기술해설

# 실시간 접지저항 취득시스템

오성보 · 김호찬(제주대학교 전기전자공학부 교수)

## 1. 머리말

접지저항은 측정하는 현장의 대지의 온도, 습도, 측정시간 및 다양한 변화인자에 의해 다른 값을 나타내게 된다. 정상상태의 접지저항 측정을 위한 전위강하법 측정을 하는 경우에는 보조전극의 범위설정에 따라서도 다른 접지저항 값을 발생시킬 수 있다.

Fig. 1은 3/4[inch] 관형태의 접지전극을 돌이 섞인 점토에서의 접지저항의 경년변화를 나타내며 Curve 1은 1[ $m$ ]의 대지, Curve 2는 3[ $m$ ]의 대지에 설치했을 때의 경년변화를 나타낸 것이다. 비가 많이 오는 여름에 접지저항 값이 낮아지고 동결되는 겨울철에 접지저항 값이 높아지는데 이는 대지의 경년변화에 기인한 것이다.

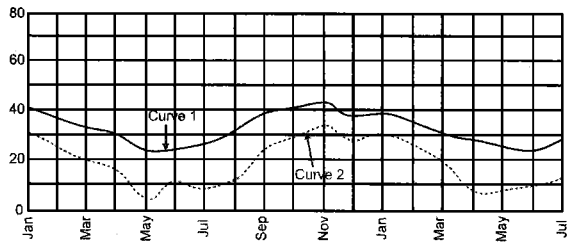


Fig. 1. Seasonal variation of earth resistance

현장에 설치된 접지전극에서 온도, 습도, 측정시간 등의 다양한 변화인자에 의한 접지저항의 변동 영향 분석과 전위강하법 측정에 보조극의 적절한 선정을 해결하기 위해 실시간 접지저항 취득시스템 구현이 요구된다.

## 2. 스위칭 3점 전위강하법 접지저항 취득시스템

접지 시스템의 가장 확실한 측정법은 전위강하법(fall-of potential)이다. 제안한 수평구조에 대한 스위칭 전위강하법 측정 시스템의 구조를 Fig. 2에 나타내었다.

측정방법은 2개의 측정전극을 선택하여 측정하고자 하는 접지봉으로부터 일직선상으로 원 거리로 이격된 C1지점을 선택하여 일정간격의 P1~Pn사이의 전극을 선택하여 측정하는 방법이다. 접지동봉이나 접지판 E와 원거리에 이격된 C1극 사이로 접지저항계의 전류원에서 일정한 전류를 공급하고, 다른 한 개의 측정전극 P1에서 전압강하를 측정하는 것이다. 이 시스템에서는 보조전극의 위치를 이동시켜 변동하는 각각의 접지저항값의 변동을 측정할 수 있는 시스템을 제작하여 정방향(forward)과 역방향(reverse)의 측정을 통해 보조전극 신뢰성 있는 측정데이터 취득하여 분석이 가능하다.

실험에 사용된 시스템은 C1~Cn, D1~Dn극의 이동을 통해 전극을 선정하고 멀티채널의 데이터 취

득시스템과, P극의 측정 위치를 자동으로 변경시킬 수 있는 릴레이 스위칭 시스템으로 구성되었다.

Fig. 3는 선택적으로 전극을 설정할 수 있는 스위칭 시스템의 구성도를 나타낸 것으로 마이크로프로세서의 메모리에 설계된 전극 선택 명령어는 릴레이 드라이버로 전송되고 릴레이 드라이버는 현장에 설치된 전극을 선택하게 된다. 이러한 구성은 현장에 어떠한 전극 배치를 하더라도 선택적으로 데이터 취득이 가능하며, 현장에서 측정전극을 이동시키면서 발생할 수 있는 측정거리 오차를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

