

배전계통에서 봉형접지극의 접지저항 향상을 위한 접지저항저감제 사용방법에 관한 연구

(A Study on the Application Methods of Chemicals for Reducing Grounding Resistance of the Bar-Shaped Electrode on the Power Distribution System)

박중신* · 나재동

(Jung-Shin Park · Chae-Dong Na)

요 약

봉형접지극은 우리나라 배전계통에 가장 많이 사용하고 있는 접지전극이다. 현재 배전계통에 사용하고 있는 봉형접지극은 접지동봉, 심타용접지봉 그리고 도전성콘크리트접지봉 등이 주로 사용되고 있다. 그러나 접지저항값은 토질에 따라 소정의 접지저항값을 얻기가 어려울 때가 많아 접지저항저감제를 사용하게 된다. 본 연구에서는 봉형접지전극 중 가장 많이 사용하고 있는 접지동봉에 물을 제공하였을 때 얻어진 접지저항값을 기준으로 접지저항저감제의 사용방법(시공법), 접지저항저감제의 종류 등에 따라 얻어진 초기접지저항값, 시간경과(1년)에 따른 저항값의 변화폭 추이 등을 비교 검토한 연구이다. 본 연구 결과를 요약하면 시공법으로 접지저항저감제를 사용하였을 때 낮은 초기접지저항저감을 얻는 효과뿐만 아니라 시간 경과에 따른 접지저항값의 변화폭도 적어 안정됨을 확인할 수 있었다.

Abstract

The bar-shaped electrode is very popular for earth construction in Korea. Copper ground rod, Deep-buried ground rod and conductive concrete ground rod are major types of the bar-shaped electrode and generally applied on the distribution system. But in most case, to obtain the targeted ground resistance is difficult, because ground resistance is very different by soil condition. Therefore, a chemicals for reducing ground resistance is applied. In this paper, the initial and the variation of ground resistance according to the applied methods and types of chemicals over one year are compared with copper ground rod applied with water and the experimental results show that the new methods with chemicals reduced not only the initial ground resistance but also the variation of ground resistance over year.

Key Words : Driven Electrode, Chemicals for Reducing Grounding Resistance, Regulative Grounding Resistance Values

* 주저자 : 위덕대학교 에너지전기공학부 조교수

Tel : 054-760-1665, Fax : 054-760-1669, E-mail : pjs1400@hanmail.net

접수일자 : 2009년 10월 20일, 1차심사 : 2009년 10월 26일, 심사완료 : 2009년 11월 10일

1. 서 론

봉형접지전극은 우리나라의 배전계통에서 가장 많이 사용하고 있는 접지극이다. 한국전력 배전처의 전산 통계에 의하면 신규 발생 및 개·보수 장소를 모두 합치면 배전계통에서 약 6만 개소/년의 접지공사가 발생하는 것으로 조사되었다[1]. 개소당 2~3개 이상이 소요된다고 가정하면 한해에 소요되는 봉형접지극의 사용량은 적어도 12~18만개 이상의 봉형접지전극이 사용된다고 추산할 수 있다. 따라서 개소당 사용되는 봉형접지극의 수를 줄이는 것은 곧바로 경제적 효과를 높이는 결과를 가져온다. 뿐만 아니라 봉형접지극을 시공한 후 시간경과에 따라 접지저항값의 변화(계절적 영향)의 폭이 크게 되면, 중성선 다중접지계통인 우리나라의 배전계통에 많은 악영향을 줄 수 있다. 따라서 접지저항값 변화의 폭을 줄이는 것 역시 배전계통을 안정적으로 운영하는데 매우 중요한 요소가 된다. 따라서 소정의 접지저항값을 쉽게 확보하고 확보된 접지저항값의 변화를 최소화하고 지속적으로 유지할 수 있는 방법을 모색하는 것은 매우 중요한 연구가 될 것이다.

본 연구는 봉형접지전극을 대상으로 수분을 제공하였을 때 얻은 초기 접지저항값을 기준으로 접지저항저감제 사용방법별로 각종 접지저항저감제를 사용하여 얻은 초기접지저항값, 시간변화(계절적 영향)에 따른 접지저항값 변화의 폭을 분석하여 접지저항저감제가 접지에 미치는 영향에 대하여 비교 분석한 연구이다.

