

보호접지로 활용하기 위한 건축물 구조체의 접지저항 측정분석

(Grounding Resistance Measurement and Analysis of Building Structures
for Applying as Safety Earthing)

오세중* · 김찬오**

(Se-Jung Oh · Chan-O Kim)

Abstract

Grounding is very important for electrical safety. But it is very difficult to secure enough space for the installation and management of grounding in the city because of the congestion of the buildings. Therefore, to solve this problem, this paper suggest structure-grounding application taking advantage of building structure as protective grounding. And, to verify its feasibility, this paper shows the result to measure and analyze grounding-resistance of structure for 12 buildings mainly structured in the city.

Key Words : Safety Earthing, Building Structures, Structural Grounding, Average Grounding Resistance

1. 서 론

오늘날 산업의 발달, 건축물의 대형화, 밀집화 등으로 전기에너지 수요가 급증하고 있으며, 이에 비례하여 전기설비의 대용량화 및 품질 고급화가 요구되고 있다. 이러한 전기설비의 설계, 시공 및 운전에 있어 인적·설비적인 안전성을 필요로 한다.

전기로 인한 재해는 다른 분야에 비하여 재해율 자체는 그리 높지 않으나 일단 발생하면 강도율이 매우 높기 때문에, 감전재해의 예방에 보다 더 근본적이고도 기술적인 대책이 요구된다. 건설현장은 작업장 조건이 열악하고 전기설비도 가설설비로서 이동식 기기

의 사용이 많으며 여러 공정분야로 나뉘어 작업이 이뤄지고 있으나, 누전이나 기타 전기사고 시 안전을 위한 접지의 시공이나 활용이 매우 저조함은 현장점검이나 사고조사 때마다 지적되는 사항이다[3].

도심의 건축물의 밀집으로 건설공사 시 건설부지의 터파기가 대지경계까지 이뤄지는 경우는 접지전극을 설치하기 위한 공간 확보가 어렵고, 흙막이의 제거나 뒤 메우기 시 접지시설이 손상되는 등 주변여건상 시공과 관리가 어렵다. 최근에 신축되는 건축물은 고층화되고 층 단위 면적이 넓고 구조가 더욱 복잡하게 되어 가설전기설비나 이동기기에까지 접지배선을 하는 것이 용이하지 않기 때문에 접지를 생략하는 경우가 많아 문제가 되고 있다. 특히 건설현장의 시공 중에 사용되는 보호접지는 본 공사에 비하여 사용기간이 한정되고, 기기 및 배선의 위치 변경이 많이 발생하고 있으며, 사용자의 대부분이 불특정인으로 시공과 관리가 매우 어려운 문제가 있다[4].

* 주저자 : 서울과학기술대학교 에너지환경대학원

** 교신저자 : 서울과학기술대학교 안전공학과

Tel : 02-970-6375, Fax : 02-978-6375

E-mail : kimco@seoultech.ac.kr

접수일자 : 2012년 5월 22일

1차심사 : 2012년 5월 25일

심사완료 : 2012년 7월 5일

본 논문에서는 주로 도심에 건설되는 12개 건물에 대하여 구조체 접지저항을 측정분석하고, 이 구조체 접지를 이용하여 건설 현장이나 건축물의 개보수 및 유지관리 시 보호접지로 활용 가능성을 제시한다.

2. 구조체 접지의 고찰

구조체의 대부분은 직육면체의 모양이지만 형상이나 크기는 건축물 종류만큼 다양하다. 따라서 구조체 접지 계획 시 사전에 접지저항을 알고자 할 경우 정밀한 추정은 곤란하다. 최근의 추정 방법으로는 직육면체 전극계의 접지시뮬레이션에 의해 구한 전극계의 형상계수를 적용하여 구하거나 구조체의 표면적이나 체적을 구하여 등가 반구 전극으로 치환하여 추정하는 방법 등이 있다[1].

구조체 접지를 보호접지로 현장에서 활용을 위한 간편한 설계는 구조체표면적을 산출하고 건설현장의 토질에 따른 저항률을 적용하여 계산할 수 있다.

2.1 건설장소의 대지저항률

대표적인 대지저항률의 측정방법으로는 Wenner법과 Schlumberger법 등이 있으나, 대형구조물로서 구조체접지저항이 충분히 낮은 범위에 있어 실용상 적부 확인만 필요한 경우 기지의 토질에 따른 대지저항률을 적용하여 계산할 수 있다[5,7].