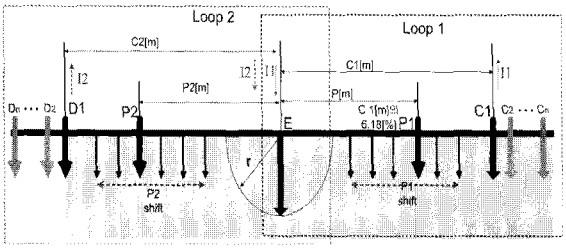


Fig. 2. Horizontal electrode configuration

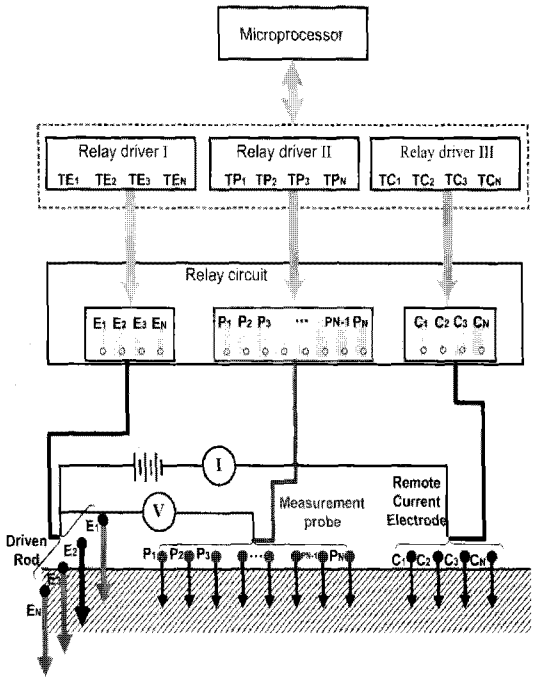


Fig. 3. Configuration of multi-switching system

제작하여 현장에 설치된 접지저항 취득시스템의 경우 현장에 접근이 어려운 경우에 대해 근거리에 사용자가 접근하여 블루투스로 접속하여 실시간 데이터를 취득할 수 있는 시스템으로 구현하였는데, 이로 인해 전파간섭이 적고 보안성이 뛰어난 블루투스의 장점을 고려하여 시스템을 설계하였다. 따라서 제작한 시스템을 활용하면 차후 장비의 배치 변동 시 배선 재배치 공사 없이 설치가 가능하며 케이블공사가 힘든 장소에서도 구애 받지 않고 장치를 배치할 수 있고 공간제약 없이 무선 모니터링이 가능하다. 이는 기존의 유선망 설치가 불가능한 지역에 설치하면 유용하게 사용될 수 있다.

3점 전위강하법 접지저항 측정이 가능한 형태로써 실시간 접지저항을 측정하게 된다. 마이크로프로세서는 측정에 대한 명령어를 접지저항계로 전송하게 되고, 접지저항계에서 측정한 데이터를 RS232포트를 통해 데이터를 취득 하게 된다. 이때 데이터 비교기를 통해 취득데이터에 대한 정상적인 측정에 의해 얻어졌는지를 확인하고 되고 전송장해 등에 의한 데이터는 다시 측정을 시도하게 된다. 이때 리얼타임 클럭을 통해 측정일자와 시간 등을 측정할 수 있으며 또한 사용자 설정에 의해 원하는 날자와 시간에 측정을 할 수 있게 된다. 측정된 데이터는 사용자 블루투스 장비 또는 근처에 설치된 블루투스 서버 등에 측정된 데이터에 대해 수신부의 RxD 핀으로 전송하게 되면 사용자에 의해 데이터가 처리될 수 있다.

이는 현장에 근접한 지역에 인터넷 환경 제공시에 유용하게 사용할 수 있다. 블루투스 간의 통신은 연결을 유지할 기기를 설정하게 되고 암호화 된 연결을 사용하게 된다.