2. 접지저항저감제가 접지저항값에 미치는 영향과 시공법

2.1 접지저항저감제가 접지극에 미치는 영향

접지저항저감제의 효과를 해석하기 위해서 그림 1과 같이 반구상을 이용한다.

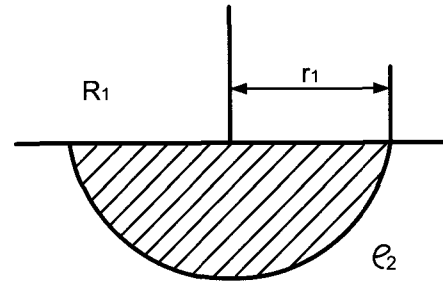


그림 1. 접지저항저감제 처리 전
Fig. 1. Before stuffing the earth resistance lowering chemicals

그림 1에서 r_1 을 접지극의 반경, 그림 2에서 r_2 를 전극의 중심에서 접지저항저감제 사이의 반경, ρ_1 , ρ_2 를 접지저항저감제의 저항율과 대지저항률이라 하면 전극의 접지저항 R_1 은 식 (1)과 같다.

$$R_1 = \int_{r_1}^{\infty} \rho_2 \frac{1}{2\pi x^2} dx = \frac{\rho_2}{2\pi r_1} (\Omega) \quad (1)$$

여기서

R_1 : 전극의 접지저항 [Ω]

ρ_2 : 대지저항률 [$\Omega - m$]

r_1 : 접지전극의 반지름 [m]

r_2 : 전극으로부터 저감제가 포함된 반지름 [m]

x : 임의의 접지전극 반지름 [m]

접지저항저감제 ρ_1 를 사용한 경우 합성저항을 R_2 라 하면

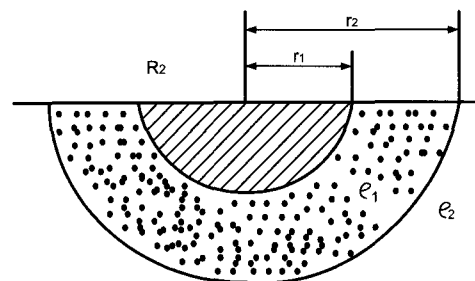


그림 2. 접지저항저감제 처리 후
Fig. 2. After stuffing the earth resistance lowering chemicals

그림 2를 가정하면

$$R_2 = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho_2}{2\pi x^2} dx + \int_{r_2}^{\infty} \frac{\rho_1}{2\pi x^2} dx$$

$$= \frac{\rho_2}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{\rho_1}{2\pi r_2} = \frac{\rho_1 r_1 + (\rho_2 - \rho_1) r_1}{2\pi r_1 r_2} \quad (2)$$

여기서

R_2 : 저감제가 포함된 합성접지저항 [Ω]

ρ_1 : 저감제의 저항률 [$\Omega \cdot m$]

식 (1)과 식 (2)의 값 R_1 과 R_2 의 비를 계산하면

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{r_1}{r_2} + \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \right) \text{가 된다.}$$

여기서 $\rho_1 \ll \rho_2$ 라면

$$\frac{R_2}{R_1} \approx \frac{r_1}{r_2} \text{가 된다. 이를 정리하면 식 (3)과 같다.}$$

$$R_2 = \frac{r_1}{r_2} R_1 = \frac{\rho_2}{2\pi r_2} [\Omega] \quad (3)$$

식 (1)과 식 (3)을 비교하면

접지극의 반지름 r_1 이 접지저항저감제가 포함된 반지름 r_2 로 접지극의 반지름이 확대된 것을 알 수 있다. 따라서 접지저항저감제를 사용하면 접지극의 반경이 증가하는 효과를 가져와서 접지저항값을 낮추는 효과가 있음을 알 수 있다[2].

2.2 실험시료(접지저항저감제)

접지저항을 낮추기 위하여 예전부터 접지전극 주변에 숯(목탄), 염(소금), 황산암모니아, 탄산나트륨(탄산소다), 벤토나이트(Bentonite) 등을 사용하였다. 접지저항저감제는 토양을 치환하여 이온화시킴으로써 대지고유저항값을 감소시키기 위한 수단으로 사용되었다. 접지저항저감제는 크게 3가지로 나눌 수 있는데, 겔(gel)형태를 유지하는 화학접지저항저감제, 도전성 시멘트를 주성분으로 하는 고체형태의 고강도접지저항저감제(도전성시멘트) 그리고 화산재 성분인 벤토

나이트 등으로 나눌 수 있다[1-2].

