

배전선로 접지공사 시공품질 향상방안 연구(하)

송대봉
한국전력공사 경영대학원 과정 16기, 부장
황수천
한국전력공사 보령지점 배전과장

3. 접지시공 품질 향상방안

가. 현상파악

- 다음 식과 같이 접지저항은 대지고유저항에 따라 크게 좌우된다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi \iota} \ln \frac{4\iota}{d} \dots\dots\dots (16)$$

ρ : 대지고유저항(Ω -m)
 ι : 접지봉의 길이(m)
 d : 접지봉의 직경(m)

- 표 3, 4, 5, 6과 같이 설계기준에 명시된 대지고유저항은 토양의 종류에 따른 통계수치로 그 수치의 폭이 커서 배전설계자가 적용하기에는 어려움이 있다.
- 대지고유저항을 구하는 방법으로 일반적인 Wenner 4전극법(1915년 고안됨)이 있으나, 측정장비 확보,

〈표 3〉 설계기준 2601의 대지고유저항

지 질	토양의 고유저항(Ω -m)
논, 습지(粘土質)	0 ~ 150
밭(粘土質)	10 ~ 200
논, 밭(表土下砂利層)	100 ~ 1,000
산지(粘土質)	200 ~ 2,000
산지(砂利, 巖石質)	2,000 ~ 5,000
河岸, 河床跡	1,000 ~ 5,000

〈표 4〉 배전실무교재의 대지고유저항

지 역	지 질	토양의 고유저항(Ω -m)
무논, 습지	점토질	100
밭	점토질	150
논, 밭	표토 이하 자갈	500
산	점토질	1000

측정방법의 불편 및 극간 간격에 따른 대지고유저항치가 상이하다.

즉, 그림 6과 같이 $C_1 \sim C_2$ 의 전극간격에 따라 그림 7과 같이 대지고유 저항치가 다르다.

조사연구

〈표 5〉 기술용어 해설집(송변전 분야)의 대지고유저항

지 질	토양의 고유저항(Ω -m)
지하수	100 ~ 1,000
수돗물	100
海水	0.1
무논, 습지(粘土質)	0 ~ 150
밭(粘土質)	10 ~ 200
무논, 밭(자갈층)	100 ~ 1,000
山地(粘土質)	200 ~ 2,000
河岸, 河床(자갈)	1,000 ~ 5,000
山地(자갈, 岩)	2,000 ~ 5,000

○ 대지고유저항 판단의 어려움으로 배전공사 설계자가 접지설계를 하기 어렵고 이로 인하여 접지저항 판리가 부실하게 될 우려가 있다.

○ 피뢰기 부설 기피 및 접지의 중요성 무시경향

- 피뢰기 파손의 원인을 마치 피뢰기 자체 결함만으로 인식하고 접지의 중요성은 무시하는 경향이 있다.
- 뇌 및 각종 서지로부터 선로를 보호하지 못하므로 애자기기 등의 열화축진 및 절연 내력이 약화된다 (배전실무 교재Ⅳ, 서울연수원).

나. 대지고유저항 역추정 및 고강도 접지저항 저감제를 고려한 접지

기존의 접지저항 측정법인 3극법(피접지극, P극, C

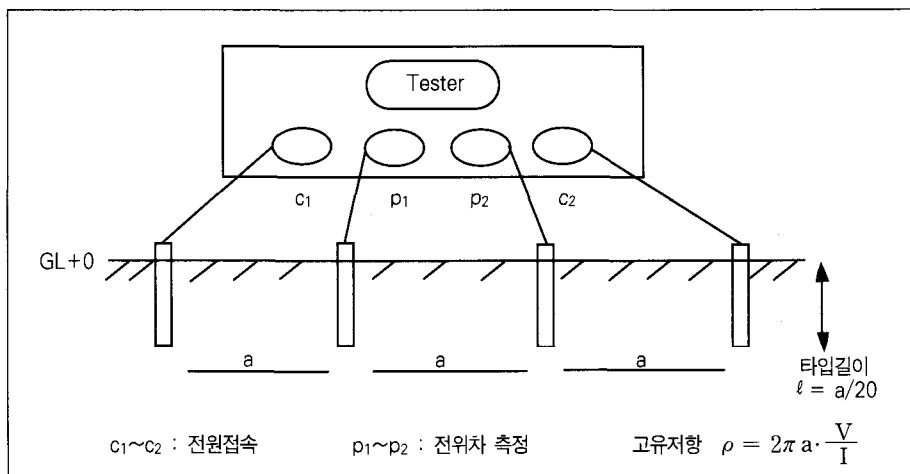
〈표 6〉 (日本)電設工業(“대지저항률과 접지저항”, '92년 7월)

