

$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I} \quad (1)$$

전기비저항에 의해 비저항은 매질내 구성물질의 형상 및 비저항의 복합적인 영향을 받는다. 이러한 영향을 고려하여 측정된 비저항치를 일반적으로 겉보기 비저항이라고 한다.

2.2 비저항추정모델(Resistivity Estimation Model)

비저항추정모델(REM)은 콘크리트를 반무한 등방성 매질로, 매립된 철근을 실린더형 매질로 가정하여 콘크리트 비저항(ρ_1), 철근의 비저항(ρ_2), 전극간격(a), 철근반경(r), 피복두께(d)를 고려한 수학적 모델이다. Wenner 전극배치에 따른 식(2)의 REM은 Fig. 2와 같이 철근 직상부의 콘크리트 표면에서 해당 철근의 직경, 피복두께 및 전극간격으로부터 겉보기 비저항을 해석적으로 추정하여 실제 측정된 겉보기 비저항과의 비교가 가능함으로써 특정 철근을 감싸는 콘크리트의 부식환경을 추정할 수 있다.

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

$$k_n = \frac{r}{(1+2(n-1))d+r} \quad (3)$$

$$Q_n = \frac{k_n(\rho_2 - \rho_1)}{\sqrt{k_n \rho_2 + \rho_1}} \quad (4)$$

$$H_n = \frac{d+r(1-k_n)}{a} \quad (5)$$

$$G_n = \frac{2nd}{a} \quad (6)$$

V_a : 겉보기 전위차(V)

I : 전류원(A)

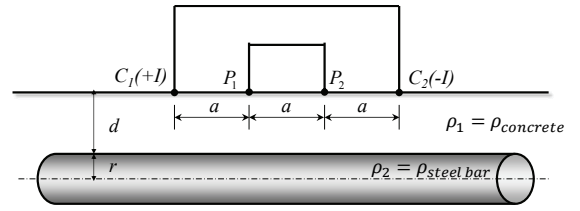


Fig. 2 Resistivity Estimation Model(REM)

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)

2.3 REM을 이용한 철근 영향 해석

전기비저항 측정시 겉보기 비저항에 영향을 미치는 요소는 공극 분포, 함수량, 이온 농도뿐만 아니라 매립 철근의 형상, 배치 그리고 측정전극과의 상대적 거리 등이 있다. 특히 겉보기 비저항은 매립철근과 측정전극과의 기하학적 위치관계에 큰 영향을 받는다. 더욱이 전극의 위치가 측정부재의 외측 가장자리로 이동할수록 겉보기 비저항치는 왜곡되어 실제 비저항보다 높은 값을 나타낸다. 따라서 현장 콘크리트 부재 또는 실험체에서의 비저항 측정시 부재의 크기에 대한 사전 검토가 이루어져야 한다.

Fig. 3은 철근의 직상부와 주변에서 겉보기 비저항을 측정하는 모식도이다. 겉보기 비저항은 철근 직상부에 매립 철근과 평행하게 배치된 측정전극을 위치 x_0 에서 x_1 으로 이동시킬수록 철근의 영향은 감소하고 콘크리트의 영향이 커지게 된다. 이러한 매립철근과 측정전극의 상대적 위치관계에 대한 영향분석을 위해 Fig. 4의 A-REM이 제안되었다(Lim et al., 2018). 이 A-REM(Advanced Resistivity Estimation Model)은 기존 REM 해석에 포함되었던 콘크리트 비저항(ρ_1), 철근 비