표 1. 대지저항률
Table 1. Resistivity of the earth

Classification of earth	Resistivity[Ω.m]
늪지 및 진흙	80~200(140)
점토질, 모래질	150~300(225)
모래질	250~500(375)
사암 및 암반지대	10,000~100,000

2.2 구조체의 환산반경

건축물이 대지와 접촉되어 있는 부분의 전 표면적인 건물 구조체의 지중표면적 A는 건물의 지중길이를 L,

너비를 W, 깊이를 D라 하면 식 (1)과 같이 표현된다.

$$A = 2D(L + W) + LW [m^2] \quad (1)$$

단 기초말뚝 등은 접지저항 저감효과는 있지만 안전을 고려한 것으로 현재는 접지효과에 대해서는 제외되고 있다.

여기서 구한 표면적은 지중에서 구형접지체로 해석하며, 식 (2)에 의해 환산반경 r를 구하여 사용한다[7].

$$r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}} [m] \quad (2)$$

2.3 구조체의 접지저항 계산

대지와 접촉하는 구조체 면적 A[m²]에서 구한 환산반경 r[m]인 반구모양전극의 접지저항은 구조체가 시공될 지점의 대지저항률을 ρ라 하면, 구조체의 접지저항 R은 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} [\Omega] \quad (3)$$

3. 측정조사

3.1 측정조사 대상의 분류

건축물 구조체의 접지저항을 측정함에 있어, 우선 예상되는 접지저항의 변수요인을 고려하여 대상 구조체를 구분하였다. 구조체의 접지저항을 결정하는 종속변수로는 건축물의 구조와 종류, 지하층의 깊이 및 면적, 건축대지의 토질 등 조성조건 등을 들 수 있다.

철골구조를 갖는 대형건축물에 있어서는 철골에 접지를 시행하는 경우가 있어 이의 영향도 고려하여 분류하였다.

3.1.1 측정계절의 선정

일반적으로 접지저항은 하절기에 그 값이 낮아지고 동절기에 높아지는 변화특성을 가진다. 따라서 비교적 높은 저항치를 갖는 2, 3, 4월을 측정시기로 잡았다.

3.1.2 건축물의 구조

최근 건축 구조재로 철근, 철골이 대표적이며 이들의 조합이나 단독으로 구조설계가 이루어지고 있다. 따라서 구조체 접지저항에 직접 관계되는 지하층부분의 골조형태를 조사하여 철근조, 철골조, 철근·철골조로 구분하여 조사·측정하였다.

3.1.3 지하층의 깊이

국내에서 건축되는 건물은 대부분 지하층을 조성하고 있기 때문에 지하 1층에서 지하 8층까지 분류하고, 지상층은 예 건물규모를 가늠을 위한 것으로 고려하지 않고 지하층수 및 깊이에 따라 분류하여 접지저항을 조사·측정하였다.

3.1.4 지하층의 넓이, 체적 및 형상

국내 신축되고 있는 건물의 지하면적은 넓고 체적도 크며 형상도 다양해지는 추세이나, 조사대상의 지하층은 기능위주로 설계되어 정방형에 가까운 형태이므로 면적 및 체적만 구분하여 측정하였고 형태는 고려하지 않았다.

3.1.5 공정진행에 의한 분류

구조체의 접지저항은 지하에 매몰된 구조체에 대한 접지저항이며 구조체는 철근이나 철골이 콘크리트에 둘러싸여 있고 흙으로 뒤 메워진 부분이다. 본 연구에서는 신축중인 건물을 측정대상으로 하였기 때문에, 토목공사의 진척에 따라 접지저항이 달라질 것으로 예상하여 되메우기 작업완료 후 1개월 이상 경과한 현장을 조사대상으로 하였으며, 내부 구조물이나 시설물의 설치는 고려하지 않았다.

3.2 측정방법 및 기준

접지저항의 측정방법의 종류로는 2전극합성저항추정법, 3전극연립방정식법, 기지저항비교법, 전위강하법 등이 있는데 정확성 높고 실용적으로 편리하여 상용화된 KS C 1310에 적합한 접지저항측정기 두 기종을 사용하여 반복 측정하였다.

