

도전성 팽창 접지저감재의 접지저항 저감 효과

(The Ground Resistance Reduction Effect of a Conductive Expansion Ground Resistance Reducing Material)

김종욱* · 김경철 · 최종기 · 강민규 · 백남웅

(Jong-Wook Kim · Kyung-Chul Kim · Jong-Kee Choi · Min-Gyu Kang · Nam-Woong Baek)

요 약

접지시스템은 고장전류나 상시 전류를 낮은 저항의 대지로 흘러 보낸다. 접지전극 주변에 접지저감재를 매설하면 접촉 면적을 증가시켜 낮은 접지저항을 얻을 수 있다. 접지전극의 접촉면적을 확대시키면 접지저항값이 낮아진다는 특성을 이용하여 접지 시공시 팽창 특성을 가진 도전성 팽창 접지저감재를 개발하였다. 본 논문에서는 실험을 통하여 도전성 팽창 접지저감재가 일반 접지저감재보다 접지저항 저감 효과가 뛰어난 것을 검증하였다.

Abstract

The grounding systems provide a low resistance path for fault or normal currents into the earth. The material for reducing ground resistance is buried around the grounding electrode to increase its effective size of the electrode and thus to obtain low ground resistance. Increasing the contacting area with the grounding electrode is effective for lowering the ground resistance in soils. Using this idea the conductive expansion ground resistance reducing material was developed. In this paper experimental data has shown that the ground resistance reduction method using proposed material is superior to using a typically available commercial ground resistance reducing material.

Key Words : Ground resistance, Ground resistance reducing material, Conductive expansion ground resistance reducing material

1. 서 론

접지설비를 시설하는데 있어 사용되는 접지재료는 대지와 함께 중요한 요소 가운데 하나이다[1-3].

일반 접지저감재는 시멘트계 결합재를 이용하여 도전성 물질을 첨가제로 혼합하고, 시멘트계 재료는 물과 반응하여 시멘트 입자 표면이 수화물이라는 새로운 화합물로 변화한다. 이 재료는 시멘트 특성과 도전성 특성을 지니고 있으면서 접지저항을 저감시키는 작용을 한다. 재료적 성질에 따른 시멘트 수화물의 본질적인 건조 수축하는 구조를 피할 수 없어 미세한 공극 및 균열이 발생하게 된다[4].

* 주저자 : 홍익대학교 전기공학과 대학원
Tel : 041-860-2509, Fax : 041-863-7605

E-mail : 8gold@naver.com
접수일자 : 2008년 1월 7일
1차심사 : 2008년 1월 14일, 2차심사 : 2008년 1월 30일
심사완료 : 2008년 2월 11일

도전성 팽창 접지저감재의 접지저항 저감 효과

도전성 팽창 접지저감재는 포틀랜드 시멘트, PAN 계 탄소섬유, 무기물질 및 팽창성 경화제가 적정한 비율로 혼합된 것으로 물과 반응하여 수화반응에 의해 생성된 에트링가이트 결정이 미세공극을 충전하고 에트링가이트 생성에 의해 조직이 치밀화하여 건조수축을 저감하는 동시에 수밀성이 향상되고 팽창을 통해 접지저항을 저감시키는 작용을 한다. 재료적 성질에 따른 시멘트 수화물의 본질적인 건조수축을 저감시키는 작용을 하여 미세공극 및 균열이 발생하지 않아 이상전류가 토양으로의 방류가 원활하게 이루어져 접지품질을 향상시켜 접지효과를 극대화하게 된다[5].

도전성 팽창 접지 저감재와 일반 접지저감재로 접지시공을 하여 비교 하였다. 두 재료를 접지 시공하여 접지저항을 측정하였으며, 재령경과에 따른 체적의 변화는 도전성 팽창 접지저감재와 일반 접지저감재를 이용하여 시험편을 제작, 측정하였다.