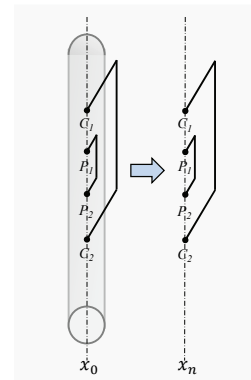


Fig. 3 Position of resistivity measurement

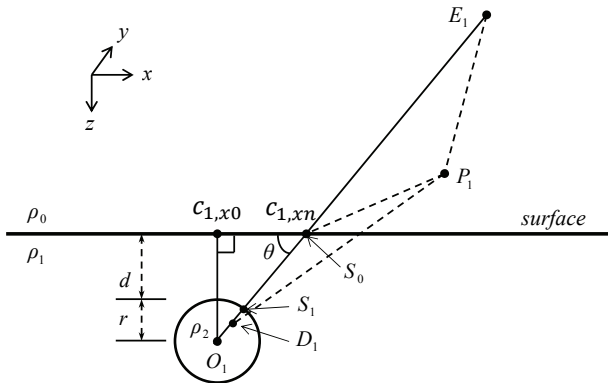


Fig. 4 Measurement line of apparent resistivity

저항(ρ_2), 철근반경(r), 피복두께(d), 전극간격(a) 뿐만 아니라 철근과 전극의 상대적 위치관계를 직상부점($C_{1,x0}$)와 주변영역점($C_{1,xn}$)으로 해석영역을 확장한 모델이다. 여기서 비저항(ρ_0)은 공기의 비저항이며, 점 O_1 은 철근 단면의 중심, 경계점 S_0 와 S_1 는 측정표면과 철근경계면 상에 점이다. 또 점 D_1 은 점 $C_{1,xn}$ 상의 점전하에 의한 철근내 가정된 영상전하이며 점 E_1 은 철근내 점 D_1 에 의한 영상전하이다. 각 θ 는 xz 단면상의 측정각이다.

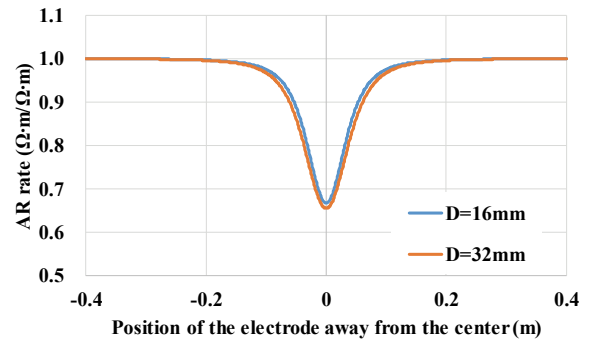
철근의 영향범위를 파악하기 위해 측정전극이 철근 직상부에서 주변으로 이동시켜 겉보기 비저항의 변화를 검토하였다. 이를 위해 A-REM을 이용한 철근 및 측정 조건별 해석으로부터 비저항률(AR rate: Apparent Resistivity rate)은 식 (7)로 추정할 수 있다(Lim et al., 2015). 여기서, $\rho_{concrete}$ 는 콘크리트 비저항, ρ_{A-REM} 는 A-REM에 의해 해석된 겉보기 비저항이다.

$$AR_{rate} = \frac{\rho_{A-REM}}{\rho_{concrete}} \quad (7)$$

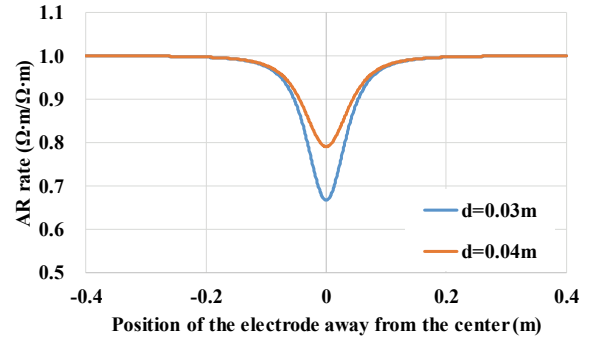
Table 1은 AR rate의 해석조건으로 콘크리트와 철근의 비저항은 일정하게 하고 철근직경($D=16, 32\text{mm}$), 콘크리트 피복두께($d=0.03, 0.04\text{m}$), 전극간격($a=0.04, 0.05\text{m}$)으로 설정하였다. 해석범위는 $-0.4\text{m} \sim 0$ (철근중심) $\sim +0.4\text{m}$ 이다. 여기서

Table 1 Factors for Apparent Resistivity rate (AR rate)