- 다기능계측기 : 형식 DEM-2000, 제조사 청파 EMT
- 디지털접지저항계 : 형식 DET3TD, 제조사 Megger

구조체 접지저항의 측정기준은 전위강하법의 측정조건과 구조체 접지의 측정 시 필요조건을 고려하고, 사용측정기의 사용법에 충실하도록 그림1과 같이 측정회로를 구성하여 측정하였다[7-8].

- (1) 접지체로 활용을 위한 건물 구조체에 대한 접지저항의 측정은 지하층 구조물 외부에 대하여 되메우기가 완료된 시점으로 내장설비는 고려하지 않는다.
- (2) 전류보조극의 거리는 구조체 환산반경의 수배정도 멀리 떨어질수록 좋으나, 대규모 접지체에서 측정접지저항치가 비교적 안정적이고, 도심에서 거리 확보가 용이한 수직형 접지극의 실용 측정권장거리 평균 50[m]를 이격하여 측정하였다 [6-7].
- (3) 전위보조극은 전위강하법에서 규정된 전류보조극에 대하여 61.8[%] 위치를 유지하되, 부득이한 경우 실용상 통용되는 50~62[%] 지점에 설치한다[7].
- (4) 전위보조극과 전류보조극은 동일규격을 사용하고 30도 범위내의 일직선상에 설치한다.
- (5) 보조 접지극의 설치는 건물과 평행이 아닌 직각 또는 대각선 방향으로 설치하되 주변건물이나 매설도체의 영향이 없는 곳에 설치한다.

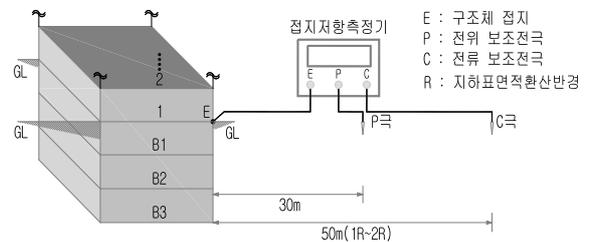


그림 1. 접지저항 측정회로의 구성
Fig. 1. Grounding resistance measurement diagram

표 2. 빌딩 구조체의 접지저항 측정 결과
Table 2. Measurements result of building structure grounding resistance

No	건물명	용도	층수(높이m)		건축물 면적		지하층 표면적 [㎡]	지하층 체적 [㎡]	구조		토질	건물 보조 접지 유무	측정 접지 저항 [Ω]	추정 계산치 (지하표면 적환산) [Ω]	소재지
			지하	지상	연면적 [㎡]	지하면적 [㎡]			지하	지상					
1	S대학교	강의연구	1 (4.2)	5 (33.4)	8,952	1,327 (1,327)	3,640	5,573	SRC	SRC	점토 모래	N	0.20	1.49	종로구
2	U B/D	상업용	2 (9.2)	5 (50.2)	9,913	3,548 (1,838)	3,430	16,910	RC	RC	점토	N	0.20	1.56	시흥시
3	H APT	공동주택	2 (9.0)	19 (58.7)	15,998	4,545 (2,395)	3,354	21,555	RC	RC	점토	N	0.35	1.56	안양시
4	H 코아	상업용	8 (34.0)	12 (72.7)	38,408	17,172 (2,302)	8,925	78,268	RC	SRC	점토	N	0.90	0.94	안양시
5	N유통센터	상업용	3 (15.0)	21 (99.5)	80,668	31,923 (10,594)	14,068	158,910	SRC	SRC	진흙 점토	N	0.35	0.68	서초구
6	K 연구소	업무용	4 (19.7)	12 (60.3)	26,490	11,575 (2,942)	7,997	57,957	RC	SRC	진흙 점토	N	0.31	0.88	서초구
7	S B/D	업무용	7 (26.5)	17 (72.9)	11,384	3,391 (591)	3,347	15,662	RC	SRC	점토	Y	0.30	1.56	중구
8	S1 APT	공동주택	4 (14.0)	20 (60.0)	35,600	16,600 (4,150)	7,787	58,100	RC	RC	마사 사암	N	0.60	2.27	마포구
9	S2 APT	공동주택	4 (14.0)	18 (50.0)	20,620	10,560 (2,640)	5,524	36,960	RC	RC	마사 사암	N	0.40	2.65	마포구
10	H 사옥	업무용	8 (24.9)	45 (224.4)	214,441	83,627 (12,126)	23,271	301,937	SRC+ RC	SRC	점토 사암	Y	0.30	0.80	강남구
11	L 사옥	업무용	6 (31.6)	38 (175.4)	135,422	51,130 (8,991)	22,067	284,116	SRC	SRC	마사 사암	Y	0.35	1.35	강남구
12	T 사옥	업무용	6 (25.7)	20 (104.5)	71,277	37,324 (6,181)	14,426	37086	SRC	SRC	마사 사암	Y	0.12	1.66	강남구

3.3 측정조사 결과

측정대상 건축물 구조체의 접지저항 종합측정결과 는 Table 2와 같다.