두 재료의 접지저항 변화와 체적의 변화를 측정하여 접지저항과 체적의 변화 사이의 상관관계를 규명하여 도전성 팽창 접지저감재의 접지저항 저감 효과에 대하여 이론적 검토와 실험을 통하여 그 타당성을 검증한다.

2. 도전성 팽창접지저감재의 팽창 특성

2.1 시험편의 구성

실험대상 시험편은 접지저항 변화 실험에 사용되어진 일반 접지저감재와 도전성 팽창 접지저감재를 물과 혼합하여 시험편을 각각 3개씩 제작하였다. 제작된 시험편은 그림 1과 같으며, 그림 A의 재료는 일반 접지저감재이고, 그림에서 B는 도전성 팽창 접지저감재를 나타내고 있다.

제작된 시험편 실험 틀은 지하 1[m]의 습도 및 온도와 유사하게 구성하고, 시간 경과에 따라 시험편을 꺼내어 체적 변화율을 반복 측정할 수 있게 만들었다.

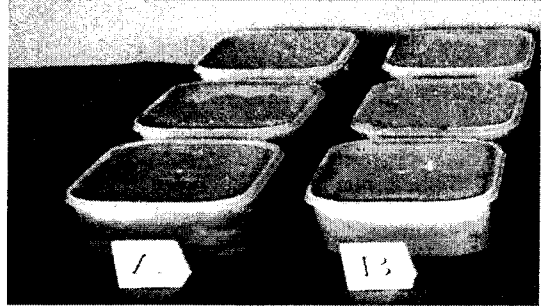


그림 1. 제작된 시험편
Fig. 1. Manufactured samples

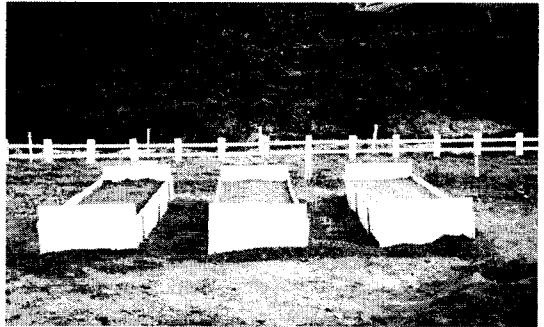


그림 2. 시험편 실험 틀
Fig. 2. Test cases of samples

2.2 측정 장치

시험편의 체적변화 측정은 사각 플라스틱통에 일정한 양의 물을 채운 후 시험편을 물에 담그고 물의 증가량을 측정하여 시험편의 체적변화를 실험하였으며, 시험편의 부피측정 장치는 그림 3과 같다.

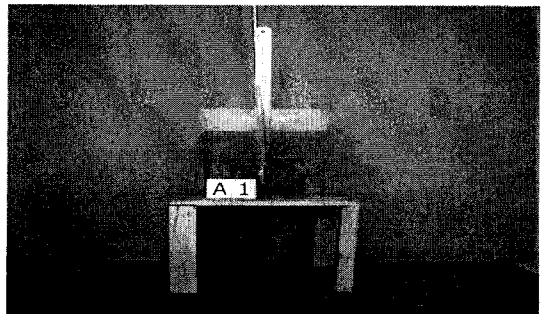


그림 3. 시험편의 부피측정
Fig. 3. Volume measurement of samples

2.3 시험편의 실험 결과

시험편 체적의 변화는 표 1, 표 2의 재령경과에 따른 시험편 체적의 변화와 같으며 재령경과에 따른 변화율은 그림 4, 5와 같다.