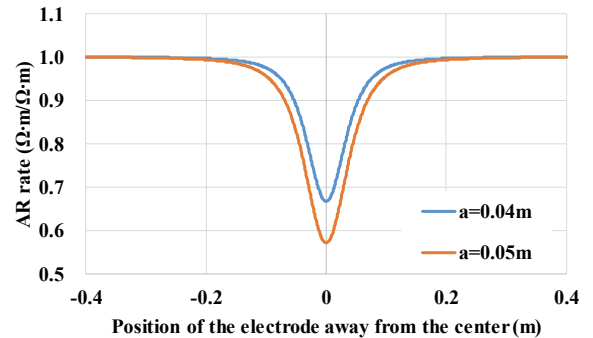
| Factors | rebar diameter (mm) | concrete depth (m) | electrode interval (m) | Ref. |
|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------|------|
| rebar diameter | 16 | 0.03 | 0.04 | ○ |
| | 32 | 0.03 | 0.04 | - |
| cover depth | 16 | 0.03 | 0.04 | ○ |
| | 16 | 0.04 | 0.04 | - |
| electrode interval | 16 | 0.03 | 0.04 | ○ |
| | 16 | 0.03 | 0.05 | - |



(a) Rebar diameter



(b) Cover depth



(c) Electrode interval

Fig. 5 Apparent Resistivity rate (AR rate)

철근직경($D=16\text{mm}$), 콘크리트 피복두께($d=0.03\text{m}$), 전극간격($a=0.04\text{m}$)은 참조조건이다.

Fig. 5(a)-(c)는 A-REM에 의해 추정된 AR rate를 나타낸다. 먼저 Fig. 5(a)는 철근직경에 따른 AR rate의 변화로, AR rate는 측정전극이 철근 직상부이고 철근의 직경이 클수록 철근의 영향이 크게 나타난다. 또한 측정위치가 철근(실험체 중앙부)에서부터 멀어질수록 철근 영향의 감소로 AR rate은 1에 가까워져 콘크리트만의 비저항치에 수렴하고 있음을 알 수 있다. 철근직경(D) 32mm의 AR rate는 철근중심에서 철근직경(D) 16mm 보다 낮았지만 외측으로 이동할수록 수렴속도가 빨라져 철근직경(D) 32mm는 $\pm 0.39\text{m}$ ($\pm 0.38\text{m}$: AR rate=0.999)에서 철근직경(D) 16mm은 $\pm 0.37\text{m}$ ($\pm 0.36\text{m}$: AR rate=0.999)에서 대체로 1에

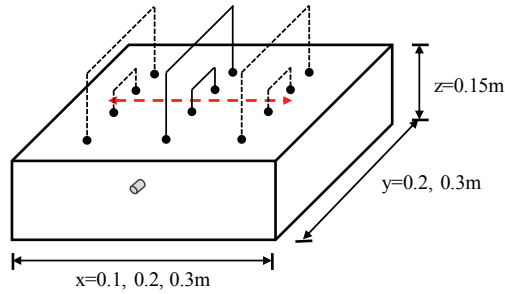


Fig. 6 Schematic of specimen and the resistivity measurement

수렴하였다. Fig. 5(b)는 피복두께 대한 AR rate의 변화로 피복두께(d) 0.03m에 비해 피복두께(d) 0.04m는 철근의 영향이 적어 높은 AR rate를 나타내고 외측으로 이동하여 두 조건 모두 $\pm 0.37m$ ($\pm 0.36m$: AR rate=0.999) 부근에서 대체로 1에 수렴하였다. Fig. 5(c)에서는 전극간격(a)이 큰 0.05m일 때 측정영역에 포함되는 철근의 영향이 커져 철근 직상부에서 낮은 AR rate를 나타낸다. 또한 전극간격(a)이 0.04m의 경우 $\pm 0.37m$ 에서 AR rate이 대체로 1에 수렴하지만 0.05m의 경우 $\pm 0.4m$ (AR rate=0.999) 이후에도 수렴되지 않아 철근의 영향 범위가 조금 더 넓다는 것을 알 수 있었다.

