

건축물기초의 대용접지극에 관한 기초연구

(Fundamental Research on the Substitution Earthing Electrode for the Foundation of Building)

김성삼* · 김주찬 · 구본국 · 고희석

(Sung-Sam Kim · Ju-Chan Kim · Bon-Kook Koo · Hee-Seog Koh)

요 약

본 논문에서는 철근이 들어있는 건축물의 기초를 대용접지극으로 활용하기 위해 콘크리트의 전기적 특성에 관해서 기초적 검토를 하였다. 철근이 들어있는 몰탈블록 모형과 콘크리트블록 모형을 제작 후 접지저항 측정 결과에 따르면, 철근의 수량에 의한 접지 저항값과 대지저항을 보다 블록의 저항율에 의한 접지 저항값이 크게 영향을 받는 것을 알수 있었다.

Abstract

The electrical characteristics of concrete block including a reinforcing rod in the foundation of the housing was fundamentally reviewed. It was tried to apply the substitutional earthing electrode in the foundation of the building. In order to identify the difference in the earthing resistance between mortar block and concrete block model, those models including a reinforcing rod in their inside were prepared and investigated for the earthing resistance.

In results, the earthing resistance was largely affected by the block's resistivity compared to the change of resistance in reinforcing rods and the ground resistivity.

Key Words : Substitution Earthing Electrode, Reinforced Concrete, Volume Substitution, Equivalent Radius

1. 서 론

주택에 있어서 전기설비가 목표로 하는 이념은 환경성 및 안전성의 향상을 고도로 실현하는 것이다. 최근의 고도정보화 사회의 진전에 따라 주택에 있

어서도 감전보호를 위한 보안용접지는 물론, 정보통신 기기의 안전한 동작을 확보하기 위한 기능용접지도 필요로 되고 있다.

철근콘크리트조등의 건축물의 구체는 철근으로 인해 구조적으로 일체화되어 그 전기저항도 낮다. 그들의 기초(지하부분)는 큰표면적에서 자연히 대지와 접촉하고 있고, 건축구조체 그 자체를 접지극으로 채용하는, 소위 「구조체접지」라는 사고방식이 각 방면에 실용화되어 있다.

* 주저자 : 경남대학교 전기공학과
Tel : 055-249-2628, Fax : 055-249-2839
E-mail : dandissam@naver.com
접수일자 : 2005년 10월 6일
1차심사 : 2005년 10월 10일
심사완료 : 2005년 10월 26일

일반적으로 건축물의 구조형식은 철골조 구조방식과 철근콘크리트 구조방식으로 나타낼 수 있다. 철골조 방식 건물은 주로 사무실 건물 등에 적용되는 방식으로 H-빔과 같은 강재를 사용하여 건축물의 구조체를 구성하게 된다. 따라서 전기적으로 철저하게 연속성을 보장받을 수 있는 건축구조물이므로 간단히 인하도선이나 접지극으로 대응할 수 있다. 반면 철근콘크리트조 방식 건축물은 주로 아파트 등에 적용되는 방식으로 다수의 철근과 콘크리트를 이용하여 건축물의 구조체를 구성하게 된다. 따라서 철근들의 개수나 설치방법 등에 의해 전기적연속성을 확실하게 보장받지 못할 수 있다는 특징을 가지고 있다[1,2]. 그러나 철근콘크리트조 기초의 접지저항은 함수율이나 철근의 양에 영향을 받지만, 비교적 적은 접지저항이 얻어지는 것이 확인되고 있다[3].

따라서 본 논문에서는 철근이 들어있는 건축물의 기초를 대응접지극으로 활용하기 위해 콘크리트의 전기적 특성에 관해서 기초적 검토를 했다[4,5]. 또한, 철근이 들어있는 몰탈블록 모형과 콘크리트블록 모형을 제작 후 접지저항 측정 결과를 통해 두 모형 접지극의 특성에 관해서 비교·검토하였다[6,7].