## 3. 독립형 접지저항 취득시스템

접지설계를 위해 대지저항률 분석의 신뢰도를 높이기 위해 접지시공 지점을 확장시켜 분석하기 위해서

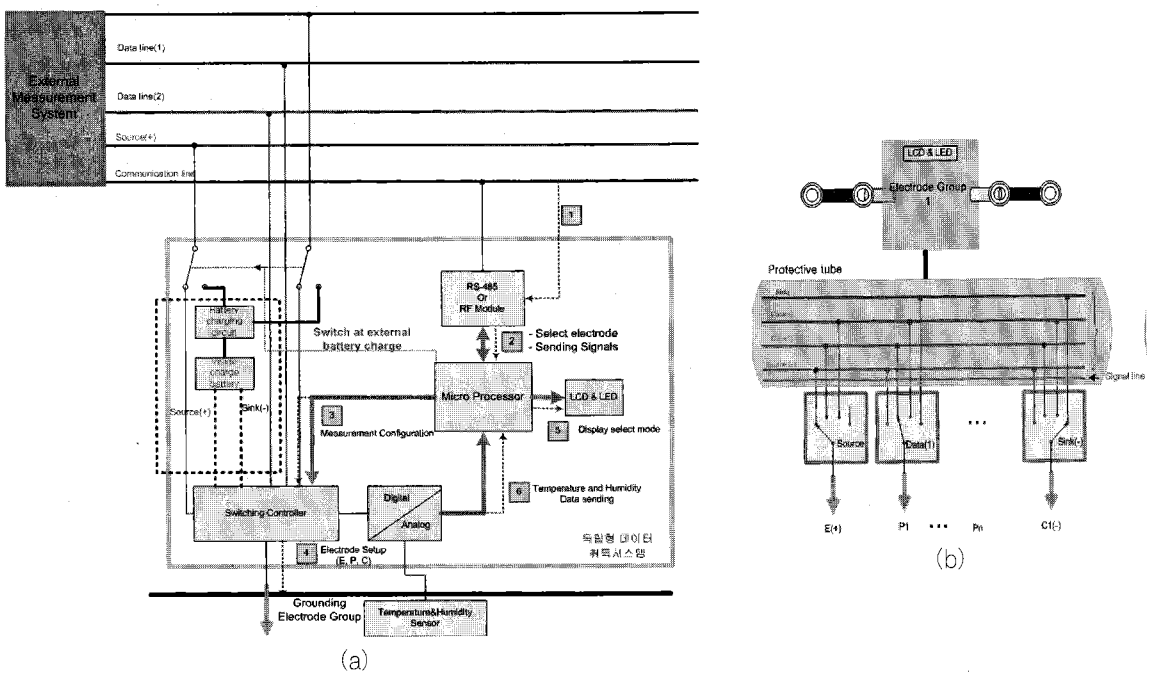


Fig. 4. Stand alone grounding system (a) system block, (b) electrode group configuration

는 접지전극 위치에 보조전극의 변경과 접지저항 취득시스템이 추가로 설치되어야 하기 때문에 비용적인 부담이 증가하게 된다. 따라서 설치된 접지저항 시스템과 통신을 하여 전극을 설정할 수 있는 독립형 접지저항 취득시스템을 제안하였다. 이 시스템은 외부의 시스템에 측정지점에 대한 정보를 전송하고 인증이 되면 그 지점에 대한 측정을 하게 된다.

외부시스템으로부터 동작에 필요한 전원을 충전 시킬 수 있고 측정시에는 접지전극 E(+)와 원거리에 이격된 C극으로 선택되어 접지저항을 측정할 수 있게 된다. Fig. 4에 독립형 접지저항 취득 시스템의 구성도를 나타내었다.

Fig. 4 (a)는 시스템의 구성도를 나타내었고, Fig. 4 (b)는 독립형 접지저항 취득시스템의 전극그룹의 구성도를 나타내었다. 여기서 전극그룹은 확장하여 사용되어 지며 각각 독립적으로 신호를 전송하게 되며, 외부측정시스템의 인증이 있을 때에만 동작할 수 있는 구조로 되어 있다.

## 4. 수직형 접지저항 취득시스템

대지모델에 대한 저항률과 깊이에 대한 검증을 위해 수직으로 설계된 전극을 통해 각 층상에 대한 접지저항 값을 측정하기 위한 시스템을 구현하였다.

Fig. 5에서 대지의 층상에 대해 수직전극으로 설치하게 되는데 설치 시 수직전극 설치 공간만큼 보링작업을 하게 된다. 먼저 수직 형 전극을 대지와 수직으로 접촉시키고 전극 보조용 장치를 설치된 전극에 씌우고, 전극과 설치용 장치 사이의 공간에 타설 장치를 밀어 넣으면 전극이 설치된다. 지표에 설치된 보조전극들은 스위칭시스템에 의해 위치선정을 위한 각각의 수직전극에 대한 접지저항 값을 측정하게 되며 측정된 데이터는 대지저항률 분석과 비교하여 대지구조를 확인하고자 한다.