따라서 본 해석을 통해 A-REM은 측정전극의 영향범위를 정량적으로 파악할 수 있어 실험체 크기에 대한 영향분석에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 전기비저항 측정

3.1 실험체

Fig. 6는 실험체 크기 및 비저항 측정의 모식도이다. 실험체 크기의 영향을 파악하기 위해 실험체 크기는 Table 2와 같이 z 변은 0.15m로 고정하고 x 변은 0.1, 0.2, 0.3m로, y 변은 0.2, 0.3m로 설정하였으며, 철근의 영향을 검토하기 위해 실험체는 무근 콘크리트와 유근콘크리트로 구분하여 제작하였다. 유근 콘크리트에는 실험체 중앙에 D16의 이형철근을 피복두께 0.03m에 매립하였다. 콘크리트는 포틀랜드 시멘트 1종에 물-결합재비(W/B)를 55.3%, 잔골재율(S/a)을 50.5%, 혼화제를 플라이애쉬 2종 15%와 고로슬래그 3종 20%, 굵은 골재 최대치수 25mm를 사용하였으며 28일 콘크리트 압축강도는 21.33MPa이었다.

3.2 겉보기 비저항 측정

겉보기 비저항의 측정은 Fig. 6와 같이 매립철근에 평행하게 전극을 배치하고 실험체의 x 축을 중심으로부터 외측으로 0.02m 간격으로 이동시켰으며 전극간격(a)은 0.04m와 0.05m

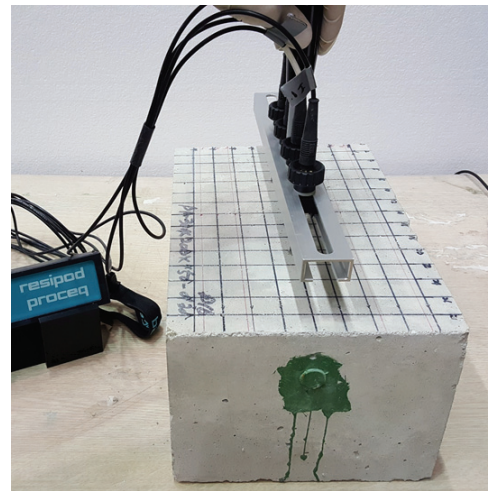


Fig. 7 Photograph of resistivity measurement

Table 2 Geometric factors of specimens

| Specimens | Sizes(m) | | | Embedded steel bar |
|-----------|----------|-----|------|--|
| | x | y | z | |
| C-13 | 0.1 | 0.3 | 0.15 | - |
| C-22 | 0.2 | 0.2 | | - |
| C-23 | 0.2 | 0.3 | | - |
| C-33 | 0.3 | 0.3 | | - |
| S-13 | 0.1 | 0.3 | 0.15 | ○ (rebar: D16, cover depth: 0.03m) |
| S-22 | 0.2 | 0.2 | | |
| S-23 | 0.2 | 0.3 | | |
| S-33 | 0.3 | 0.3 | | |

의 두 타입으로 하였다. 측정의 최외측 위치는 실험체 x 변의 크기에 따라 $x=0.3m$ 는 중심을 기준으로 $\pm 0.14m$, $x=0.2m$ 는 $\pm 0.08m$, $x=0.1m$ 는 $\pm 0.04m$ 로 정하였다.

Fig. 7는 실험체 측정사진으로, 겉보기 비저항 측정은 전극간격이 조절 가능한 Proceq사의 Resipod family를 사용하였으며, 기기 사양은 AC 40Hz의 200 μ A-50 μ A 전류를 통전에 따른 응답전압을 측정하여 겉보기 비저항으로 표시한다. 실험체는 타설 1일 후 탈형하고 수중양생을 실시하였으며 측정 전 수중에서 꺼내어 표면 수분 제거 후 겉보기 비저항을 측정하였다.

3.3 측정결과

3.3.1 무근 콘크리트 실험체의 겉보기 비저항

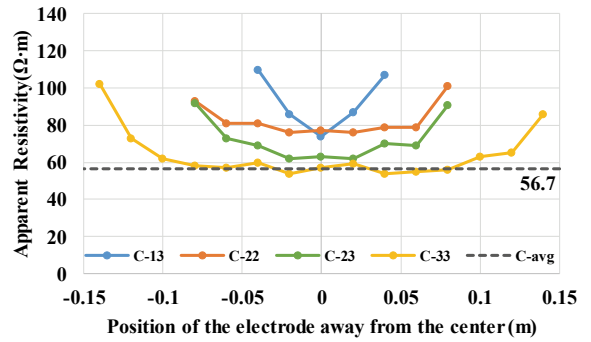
Fig. 8(a)-(b)는 무근 콘크리트 실험체에서 측정한 겉보기 비저항의 결과로, C-33, C-23, C-13의 측정값은 이전 검토 결과이다(Lim, 2018). 전극간격 0.04m에 대한 Fig. 8(a)를 보면 실험체 크기가 0.3 \times 0.3 \times 0.15m인 C-33은 측정위치 $\pm 0.08m$ 까지 대체로 유사한 콘크리트 비저항치를 보였지만 가장자리 영역으로 이동할수록 겉보기 비저항이 증가하고 있다. 이는