2. 실험방법

건축물 기초의 내부에는 철근이 다양한 형태로 배치되고 있기 때문에 접지저항에 미치는 철근의 영향을 조사할 필요가 있다. 따라서 도체의 체적 및 형상에 따른 접지저항의 영향을 측정하기 위하여 철근의 배치 및 형태에 따른 모델을 그림 1에 나타낸 것처럼 모의했다. 재질이 다른 동일한 치수의 콘크리트블록과 몰탈블록의 총 8종의 모형블록에 대하여 접지저항, 대지저항률, 블록저항률을 비교·측정하였다.

여기에서 모형블록은 폭 0.3[m], 길이 0.15[m], 높이 0.2[m]인 것을 사용하였다.

모형블록에 넣은 도체는 이형철근(반경 6.5[mm], 길이 200[mm])을 사용했다. 이들 도체에 리드선을 접속하여 접지저항을 측정하였으며, 몰탈블록의 재료는 시멘트, 모래, 물(비율=2:4:1)을, 콘크리트블

록의 재료는 시멘트, 모래, 자갈, 물(비율=2:4:6:1)을 주성분으로 하였다. 먼저 그림 1에 나타낸 나무상자 프레임의 중앙 0.085[m] 깊이에 도체를 배치한 후 각각의 모형블록을 제작하였다. 이러한 시험체들은 제작 후 1개월 동안 충분히 건조시킨 후, 본교의 입야에 시험체의 상단을 기준으로 지하 약 0.2[m]의 깊이로 매설하였다. 시험체들이 대지와 충분한 접촉을 위하여 매설 1개월 경과한 후, 간이형 접지저항계를 이용하여 접지저항을 측정했다. 그때의 전류 보조극은 20[m], 전위 보조극은 10[m]의 위치에 타입하였다. 접지저항은 대지저항률에 관계되기 때문에 접지저항 측정을 통하여 대지저항률을 산정할 수 있었다. 즉 대지저항률은 몰탈블록을 매설한 주위에 타설한, 봉상 접지전극($r=0.005[m]$, $\ell=0.35[m]$)의 접지저항값에서 역산법에 의해 얻었다.

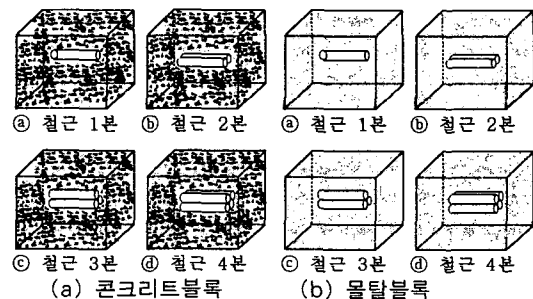
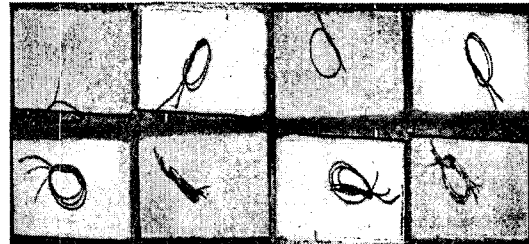


그림 1. 콘크리트블록 모델과 몰탈블록 모델
Fig. 1. Concrete block model and Mortar block model

2.2 측정결과와 고찰

콘크리트블록과 몰탈블록내 철근량(1~4개)의 변화에 따른 접지저항 측정결과를 표 1~2에 나타내었다.

표 1. 1. 몰탈블록의 접지저항 측정결과
Table 1. The measurement result of earthing resistance of mortar blocks

단위 : [Ω]

		5월 4일 몰탈저항	5월 13일 몰탈저항	5월 23일 몰탈저항	5월 29일 몰탈저항
모 델	①	220	228	220	222
	②	300	290	260	300
	③	180	185	185	180
	④	252	252	240	248

표 2. 2. 콘크리트블록의 접지저항 측정결과
Table 2. The measurement result of earthing resistance of concrete blocks

단위 : [Ω]

		5월 4일 콘크리트 저항	5월 13일 콘크리트 저항	5월 23일 콘크리트 저항	5월 29일 콘크리트 저항
모 델	①	775	719	820	1000
	②	540	331	300	585
	③	500	420	400	680
	④	1010	890	672	860

여기에서 실측치는 5월 한달간의 데이터이다. 콘크리트블록과 몰탈블록의 측정값을 비교한 결과 철근의 수량에 의한 저항값 변화보다 대지저항률이나 콘크리트블록의 저항률에 의해 접지저항값이 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

3. 등가체적 치환법에 의한 검증

모형블록의 접지저항 측정결과를 근거로, 모형블록 및 철근을 반구상 전극으로 간주하여 다음과 같이 체적치환법에 의한 검증을 시행했다.