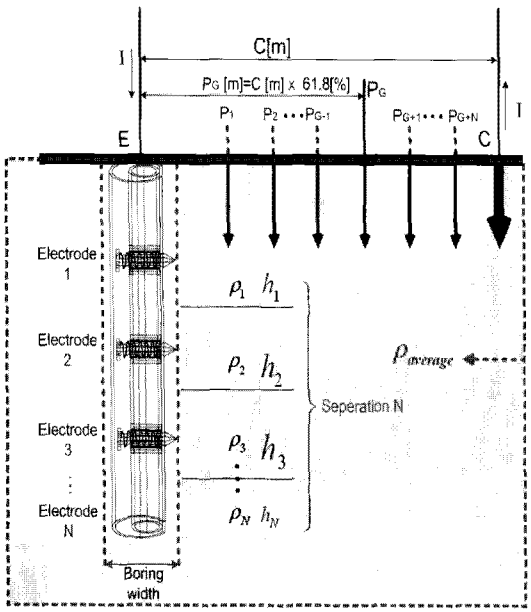


Fig. 5. Vertical type electrode

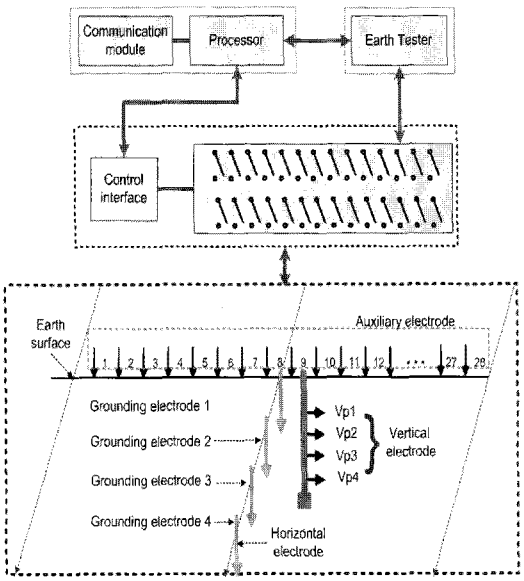


Fig. 6 Measurement of grounding resistance configuration

## 5. 실시간 접지저항측정

### 5.1 다전극을 이용한 접지저항 취득시스템

현장에 시공의 최적지점을 선정하여 접지동판과 동봉을 시공하여 시간에 따른 접지저항 변화를 측정하였다. 측정의 신뢰도를 확인하기 위해 6~7 보조전극을 선정하여 순차적으로 측정하였으며 시간당 16개의 데이터를 취득하였다. 접지저항 측정 시 이 보조전극은 총 길이의 61.8[%]를 취하게 된다.

Fig. 6에 현장에 설치한 접지저항 측정 시스템의 전극위치를 나타내었다. 현장에 대지저항률 측정선으로 사용되는 다전극 시스템을 접지저항 측정용으로 사용하고 접지 전극은 대지저항률 분석에서 낮은 대지저항률을 나타내는 측정전극 8~9지점 사이에 설치하게 되고, 측정전극 9~10 사이에는 수직형 접지저항 취득시스템의 접지전극 VP1~VP4을 설치하여 깊이에 대한 대지모델에서 분석한 결과와 비교하여 시스템의 신뢰성을 검증하게 된다.

#### 5.1.1 6전극 접지저항 취득시스템

접지체에 설치하는 E극과 원거리에 설치하는 C극 사이에 5개의 보조전극을 통한 접지저항 측정데이터는 보조전극의 설치 거리에 따라 접지저항값의 변동이 나타난다. Fig. 7 (a) 와 Fig. 7 (b)는 동판과 동봉 접지시설물에 대한 5개의 보조전극에서 측정된 접지저항의 시간적 변화를 나타낸 것이다. 접지 동판이 시간변화에 변동이 거의 없고 낮은 접지저항을 나타내었다.