4. 조사 및 측정결과의 분석

건축 구조체의 전체 평균 접지저항은 Table 3과 같 이 0.37[Ω]으로 매우 낮은 수치를 보였다. 특히 건물접

지에 추가로 보조 접지를 시행한 건축물에서는 0.27[Ω] 으로 평균치보다 27[%]정도 더 낮았으며, SRC(철골콘 크리트)조 건축물이 0.26[Ω]으로 전체 평균치보다 29.7[%]이상 낮게 측정되었는데, 철골조에 보조 접지 를 시행하는 경우 매우 낮은 접지저항의 구조체 접지 를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

조사 측정한 건축 구조체의 접지저항을 건축물의 규 모, 지하층면적, 지하층수 등에 세목별 분류하여 검토 하면 다음과 같다.

표 3. 구조체의 평균 접지저항
Table 3. Average grounding resistance of structure

분 류		평균접지저항[Ω]
측정 조사 대상 구조체 전체 평균		0.37
건물접지	유	0.27
	무	0.41
구조(지하층)	SRC	0.26
	RC	0.44
건물용도	상업용	0.48
	업무용	0.26
	공동주택	0.45

4.1 지하층 면적에 의한 분석

지하 최하 기준층의 면적이 넓을수록 대지와 접촉면적이 많아 접지저항은 낮아지는 경향이거나 정비례하지는 않았다. 지하층 전체 연면적이거나 지하층 연표면적에 따라서 대형구조일 경우에는 Table 4와 같이 낮은 접지저항을 나타내고 있으며, 중소규모를 세분한 Table 6에서 보면 일정 규모이하의 중·소규모에서는 변화의 폭이 큰 것을 알 수 있다.

표 4. 지하 기준층 면적에 의한 평균접지저항
Table 4. Average grounding resistance by basement floor on scale

지하기준층면적[m ²]	분포율[%]	접지저항[Ω]
3,000이하	58.3	0.38
3,000초과	41.7	0.34

표 5. 지하층 연면적 및 표면에 의한 평균 접지저항 I
Table 5. Average grounding resistance by basement floor's total area and surface area I

지하층연면적 [m ²]	지하층 외부표면적[m ²]	분포율 [%]	접지저항 [Ω]
30,000이하	10,000이하	66.7	0.41
30,000초과	10,000초과	33.3	0.28

표 6. 지하층 연면적 및 표면에 의한 평균 접지저항 II
Table 6. Average grounding resistance by basement floor's total area and surface area II

지하층 연면적[m ²]	지하층 외부표면적[m ²]	분포율 [%]	접지저항 [Ω]
소 : 10,000이하	5,000이하	33.3	0.26
중 : 10,000~20,000이하	5,000~10,000이하	33.3	0.55
대 : 20,000초과	10,000~25,000이하	33.4	0.28

4.2 건축물 구조에 의한 분석

SRC조의 접지저항이 RC조에 비하여 40[%]이상 낮다. 이는 철골조의 건축물에서는 대개 건물접지를 철골에 시행하고 있으며, 철골의 단면적이 철근에 비하여 크고 체결작업도 용접이나 고장력 볼트로 연결하는 등 철근조에 비하여 전기적 접속이 양호한 영향으로 고려된다.

표 7. 건축구조에 의한 평균 접지저항
Table 7. Average grounding resistance by building structure

구조에 의한 분류	분포율[%]	접지저항[Ω]
SRC	41.7	0.26
RC	58.3	0.44

4.3 지하층수 및 깊이에 의한 분석

표 8. 지하 층수에 의한 평균 접지저항
Table 8. Average grounding resistance by the number of basement layers

지하층수	분포율[%]	접지저항[Ω]
3층 이하	33.3	0.28
4~5층 이하	25.0	0.44
6층 이상	41.7	0.39

지하층 수나 깊이에 따른 접지저항은 지하층 면적이거나 체적에 의한 접지저항의 분포와 비슷한 변화를 나타내고 있다. 이는 지하층을 갖는 건축물에서는 단순히 건물의 지하 깊이 보다 대지와 접촉하는 연면적이

많은 영향이 있을 수 있음을 알 수 있다.