3.1 체적치환 모델

모형블록에 넣은 철근을 반구상 전극으로 치환한 모델을 그림 2와 같이 설정한다.

3.2 등가체적 치환법

철근(반경 6.5[mm], 길이 200[mm]) 및 모형블록

(폭 0.3[m], 길이 0.15[m], 높이 0.2[m])을 반구상 전극으로 체적치환($V = \frac{2}{3} \pi r^3$)한 등가반경을 각각 표 3~4에 나타낸다.

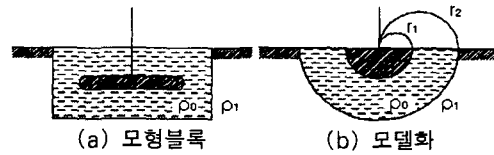


그림 2. 체적치환 모델
Fig. 2. The model for the volume substitution

표 3. 체적치환을 적용한 철근의 등가반경
Table 3. The equivalent radius in reinforcing rod using the volume substitution

		철근의 양([m ³])	체적치환	
			등가반경 r ₁ ([m])	
철근의 수량	1개	2.654×10 ⁻⁵	0.0233	
	2개	5.308×10 ⁻⁵	0.0293	
	3개	7.962×10 ⁻⁵	0.0336	
	4개	10.616×10 ⁻⁵	0.0370	

표 4. 체적치환을 적용한 블록의 등가반경
Table 4. The equivalent radius in blocks using the volume substitution

		블록의 양([m ³])	체적치환	
			등가반경 r ₂ ([m])	
철근의 수량	1개	8.973×10 ⁻³	0.16241	
	2개	8.946×10 ⁻³	0.16225	
	3개	8.920×10 ⁻³	0.16209	
	4개	8.893×10 ⁻³	0.16193	

3.3 체적치환 모델의 접지저항 계산식

그림 2(b)에 나타난 반구상전극의 접지저항 계산식은 다음 식처럼 나타낸다.

$$R = \frac{\rho_0 r_2 + (\rho_1 - \rho_0) r_1}{2\pi r_1 r_2} \quad (1)$$

여기서 r₁ 및 r₂는 표 3과 표 4에서 각각 확인 가능하며, ρ₁은 대지저항률로서 이미 측정된 값을 의

미한다. 또한 ρ_0 는 미지의 블록저항률을 의미한다.

3.4 체적치환 결과와 고찰

① 몰탈블록과 콘크리트블록의 저항률

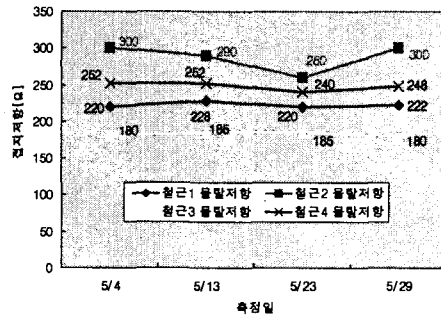
표 1~2에 나타난 몰탈블록과 콘크리트블록의 접지저항 실측값을 토대로, (1)식에 의해 몰탈블록의 저항률(ρ_0)을 계산한 결과를 저항값, 대지저항률(ρ_1)과 함께 표 5~6 및 그림 3~4에 나타내었다. 표 5에서 철근의 몰탈 저항값이 대지저항률 값보다 작은 경우에는 (1)식에 의해 몰탈블록의 저항률이 마이너스 결과값을 보임을 알 수 있었다. 또한 몰탈블록의 저항률(ρ_0)은 측정기간 내에 있어서 언제나 대지저항률(ρ_1)보다 낮은 결과를 보였다. 그 이유는 몰탈블록 자체의 낮은 저항률과 함께 몰탈블록을 매설한 본교 임야지역의 불균질하고, 높은 대지저항률의 영향 때문이라고 판단된다. 몰탈블록 모형과 콘크리트블록 모형의 측정값을 비교 한 결과, 두 모형 모두 철근의 수량에 의한 저항값과 대지저항률값보다 각블록의 저항률에 의해 접지저항값이 크게 영향을 받는 것을 표 5~6에서 알 수 있었다.