측정값에 실험체 크기의 영향이 반영되고 있음을 나타낸다. 전극간격 0.04m에서 실험체 비저항의 기준이 되는 평균 콘크리트 비저항은 측정선 $\pm 0.08m$ 내 9 개점의 평균으로부터 $56.7 \Omega \cdot m$ 가 산출되었다. 실험체 크기가 $0.2 \times 0.3 \times 0.15m$ 인 C-23은 중앙부의 겉보기 비저항이 C-33보다 조금 높게 측정되어 x변의 크기 변화가 반영되었음을 알 수 있다. C-23보다 y 변 길이가 작은 C-22는 전체적인 겉보기 비저항이 높아졌으며 실험체 중 가장 작은 C-13은 더욱 높은 겉보기 비저항을 나타낸다. Fig. 8(b)는 전극간격 0.05m에 대한 무근 콘크리트의 측정결과이다. 실험체 크기에 따른 측정 겉보기 비저항의 변화는 전극간격 0.04m와 유사한 경향을 나타내지만 전반적으로 큰 값을 보여주고 있다. C-33의 경우 측정위치가 $\pm 0.06m$ 까지는 비저항치가 대체로 유사하지만 그 외 영역에서 가장 자리로 이동할수록 더욱 높아진다. 전극간격 0.05m에서의 기준 콘크리트 비저항은 측정위치가 $\pm 0.06m$ 내 7 개점의 평균 $57.9 \Omega \cdot m$ 로 산출되었다. 이를 통해 실험체를 대상으로 한 겉보기 비저항 측정시 실험체 크기 및 측정위치에 대한 사전 검토가 필요함을 확인할 수 있다.

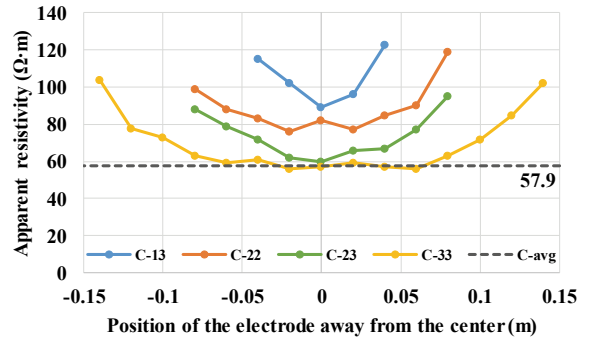
3.3.2 유근 콘크리트 실험체의 겉보기 비저항

유근 콘크리트 실험체에 대한 겉보기 비저항 검토는 실험체 크기뿐만 아니라 매립철근의 영향을 함께 고려하기 위해 A-REM을 이용하여 측정치를 비교·분석하였다. Fig. 9(a)-(d)는 측정전극 0.04m에 대한 겉보기 비저항의 분석결과이다. Fig. 9(a)의 S-33에 대한 겉보기 비저항의 측정치는 매립철근이 있는 중앙부에서 가장 낮았으며 외측으로 이동할수록 비저항이 높아지는 경향을 보였다. A-REM을 이용한 해석에서 콘크리트 비저항은 상기 전극간격 0.04m에서의 평균 콘크리트 비저항 $56.7 \Omega \cdot m$ 을, 철근 비저항은 $0 \Omega \cdot m$ 를 적용하였으며 철근직경과 피복두께는 실험체의 조건과 동일하게 하였다. 철근 중앙부에서부터 측정위치 $\pm 0.08m$ 까지 측정치와 해석치는 유사한 경향을 보였지만 이후 가장자리로 이동할수록 A-REM의 해석치는 콘크리트 비저항 $56.7 \Omega \cdot m$ 에 수렴하는 반면 측정치는 계속 증가하였다. Fig. 9(b), (c), (d)의 실험체 S-23, S-22, S-13을 보면, 각각 측정위치 $\pm 0.04m$, $\pm 0.02m$, $0m$ (중앙)의 범위에서는 측정치와 해석치가 대체로 일치하지만 그 외 영역에서는 실험체 크기의 영향이 겉보기 비저항에 반영되어 나타났다.