지 질	토양의 고유저항(Ω -m)
粘土	5 ~ 51
砂	0.5 ~ 1,000
砂岩	0.8 ~ 1,000
石炭岩	5 ~ 1,500
玄武岩	800 ~ 100,000
輝綠岩	800 ~ 100,000
花崗岩	800 ~ 100,000
片麻岩	800 ~ 100,000
논, 습지(粘土質)	0 ~ 150
밭(粘土質)	10 ~ 200
논, 밭(表土下砂利層)	100 ~ 1,000
山地	200 ~ 2,000
山地(巖盤地帶)	2,000 ~ 5,000
河岸河床跡(砂利, 玉石積)	1,000 ~ 5,000

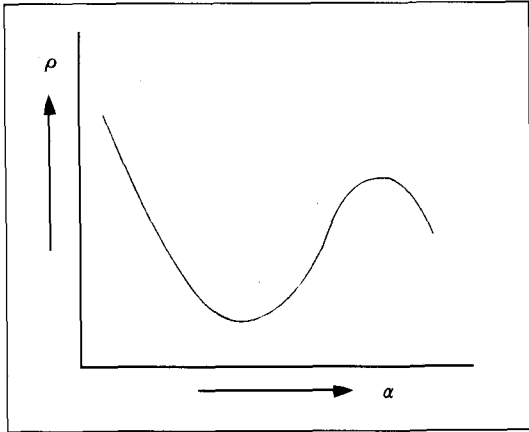
극, “그림 8”)을 이용하여 접지동봉 1본으로 쉽게 대지고유저항을 역추정할 수 있는데 착안하여, 규정 접지저항치를 얻을 수 있는 접지동봉 수 및 고강도 접지저항 저감제 사용량을 산출할 수 있는 방법을 모색하였다.

(1) 배전공사용 접지저항 설계·검토 프로그램 개발

표 7의 고강도 접지저항 저감제 저감계수를 고려한 배전선로 접지저항 설계·검토 프로그램을 개발하여 현장에서 쉽게 활용토록 하였다.



〈그림 6〉 4전극법



〈그림 7〉 ρ-α 곡선

〈표 7〉 고강도접지저항저감제저감계수 (동양시멘트(주) 기술자료)

대지 고유저항(Ω-m)	저감계수(α)
1,000 이상	0.2 ~ 0.3
500 ~ 999	0.3 ~ 0.4
300 ~ 499	0.4 ~ 0.5
100 ~ 299	0.5 ~ 0.6
100 이하	0.7 ~ 0.8