몰탈블록과 콘크리트블록의 매설된 지점이 유사한 대지저항률을 나타내는 경우, 두 모형블록의 저항률에 따른 접지저항값의 변화를 표 7에 나타내었다. 따라서 유사한 대지저항률에서도 몰탈블록과 콘크리트블록의 저항률에 의해 접지저항값이 상당한 차이를 나타낸다는 것을 실측값과 더불어 (1)식의 계산을 통해 확인 할 수 있었다.

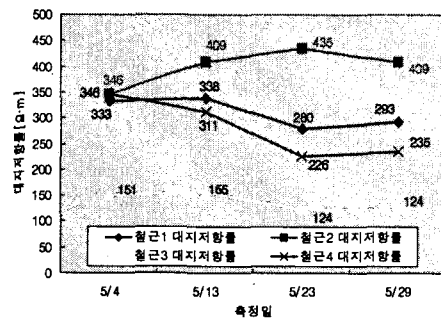
표 5. 몰탈블록 저항률의 체적치환 결과
Table 5. The volume substitution result in the resistivity of mortar blocks

단위 : [$\Omega/\Omega \cdot m$]

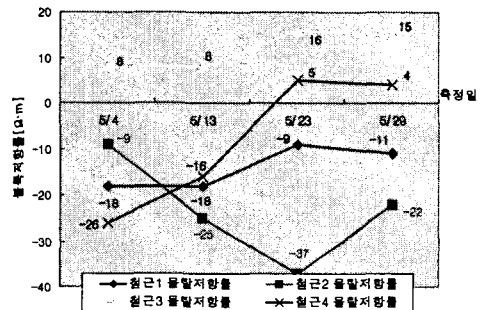
	5월 4일	5월 13일	5월 23일	5월 29일
	몰탈저항/ 대지저항률/ 몰탈저항률	몰탈저항/ 대지저항률/ 몰탈저항률	몰탈저항/ 대지저항률/ 몰탈저항률	몰탈저항/ 대지저항률/ 몰탈저항률
모	① 220/333/-18	228/338/-18	220/280/-9	222/293/-11
델	② 300/346/-9	290/409/-25	260/435/-37	300/409/-22
	③ 180/151/8	185/155/8	185/124/16	180/124/15
	④ 252/346/-26	252/311/-16	240/226/5	248/235/15



(a) 몰탈블록 접지저항의 변화 추이
(a) The change of earth resistance in mortar blocks



(b) 몰탈블록의 대지저항률 측정결과
(b) The measurement result of soil resistivity in mortar blocks



(c) 몰탈블록의 저항률 변화 추이
(c) The change of the resistivity in mortar blocks

그림 3. 몰탈블록의 측정결과
Fig. 3. The measurement result of mortar blocks

② 실측치와 체적치환의 결과비교

표 5~6에 나타난 5월 23일의 몰탈블록과 콘크리트블록의 실측치와 (1)식을 토대로 비교한 결과를 표 8에 나타내었다.

표 6. 콘크리트블록 저항률의 체적치환 결과
Table 6. The volume substitution result in the resistivity of concrete blocks

단위 : [$\Omega/\Omega \cdot m$]

		5월 4일	5월 13일	5월 23일	5월 29일
		콘크리트저항/ 대지저항률	콘크리트저항/ 대지저항률	콘크리트저항/ 대지저항률	콘크리트저항/ 대지저항률
		콘크리트저항률	콘크리트저항률	콘크리트저항률	콘크리트저항률
모델	㉠	775/284/85	719/246/81	820/197/106	1000/253/128
	㉡	540/248/66	331/217/26	300/186/26	585/217/83
	㉢	500/229/73	420/164/68	400/129/72	680/184/132
	㉣	1010/299/215	890/306/177	672/204/141	860/280/176