표 1. 재령경과에 따른 시험편 체적의 변화(A그룹)
Table 1. Volume variation of samples due to the time trends(Group A)

재령 경과 (일)	Group A					
	A-1 Type		A-2 Type		A-3 Type	
	체적 ([ml])	변화율 ([%])	체적 ([ml])	변화율 ([%])	체적 ([ml])	변화율 ([%])
1	605	0	605	0	609	0
2	590	-2.5	566	-6.8	590	-3.3
3	508	-19.0	498	-21.4	508	-20.0
4	580	-4.2	580	-4.2	590	-3.3
5	532	-13.6	532	-13.6	556	-9.6
6	484	-25.0	484	-25.0	498	-22.3
7	605	0	605	0	580	-5.0
14	566	-6.8	566	-6.8	576	-5.9
21	580	-4.2	580	-4.2	556	-9.6
28	508	-19.0	517	-16.8	517	-17.8
36	508	-19.0	484	-25.0	469	-29.9
65	499	-21.2	484	-25.0	478	-27.4
146	493	-22.5	484	-25.0	487	-25.0
184	489	-23.7	484	-25.0	497	-22.5
221	484	-25.0	484	-25.0	508	-20.0

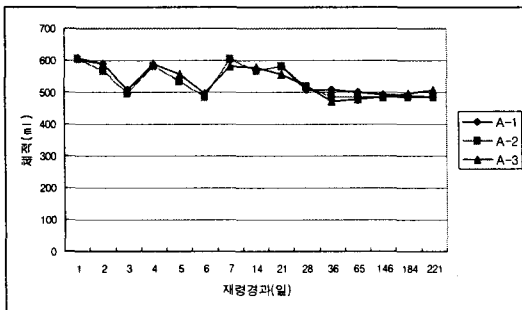


그림 4. 재령경과에 따른 체적변화(A그룹)
Fig. 4. Volume variation due to the time trends(Group A)

실험 A그룹(일반 접지 저감재)의 체적의 변화를 살펴보면 재령 21일까지 부피의 감소와 증가가 반복되다가 재령 21일부터 재령 221일까지 부피가 감소함을 볼 수 있다. 실험 A그룹 일반 접지저감재의 체적변화는 재령 21일에 -5.9[%], 재령 221일에 -23.3[%]로 체적이 변화함을 알 수 있다.

표 2. 재령경과에 따른 시험편 체적의 변화(B그룹)
Table 2. Volume variation of samples due to the time trends(Group B)

재령 경과 (일)	Group B					
	B-1 Type		B-2 Type		B-3 Type	
	체적 ([ml])	변화율 ([%])	체적 ([ml])	변화율 ([%])	체적 ([ml])	변화율 ([%])
1	624	0	624	0	629	0
2	576	-8.4	585	-6.6	580	-8.3
3	580	-7.5	605	-3.2	590	-6.6
4	677	7.9	692	9.8	706	11.0
5	580	-7.5	580	-7.5	605	-4.0
6	677	7.9	701	11.0	701	10.3
7	716	12.8	740	15.7	725	13.3
14	725	14.0	745	16.2	759	17.2
21	764	18.4	774	19.4	798	21.2
28	677	7.9	701	11.0	701	10.3
36	677	7.9	725	14.0	701	10.3
65	689	9.4	725	14.0	714	11.9
146	701	11.0	725	14.0	727	13.5
184	713	12.5	725	14.0	741	15.1
221	725	14.0	725	14.0	754	16.7

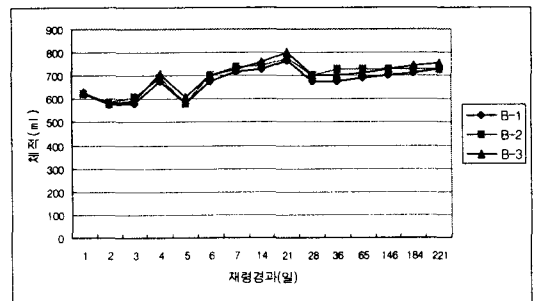


그림 5. 재령경과에 따른 체적변화(B그룹)
Fig. 5. Volume variation due to the time trends(Group B)

도전성 팽창 접지저감재의 접지저항 저감 효과

실험 B그룹(도전성 팽창 접지저감재)의 체적의 변화를 살펴보면 재령 경과에 따라 부피가 증가하는 추세를 보이고 있다. 실험 B그룹 도전성 팽창 접지저감재의 체적변화는 재령 21일에 19.7%, 재령 221일에 14.9[%]로 체적의 변화가 처음 시험편의 체적보다 10[%]이상 증가했음을 알 수 있다.