보다 효과적으로 접지저항을 저감하기 위하여 개발된 것이 화학접지저항저감제인데, 화학접지저항저감제의 효과는 즉각적이지만 여러 가지 단점을 갖고 있다. 화학접지저항저감제는 일시적인 효과는 있지만 1~2년 후 빗물이나 지하수의 흐름에 의해 씻겨나가 지속적인 저감효과를 기대할 수 없는 단점이 있다. 접지저항저감제의 종류별 특징을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 접지저항저감제 종류별 특성

Table 1. The characteristic of the earth resistance lowering chemicals

| 구분 | 성분 및 전기적 특성 | |
|--------------------|--|---|
| 화학 접지저감제 | earthron | 석고, 경화제 대지저항률 : 10($\Omega \cdot m$) |
| | 치코겔(chikogel) | 산화칼슘, 산화알루미늄, 무수석고, 염화칼슘, 규사 대지저항률 : 0.4~0.6($\Omega \cdot m$) |
| | 케미어스 | 아민계 수지, 변성요소 수지계 대지저항률 : - |
| | 어스다인(earthdyn) | 생석회, 흑연, 심타용 대지저항률 : - |
| | earthzero | 무기질계 성분 대지저항률 : 10($\Omega \cdot cm$)(20 $^{\circ}C$) |
| 고강도접지저항저감제(도전성시멘트) | 도전크리크 | 시멘트, 탄소계재료(탄산섬유) 대지저항률 : 0.2($\Omega \cdot m$) |
| | 산어스 | 시멘트, 탄소계(코크스) 대지저항률 : 2.1($\Omega \cdot m$) |
| | 엠어스(M-earth) | 시멘트, 탄소계 재료 대지저항률 : 0.1($\Omega \cdot m$) |
| 벤토나이트(Bentonite) | $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$ 의 다공질 물질 대지저항률 : - | |

본 실험에서는 화학접지저항저감제로는 우리나라 제품인 어스제로(earth-zero), 고강도접지저항저감제는 역시 우리나라 제품인 엠어스(M-earth) 그리고 벤토나이트(Bentonite)를 시료로 택하였다.

시료에 사용한 접지저항저감제의 사용방법은 표 2와 같다.

표 2. 시료의 특성 및 물 혼합 방법
Table 2. The characteristics of test samples and water mixing methods

| 구분 | 특성 및 물 혼합 방법 |
|----------------------|---|
| 어스제로 Earth-zero | <ul style="list-style-type: none"> • 화학접지저항저감제로 수분을 함유하여 땅속에서 젤(Gel) 형태로 존재한다. • 일반토 : 20[ℓ]/10[kg] 단위로 물과 혼합 • 모래토 : 16[ℓ]/10[kg] 단위로 물과 혼합 • 자갈토 : 10[ℓ]/10[kg] 단위로 물과 혼합 |
| 엠어스 (M-earth) | <ul style="list-style-type: none"> • 고강도접지저감제로 시멘트에 탄소계 도전성 물질을 혼합한 제품으로 땅속에서 고체형태로 존재한다. • 5[ℓ]/10[kg] 단위로 물과 혼합 • 산악지 등에서는 가루상태로 사용 |
| 벤토나이트 (Bentonite) | <ul style="list-style-type: none"> • $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$ 성분으로 물과의 친화력이 강하고 물이 가해지면 5~15배 이상 팽창 |

2.3 실험시료(접지저항저감제)의 시공방법

2.1항에서 언급한 것과 같이 접지저항저감제를 사용하면 접지극의 반경이 증가하기 때문에 접지저항값을 낮추는 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 즉, 접지저항저감제가 접지극의 주변에 직접 도포될 때 접지극의 반경이 증가하는 효과를 볼 수 있는 것이다. 그러나 그림 3과 같이 접지극의 상부를 1[m]×1[m]×0.75[m] (가로×세로×깊이)로 굴착하고 봉형접지극의 위에 접지저항저감제를 도포하는 경우에는[3] 접지저항저감제가 접지극에 접촉되지 않기 때문에 간접적인 사용 효과는 볼 수 있겠으나 직접적인 효과는 얻을 수 없다. 이 방법이 현재 우리나라의 배전계통에 접지저항저감제를 사용할 때 시공하고 있는 방식이다.

