

선로시설의 접지 시공 기술

오 호 석, 이 용 구
KT 차세대통신망연구소

Grounding Techniques on Outside Plant

Ho-Seok Oh, Yong-Koo Lee
Next Generation Telecommunication Network Laboratory, KT

Abstract - 통신서비스를 제공하는 전송매체인 동케이블(copper cable)은 외부 전자기적 영향으로부터 작업자 및 시설보호를 위해 300~500m 마다 접지를 하고 있다. 접지는 일반 보안용 접지와 차폐용 접지로 구분할 수 있는데 보안용 접지는 100옴 이하의 접지저항을 요구하지만 차폐용 접지는 10옴 이하의 낮은 접지저항을 필요로 한다. 차폐용 접지는 대표적으로 전력선 또는 전철시설로부터 발생하는 통신선에서의 유도전압(Induced voltage)을 경감시키기 위해 사용되는 것으로 차폐케이블, 유도중화코일, 차폐선 등의 선로시설에 필요하다. 본 논문은 차폐용 접지를 시공하기 위해 적용하는 접지저감재를 활용한 보링접지 시공기술에 관한 것으로 접지저항 산출방법과 산출식에 필요한 파라미터와의 관계 등을 실제 시공결과와 비교하며 분석하였다.

1. 서 론

통신접지는 케이블 보안접지, 차폐단말접지, 국사접지 등 인명의 안전과 시스템의 안정 그리고 전력유도 대책으로 사용되어 안정과 안전의 두 개념을 모두 포함하고 있으며 이러한 두 가지 기능을 모두 만족시켜야 안정된 통신품질을 유지할 수 있다. 접지기술과 관련하여 접지저항기준, 대지비저항 측정 방법, 지층별 대지비저항 분석방법, 접지체 시공방법, 접지저항 측정기술 등 다양한 분야에 대해 연구가 진행되고 있다. 최근에는 소요 접지저항 및 기능을 만족하는 접지체를 시공하기 위해 접지저감재의 도입, 낙뢰대책을 위한 접지극 개발, 접지저감재를 사용한 성형화된 접지봉 등 다양한 접지방법들이 소개되고 실제 사용되고 있다. 기존의 접지방식은 주로 1.8m 접지봉을 다수 직선형으로 타입하여 요구 접지저항을 확보하였으나 공간 활용 및 경년 변화 등에 유리한 접지저감재가 개발되어 띠형 접지공법, 심타접지공법, 보링접지공법 등으로 불리며 이에 활용되고 있다[1].

본 논문에서는 여러 접지방법중 지하 깊이 천공하여 좁은 면적에서 10Ω 이하의 낮은 접지저항을 얻는 심타 및 보링접지 시공기술을 소개하고 실제 여러 시공 지역의 측정결과를 접지저항 산출식과 비교하며 관련 파라미터 적용방법을 분석해 보았다.

2. 본 론

2.1 접지저항 계산방법

접지체에 따라 접지저항을 계산하는 수식은 여러 가지가 있지만 대표적으로 식(1)과 같은 Sunde, Dwight의 수식을 사용하고 있다[2]. 식(1)에서 M은 접지저감

재 활용시 사용되는 파라미터이다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(2.3 \log \frac{4l}{a} - 1 \right) \cdot M \quad (1)$$

ρ : 대지고유저항 (Ω·m)
l : 접지봉의 길이 (m)
a : 접지봉의 반경 (m)
M : 보정계수 (1~1.5)

이 접지저항 계산식은 일반 접지봉을 활용한 접지극, 심타접지, 보링접지 등에 공동으로 사용되고 있으며 일반 동봉으로 사용할 경우의 보정계수는 1 이고, 심타접지, 보링접지의 경우에는 보정계수가 1~1.5로 접지체 설계자에 따라 임의로 적용되고 있다. 한편 접지저감재를 많이 사용하고 있는 일본에서는 계산식(2)와 같이 하고 보정계수를 0.7~1.5 를 적용하고 있다. 보정계수를 1.5로 하고 대지비저항을 500m로 고정한 경우 일본식과 비교한 결과를 그림 1에 보였다. 식(1)에 의한 산출값이 식(2)보다 3.4~5.8% 작게 나타난다.