표 9. 지하층 깊이에 의한 평균 접지저항
Table 9. Average grounding resistance by the depth of basement

지하층의 깊이[m]	분포율[%]	접지저항[Ω]
10 이하	25	0.25
10~20 이하	33.3	0.42
20 초과	41.7	0.39

4.4 보조 접지유무에 의한 분석

건물에 대한 보조접지는 건물 외곽에 직격되나 유도 서어지를 대지로 쉽게 방류하기 위하여 철골 구조체에 별도의 보조 접지극으로 추가 접지를 한 것으로, 보조 접지를 하지 않은 것에 비하면 매우 낮은 접지저항을 유지하는 것을 알 수 있다.

표 10. 건물 접지유무에 의한 평균 접지저항
Table 10. Average grounding resistance by the building's grounding

건물 보조접지 시행 유무	분포율[%]	접지저항[Ω]
보조접지 시행	33.3	0.27
보조접지 미시행	66.7	0.41

5. 결 론

최근 건설현장의 접지공사에 있어 건축물 구조체를 접지로 활용하는 빈도가 높아지고 있으나, 실제로 구조체접지에 대한 접지저항을 측정하고 분석한 결과는 많지가 않다. 본 논문에서는 건설현장에서 감전 사고나 화재예방을 위한 안전보호접지로 활용하는 타당성을 검증하기 위하여, 12개의 현장에 대하여 구조체의 종류와 지하구조에 따른 접지저항을 실제로 측정하여 그 특성을 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

측정대상 건축물 구조체의 접지저항을 측정한 결과, 지하표면적환산에 의한 추정계산치 평균 1.45[Ω]보다 월등히 낮은 평균 0.37[Ω]로 나타났으며, 건물별 분포

또한 0.12~0.90[Ω]의 낮은 저항대에 분포하고 있다.

따라서 전기설비기술기준에서 요구되는 접지저항치(제1종 접지저항 10[Ω] 이하, 및 제3종 접지저항 100 [Ω]이하, 철골접지 2[Ω] 이하)보다 매우 낮아 지하구조체가 완성된 건설 중인 건물에서 안전보호접지로 활용 할 수 있으며 각종 접지공사와 피뢰접지로 대체 또는 보강용으로 충분히 적용할 수 있다[9].

References

- [1] Hyeng-Su Lee, "Introduction to the Design Grounding", Dongil Publisher, pp.135~138, 1993.
- [2] Chan-O Kim, "Electrical Safety Engineering", Dongwha Technique, pp.105~120, 1995.
- [3] KESCO, "Survey of Electrical Equipment at Construction Sites, Taehwa print culture 1994.
- [4] Jae-Bong Lim, "A Study on the Improvement of the Temporary Earth System in the Construction Field", Graduate School of Industry and Engineering Seoul National University of Technology, 1998.
- [5] Jong-Wook Jung "Working Knowledge of Design Ground Equipotential Bonding" Sung An Dang. pp. 147~151, 2004.
- [6] Woon-Ki Han, Jin-Su Jung and Jae-Chul Kim "The Comparison and Analysis about Earth Resistance for Measuring of Earth Resistance by Measurement Positions of Auxiliary Poles" Journal of KIEE, Vol. 23, No. 10, pp.128~133, 2009.
- [7] TTA Standard(TTAKO-04.0026/R2) "Grounding Resistance Measurement Methods" TTA. pp.5~16, 2011.
- [8] TTA Standard(TTAS.KO-04.0041) "Measurement of Earth Resistance" TTA. pp. 20~24, pp. 48~49, 2005.
- [9] Korea Electric Association, "Consumer's Electrical Installation Guide", 2010.

◇ 저자소개 ◇



오세중 (吳世重)

1955년 8월 15일생. 1985년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 산업대학원 안전공학과 졸업(석사). 2007년 동 에너지환경 대학원(수료). 2001년~현재 주식회사 전설테크 대표이사.



김찬오 (金燦五)

1953년 7월 30일생. 1978년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1981년 한양대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1985년~현재 서울과학기술대학교 안전공학과 교수.