그림 4의 경우에는 그림 5에 표현한 중공스크루로드[4]를 이용하여 봉형접지극을 시공한 경우로 접지저항저감제가 봉형접지극 주변에 직접 접촉되도록 시공되기 때문에 접지저항저감제가 봉형접지극에 직접적으로 영향을 주어 식 (3)으로 입증하였던 봉형접지극의 반경을 증대시키는 효과를 볼 수 있다.

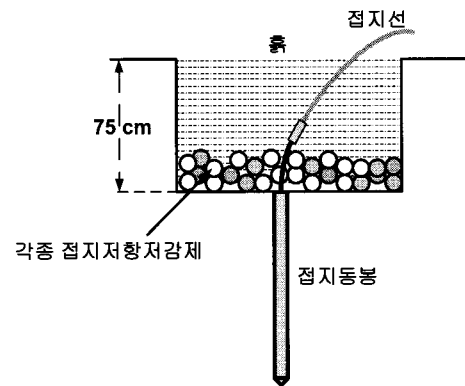


그림 3. 항타시공(봉형접지극 위에 접지저항저감제 시공)
Fig. 3. Driving pile method construction

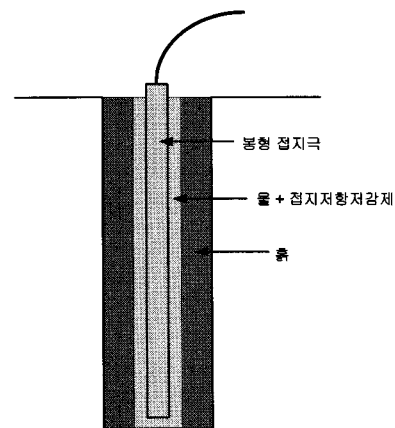


그림 4. 신공법으로 시공한 결과
Fig. 4. Layout result by new construction method

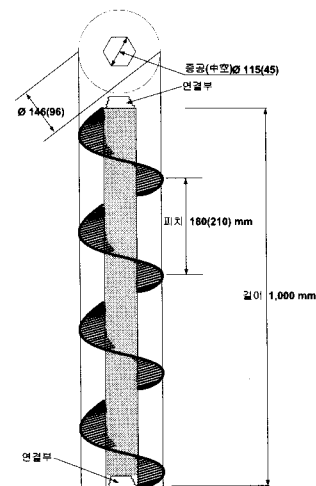


그림 5. 중공스크루로드
Fig. 5. The specifications of the hollow scrow rod

따라서 본 연구에서는 접지저항저감제를 사용하였을 때 상기에서 설명한 시공법의 차이가 접지저항값에 어떻게 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 공법별, 각종 접지저항저감제별 접지저항값을 측정하여 각각의 공법에 대한 효과를 분석한 실험연구를 하였다.

3. 접지저항저감제 사용 방법에 따른 비교 실험

3.1 실험방법

실험방법은 봉형접지전극 2개를 직렬로 시공하였고, 시공법(항타공법, 신공법, 표 4 참조)에 대하여 수분, 어스제로, M-earth 그리고 벤토나이트를 표 3과 같이 각각 구분하여 시공하였다. 그리고 최근에 개발되어 사용하고 있는 봉형도전성시멘트접지극은 신공법으로 시공하되 물만 공급하고 접지저항저감제는 사용하지 않았다.

표 3. 시료 분류
Table 3. Classification of test samples

| 기호 | 시공법 | 저감제 | 접지극 | 극수 |
|-------|-----|-------|------------|------------|
| 동-항-물 | 항타 | 물 | 접지동봉 | 2개 (직렬) |
| 동-항-어 | | 어스제로 | | |
| 동-항-엠 | | 엠어스 | | |
| 동-신-물 | 신공법 | 물 | | |
| 동-신-어 | | 어스제로 | | |
| 동-신-엠 | | 엠어스 | | |
| 동-신-벤 | | 벤토나이트 | | |
| 시-신-물 | 신공법 | 물 | 봉형 시멘트봉 | |