$$R = \frac{\rho}{2.73l} \log \frac{4l}{a} \cdot M \quad (2)$$

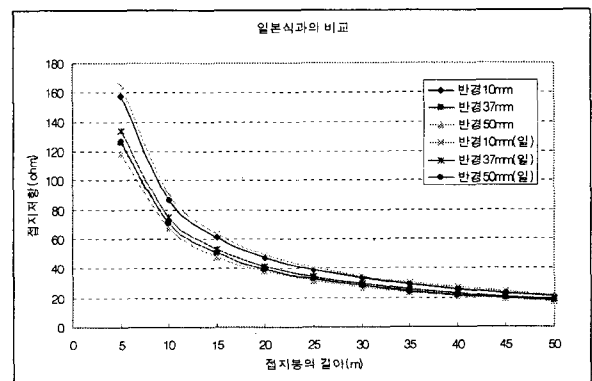


그림 1. 일본 사용식과의 비교

2.2 접지전극 직경 및 깊이에 따른 접지저항 변화

식 (1)을 이용하여 심타접지와 보링접지를 대상으로 대지비저항과 접지저항과의 관계 그리고 접지체 반경 및 접지체 깊이에 따른 변화를 살펴보았다. 여기서 심타접지란 그림 2와 같이 사람이 직접 전동 햄머를 사용하여 1m 길이의 접지봉을 연결하며 타입 가능한 깊

이까지 직경 34mm로 천공하고 접지전극 주위 공간에 접지저감재를 투입하는 방법이고, 보링접지는 그림 3과 같은 기계식 장비를 활용하여 직경 75~200m 정도의 구멍을 수직으로 뚫고 접지극 삽입 후 주변에 접지저감재를 투입하여 접지체를 구성하는 방법이다.

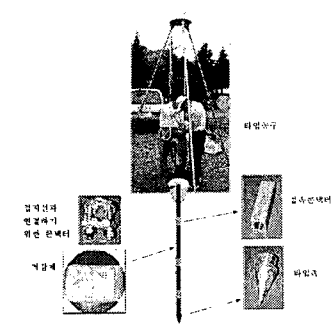


그림 2. 심타접지

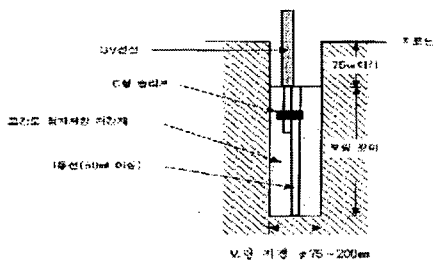


그림 3. 보링접지

2.1.1 접지전극 직경에 따른 접지저항

심타접지 및 보링접지의 타입 깊이는 지층 구조에 따라 결정되지만 대개 심타접지의 경우 약 10m까지 가능하고, 보링접지는 최대 50m 까지 시공되고 있다. 두 접지방법을 대지고유저항에 따른 접지저항을 비교해 보았다(그림 4). 여기서 심타접지의 접지체 직경은 34mm, 보링접지체 반경은 75mm 로 고정하고 계산하였다.

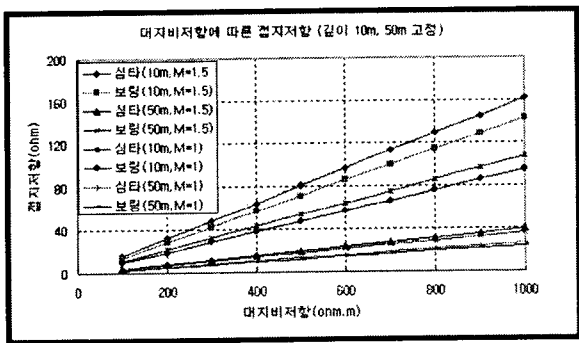


그림 4. 대지비저항에 따른 심타, 보링의 효과 비교

이와 관련된 특징을 살펴보면 접지체의 직경이 증가하면 대지와 접촉면이 증가하여 접지저항을 낮출 수 있다. 두 경우의 효과를 비교하면 10m 깊이에서는 보링이 12%, 50m 깊이에서는 보링이 10% 정도 심타에 비해 효과가 있는 것으로 나타난다. 이러한 비율은 대지비저항이 증가함에 따라 동일한 비율로 나타난다. 이