시험편의 재령 221경과 후의 변화는 그림 6의 일반 접지저감재의 경우 부피가 팽창하지 않음을 알 수 있고, 그림 7의 도전성 팽창 접지저감재의 경우 시험편의 부피가 팽창하였음을 볼 수 있다.

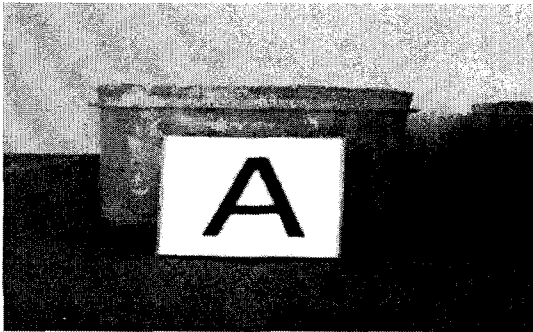


그림 6. 재령 221후 시험편 A그룹
Fig. 6. Group A samples with the lapse of 221 days

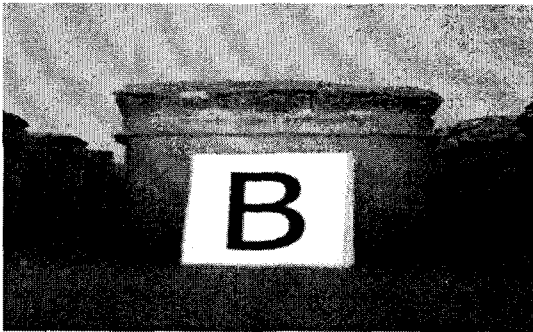


그림 7. 재령 221후 시험편 B그룹
Fig. 7. Group B samples with the lapse of 221 days

3. 사례 연구

3.1 접지시스템 구성

사례연구에 적용한 접지 시스템은 동양산전(주)에

서 상용화 시킨 접지봉(매직봉[5])으로 구성하였다. 크기는 $\Phi 100 \times L1,000$ [mm]이고, 고강도 도전성 모르터 및 무기물질 등을 혼합하여 우수한 도전성 접지효과를 장기간 유지하게 되는 특징을 가지고 있다. 사용된 매직봉의 외관은 그림 8과 같다.



그림 8. 매직봉의 외관
Fig. 8. Outside view of Magic Bong

실험 접지시스템 구성은 도전성 팽창 접지저감재로 제작한 접지봉에 일반 접지저감재와 도전성 팽창 접지저감재를 지하 1,000[mm] 지점에서 지하 2,000[mm] 지점에 시공하였으며, 재령 경과에 따른 접지저항의 변화율을 측정하였다. 접지시스템 시공은 그림 9, 10과 같다.



그림 9. 접지봉 투입
Fig. 9. Putting a ground rod



그림 10. 저감재 시공
Fig. 10. Filling the holes with the reducing materials

접지시스템 구성은 A그룹과 B그룹에 대하여 각각 3개씩 실험하였다. 접지극 배치는 그림 11과 같으며, 접지극 시공도는 그림 12, 13과 같다.