※ 봉형도전성시멘트접지극은 항타시공을 할 수 없음
 ※ 기호설명
 동 : 접지동봉, 콘 : 콘크리트접지봉, 항 : 항타공법, 신 : 신공법, 어 : 어스제로, 엠 : 엠어스, 벤 : 벤토나이트, 물 : 수분제공, 시 : 봉형도전성시멘트접지극

3.2 시공방법

표 4와 같이 항타시공법과 신공법으로 구분하여 시공하였다. 단, 봉형도전성시멘트접지극의 경우에는 재

질의 특성상 항타 시공이 어려워 신공법으로 시공하되, 물만 제공하였다.

표 4. 봉형접지극의 시공법
Table 4. The construction methods of driven electrode

| 시공방법 | 내 용 |
|------|------------------|
| 항타공법 | 현재 적용하고 있는 시공법 |
| 신공법 | 중공스크루로드를 이용한 시공법 |

3.3 측정내용

시공법을 중심으로 물만 공급된 경우 및 각종 접지저항저감제 각각에 대한 초기접지저항을 측정하고, 시공법 및 각종 접지저항저감제 각각에 대한 장기간(1년)에 걸친 접지저항값의 변화를 측정하였다.

측정방법은 3점법 전압강하방식의 자동디지털접지저항계를 사용하여 측정하였다. 접지저항계의 사양은 표 5와 같다.

표 5. 접지저항측정 장치 사양
Table 5. Specification of ground resistance tester

| | |
|-------|------------|
| 제작사 | Chekman |
| 측정방식 | 전압강하방식 |
| MODEL | TK - 2040 |
| 측정범위 | 0~2,000[Ω] |
| 정밀도 | ± 2[%] |

4. 측정 및 분석결과

4.1 공법별 접지저항저감제 종류에 대한 초기접지저항값 측정 결과 및 비교분석

그림 6은 시공법을 중심으로 여러 종류의 접지저항저감제를 달리하여 시공하고 초기의 접지저항값을 측정한 결과이다.

그림 6에서 그림 4의 신공법으로 화학접지저항저감제인 어스제로를 사용한 “동-신-어”의 경우가 가장 낮은 접지저항값을 얻었고, 항타시공법으로 물만 사용

한 “동-항-물”의 경우가 가장 높은 접지저항값을 나타내었다.

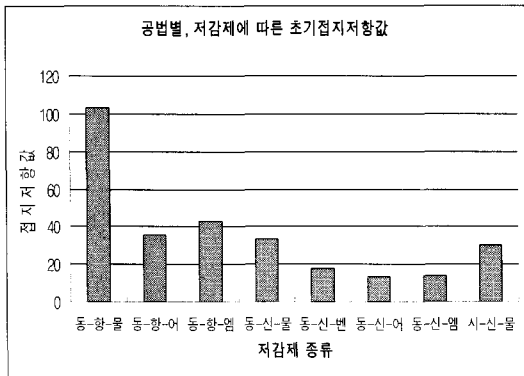


그림 6. 공법별, 접지저항저감제 종류에 따른 초기접지저항값
Fig. 6. The grounding resistance according to the injection of the earth resistance lowering chemicals at the first stage

따라서 접지저항저감제는 물만 사용한 경우에 비해 접지저항값에 주는 영향뿐만 아니라 접지저항저감제를 어떻게 사용하는가가 더 중요함을 알 수 있다.

표 6은 공법별로 물만 주입한 경우를 기준으로 각종 접지저항저감제를 사용하였을 때 초기에 얻은 접지저항값이다.

표 6. 시공법별, 접지저항저감제별 초기접지저항값
Table 6. Ground resistance at the first stage

| 시공법 | 사용 저감제 | 초기접지저항값 | 공법별 물 주입 기준 |
|------|--------|---------|-------------|
| 항타시공 | 물만 주입 | 103[Ω] | - |
| | 어스제로 | 35.9[Ω] | -67.1[Ω] |
| | 엠어스 | 42.7[Ω] | -60.3[Ω] |
| 신공법 | 물만 주입 | 33.6[Ω] | - |
| | 어스제로 | 13.2[Ω] | -20.4[Ω] |
| | 엠어스 | 14.2[Ω] | -19.4[Ω] |
| | 벤토나이트 | 18[Ω] | -15.6[Ω] |

물만 주입한 경우보다 접지저항저감제를 사용하였을 때 확연하게 저항값이 떨어지는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 시공법에 따라 초기접지저항값에 큰 차이

가 있음을 알 수 있다. 따라서 접지극의 상부에 시공하는 항타시공보다는 접지극에 직접 주입되는 신공법이 접지저항값을 저감하는데 효과적임을 알 수 있다.