Fig. 10(a)-(d)는 측정전극 0.05m에 대한 겉보기 비저항의 분석결과이다. A-REM의 해석조건으로 콘크리트 비저항은 상기 $57.9 \Omega \cdot m$ 을 적용하고 그 외 조건은 동일하다. S-33, S-23에 대한 Fig. 10(a)-(b)를 보면, 겉보기 비저항은 측정위치 $\pm 0.08m$, $\pm 0.06m$ 에서는 전극간격 0.04m 일 때와 같이 측정치와 해석치가 유사한 경향을 보이고 그 외 영역에서는 전극간



(a) Electrode interval: 0.04m



(b) Electrode interval: 0.05m

Fig. 8 Effect of Specimen Size : Plain concrete

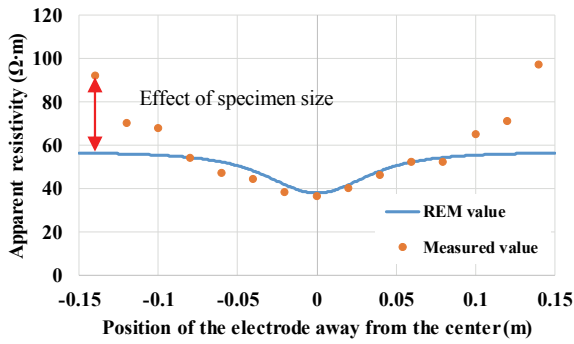
격 0.04m 일 때보다 대체로 높은 측정치를 나타냈다. 이것은 통전 범위가 넓은 간격 0.05m의 전극이 외측으로 갈수록 실험체 크기의 영향을 크게 받는다는 것을 알 수 있다. Fig. 10(c)-(d)는 S-22, S-13에 대한 검토 결과로 중앙부에서는 A-REM에 의한 해석치보다 조금 높은 겉보기 비저항을 나타내지만 외측으로 이동할수록 급격히 높아져 실험체 크기에 영향이 커지고 있음을 알 수 있다.

본 연구를 통해 실험체 크기에 따른 겉보기 비저항의 영향 분석에 A-REM에 의한 AR rate와 실제 측정치를 비교함으로써 실험실 단위 겉보기 비저항 분석의 정확도를 향상시킬 수 있음 확인할 수 있었다.

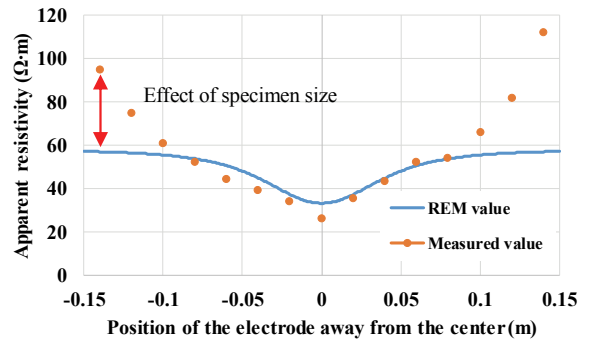
4. 결론

본 연구는 겉보기 비저항 측정시 콘크리트 부재 또는 실험체의 크기에 따른 영향을 분석하기 위해 REM을 이용하여 측정치를 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

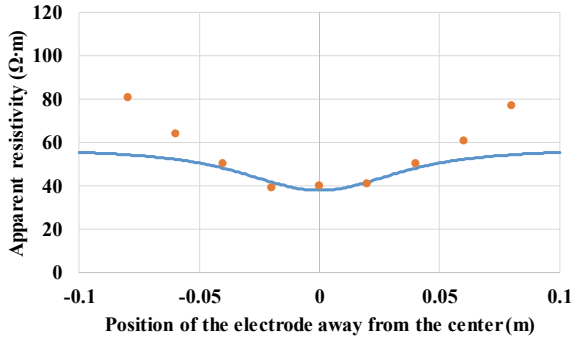
- 1) 전기비저항 측정의 영향 범위를 분석하기 위해 A-REM을 이용해 비저항률 (AR rate)를 추정하였다. 그 결과, 겉보기 비저항 측정시 철근직경이 클수록, 피복두께가 작