표 7. 모형블록의 측정결과 비교
Table 7. Comparison of Measurement Result in model blocks

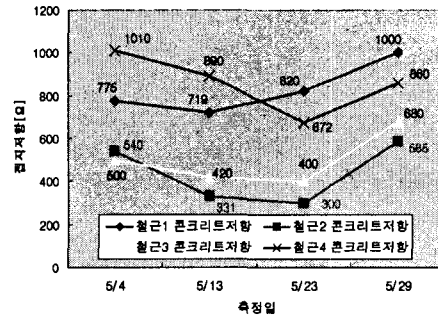
모델	측정일	대지저항률		접지저항		블록저항률	
		몰탈블록	콘크리트블록	몰탈블록	콘크리트블록	몰탈블록	콘크리트블록
㉢(철근3)	5/13	155	164	185	420	8	68
㉢(철근3)	5/23	124	129	185	400	16	72
㉣(철근4)	5/13	311	306	252	890	-16	177

표 8에서 ㉠는 철근 1개($r=6.5[mm]$, $l=200[mm]$)를 콘크리트블록에 넣은 상태로서, 그림 2에 나타난 모델에 적용하여 체적치환을 실시했다. 실험에 사용된 철근 1개와 콘크리트블록의 등가반경은 각각 $r_1=0.0233[m]$, $r_2=0.16241[m]$ 이고, 콘크리트블록의 저항률(ρ_0)과 대지저항률(ρ_1)은 각각 $\rho_0=106.92[\Omega] \cdot [m]$, $\rho_1=197.95[\Omega] \cdot [m]$ 이었다.

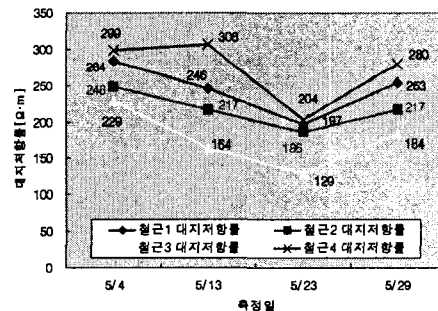
체적치환법에 필요한 제원을 표 8에 정리하였으며, 이들 값에 기초하여 (1)식에 의한 접지저항을 계산한 결과, 820[Ω]으로서 실측된 값과 일치함을 보였다.

또한 표 8에서 철근 3개인 ㉢는 몰탈블록에 넣은 상태로서 철근과 몰탈블록의 등가반경은 각각 $r_1=0.00336[m]$, $r_2=0.16209[m]$ 이고, 몰탈블록의 저항률(ρ_0)과 대지저항률(ρ_1)은 표 8에서 각각 ρ_0

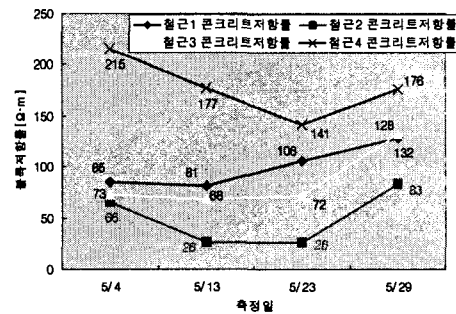
$=16.67[\Omega] \cdot [m]$, $\rho_1=124.55[\Omega] \cdot [m]$ 이다. (1)식에 의해 접지저항을 구하면 185[Ω]으로서 실측치와 일치함을 알 수 있었다.



(a) 콘크리트블록 접지저항의 변화 추이
(a) The change of earth resistance in concrete blocks



(b) 콘크리트블록의 대지저항률 측정결과
(b) The measurement result of soil resistivity in concrete blocks



(c) 콘크리트블록의 저항률 변화 추이
(c) The change of the resistivity in concrete blocks

그림 4. 콘크리트블록의 측정결과
Fig. 4. The measurement result of concrete blocks

표 8. 실측치와 체적치환 값
Table 8. The comparison of the measured and the volume substitution value

분 류	등가체적 치환법의 계원					접지저항치[Ω]	
	모델	$\rho_d[\Omega \cdot m]$	$\rho_i[\Omega \cdot m]$	$r_1[m]$	$r_2[m]$	(1)식	실측치
콘크 리트	㉠	106.92	197.95	0.0233	0.16241	820	820
몰탈	㉡	16.67	124.55	0.0336	0.16209	185	185

4. 결 론

본 논문에서는 철근이 들어있는 건축물의 기초를 인하도선과 대응접지극으로 활용하기 위한 기초 실험을 하였다.