4.2 공법별 접지저항저감제 종류별 시간변화에 대한 접지저항값 측정 결과

공사 후 접지저항값의 공법별 접지저항저감제 종류별로 접지저항값의 변화 추이를 보기 위하여 1년간 접지저항값을 측정하였다. 그림 7은 측정된 결과치를 그래프로 표현한 것이다.

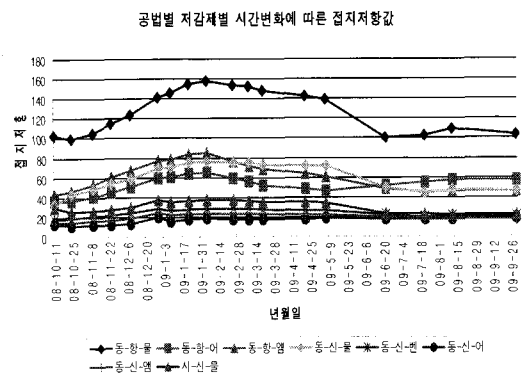


그림 7. 공법별, 저감제별 시간변화에 따른 접지저항값
Fig. 7. The ground resistance according to the construction methods and the earth resistance lowering chemicals

4.3 초기 접지저항값에 대한 접지극 수별 저항값 변화

그림 8에서 항타시공법으로 시공한 각종 접지저항저감제의 시간적 변화 추이를 보면 2009년 1월 중순경에 접지저항저감제의 종류에 관계없이 전체적으로 접지저항값이 상승하는 추이를 보이고 있다. 대구지역에 2009년 6월 20일 전후로 연일 비가 왔음에도 불구하고 접지저항값이 일제히 저감되는 것을 알 수 있다. 변화 추이를 보면 접지저항저감제를 사용하지 않은 “동-항-물”의 경우에 접지저항값의 변화(-4~55[Ω])가 매우 심함을 알 수 있다. 접지저항저감제의 종류에 관계없이 접지저항저감제를 사용한 경우에는 평

상시에도 일정부분 수분을 유지하고 있기 때문에 접지저항값의 변화가 비교적 안정되어 있는 것을 알 수 있다.

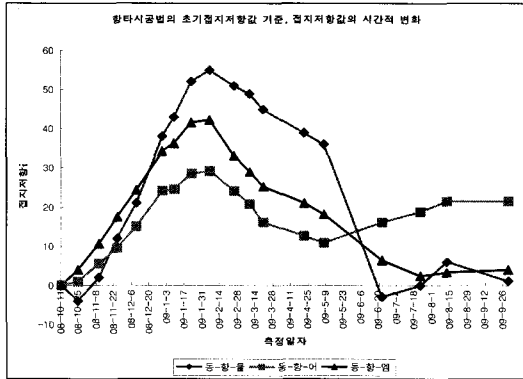


그림 8. 항타시공법의 초기접지저항값기준, 저항값의 시간적 변화

Fig. 8. Results of ground resistance according to the construction methods and the earth resistance lowering chemicals

그림 9 역시 신공법으로 접지저항저감제를 사용하여 시공한 경우로 각종 초기접지저항값을 기준으로 접지저항값의 변화 경향을 보면 전체적으로 큰 변화가 없는 것을 볼 수 있다.

