

서울메트로 PSD장비 탄소접지모듈 설치 사례

The example of the Carbon Grounding Modules installation for PSD systems at a subway station, Seoulmetro.

정용기 현용섭 송병권 김용협
Chung,Young Ki Hyeon, yong seop Song,byeong gwon Kim, yong hyeop

ABSTRACT

Seoul Metro and Seoul Metropolitan Rapid Transit Corp. have started installing screen doors at subway platforms to improve the environment of subways and prevent passengers' accidents since 2006. They are still installing screen doors at subway platforms and Metropolitan Rapid Transit Corporations in other areas are also proceeding with installment of screen doors or making preparations for it. Grounding is necessary for installing PSD systems. In case that PSD grounding is connected with existing electrical equipment grounding system, it was decided to install separate grounding for safe operation of PSD system and passenger safety. However, it's very difficult to install new grounding at the subway station compound. A way to improve this condition is that we proceed with grounding by composing grounding station by carbon grounding rod.

This paper will mainly deal with how to design and construct carbon ground rod, which has been applied to PSD system grounding since 2006, including its experimental examples. In this paper, ways to secure ground resistance below 5 ohms, which is resistance necessary for PSD grounding, and to compose grounding system were also discussed. Furthermore, a ground test to check the ability to fulfill a role of PSD grounding system was conducted.

As a result of applying carbon grounding module, PSD system is being operated without any problem and the installment of PSD system will be continuously expanded in the future. It's also thought that a way to integrate grounding of each functional room which has been installed at the subway station compound and to arrange equipotential grounding should be reviewed and performed promptly.

1. 서론

2006년부터 서울메트로 및 도시철도공사에서는 지하철 환경개선과 승객 사고방지를 위해 승강장에 스크린도어를 설치하기 시작하였으며 현재도 계속 진행하고 있다. 또한 서울뿐 아니라 타 지역 도시철도 공사에서도 추진하거나 추진준비중에 있다.

PSD(승강장 스크린 도어 ; Platform Screen Door) 설비를 설치함에 있어서 장비의 안정적 운용과 승객들의 감전보호를 위해 접지는 필수적인 요소이다. PSD 접지를 지하철 개통시 설치된 기존의 전기설비 접지에 연결하는 것은 기존 접지의 신뢰성이 판명되지 않은상태이며 새로이 보강한 접지설비라 하더라도 타 장비에 영향을 미칠 우려가 있다. 따라서 PSD 장비의 안전운영과 승객안전을 위해 별도의 접지를 시설하기로 하였다. 그러나 지하철 구내에서 새로운 접지를 시설하는 것은 장소제약, 접지저항 확보 등 여러가지 문제가 제기되었다. 이러한 문제를 해결하고 승객과 장비 안전을 위해 선택한 것이 쉽게 접지저항을 확보하면서 경년변화 및 접지체로서의 역할을 다할 수 있는 탄소접지봉을 선정, 접지스테이션을 구성하여 접지하는 것이었다.

* 정용기, 비회원, (주) 의제전기설비연구원 대표이사, 공학박사

E-mail : uijae@hotmail.com

TEL : (02)2632-4541 FAX : (02)2632-4529

** 현용섭, 비회원, 서울메트로 기술본부 전기팀 (제1전기사무소 차장)

*** 송병권, 비회원, 서울메트로 기술본부 전자팀 (PSD전담팀 차장)

**** 김용협, 비회원, 서울메트로 기술본부 전자팀 (PSD전담팀 대리)

본 논문에서는 2006년부터 PSD 장비접지에 적용된 탄소접지봉의 설계방법, 시공방법 및 시험에 대한 사례를 중점적으로 다루고자 한다. PSD 접지의 요구접지저항인 5옴이하를 확보하기 위한 방안과 접지 시스템 구성방법 등을 논의하였다. 또한 PSD 접지체로서의 역할수행 능력을 확인하기위한 지락 시험을 실시하였다.

2. PSD용 접지 설계 및 시공

2.1 탄소접지모듈 특성

현재 서울메트로 및 서울도시철도공사, 인천지하철 역사에 PSD용으로 설치되는 탄소접지는 다음과 같은 특성을 가지고 있으며 이러한 이유로 접지체로서의 역할을 수행하고 있다.

탄소 저저항 접지모듈은 일종의 비금속 재료를 위주로 한 접지체로서, 전기 전도성 및 안정성이 비교적 뛰어난 비금속광물과 전해물질로 구성되어 있어 건축물의 피뢰접지, 정전방지 접지, 교류접지, 직류접지, 안전보호 접지 및 기타 다른 목적의 접지체로 사용할 수 있다. 탄소 저저항 접지 모듈 제품의 경우 친환경적이며, 경년변화가 없어 반영구적인 수명을 가지고 있으며 전력 신기술 제 28호(관보 2005.01.04)로 인증된 제품으로 정부(산업자원부)로부터 검증된 제품이다.

다음과 같은 특징을 지닌 제품이다.

- 내부식, 무독성, 그리고 제품의 사용 수명이 반영구적이며 설치가 편리하다.
- 수분을 흡수하여 보습을 함으로 습도 유지력이 있고 같은 치수의 철제앵글접지체에 비해 22%~44% 낮은 접지 저항치를 나타낸다.
- 강한 낙뢰전류에도 저항이 증가하지 않고 경화, 깨짐, 부스러짐이 없다.
- 토양 전기 저항률이 높은 지역에 접지를 할 때 효율적으로 접지 전기저항을 저하시킨다.
- 접지 전기저항에 있어 계절의 영향을 적게 받고, 일정한 저항치를 안정적으로 유지한다.