(2) 배전선로 접지저항 시공품질을 향상시킬 수 있는 시공순서

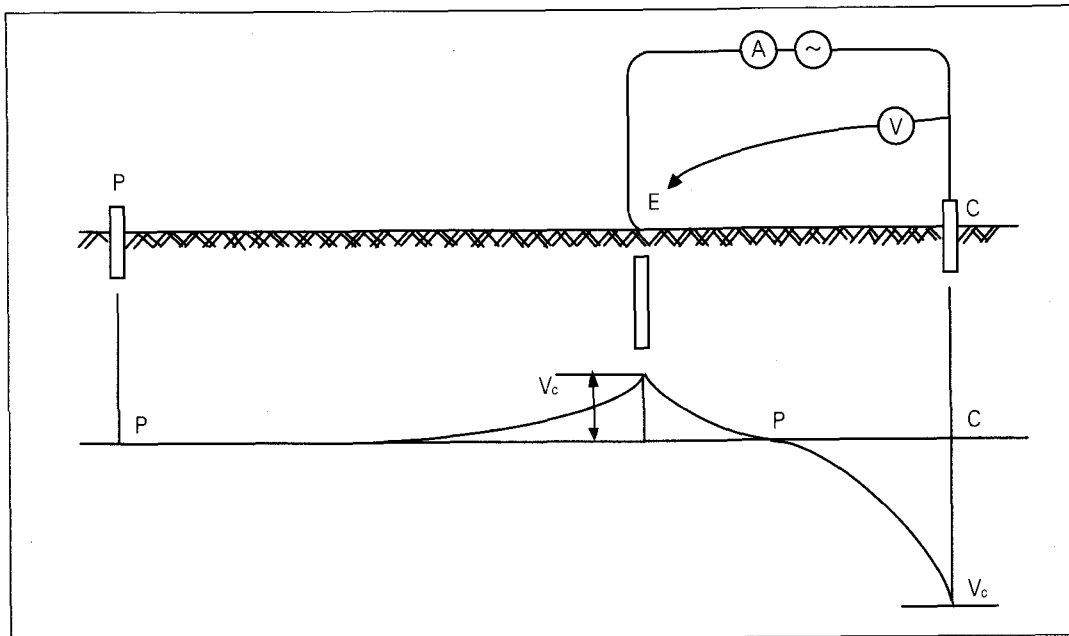
- ① 접지개소에서 접지봉 1본만으로 접지저항을 측정한다.
- ② 배전선로 접지조건표의 시공형태를 참조하여

③ 필요 접지동봉 및 고강도 접지저항 저감제를 투입한다.

(3) 준공서류에 별첨 #2의 접지저항 측정기록표 및 사진을 필히 부착하여 검사 및 확인을 용이하게 한다.

(4) 현장실측과 프로그램 계산치

접지저항측정기 1대(리드선, P극, C극) 및 피접지극 용 동봉(14×1000), 고강도 접지저항 저감제 등 재료 및 자재를 갖고 현장 실측한 결과와 프로그램 계산치가



〈그림 8〉 기존의 접지저항 측정(피접지극, P극, C극) 및 전위 분포도

〈표 8〉 프로그램 TEST RUN 결과표

접지시공 형태	수식에 의한 결과		프로그램 수행결과
	접지봉만 사용(Ω)	저감제 투여 고려(Ω)	
	900.48	225.12	수작업과 일치함
	505.43	126.36	"
	358.47	89.6	"
	280	70	"
	540.29	2개소 모두 투여:135 1개소만 투여:216.12	"
	360.19	3개소 모두 투여:90.95 1개소만 투여:180.1 2개소만 투여:120.06	"
	270.14	4개소 모두 투여:67.5 1개소만 투여:154.17 2개소만 투여:108.06 3개소만 투여:83.12	"
	388.47	2개소 모두 투여:97.12 우1만 투여:186.9 좌1만 투여:132.97	"
	285.74	3개소 모두 투여:71.43 맨좌측만 투여:159.34 맨우측만 투여:118.4 좌2개소만 투여:110.47 좌1, 우1개소 투여:89.11	"
	303.26	2개소 모두 투여:75.82 한쪽만 투여:121.3	"

* 대지고유저항 : 1,000(Ω -m)을 동일하게 적용하였음.

표 9에 표시되어 있다.

4. 결론

배전선로의 접지는 접지동봉(14×1,000)을 기본규격으로 하고 있기 때문에 여기에서도 접지동봉의 경우만을 다루었다. 설계시의 접지동봉 수량은 대지고유저항을 알아야 함에도 각종 전기공학 실무도서에서 제시한 수치들의 범위가 너무 커서 배전설계자가 선택하여 사용하기에 어려움이 있었다. 이 연구에서는 이러한 어려움을 해

소하기 위해 우선 현장에서 측정된 1본 저항으로 접지물량을 결정할 수 있는 배전선로 접지조건표를 프로그램을 이용하여 만듦으로써 아래와 같은 많은 효과를 예상할 수 있었다.

○ 경제적으로는 매년 130여억 원 절감예상²⁾(경제성 검토 : 별첨 1 참조)

○ 접지시공품질 향상

① 배전설계 감독자의 접지시공 형태 설계 및 접지시공 용어로 낭비적 요소 제거

② 배전기술자의 접지에 대한 인식 제고

- 접지저항 측정 기록표(별첨 2 참조)를 준공서류에 필히 부착

○ 안전사고 방지

① 혼촉, 누전, 접촉 등에 의한 위험 방지

② 이상전압을 억제하고 대지전압을 저하시켜 충실한 설비보호 책무 이행*

③ 고장전류의 원활한 흐름으로 보호장치의 동작을 확실하게 함.