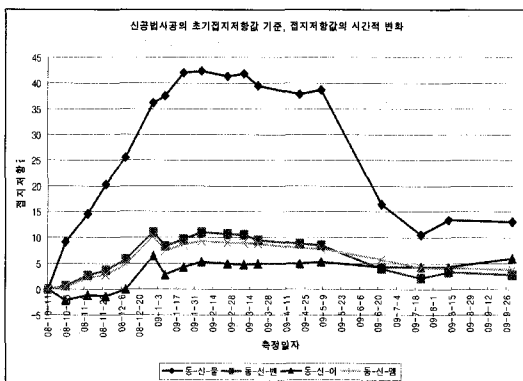


그림 9. 신공법시공의 초기접지저항값 기준, 저항값의 시간적 변화

Fig. 9. The ground resistance according to the time variation, the reference of first stage earth resistance by new construction method

그러나 신공법으로 시공한 경우라 하더라도 물만 사

용한 경우에는 시간(계절)에 따라 매우 변화폭(0~42.4 [Ω])이 큰 것을 알 수 있다. 접지저항저감제를 사용한 경우에는 대구지역에 2009년 6월 20일 전후로 연일 비가 왔음에도 불구하고 접지저항값의 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

이는 접지저항값이 매우 안정되어 있음을 의미한다. 그 이유는 접지저항저감제가 접지극과 직접적으로 접촉되어 지속적으로 일정범위의 수분을 함유하고 있기 때문으로 사료된다.

4.4 시공법별, 동종의 접지저항저감제의 시간에 따른 접지저항값의 변화

동종의 접지저항저감제를 시공법을 달리하여 시공한 경우 접지저항값에 미치는 영향을 분석하였다. 그림 10과 같이 물만 사용한 경우 항타시공법과 신공법과의 접지저항값을 비교하면 신공법이 월등하게 접지저항값이 낮음을 알 수 있다. 이는 접지극 주변에 직접 물을 공급하기 때문으로 사료된다.

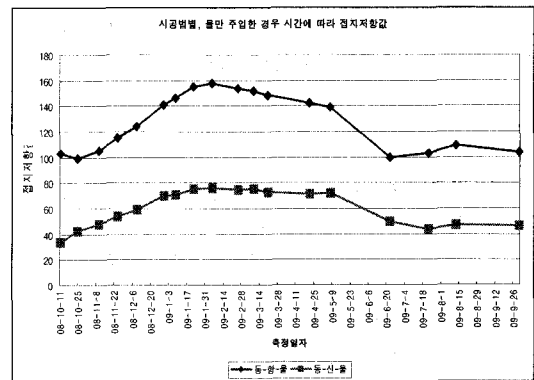


그림 10. 시공법별, 물만 주입한 경우 시간에 따른 저항값
Fig. 10. The ground resistance according to the time variation with water

그림 11 및 12, 역시 동종(에스제로 및 엠어스)의 접지저항저감제를 시공법을 달리하여 시공한 경우 접지저항값에 미치는 영향을 분석한 것이다.

항타시공법과 신공법과의 접지저항값을 비교하면 신공법이 월등하게 접지저항값이 낮을 뿐만 아니라 시간적으로 접지저항값이 안정되어 있음을 알 수 있다.

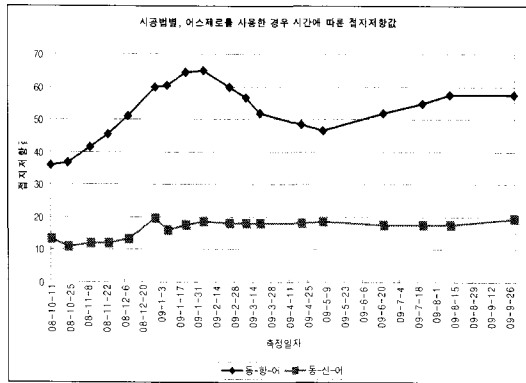


그림 11. 시공법별, 어스제로 사용한 경우 시간에 따른 접지저항값
 Fig. 11. The ground resistance according to the time variation with earth-zero

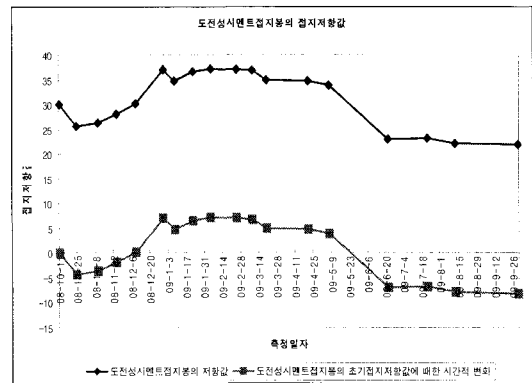


그림 13. 도전성시멘트접지봉의 접지저항값
 Fig. 13. The ground resistance of conductive cement driven rod

5. 결 론

본 연구는 접지저항저감제 사용방법의 차이 즉, 접지저항저감제의 간접적인 영향을 주는 향타공법과 접지저항제가 직접 접지극에 접촉되는 신공법의 차이가 접지저항값에 어떠한 영향을 주는지에 대하여 분석한 연구이다. 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 물만 주입한 경우보다 접지저항저감제를 사용하였을 때 접지저항값이 더욱 더 저감되었다. 또한, 접지극에 직접 접지저항저감제가 투입되는 방법이 좀 더 효과적으로 접지저항값을 저감하였다.