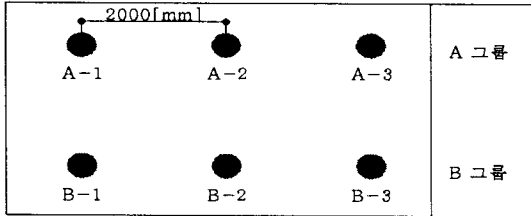


그림 11. 접지극 배치도
Fig. 11. Ground system configuration

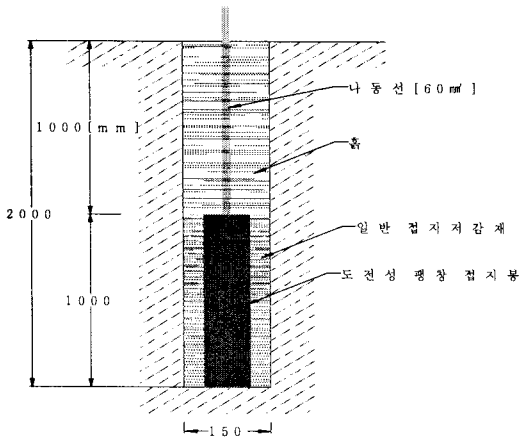


그림 12. A 그룹 접지 시스템
Fig. 12. Group A ground system

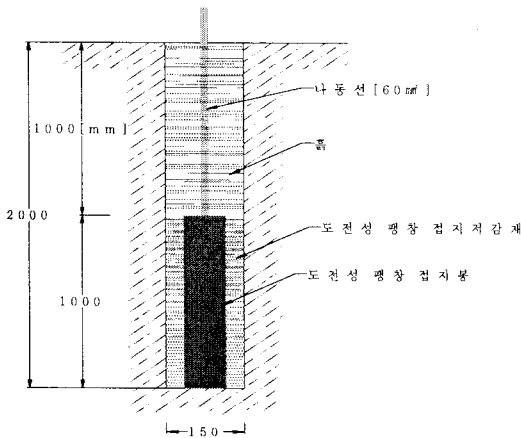


그림 13. B 그룹 접지 시스템
Fig. 13. Group B ground system

3.2 대지저항 측정

두 접지극간에 대지저항률을 측정은 그림 14와 같이 Wenner의 4전극법으로 대지 고유 저항률을 측정하였다[6]. 실험 장소의 대지저항률 측정값은 표 3과 같다.

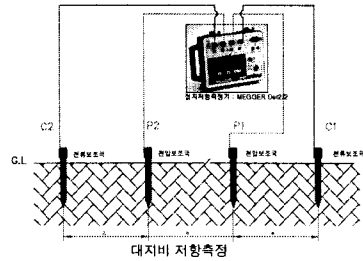


그림 14. 대지저항률 측정 방법
Fig. 14. Method for measuring soil resistivity

표 3. 대지저항률 측정값
Table 3. Measured soil resistivity

간격 a [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
측정저항 R [Ω]	20.8	11.57	8.63	6.56	5.66	5.16	4.59	4.45	3.71	3.52	2.42
고유저항률 [Ωm]	130.6	145.3	162.6	167.0	177.7	194.4	201.8	223.6	209.7	221.1	228.0

3.3 접지저항의 측정 및 분석

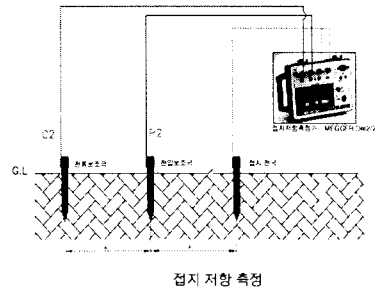


그림 15. 접지저항 측정 방법
Fig. 15. Method for measuring the ground resistance

도전성 평상 접지저항계의 접지저항 저감 효과

접지저항 측정결과는 표 4와 표 5의 재령경과에 따른 접지저항과 같으며, 재령경과에 따른 변화율은 그림 16, 17과 같다.

표 4. 재령경과에 따른 접지저항의 변화(A 그룹)
Table 4. Ground resistance variation due to the time trends(Group A)