#### 5.1.2 7전극 접지저항 취득시스템

전극 P를 확장시키고 측정에 사용된 접지전극 또한 저감제를 첨가한 동봉과 접지동판, 저감제를 사용하지 않은 접지 동봉과 접지 동판을 사용하여 실시간 측정하였다. 측정된 데이터는 각 전극에 대한 보조전극 데이터 6개씩 각각의 접지체에 대해 측정을 해야 하기 때문에 1시간에 3.5번 정도의 측정이 가능하였다. 측정결과를 Fig. 8에 나타내었다. 측정결과 저감

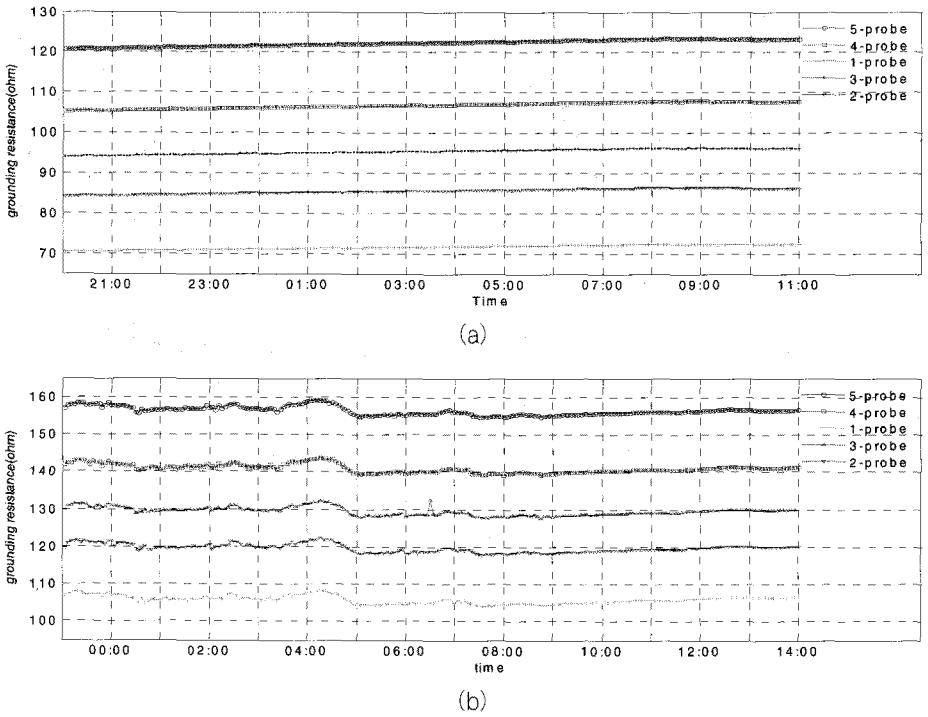


Fig. 7 Measured grounding resistance of copper rod

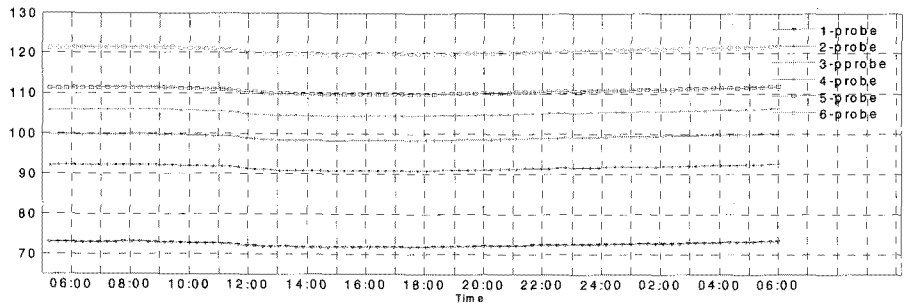


Fig. 8 Variation copper rod grounding resistance for 7 electrode

제를 투입한 접지동판이 가장 낮은 접지저항 값을 나타내었다.

Fig. 9는 4개의 접지전극에 대한 오전 6시부터 다음날 오전 6시까지의 시간에 따른 접지저항의 변동을 나타내었다. 저감제를 투입한 접지 동판이 변동이 가장 적고 낮은 접지저항 값을 갖는다.

Fig. 10에 거리에 따른 접지전극들의 접지저항 변동을 나타내었다. 보조전극이 접지전극에 가까울수록 낮은 접지저항을 나타내며 거리가 증가함에 따라 접지저항값이 증가하게 된다.