○ 환경오염 방지

고강도 접지저항 저감제 투여를 고려하였으므로 기존의 아스콘과 달리 빗물에 의한 침수현상이 없고 경년변화가 거의 없음.

○ 병렬 연접접지가 짧아지므로 도심지 배전선로 접지시공시 유리

*유도뢰 서지에 대한 피뢰기의 보호거리는 유도뢰 서지의 크기, 배전선로의 뇌충격 절연강도, 피뢰기의 특성 및 접지저항 등에 따라 달라지는데, 일반적으로는 뇌충격 절연강도가 높고, 피뢰기의 접지저항이 낮을수록 보호거리가 길어지지만 아주 근접점에서의 낙뢰시와 같은 가혹한 경우에는 이것이 20~30(m) 정도밖에 되지 않을 수도 있음.

(설계기준참조 : 1km당 합성접지 저항치는 5(Ω /km))

*피뢰기에 충분한 보호효과를 기대하려면 될 수 있는 대로

2) 전사업소 확대사용에 따른 저감제 가격하락과 향후 노무가격 상승을 고려하면 매년 경제적인 효과는 증대할 것으로 예상됨.

〈표 9〉 접지저항 현장실측 결과와 프로그램 계산치³⁾

구 분	제 I 측정	제 II 측정	I, II 병렬	역추정대지고유저항 (Ω -m) ()는 중간값	*프로그램 계산치(Ω)
	단독접지저항(Ω)	단독접지저항(Ω)	합성접지저항(Ω)		
논, 밭 웅천간선 3개소	105	105	65	117	63.2
	105	100	65	111~117(114)	61.5
	160	150	100	167~178(173)	93.47
산악지 보령댐 주변	850	825	500	916~944(930)	502.47
	1,000	1,100	600	1,110~1,222(1,166)	629.97
	1,300	1,370	800	1,444~1,521(1,483)	801.24

*프로그램 계산치 : 역추정 대지고유저항 중간값 사용

3) 역추정 대지고유저항 산식 : 앞의 (16)식에서 산출

피뢰기를 피보호기기에 근접시켜서 설치하고, 또한 피뢰기 방전전류에 의한 접지 전위 상승을 방지하기 위해서는 최대한으로 접지저항을 낮게 해줄 필요가 있음.

(송배전공학, 송길영교수저, 동일출판사 1995)

*직격뢰에 대하여는 가공지선의 접지를 통해 대지로 흐르게 하여 사고를 방지하기 때문에 접지간극이 짧고 각 접지점의

접지저항치가 작을수록 효과가 큼.

유도뢰에 대하여는 가공지선의 접지선으로부터 흘러나온 전류가 상도체와의 결합에 의해 상호유도전압을 발생시켜 그것이 유도뢰 전압을 저감시키기 때문에 가공지선과 상도체의 간극과 접지저항치의 감소가 중요함.

(배전실무 교재IV, 서울연수원) x

참고문헌

1. 「배전선로의 접지저항 관리에 관한 연구」, 한국전력공사 전력연구원, 1998
2. 「배전설계 기준」, 한국전력공사 품질보증실, 1998
3. 「변전설계 기준」, 한국전력공사 품질보증실, 1998
4. 「배전실무 IV」, 한국전력공사 중앙교육원, 1997
5. 송길영, 「송배전공학」, 동일출판사, 1995
6. 電設工業, 「大地抵抗率と 接地抵抗」, 平成 4年 7月
7. 「기술용어해설집」, 한국전력공사 송변전처, 1988
8. 「전기기사 보수교육교재」, 대한전기협회, 1990
9. 「고강도 접지저항 저감제 기술자료」, 동양시멘트(주), 1997
10. 「전기관계 법규집」, 도서출판 技多利, 1997