재령 경과 (일)	Group A					
	A-1 type		A-2 type		A-3 type	
	접지 저항	저감율 ([%])	접지 저항	저감율 ([%])	접지 저항	저감율 ([%])
1	58.6	0	55.5	0	44.3	0
2	56.3	-4.1	55.2	-0.5	38.6	-14.8
3	55.4	-5.8	54.3	-2.2	37.1	-19.4
4	55.5	-5.6	54.5	-1.8	37.5	-18.1
5	55.5	-5.6	54.7	-1.5	37.0	-19.7
6	55.9	-4.8	55.4	-0.2	37.3	-18.8
7	56.5	-3.7	56.2	1.2	37.5	-18.1
14	46.7	-25.5	46.3	-19.9	33.7	-31.5
21	48.8	-20.1	48.4	-14.7	35.0	-26.6
28	45.4	-29.1	44.8	-23.9	29.8	-48.7
36	45.7	-28.2	45.0	-23.3	32.0	-38.4
65	39.4	-48.7	41.7	-33.1	30.7	-44.3
146	34.6	-69.4	35.7	-55.5	26.8	-65.3
184	41.5	-41.2	41.8	-32.8	30.7	-44.3
221	47.0	-24.7	48.0	-15.6	34.6	-28.0

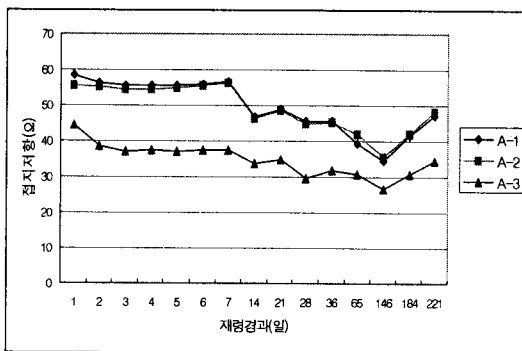


그림 16. 재령경과에 따른 접지저항 변화(A그룹)
Fig. 16. Ground resistance variation due to the time trends(Group A)

접지저항은 그림 15와 같이 MEGGER DET2/2[7] 장비로 전위 강하법(Fall-of-potential method) 원리에 따라 측정하였다. 61.8[%]법칙에 따라 접지전극과 전

압보조극 사이는 12.36[m]이고, 전압보조극과 전류보조극 사이는 7.64[m]으로 접지 저항값을 측정하였다.

접지극의 체적 변화에 따른 접지저항값의 변화에서 일반 접지저항계의 경우인 A그룹은 재령경과 14일이 지난 후부터 접지저항이 낮은 값을 나타냈으며, 재령경과 221일까지 평균적으로 22.2[%] 저감되어 측정되었다.

표 5. 재령경과에 따른 접지저항의 변화(B 그룹)
Table 5. Ground resistance variation due to the time trends(Group B)

재령 경과 (일)	Group B					
	B-1 type		B-2 type		B-3 type	
	접지 저항	저감율 ([%])	접지 저항	저감율 ([%])	접지 저항	저감율 ([%])
1	43.9	0	47.9	0	55.9	0
2	43.0	-2.1	47.8	-0.2	53.0	-5.5
3	43.9	0	48.2	0.6	50.6	-10.5
4	44.5	1.3	49.1	2.4	50.1	-11.6
5	42.9	-2.3	48.4	1.0	50.1	-11.6
6	42.1	-4.3	47.8	-0.2	50.3	-11.1
7	41.0	-7.1	47.4	-1.1	50.4	-10.9
14	30.3	-44.9	31.1	-54.0	39.8	-40.5
21	31.5	-39.4	31.6	-51.6	40.7	-37.3
28	29.0	-51.4	27.8	-72.3	35.1	-59.3
36	29.6	-48.3	28.9	-65.7	36.8	-51.9
65	27.2	-61.4	26.2	-82.8	34.0	-64.4
146	23.3	-88.4	24.6	-94.7	24.0	-132.9
184	28.5	-54.0	29.5	-62.4	29.2	-91.4
221	33.3	-31.8	34.7	-38.0	33.8	-65.4

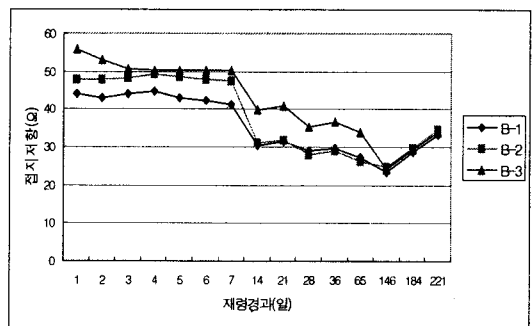


그림 17. 재령경과에 따른 접지저항 변화(B그룹)
Fig. 17. Ground resistance variation due to the time trends(Group B)