현장에 설치한 접지전극의 역방향으로 측정을 실시하여 3점 전위강하법에서의 보조전극 위치에 대한 시

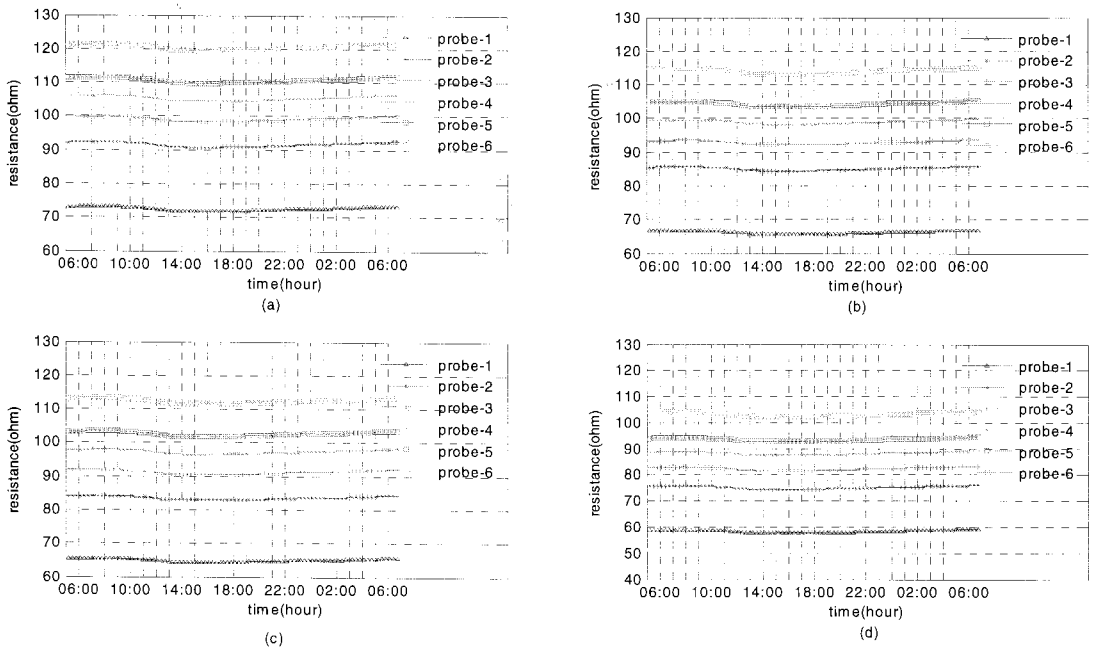


Fig. 9. Grounding resistance variation for several electrode (a) rod, (b) plate, (c) rod with reduction agent, (d) plate with reduction agent