〈별첨 #1〉

경제성 검토

* 시공비는 '97년 단가기준

구분	대지고유저항(Ω -m)	목표저항(Ω)	A			B			A-B (원)
			접지시공 형태 및 저항(Ω)	시공비 (원)	저감제를 고려한 접지시공 형태 및 저항(Ω)	시공비 (원)			
1	150	83 이하	1×1 81	53,258	1 74	32,995+18,185×1=51,180	2,078		
2	300	83 이하	(4) 81	103,557	1×1 73	53,258+18,185×2=89,628	13,929		
3	500	100 이하	(6) 90	136,955	1×1 94	53,258+18,185×2=89,628	47,327		
4	800	83 이하	(11) 79	250,000	(4) 76	103,557+18,185×4=176,297	73,703		

조사연구

보령지점의 경우 '96년도 신규 및 지장전주 외선 소요분이 800여건으로
 연간이득 예상금액: $800\text{건} \times 34,259\text{원} \left(\frac{A-B}{4} \right) = 27,407,200\text{원}$
 1개 D/L당 이득금액: 3,045,240원(보령지점 9개 D/L)

• 전국으로 확대하면

전국 D/L수 : '96.12월말 현재 4,375개

$4,375\text{개} \times 3,045,240\text{원} = 13,322,925,000\text{원}$

∴ 매년 130억원 정도 절감 예상

〈별첨 #2〉

접지저항 측정 기록표

공사명 :

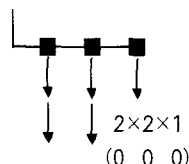
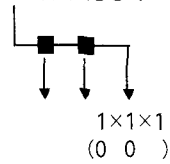
시공자 : (인)

감독자 : (인)

시공일자 : . . . 일기 :

선로명	전주번호 (전산화번호)	1본 시공시 접지저항 (Ω)	*접지시공형태 ?×?×? ()	접지 저항 {Ω}	기준 저항 {Ω}	저감제 사용량 {Kg}	토 질 사 항						지 역 명 * * 동 — — 리	비고	
							암 석	자 갈	자 갈 질 흙	모 래	사 질 토	점 토			점 질 토

주) *접지시공형태



저감제 투여여부 : 10kg

저감제 투여여부 : 10kg

* 고강도 접지저항저감제는 접지봉 1개소당 5kg 투여기준

<별첨 #3>

배전선로 접지 조건표

보령지점 배전부

1봉 저항 [Ω]	대지 고유 저항 [Ω-m]	목 표 저 항 [Ω]	접 지 등 봉 만 사 용					저 감 제 병 행 사 용					비 고 이득액 A - B
			시공형태	접지 저항 [Ω]	시 공 비 용(A)			시공형태	접지 저항 [Ω]	시 공 비 용(B)			
					재료비	노무비	계			재료비	노무비	계	
100	111	100	1	100	5,905	39,590	45,495	-	-	-	-	-	-
		25	1×1×1×1×1	24	29,525	111,746	141,271	1×1×1	22	41,715	78,296	120,011	21,260
		10	(12)	10	70,860	235,254	306,114	(7)	9	97,335	150,826	248,161	57,953
150	167	100	1×1	90	11,810	54,519	66,329	1	83	13,905	40,404	54,309	12,020
		25	(8)	23	47,240	164,678	211,918	(4)	25	55,620	96,429	152,049	59,869
		10	(18)	10	106,290	341,118	447,408	(10)	10	139,050	205,224	344,274	103,134
200	222	100	(3)	80	17,715	76,458	94,173	(2)	66	27,810	55,740	83,550	10,623
		25	(10)	24	59,050	199,966	259,016	(6)	22	83,430	132,694	216,124	42,892
		10	(24)	10	141,720	446,982	588,702	(13)	10	180,765	259,621	440,386	148,316
250	278	100	(3)	100	17,715	76,458	94,173	(2)	83	27,810	55,744	83,550	10,623
		25	(12)	25	70,860	235,254	306,114	(7)	24	97,335	150,826	248,161	57,953
		10	(30)	10	177,150	552,846	729,996	(16)	10	222,480	314,019	536,499	193,497
300	333	100	(4)	90	23,620	94,102	117,722	(2)	81	27,810	55,740	83,550	34,172
		25	(15)	24	88,575	288,186	376,761	(7)	23	97,335	150,826	248,161	128,600
		10	(35)	10	206,675	641,066	847,741	(16)	10	222,480	314,019	536,499	311,242
350	389	100	(5)	84	29,525	111,746	141,271	(2)	95	27,810	55,740	83,550	57,721
		25	(17)	25	100,385	323,471	423,859	(8)	23	111,240	168,959	280,199	143,660
		10	(42)	10	248,010	764,574	1,012,584	(19)	10	264,195	368,416	632,611	379,973
400	444	100	(5)	96	29,525	117,746	141,271	(2)	-	27,810	55,740	83,550	57,721
		25	(20)	25	118,100	376,406	494,506	(6)	22	125,145	187,091	312,236	182,270
		10	(50)	10	295,250	905,726	1,200,976	(12)	9	278,100	386,549	664,649	536,327
450	500	100	(6)	90	35,430	129,390	164,820	(2)	83	27,810	55,744	83,550	229,368
		25	(22)	25	129,910	411,694	541,604	(7)	25	125,145	187,091	312,236	229,368
		10	(55)	10	324,775	993,946	1,318,721	(16)	10	278,100	386,549	664,649	654,072
500	555	100	(6)	100	35,430	129,390	164,820	(3)	70	41,715	78,296	120,011	44,809
		25	(24)	25	141,720	446,982	588,702	(9)	25	125,145	187,091	312,236	276,466
		10	(58)	10	342,490	1,046,878	1,389,368	(21)	10	292,005	404,682	696,687	692,681
550	611	100	(7)	94	41,335	147,304	188,369	(3)	77	41,715	78,296	120,011	68,358
		25	(27)	25	159,435	499,914	659,349	(10)	23	139,050	205,224	344,274	315,075
		10	(65)	10	383,825	1,170,386	1,554,221	(23)	10	319,815	440,947	760,762	793,459

