

주택기초의 대용 접지극에 관한 연구

(Research for the Substitutional Grounding Electrode in the Foundation of the House)

김성삼* · 이충식** · 최종규*** · 김주천* · 고희석*

(경남대학교* · 대원과학대학** · 마산대학***)

(Sung-Sam Kim* · Chung-Sik Lee** · Jong-Kyu Choi*** · Ju-Chan Kim* · Hee-Seog Koh*)

(Kyungnam Univ.* · Daewon College** · Masan College***)

Abstract

The electrical characteristics for applying the foundation of the house to the substitutional earth electrode was reviewed fundamentally. In order to measure the earth resistance in the foundation of the house, it was performed to investigate the effect of the electrode arrangements and configurations concerning to grounding methods, and tried to the adequate simulation for comparing those experimental data. The number of steel rods and the ground resistivity were affected to change the earth resistance, but the latter caused the large variation in its resistance compared to the former in this experiment. Since the large surface area in the foundation of the house have contacted the ground usually, it is possible to use the earth electrode substitutionally.

1. 서론

주택에서도 다종다양한 가전기기가 사용되고 있으며, 그들은 상용전원의 전기에너지를 이용하는 기기이다. 주택 내에 도입되고 있는 전자·통신기기 등의 전자기기는 과전압 내성이 작고, 뇌서지 등에 의해서 기기의 파괴, 오동작 등의 장애가 생긴다. 전기는 에너지이외에, 정보·제어 신호로서 이용되는 일이 많아지고, EMC로 대표되는 전자환경 문제가 발생하게 되었다. 주택의 접지설비는 감전방지나 뇌서지에 의한 과전압을 방호하기 위한 보안용 접지, 전자기기의 안정한 동작을 확보할 수 있는 접지설비로 분류할 수 있으며, 다른 종류의 접지를 하나로 통합하는, 즉 공용해 시공하는 경우가 많다. 물론 그것에는 대지에 실시하는 접지극만으로 불충분하고, 뇌서지 보호장치, 등전위 본딩이 필요하다. 주택 기초의 대용접지극의 생각은 언제나, 어디서나, 쉽게 접지를 얻을 수 있는 환경을 제공하도록 검토된 것이다. 지금까지의 연구에 의하면, 주택기초의 접지저항은 함수율이나 철근의 양에 영향을 받지만, 비교적 적은 접지저항이 얻어지는 것이 확인되고 있다. 실용화하는데 있어서는, 주택기초에 접지극 도체(예를들면 대상전극)를 도

입할 것인가, 또는 철근만을 이용할 것인가로 나눌 수 있다. 하지만, 건설지점의 대지 저항률의 크기에 따라서 그들을 적절히 선택하여 적용할 필요가 있다.¹⁾ 본 논문에서는 주택 기초를 대용 접지극으로 활용하기 위한 전기적 특성에 관한 기초적 검토를 했다.²⁾

2. 본론

2.1 도체를 넣은 몰탈블록 접지저항의 실측

주택 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 철근 배치 및 형태에 따른 모델을 그림 1에 나타낸 것처럼 모의했다. 총 9종의 몰탈에 대하여 접지 저항 및 대지저항을 비교 측정하였다. 여기에서, 몰탈블록은 폭 0.3m, 길이 0.15m, 높이 0.2m인 것을 사용하였다.

(1) 시험체의 형상

몰탈블록에 넣은 도체는 이형철근(반경 6.5mm, 길이 200mm)과 철판(세로 100mm, 가로 200mm,

두께 1mm)의 두 종류를 사용했다. 이들 도체에 리드선을 접속하여 접지저항을 측정하였으며, 몰탈의 재료는 시멘트, 모래, 물(비율=2 : 4 : 1)을 주 성분으로 하였다. 먼저 그림 1에 나타난 나무상자 프레임에 도체를 배치한 후 각각의 몰탈블록을 제작하였다. 이러한 시험체들은 충분히 건조시킨 후, 본교의 임야에 시험체의 상단을 기준으로 지하 약 0.2m의 깊이로 매설하였다.