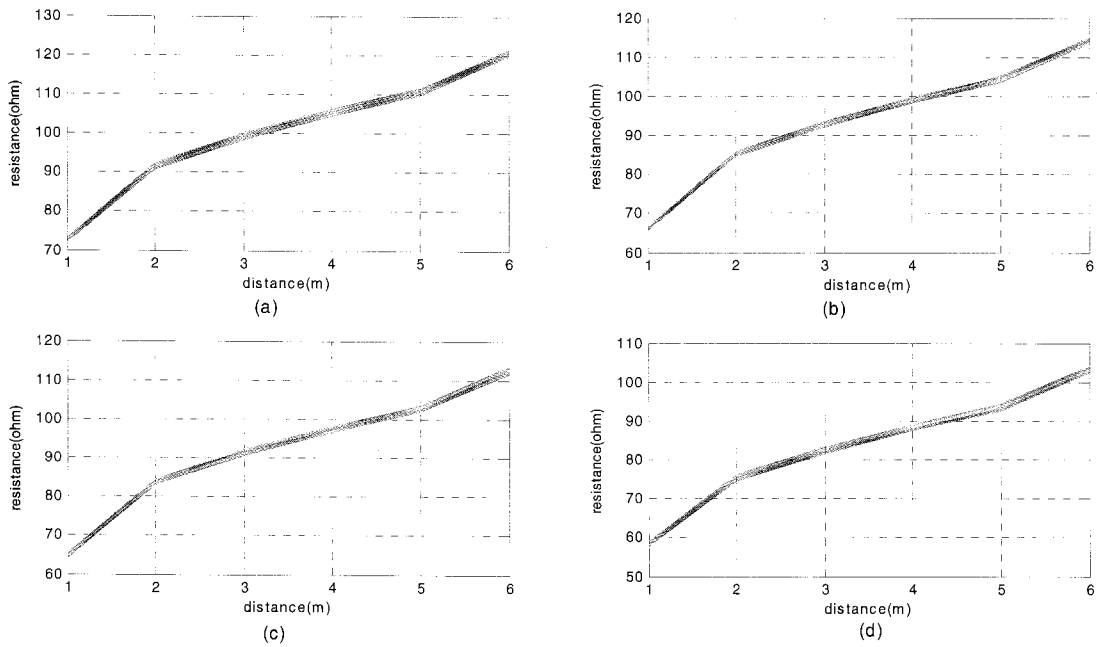


Fig. 10. Analysis of grounding resistance variation for forward (a) rod, (b) plate, (c) rod with reduction agent, (d) plate with reduction agent

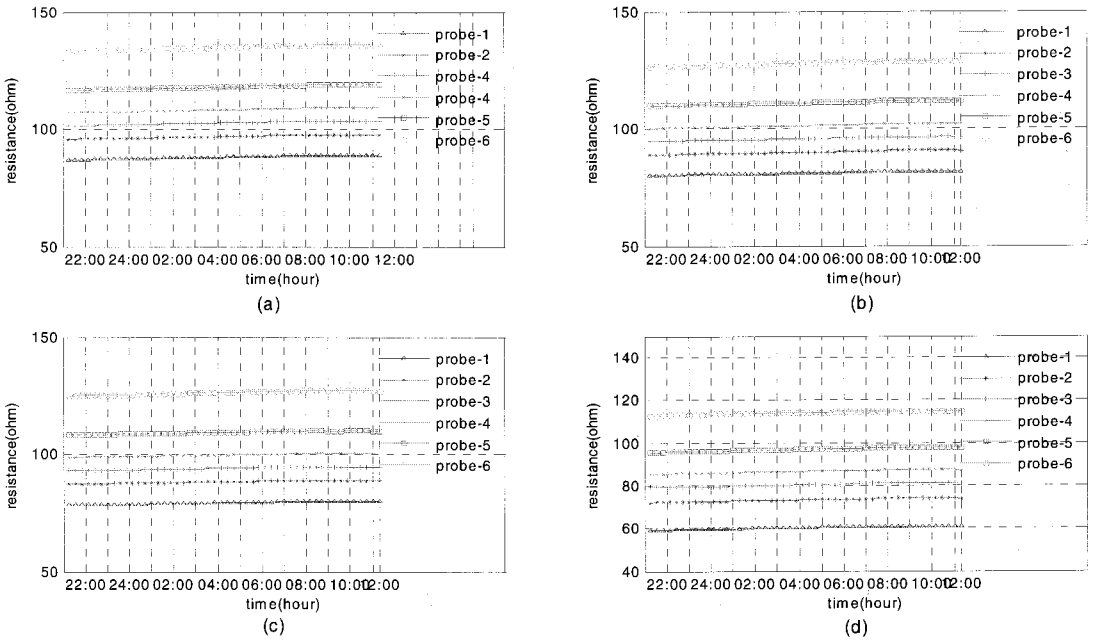


Fig. 11. Grounding resistance variation for reverse direction (a) rod, (b) plate, (c) rod with reduction agent, (d) plate with reduction agent