것은 대지비저항이 낮은 지역에서 접지봉 직경의 효과는 비율은 같다하더라도 실제 효과는 작다고 말할 수 있다. 한편 대지비저항이 높은 지역에서 낮은 접지저항을 얻기 위해서는 깊이 시공해야 하고, 여기에 직경이 크다면 좀 더 낮은 접지저항을 얻을 수 있음을 보여준다. 그러나 직경의 효과는 크지 않다. 따라서 심타접지의 경우 10m 이상 타입이 곤란하므로 그 이상의 깊이를 타입하기 위해 보링공법을 적용해야 하며 보링 직경의 효과는 크게 나타나지 않는다. 여기서 얻을 수 있는 결과는 1개소의 접지체를 시공할 때 동일한 대지비저항일 경우 낮은 접지저항을 얻기 위해서는 접지체를 깊게 하는 것이 필요하며 여기에 직경을 증가시켜 좀 더 낮은 저항을 얻을 수 있으나 낮은 접지저항을 시공하고자 하는 경우 그 효과는 미미하게 나타난다.

2.1.2 접지극 깊이에 대한 효과

심타접지 혹은 보링접지라는 용어는 접지하는 방법에 의한 것이고, 두 방법간의 공통점은 깊게 접지극을 타입하는 것이고 차이점은 접지 깊이와 접지체를 이루는 접지저감재를 포함한 접지봉의 직경이 다르다는 것이다. 동일 대지비저항인 경우 접지체의 깊이와 접지체의 직경에 따른 접지저항 변화를 살펴볼 필요가 있다. 따라서 대지비저항이 각각 100, 500, 1000m 인 경우 접지체 반경과 접지봉 매설 깊이에 따른 접지저항의 변화를 그림 5에 보였다(보정계수 1.5 적용). 대지비저항이 작은 경우에는 접지체 깊이와 직경이 증가함에 따라 변화가 작고, 접지체 깊이가 증가함에 따라 접지저항 감소는 작아지며 접지체 직경에 따른 효과도 작아진다. 대지비저항이 500m 이상인 곳에서 보링접지나 심타접지 1개의 접지체만으로 5Ω 이하의 접지시공은 곤란하다. 따라서 경제성을 고려하여 접지체 직경 및 깊이를 조절하여 시공하는 것이 필요하다.

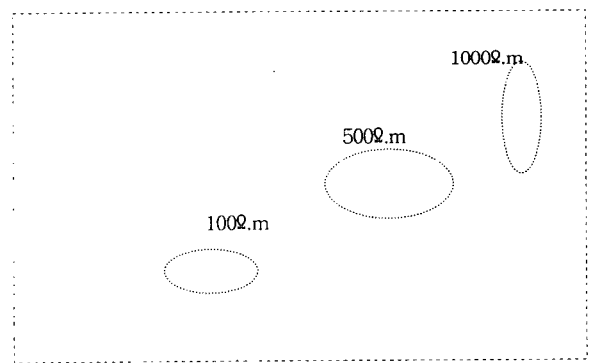


그림 5. 대지고유저항, 접지체깊이, 접지체반경에 따른 접지저항

2.3 현장시험 결과

2.3.1 보링접지

실제 6개 장소의 대지고유저항을 측정하여 시공 깊이에 따른 대지고유저항을 활용한 접지저항 예측값과 시공 후 측정값과의 접지저항을 표 1에 보였다. 단, 보링접지 및 심타접지에 사용된 접지저감재는 동일한 종류이다. 측정결과를 분석해보면 다음과 같다.