팽창 접지저감재의 경우인 B그룹은 재령경과 14일이 지난 후에 접지저항값이 큰 폭으로 낮은 값을 나타냈고, 재령경과 221일에 평균적으로 45.1[%] 저감되어 측정되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 접지극 체적변화에 따른 접지저항의 변화율을 측정하여 체적의 변화가 접지저항에 미치는 영향을 중점적으로 분석하였다. 접지저항의 경우 재령경과 7일에서 14일에 접지저감재 및 도전성 팽창 접지저감재의 측정값이 큰 폭으로 감소하였다. 시험편의 체적변화를 살펴보면 접지저감재의 경우 재령 7일에서 체적이 서서히 감소하였으며, 도전성 팽창 접지저감재의 경우 재령 7일에서부터 체적이 서서히 증가하였다.

일반 접지저감재는 재령 221일에 체적 23.3[%] 감소, 접지저항 22.2[%] 감소하였으며, 도전성 팽창 접지저감재는 재령 221일에 체적이 14.9[%] 증가하고 접지저항이 45.1[%] 감소하였다. 체적의 변화에 따라 도전성 팽창 접지저감재가 일반 접지저감재에 비해 접지저항이 22.9[%] 감소함을 알 수 있다.

본 실험을 통하여 체적의 변화 및 접지저항값의 변화를 보면, 접지극 시공 후 접지극의 전체 면적이 확대되면서 도전성 팽창 접지저감재가 일반 접지저감재에 비해 접지저항 저감 효과가 뛰어난 것을 검증하였다.

References

[1] H. Yamane, and et al, "Long-term Stability of Reducing Ground Resistance with Water-Absorbent Polymers", IEEE Trans. on Power Systems, 1990.

[2] Q. Meng and et al, "A new method to decrease ground resistances of substation grounding systems in high resistivity regions", IEEE Trans. on Power Delivery, July 1999.
 [3] M. Jambakand et al, "Automatic Maintenance of Substation Ground Resistance", IEEE Trans. on Power Delivery, 2000.
 [4] "매직어스 특성", 동양시멘트(주), 1999.
 [5] "도전성 콘크리트 접지봉(판) 사용 매뉴얼", 동양산전(주), 2007.
 [6] IEEE Std. 81-1991, "IEEE guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potential of a Ground System", IEEE Inc., 1991.
 [7] Manual for MEGGER DET2/2, AVO co., 2000.

◇ 저자소개 ◇

김종욱 (金種郁)

1972년 5월 21일생. 2000년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2002년 홍익대학교 전기공학과 졸업(석사). 2002년~현재 동양산전(주)부설 한국접지기술연구소 선임연구원.

김경철 (金慶哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977~1982년 국방과학연구소 연구원. 1982~1984년 NMSU 전기공학과 졸업(석사). 1984~1988년 UTA 전기공학과 졸업(박사). 1988~1991년 한국전기연구소 선임연구원. 1991년~현재 홍익대학교 전기공학과 교수.

최종기 (崔鍾基)

1969년 2월 1일생. 1992년 동국대학교 전기공학과 졸업. 1995년 홍익대학교 전기제어공학과 졸업(석사). 2007년 홍익대학교 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 한국전력공사 전력연구원 전력 계통연구실 선임연구원.

장민규 (姜玟圭)

1977년 3월 27일생. 2002년 한국기술교육대학교 정보기술공학부 졸업. 2002년~현재 동양산전(주)부설 한국접지기술연구소 연구원.

백남웅 (白南雄)

1955년 1월 9일생. 1978~1989년 진영전기 기술이사. 1989~1996년 미광전업 전무이사. 1997년~현재 동양산전(주) 대표이사. 한국접지기술연구소 소장.