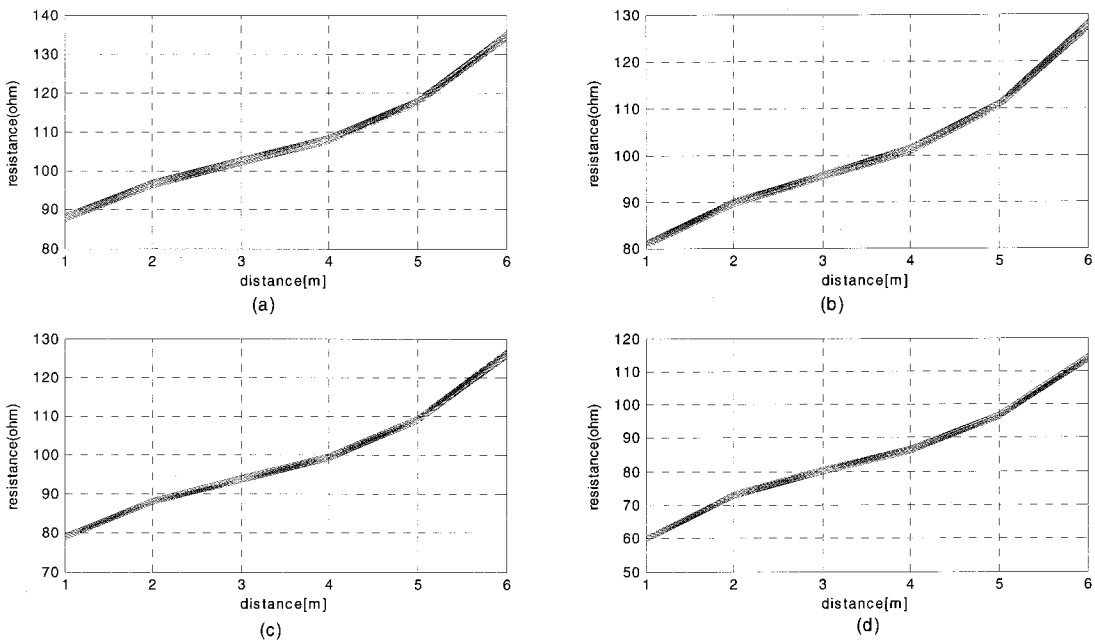


Fig. 12. Analysis of grounding resistance variation for reverse (a) rod, (b) plate, (c) rod with reduction agent, (d) plate with reduction agent

간변화에 따른 접지저항값의 변화를 Fig. 11에 나타내었다. 정방향 측정시와 거리에 따른 측정데이터가 변동이 생기게 된다.

Fig. 12은 현장에 설치한 접지전극의 역방향으로 보조전극을 선택하여 측정에 대한 보조전극 거리에 대한 접지저항 값을 나타내었다.

정방향과 비교하였을 때 저감제를 투입한 접지 동판이 접지저항이 가장 낮은 접지저항값을 나타냈으며 일반 동봉의 경우 가장 높은 접지저항 값을 갖게 되었다.

## 6. 맺음말

제안한 실시간 접지저항 취득시스템에 의해 수평형 접지저항 측정과 독립형 접지저항 취득시스템, 수직형 접지저항 측정시스템으로 최적지점에 접지가 시공되었는지 확인과 측정에 사용되는 보조전극들의 변화를 분석하여 정확한 접지저항값 데이터 취득 및 접지저항 변동폭을 확인할 수 있다. 그리고 기후적인 영향으로 측정이 불가능한 우천 시, 눈내리는 날 등에도 접지저항의 데이터를 전송받을 수 있다. 또한, 제안한 방법을 기반으로 신뢰성 높은 데이터를 취득하고 현장의 대지구조를 정확하게 분석하면 시공 시 최적지점 선정이 가능하므로 공사비용을 절약할 수 있을 뿐 아니라 접지설계에서 중요한 비중을 차지하는 대지에 대한 정밀한 분석 데이터로 활용이 가능하고, 원격 실시간 접지저항 취득시스템을 사용하면 시간과 환경변화에 따른 접지저항 변동을 원격지에서 측정할 수 있다.

◇ 저 자 소 개 ◇

**오성보**(吳性寶)
1953년 3월 26일생. 1976년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1988년 동대학원 졸업(박사). 본 학회 평의원. 현재 제주대학교 전기전자공학부 교수.

**김호찬**(金豪贊)
1964년 11월 8일생. 1987년 서울대학교 제어계측공학과 졸업. 1994년 동대학원 제어계측공학과 졸업(박사). 1995년~현재 제주대학교 전기전가공학부 교수. 1999년~2000년 미국 펜실베니아주립대 방문교수. 첨단기술연구소 연구원.