- 보정계수 1.5를 이용한 예측값보다 대부분 작게 나타났다고, 보정계수 1로 적용한 값과는 유사한 경향을 보임

- 시공 직후 측정값과 2주 후 재 측정 결과를 보면 동영의 경우는 오히려 작아졌으나 대부분 약 6% 정도 상승한 경향을 보였다. 이러한 이유는 시공 직후는 흙을 천공하기 위해 사용되는 비트(흙 또는 암반을 갈아내는 장치)의 과열방지 및 갈아낸 토양을 지표면 위로 끌어 올리기 위해 사용되는 물이 지속적으로 흙에 주입됨에 따라 흙 주변의 토질에 습기가 침투되어 전체적으로 대지비저항을 작게 하는 것으로 판단됨
- 수점, 지산의 경우 평균대지비저항을 시공깊이보다 큰 값을 적용했는데 이는 대지비저항 측정시 전극간격을 시공깊이와 동일하게 측정하지 못하여 시공깊이보다 크게 적용했으며 도량, 선산, 수점, 지산의 경우 대부분 마사토로 천공 깊이까지 시공이 용이했고, 용봉, 동영의 경우 4~5m 깊이에서부터 강한 암반이 나타나 시공에 장시간이 소요됨

표 1. 보링접지 시공 결과

구분	시공깊이 (m)	평균대지비저항 (Ω.m)	예측값(Ω)		시공직후 측정값(Ω)	2주후 측정값(Ω)
			M=1	M=1.5		
용봉	50	628	15.1	22.7	6.85	7.19
동영	30	266	10	14.9	9.55	7.07
도량	15	66	4.5	6.7	5.35	5.16
수점	24	156(30m)	5.9	8.8	3.92	4.17
지산	40	433(50m)	10.4	15.7	6.72	7.88
선산	15	55	3.7	5.5	3.04	3.23

2.3.2 심타접지

심타 접지의 경우 천공 가능 깊이가 약 10m 이지만 실제 시공할 때 암반이 나타나면 더 이상 천공이 불가능하다. 이와 같은 이유로 심타접지는 대지비저항을 분석하여 요구하는 접지저항을 얻기 위한 가능 깊이를 예측할 수는 있어도 심타 가능 깊이를 추정하기는 매우 곤란하다. 그러나 10m 깊이를 예상했어도 부득이하게 여러 개의 접지체를 시공해야 할 경우 보링방식과 달리 장소 이동이 용이하여 다수의 접지체를 구성할 수 있는 장점이 있다.

표 2는 이러한 이유로 인해 예상을 10m 깊이로 하여 접지저항을 예측하였으나 현장 여건상 수m 까지만 천공하고 여러 개의 접지체로 구성된 최종 접지저항 결과이다. 단, 평균대지비저항과 예측값은 10m 깊이를 기준으로 하였다.

표 2. 심타 접지 시공 결과

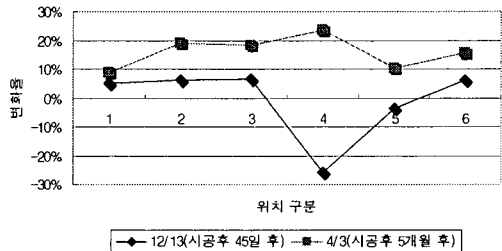
구분	예측깊이 (m)	실제 시공 깊이	평균대지 비저항	10m 예측값(Ω)		실측값 (Ω)
				M=1	M=1.5	
오대	10	3m (3본)	172	18.5	27.7	11.53
황상	10	10m	108	11.6	17.4	7.84
신평	10	4m(1본) 3m(1본) 3m(1본)	142	15.3	22.9	9.5
원남	10	5m(2본)	369	39.8	59.6	13.1
도산	10	7m(1본)	163	17.6	26.3	9.6
역전	10	8m(1본)				8.1

10m 깊이까지 타입한 황상의 경우 접지저항이 보정계수를 1로 한 경우보다 약 33% 작게 나타났고 도산의 경우에도 40% 이상 작게 나타났다. 다른 개소의 경우에는 시공상 부득이하게 여러 접지체를 낮은 깊이로 타설하였기 때문에 예측값을 실측값과 직접적으로 비교할 수 없었다. 따라서 이를 분석하기 위해서는 각 접지체 깊이별로 접지저항을 예측하고 각 접지체를 합성한 합성저항을 산출해야 비로소 최종 예측이 가능하다.