건축물 기초의 접지저항을 추정하기 위해, 철근이 들어있는 몰탈블록 모형과 콘크리트블록 모형을 제작 후 대지에 관해서 접지저항의 실험을 하고, 측정 결과를 통해 두 모형 접지극의 특성에 관해서 비교·검토하였으며, 수식에 의한 데이터의 검증도 하였다.

그 결과 이하의 사실들을 알 수 있었다.

(1) 철근을 삽입한 모형블록의 접지저항을 추정한 경우, 반구상 전극에서 모델화가 가능한 것을 보였다.

(2) 몰탈블록과 콘크리트블록 모두 철근의 수량에 의한 저항값과 대지저항률의 변화보다 몰탈블록 저항률과 콘크리트블록 저항률에 의해 접지저항값이 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

(3) 몰탈블록과 콘크리트블록이 매설된 지점이 유사한 대지저항률을 나타내는 경우에도 각각의 저항률에 의해 접지저항값이 상당한 차이를 나타낸다는 것을 실측값과 더불어 수식을 통해 확인할 수 있었다.

본 실험을 통해 향후 도심지등의 장소가 협소한 배전계통의 접지시공이나 대지저항률이 높은 지역 등의 접지공사시 블록을 접지극으로 활용할 수 있는 시공 및 설계기술의 기초자료로서 사용이 가능하게 될것으로 사료된다. 또한 건축기초로서 사용되고 있는 콘크리트의 전기적특성을 명확하게 할 수 있었다. 앞으로는 대응접지극을 실용화하기 위하여 주택기초의 형상, 크기를 고려한 접지저항의 예측에 관한 연구를 계속 검토할 예정이다.

본연구는 2005년도 경남대학교 학술논문게재 연구비 지원으로 이루어졌음.

References

- (1) 김성삼, 김주찬, 이충식, 고희석 : 「건축물기초접지극의 비교분석에 관한 연구」, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 pp. 271-273, 2005년.
- (2) 김성삼, 이충식, 최종규, 김주찬, 고희석 : 「주택기초의 대응 접지극에 관한 연구」, 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집 pp. 355-358, 2005년.
- (3) 右田理平, 高橋健彦 : 「戸建住宅基礎の代用接地極に関する基礎的検討」, 電気設備學會誌, Vol 24 NO.4, pp.296-301, 2004년.
- (4) 中村秀親, 高橋健彦 : 「鐵筋コンクリート代用接地極導電性」, 第17回 電気設備學會全國大會, E-12, pp.147-148, 1999년.
- (5) 高橋健彦 : 「住宅における接地設備の課題」, 電気設備學會誌, Vol 23 NO.2, pp.116-120, 2003년.
- (6) 최종규, 고희석, 이충식, 김주찬 : 「수조모델 실험에 의한 접지저항 추정」, 한국조명·전기설비학회논문지 pp. 41-48, 2003년.
- (7) C.F.TACG : "Earth Resistance", George Newnes Ltd(1964).

◇ 저자소개 ◇

김성삼 (金聖三)

1973년 5월 3일생. 2001년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2003년 동대학원 석사. 2005년 현재 동대학원 박사학위 과정.

김주찬 (金周贊)

1973년 9월 14일생. 2000년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동대학원 석사. 2005년 현재 동대학원 박사학위 과정.

구본국 (具本國)

1958년 7월 3일생. 2005년 경남대학교 대학원 전기공학(석사). 2005년 현재 동대학원 박사학위 과정.

고희석 (高羲石)

1942년 8월 21일생. 1966년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1985년 중앙대학교 대학원 전기공학과(박사). 1999년 대한전기학회 부회장 역임. 2005년 한국조명·전기설비학회 부회장. 현재 경남대학교 전자전기공학부 교수.