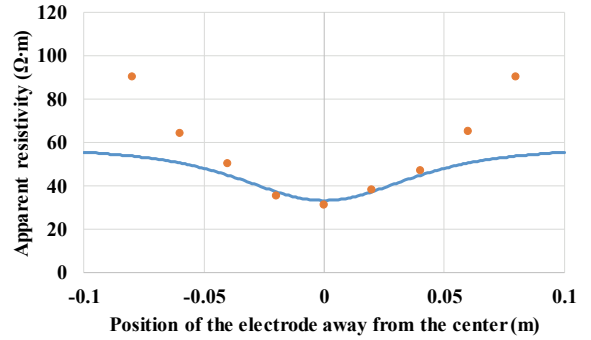
(a) S-33: 0.3×0.3×0.15m



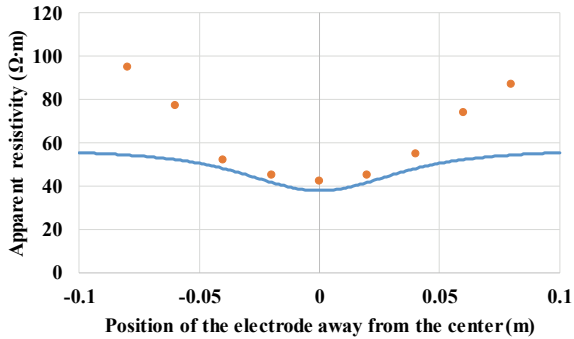
(a) S-33: 0.3×0.3×0.15m



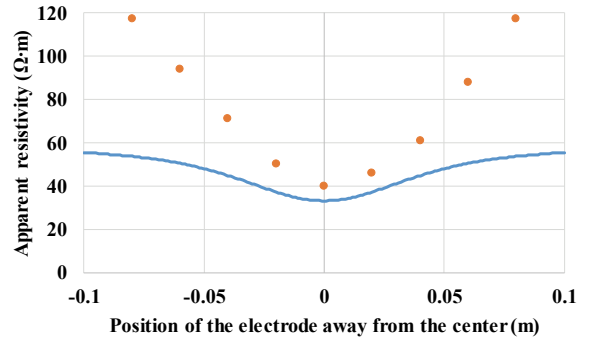
(b) S-23: 0.2×0.3×0.15m



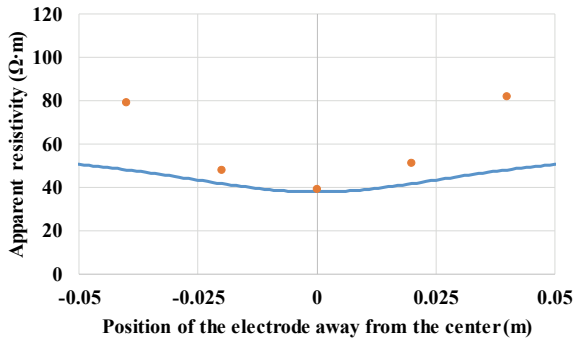
(b) S-23: 0.2×0.3×0.15m



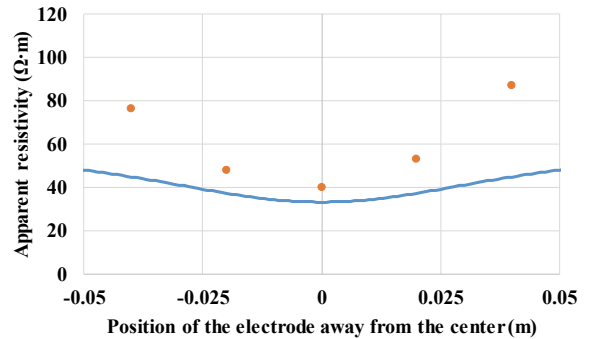
(c) S-22: 0.2×0.2×0.15m



(c) S-22: 0.2×0.2×0.15m



(d) S-13: 0.1×0.3×0.15m



(d) S-13: 0.1×0.3×0.15m

Fig. 9 Effect of Specimen Size : Rebar concrete(a=0.04m)

Fig. 10 Effect of Specimen Size : Rebar concrete(a=0.05m)

을수록, 전극간격이 클수록 영향 범위가 넓어진다는 것을 확인하였다.