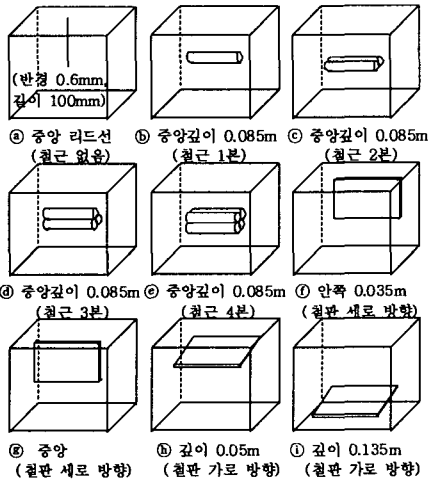


그림 1 실험에 사용된 몰탈블록 모델
Fig.1 Model of mortar blocks related with the arrangement of steel rods and iron plate

(2) 실험방법

시험체들이 대지와 충분한 접촉을 위하여 매설 1개월 경과한 후, 간이형 접지저항계를 이용하여 접지저항을 측정했다. 그때의 전류 보조극은 20m, 전위 보조극은 10m의 위치에 타입하였다. 접지저항은 대지저항률에 관계되기 때문에 접지저항 측정을 통하여 대지저항률을 산정할 수 있었다.

표 1 몰탈블록 접지저항과 대지저항률의 측정결과
Table 1 The measurement result of earth resistance and the ground resistivity

	3월 1일 몰탈저항/ 대지저항률	3월 5일 몰탈저항/ 대지저항률	3월 10일 몰탈저항/ 대지저항률	3월 21일 몰탈저항/ 대지저항률	3월 31일 몰탈저항/ 대지저항률
㉑	520 / 173	540 / 177	520 / 160	460 / 173	530 / 183
㉒	260 / 309	260 / 346	250 / 262	240 / 260	234 / 298
㉓	320 / 333	320 / 342	290 / 266	253 / 222	250 / 271
㉔	180 / 182	180 / 186	175 / 153	175 / 164	180 / 169
㉕	260 / 400	260 / 400	240 / 324	265 / 440	268 / 428
㉖	290 / 444	300 / 444	270 / 438	260 / 407	290 / 433
㉗	180 / 155	180 / 160	162 / 142	148 / 155	155 / 177
㉘	200 / 271	200 / 280	190 / 233	174 / 203	180 / 222
㉙	270 / 333	280 / 360	260 / 281	192 / 191	200 / 217

단위 : [Ω / Ω.m]

즉, 대지저항률 ρ_1 은 몰탈블록을 매설한 근방에 타설한 봉상 접지전극($r=0.005m$, $l=0.35m$)의 접지저항에서 역산법에 의해 얻었다.

(3) 측정결과와 고찰

몰탈 내부의 철근의 상황 및 형상에 의한 접지저항과 주변의 대지저항률을 측정할 결과를 정리하면 표 1과 같이 되었다. 여기에서, 실측치는 3월 한달간의 데이터이다. ㉑(철근 없음)의 접지저항은, 철근이 들어 있는 다른 기초 모델에 비해 접지저항은 약 2~3배 가까이 높았다. 다음에, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕를 비교하면 철근의 수를 증가 시킬수록 접지저항이 낮아지는 경향은 있지만, 대지저항률의 값에 더 크게 영향을 받는다고 사료된다. ㉖와 ㉗는 철판의 수직방향의 위치에 따라서 비교한 것으로서, 중앙에 위치하는 편이 접지저항이 낮음을 알 수 있었다. ㉘, ㉙는 철판을 수평방향으로 배치할 경우의 깊이(위치)에 따라서 비교한 것으로, 상부에 위치하는 편이 접지저항이 낮음을 보였다. 몰탈블록 중의 철근량(1~4본)과 접지저항과의 관계 및 대지저항률의 변화 추이를 그림 2 및 그림 3에 나타내었다.