2.3.3 접지저항 경년변화

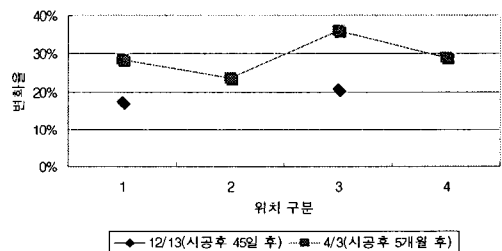
앞에서 시공한 보링접지 및 심타접지체의 접지저항 변화를 측정하였다. 보링접지극 6개소는 시공 1.5 개월 후 5% 증가하고, 5 개월 후 10~20% 증가하는 경향을 보였다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 수냉식 보링장비를 사용으로 시공 후 수분의 함량이 줄어들며 따라 발생하는 현상으로 판단된다. 심타접지극은 시공 1.5 개월 후 20%, 5 개월 후 24~36% 증가하는 경향을 보였다. 매설깊이가 깊고, 접지저감재량이 많이 투입되는 보링접지가 상대적으로 변화량이 작은 것을 알 수 있으나 최초 시공시 접지저항보다 20% 이상 증가하는 경향을 볼 때 설계시 이를 반영해야 할 것으로 판단된다.

접지저항 변화율(보링접지)



(a) 보링접지

접지저항 변화율(심타접지)



(b) 심타접지

그림 6. 접지체의 접지저항 변화량

2.4 접지저항 산출식 적용 파라미터 분석

본 절에서는 보링접지극 설계를 위해 적용하는 대지고유저항 및 보정계수를 분석하였다. 실제 3종의 접지저감재를 활용하여 시공된 10Ω 이하의 62개 접지개소를 대상으로 각 지점에서 측정된 대지고유저항값과 시공 후 측정된 접지저항을 이용하였다. 그림 7은 62개소의 50m 깊이의 대지고유저항 분포이며 대부분 300Ω 이하의 대지고유저항을 갖고 있다. 그림 8은 각 접지개소의 전극깊이에 대한 분포이다. 대부분 30m 이내 깊이를 천공하여 10Ω 이하의 접지저항을 얻을 수 있었다.

일반적으로 접지극을 설치하기 위해 적용하는 대지고유저항은 웨너 4전극법을 활용하여 정해진 전극 간격별로 대지고유저항을 측정하여 50m 깊이까지의 평균 대지고유저항을 적용하게 된다. 그림 9는 접지저항 산출식에서 보정계수는 1로 하고, 대지고유저항을 50m 평균값으로 적용한 경우와 각 접지극의 시공 깊이까지의 대지고유저항을 적용하여 계산한 값을 시공 직후 실

제 측정값을 비교한 것이다. 실제 측정값과 비교할 때 보링 깊이까지의 대지고유저항으로 계산한 값이 오차가 작음을 알 수 있다. 이러한 조건에서 접지극 깊이까지의 대지고유저항을 적용한 계산값과 실제 측정값과의 차이에 관한 비율을 보정계수라 할 수 있는데 이를 계산해 보면 그림 10과 같다. 평균값은 0.72 이고 최대 3.6까지 나타나는 경향을 보였다. 여기서 가로축의 1~39번, 40~45번, 46~62번은 각각 다른 종류의 접지저감재를 사용한 결과이다. 특정지점에서 계산값과 측정값이 매우 다른 경우를 제외하고는 유사한 경향을 보이고 있다. 여기에서 적용된 보링접지는 모두 수냉식 장비를 사용한 것으로 접지극 주변에 많이 수분이 포함된 것으로 사실상 장기간 측정을 통해 변화량을 확인해 볼 필요가 있다.