조사연구

1봉 저항 [Ω]	대지 고유 저항 [Ω-m]	목표 저항 [Ω]	접지 동봉만 사용					저감제 병행사용					비고 이득액 A - B
			시공형태	접지 저항 [Ω]	시공비용(A)			시공형태	접지 저항 [Ω]	시공비용(B)			
					재료비	노무비	계			재료비	노무비	계	
600	666	100	(8)	80	17,715	76,458	94,173	(3)	84	41,715	78,296	120,011	91,907
		25	(29)	24	59,050	199,966	259,016	(11)	23	152,955	223,356	376,311	330,136
		10	(72)	10	141,720	446,982	588,702	(25)	10	347,625	477,212	824,837	894,217
650	722	100					(3)	91	41,715	78,296	120,011		
		25					(11)	25	152,955	223,356	376,311		
		10					(27)	10	375,435	513,477	888,912		
700	777	100	(9)	93	53,145	182,322	235,467	(3)	98	41,725	78,296	120,011	
		25					(12)	25	166,860	241,489	408,349		
		10					(30)	10	417,150	567,874	985,024		
750	833	100					(4)	79	55,620	96,429	152,049		
		25					(13)	25	180,765	259,621	440,386		
		10					(32)	10	444,960	604,139	1,049,099		
800	888	100					(4)	84	55,620	96,429	152,049		
		25					(14)	24	194,670	277,754	472,424		
		10					(34)	10	472,424	640,404	1,113,174		
850	944	100					(4)	90	55,620	96,429	152,049		
		25					(15)	24	208,575	295,886	504,461		
		10					(36)	10	500,580	676,669	1,177,249		
900	1,000	100					(4)	68	55,620	96,429	152,049		
		25					(15)	18	208,575	295,886	504,461		
		10					(36)	8	500,580	676,664	1,177,249		
950	1,055	100					(4)	72	55,620	96,429	152,049		
		25					(15)	19	208,575	295,886	504,461		
		10					(36)	8	500,580	676,664	1,177,249		
1,000	1,111	100					(4)	75	55,620	96,429	152,049		
		25					(15)	20	208,575	295,886	504,461		
		10					(36)	9	500,580	676,664	1,177,249		
1,050	1,166	100					(4)	80	55,620	96,429	152,049		
		25					(15)	21	208,575	295,886	504,461		
		10					(36)	9	500,580	676,664	1,177,249		

※ 개소당 1봉씩 병렬시공, 고강도 접지저항 저감제 5Kg 적용