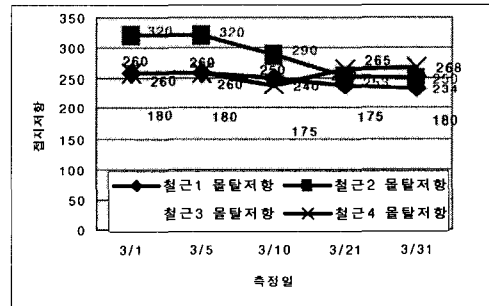


그림 2 접지저항의 변화 추이
Fig. 2 The change of earth resistance in some blocks

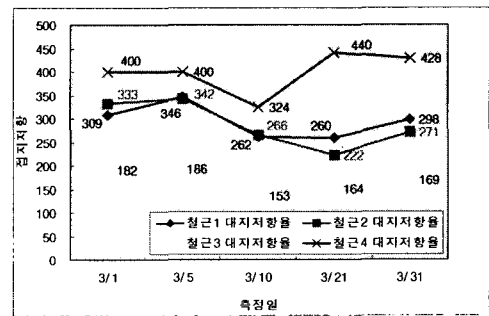


그림 3 대지저항률의 변화 추이
Fig. 3 The change of the ground resistivity in some blocks

2.2. 시뮬레이션에 의한 검토

몰탈블록에 있어서 접지저항 측정의 실험결과를 근거로 하여, 몰탈블록 및 철근을 반구상 전극으로 간주하여 다음과 같이 시뮬레이션을 실시했다.

(1) 시뮬레이션 모델

몰탈블록에 넣은 철근을 반구상 전극으로 치환한 모델을 그림 4와 같이 설정한다.

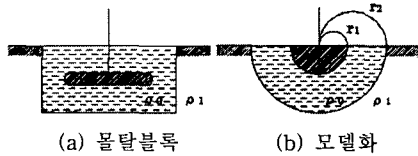


그림 4 시뮬레이션 모델
Fig.4 The model for the simulation

(2) 등가체적 치환법

철근(반경 6.5mm, 길이 200mm) 및 몰탈블록(폭 0.3m, 길이 0.15m, 높이 0.2m)을 반구상 전극으로 체적치환($V = \frac{2}{3} \pi r^3$)한 등가반경을 각각 표 2, 표 3에 나타낸다.

표2 체적치환을 적용한 철근의 등가반경
Table 2 The equivalent radius in steel rods using the volume substitution method

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

표3 체적치환을 적용한 몰탈블록의 등가반경
Table 3 The equivalent radius in mortar blocks using the volume substitution method

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

(3) 시뮬레이션 모델의 접지저항 계산식

그림 4(b)에 나타난 반구상전극의 접지저항 계산식은 다음 식처럼 나타낸다.

$$R = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho_0}{2\pi x^2} dx + \int_{r_2}^{\infty} \frac{\rho_1}{2\pi x^2} dx = \frac{\rho_0 r_2 + (\rho_1 - \rho_0) r_1}{2\pi r_1 r_2} \dots (1)$$

여기서, r₁ 및 r₂는 표 2와 표 3에서 각각 확인 가능하며, ρ₁은 대지저항률로서 이미 측정된 값을 의미한다. 또한, ρ₀는 미지의 몰탈블록의 저항률을 의미한다.

(4) 시뮬레이션 결과와 고찰

① 몰탈블록의 저항률 ρ₀

그림 2에 나타난 접지저항의 실측 결과를 토대로, (1)식에 의해 몰탈블록의 저항률(ρ₀)을 계산한 결과를 대지저항률(ρ₁)과 동시에 표 4 및 그림 5에 나타내었다. 표 1과 표 4의 비교를 통하여, 철근의 몰탈 저항값이 대지저항률 값보다 작은 경우에는 (1)식에 의해 몰탈블록의 저항률이 마이너스 결과 값을 보임을 알 수 있다. 그 이유는 몰탈블록을 매설한 본교 임야지역의 불균질하고, 높은 대지저항률 때문이라고 판단된다. 또한, 몰탈블록의 저항률(ρ₀)은 측정기간 내에 있어서 언제나 대지저항률(ρ₁)보다 낮은 결과를 보였다. 이러한 대지저항률의 변동은 주위의 함수율과 깊은 관련이 있는 것으로 사료되며, 또한 ρ₀도 몰탈블록의 함수율에 영향을 받는 것으로 사료된다.

표4 몰탈블록 저항률의 시뮬레이션 결과
Table 4 The simulation result in the resistivity of mortar blocks

모델	3월 1일	3월 5일	3월 10일	3월 21일	3월 31일
	몰탈저항률 / 대지저항률	몰탈저항률 / 대지저항률	몰탈저항률 / 대지저항률	몰탈저항률 / 대지저항률	몰탈저항률 / 대지저항률
㉑	8.5 / 173	8.9 / 177	8.8 / 160	7.0 / 173	8.5 / 183
㉒	-7 / 309	-13 / 346	-1 / 262	-2 / 260	-9 / 298
㉓	-1 / 333	-3 / 342	6.2 / 266	7.7 / 222	-3 / 271
㉔	0.2 / 182	-9 / 186	6.4 / 153	3.5 / 164	3.4 / 169
㉕	-40 / 400	-40 / 400	-23 / 324	-50 / 440	-46 / 428