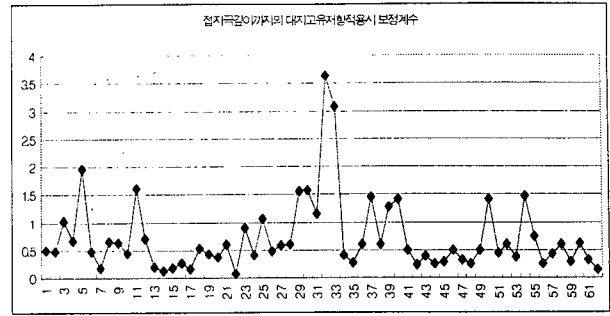


그림 10. 접지극 깊이까지의 대지고유저항을 적용한 경우의 보정계수 M 분포

3. 결 론

보링접지는 비용이 많이 드는 단점이 있지만 기존의 일반 동봉으로 저저항을 구축하기에는 장소가 매우 협소한 장소에서 사용할 수 있는 방법이다. 본 논문에서는 접지저감재를 활용한 보링접지 및 심타접지의 접지저항 산출식 결과와 실제 시공을 통해 측정된 접지저항의 차이를 분석하였다. 이러한 계산값과 측정값의 차이는 보정계수 M으로 보정할 수는 있지만 다양한 접지저감재가 있고, 실제 시공을 통해 확인된 바 대로 시공 지점마다 차이가 발생한다. 이러한 원인은 대지고유저항의 측정값, 지층별 구조, 수냉식 형태의 보링방식으로 인해 시공 중, 시공 후 수분의 함량에 따라서도 변화하는 여러 요인이 있다. 보링접지극 설계를 위해서는 대지고유저항 측정시 전극간격에 의해 결정되는 깊이별 대지고유저항 값을 활용하여 깊이별로 대지고유저항값을 계산해보고 보정계수를 1로 적용한 상태에서 대지고유저항 값을 접지저항 산출식에 적용하여 원하는 접지저항이 만족되는 깊이를 얻을 수 있고, 약 20% 정도 증가하는 경년변화량을 고려할 때 보정계수에 이를 반영하는 것이 필요할 것이다. 향후 다양한 접지저감재의 효과적 활용을 위해 환경친화적인 문제와 경년변화에 대한 검토가 좀 더 이루어져야 할 것으로 판단된다.

(참 고 문 헌)

- [1] KT, 접지표준공법
- [2] 김성모, 이형수 역, 접지설계입문, 동일출판사, 1995

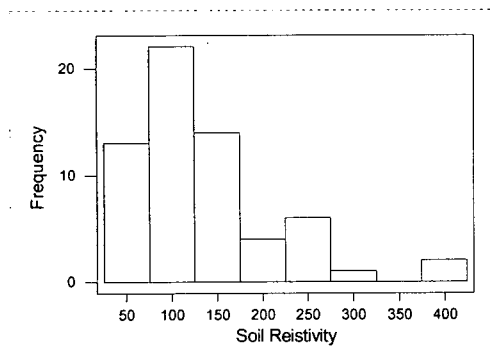


그림 7. 접지개소별 대지고유저항 분포

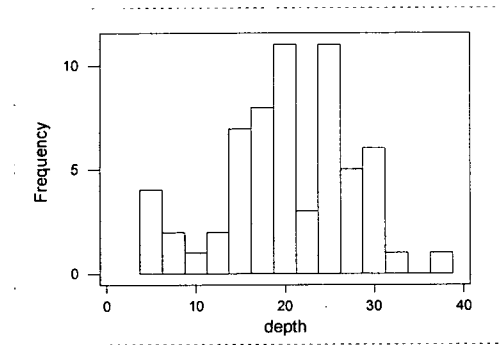


그림 8. 접지개소별 전극 깊이

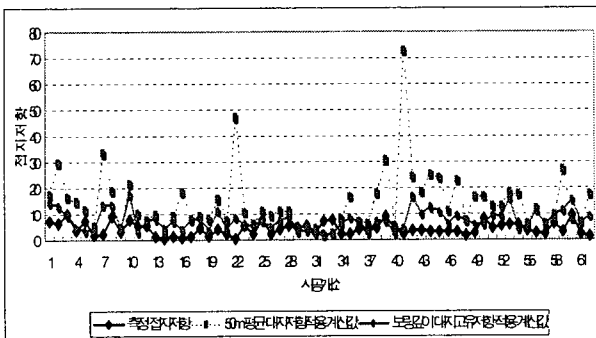


그림 9. 대지고유저항 적용값에 따른 측정값과의 비교