둘째, 접지저항저감제의 종류에 관계없이 접지저항저감제를 사용한 경우에는 접지저항값의 변화가 비교적 작아 접지저항값이 안정되어 있다.

셋째, 접지저항저감제를 접지극과 직접 접촉되도록 시공한 경우가 그렇지 않은 경우보다 접지저항값의 변화가 적었다. 이는 지속적으로 일정범위의 수분을 함유하고 있고 때문으로 사료된다.

현재, 시공되어 있는 접지극의 접지저항값을 지속적으로 측정하여 장기간에 걸친 경년변화의 추이를 조사하고, 또한, 각종의 접지저항저감제가 접지극의 부식을 방지하는 역할을 하는지 아니면 부식을 촉진하는 역할을 하는지에 대한 연구를 지속할 예정이다.

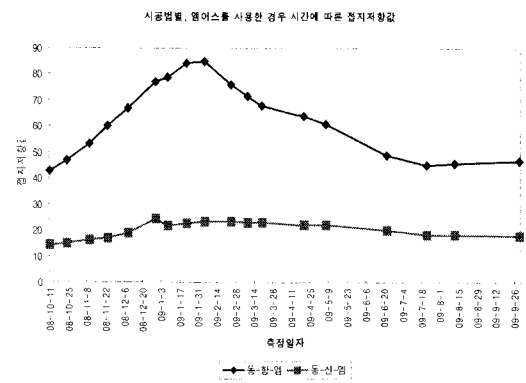


그림 12. 시공법별, 엠어스로 사용한 경우 시간에 따른 접지저항값
 Fig. 12. The ground resistance according to the time variation with M-earth

그림 13은 봉형도전성시멘트접지극의 시간적으로 변하는 접지저항값과 초기접지저항값에 대한 시간적 접지저항값의 변화를 보인 것이다. 봉형도전성시멘트접지극의 경우에는 시간이 갈수록 접지저항값이 안정되는 것을 볼 수 있다. 이유는 초기에는 시멘트에 물을 충분히 공급하지 못하였기 때문에 저항값의 변화가 심하게 나타나지만, 충분히 시멘트에 물이 스며든 상태가 되면 접지저항값이 안정되는 것을 보여주고 있다. 따라서 봉형도전성시멘트접지극의 경우에는 일정시간이 경과되어야 접지저항값이 안정됨을 알 수 있다.

References

- [1] Sukyu Lee, "The mechanization of the grounding rod earth construction method using hollow screw rods", Kawngjin Corp., pp 101~105, 207~211, 15, 2009. 7.
- [2] K. H. Nam, "A study on earthing systems for personal safety and protection of equipment in LV installations", KEPCO, pp.240~244, 2007. 5.
- [3] Kyungchul Kim, "Research on the improvement of earth construction at 22.9(kV) overhead distribution line", KEPCO, p82~87, 2006. 2.
- [4] J. S. Park, S. J. Cho and I. S An, "A study on the mechanization of the grounding rod earth construction method to improve the grounding resistance characteristics", Journal of KIIE, Vol. 23 NO.10, pp.146, 2009. 10.

◇ 저자소개 ◇

박중신 (朴重信)

1956년 3월 3일생. 1980년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1982년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1990년 한국전력공사 북부지점. 1990~1992년 한국전력공사 전력연구원 선임연구원. 1992~2002년 한국전력공사 중앙교육원 배전교육팀 교수. 2002~2005년 동해대학교 전기공학과 조교수. 2005년~현재 위덕대학교 에너지전기공학부 조교수.

나채동 (羅棨東)

1954년 11월 3일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1981년 동아건설산업(주). 1983~1991년 한국전기연구원 선임연구원. 1991년~현재 동서울대학 전기정보제어과.