단위 : [Ω.m]

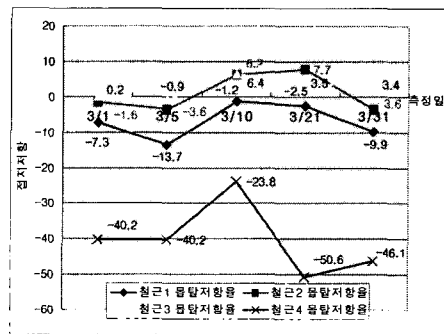


그림 5 몰탈블록의 저항률 변화 추이
Fig. 5 The change of the resistivity in mortar blocks

② 실측치와 시뮬레이션의 결과비교

(1)식을 토대로 표 1에 나타난 3월10일의 실측치와 비교한 결과를 표 5에 나타내었다.

㉓는 리드선($r=0.6\text{mm}$, $l=100\text{mm}$)의 심선을 몰탈에 넣은 상태에서, 그림 4에 나타난 모델에 적용하여 시뮬레이션을 실시했다(3월10일 결과) 실험에 사용된 리드선과 몰탈 블록의 등가반경은 각각 $r_1=0.0038\text{m}$, $r_2=0.16257\text{m}$ 이고, 몰탈의 저항률(ρ_0)과 대지저항률(ρ_1)은 각각 $\rho_0=8.87\Omega\cdot\text{m}$, $\rho_1=160.14\Omega\cdot\text{m}$ 이었다. (표 5 참고)

시뮬레이션에 필요한 제원을 표 5에 정리하였으며, 이들 값에 기초하여 (1)식에 의한 접지저항을 계산한 결과, 520Ω 으로서 실측된 값과 일치함을 보였다.

또한, 철근 3본인 ㉔에서 철근과 몰탈블록의 등가반경은 각각 $r_1=0.00336\text{m}$, $r_2=0.16209\text{m}$ 이고, 몰탈의 저항률(ρ_0)과 대지저항률(ρ_1)은 표 5에서 각각 $\rho_0=6.44\Omega\cdot\text{m}$, $\rho_1=153.47\Omega\cdot\text{m}$ 이다. (1)식에 의해 접지저항을 구하면 175Ω 으로서 실측치와 일치함을 알 수 있었다.

표5 실측치와 시뮬레이션 값

Table 5 The comparison of the measured and the simulated value

모델	시뮬레이션 제원				접지저항치[Ω]	
	$\rho_0[\Omega\cdot\text{m}]$	$\rho_1[\Omega\cdot\text{m}]$	$r_1[\text{m}]$	$r_2[\text{m}]$	(1) 식	실측치
㉓	8.87	160.14	0.0038	0.16257	520	520
㉔	6.44	153.47	0.0336	0.16209	175	175

3. 결론

본 논문은 주택 기초의 접지저항을 추정하기 위하여, 기초 모델을 대지에 적용한 전극 구성을 통하여 접지저항의 변화를 측정하였으며, 아울러 시뮬레이션 결과와 비교 검토하였다. 그 결과 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

(1) 철근을 삽입한 몰탈블록 기초의 접지저항은 철근량과 몰탈블록 저항율에 의해 변화하지만, 대지저항율에 의해 더 크게 영향을 받는다.

(2) 철근을 삽입한 몰탈블록의 접지저항을 추정한 경우, 반구상 전극에서 모델화가 가능한 것을 보였다.

참 고 문 헌

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 右田理平, 高橋健彦 : 「信頼性を考慮した住宅の接地設計」, 電気設備學會テーマ付 研究會, CB03-5-3, pp.11-16, 2003년
- (4) W. Rudolph : 「EMV nach VDE100」, VDE-verlag, 1996년
- (5) 中村秀親, 高橋健彦 : 「鐵筋コンクリート代用接地極の導電性」, 第17回 電気設備學會全國大會, E-12, pp. 147-148, 1999년
- (6) 김성삼, 이충식, 고희석 : 「철근콘크리트 대용접지극에 관한 기초 연구」, 한국조명·전기설비학회 전국대회 논문집 pp. 305-308, 2004년