- 2) 비저항 측정에서 실험체 크기의 영향 분석을 위해 무근 및 유근 콘크리트 실험체에 대한 겔보기 비저항을 측정하고 A-REM의 해석치와 측정치를 비교·분석하였다. 이를 통해 실험체 크기가 작고 외측(가장자리)에 가까울수록 측정된 겔보기 비저항치의 왜곡현상이 심해진다는 것을 알 수 있었다. 따라서 실험체 크기에 따른 영향은 REM을 이용한 사전 검토를 통해 정량적으로 평가될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 결과물은 2019년도 대구가톨릭대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

References

1. ASTM C876-09, (2009), Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, ASTM International West Conshohocken, PA.
2. Andrade C., Gonzales J.A., (1978), Quantitative Measurement of Corrosion Rate of Reinforcing Steels Embedded in Concrete Using Polarization Resistance Measurements, *Werkstoffe und Korrosion*, 29, 515-19.
3. Feliu, S., Conzalez, J. A., Andrade, C., and Feliu, V., (1988), On-Site Determination of the Polarization Research in a Reinforced Concrete Beam, *Corrosion Engineering*, 44(10), 761-765.
4. Polder R., Andrade C., Elsener B., Vennesland Ø., Gulikers J., Weidert R., Raupach M., (2000), Test methods for on site measurement of resistivity of concrete, *Materials and Structures*, 33 (10), 603-611.
5. Hornbostel K., Larsen C.K., Geiker M.R., (2013), Relationship between concrete resistivity and corrosion rate - A literature review, *Cement and Concrete Composites*, 39, 60-72.
6. Lim, Y. C., Noguchi, T., and Lee, H. S., (2009), Mathematical Modeling for Corrosion Environment Estimation Based on Concrete Resistivity Measurement, *The Iron and Steel Institute of Japan International*, 49(1), 92-99.
7. Gowers, K. R., and Millard, S. G., (1999), Measurement of Concrete Resistivity for Assessment of Corrosion Severity of Steel Using Wenner Technique, *ACI Materials Journal*, 96(M66), 536-541.
8. Lim Y. C., (2018), Experimental Study on the Effect of Specimen Size on Electrical Resistivity Measurement, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 22(6), 164-169.
9. The Society of Exploration Geophysicists, (1967), Exploration of Geophysicists' Mining Geophysic., Oklahoma, George Banta Co., 63.
10. Wenner, F., (1915), Bulletin of the Bureau of Standard, 12, 469-478.
11. Lim, Y. C., Noguchi, T., and Cho, C. G., (2018), Mathematical Modeling for Quantitative Estimation of Geometric Effects of Nearby Rebar in the Electrical Resistivity Measurement, *Cement and Concrete Composites*, 90, 82-88.
12. Lim Y. C., Noguchi T., Cho C. G., (2015), A quantitative analysis of the geometric effects of reinforcement in concrete resistivity measurement above reinforcement, *Construction and Building Materials*, 83, 189-193.

Received : 09/27/2019

Revised : 10/07/2019

Accepted : 10/29/2019

요 지 : 본 연구는 전기비저항 측정시 실험체 크기에 따른 영향에 대해 비저항추정모델을 이용한 해석적 검토를 목적으로 한다. 실험에서는 콘크리트 실험체를 제작하여 전극 간격별 겔보기 비저항 측정하였다. 측정된 겔보기 비저항은 실험체 크기가 작아지고 외측(가장자리)에 가까울수록 겔보기 비저항치의 왜곡현상이 심해진다는 것을 확인할 수 있었다. 측정치와 해석치의 비교·분석 결과, 실험체 크기의 영향성 검토에 REM이 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 비저항추정모델, 실험체 크기, 비파괴검사, 콘크리트 비저항