이러한 탄소접지봉의 원리는 탄소 저저항 접지모듈 내에 금속 심을 넣어 보호되는 대상의 접지선과 연결됨으로써 땅으로 들어가는 전류를 신속하게 퍼트려 낮은 접지 저항을 얻을 수 있다. 그 원리는 접지체 자체의 방류면적을 증가시켜 접지체와 토양 사이의 접지 전기저항을 줄이고 강력한 수분흡수와 보습능력으로 모듈의 유도작용을 충분하게 발휘하게 한다. 표 1은 이러한 탄소 접지봉의 특성을 나타낸 것이다.

<표 1> 탄소 저저항 접지 모듈의 특성

모델	크기 [mm]	무게 [kg]	실내온도 이하의 저항률a* [$\Omega \times m$]	접지 저항 [Ω]**	평가공식
OMNI G-1	$\Phi 150 \times 800$	20	≤ 4.0	7	$R_j \approx 0.18\rho$
OMNI G-2	$\Phi 260 \times 1000$	50	≤ 4.0	4	$R_j \approx 0.11\rho$
* 토양저항률 ** 대지저항률 40[$\Omega \times m$]일 경우					

2.2 접지 설계

PSD용 접지는 기기 특성 및 환경적 영향을 고려하여 단독접지 시스템을 적용하기로 하였으며, 접지 설치 위치, 성능, 접지체의 경년변화와 수명, 부식문제 등을 고려하여 접지극을 선정하였다. 접지를 콘크리트위에 설치해야하는 장소의 제약 때문에 콘크리트에서도 접지저항 확보가 가능한 접지방식인 탄소 접지봉을 선택하였다. 또한 탄소접지봉은 경년변화와 부식에 대해서도 뛰어난 성능을 가지고 있기 때문이다. 또한 PSD 장비 접지의 요구저항이 5옴 이하를 확보하기 위해 산악지역이나 암반등지에서 탁월한 저저항 접지성능을 발휘하는 탄소 저저항 접지봉을 선정하였으며 탄소 접지봉 수량은 콘크리트의 대지 고유저항률을 감안하여 20개를 선정 시공하였다.

콘크리트의 대지저항률은 수분함량에 따라 다르게 나타나지만 일반적으로 700~1200옴을 적용하였으며 이를 바탕으로 그림 1과 같이 탄소 접지봉 20개를 각 10개씩을 서로 병렬 연결하여 고강도 시멘트로서 가로 1.3m 세로 3m 높이 27cm 직육면체의 접지스테이션 2개를 승강장 하부에 설치하도록 하고 2개의 접지 스테이션은 병렬로 연결하도록 하였다.

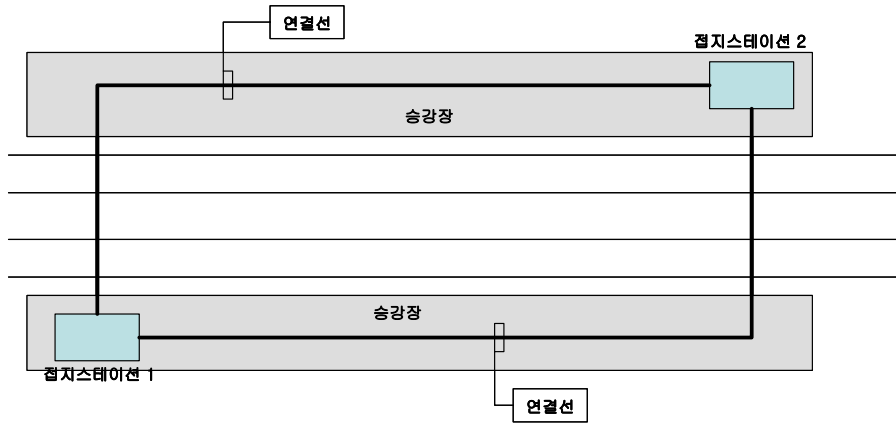


그림 1. 탄소접지봉 스테이션 설계도

2.3 접지 스테이션 시공

탄소 접지 스테이션은 승강장 하부에 설치해야하는 장소적 제약만이 시공상 어려움이었으며 고강도 전도성 시멘트와 탄소접지봉으로 스테이션을 제작 설치하는 것은 큰 문제없이 시공할 수 있었다. 그림 2에서 5는 승강장 하부에 실제로 설치된 탄소접지봉 스테이션 사진이다.



그림 2. 탄소접지봉 스테이션 기초 틀 공사



그림 3. 탄소접지봉 배치 및 접속



그림 4. 접지스테이션 완성 모습



그림 5. 접지스테이션 접지저항 측정(전위강하법)

2.4 현재 PSD용 탄소접지스테이션 시공현황

현재 서울메트로를 비롯하여 서울도시철도공사, 인천지하철 등에 PSD용 접지설비로 탄소접지스테이션이 적용 설치되고 있으며 그 현황을 요약하면 다음과 같다.

표 2. PSD용 탄소 접지스테이션 시공 현황

구 분	역 사 명		
공사완료	서울메트로	도시철도공사	
	1호선 : 종로3가역 2호선 : 사당역, 강남역, 교대역, 합정역, 신도림역, 을지로입구역, 이대입구역, 영등포구청역, 선릉역, 역삼역, 홍대입구역, 건대입구역, 신설동역, 동대문운동장역, 시청역, 잠실역, 종합운동장역, 3호선 : 을지로3가역, 교대역, 양재역 4호선 : 회현역	5호선 : 우장산역, 군자역, 왕십리역, 광화문역	
공사진행중	도시철도공사	인천지하철	광주지하철
	7호선 : 어린이대공원역, 건대입구역, 강남구청역, 태릉입구역, 용마산역, 사가정역, 수락산역, 학동역, 청담역, 군자역, 중곡역, 편목역, 상봉역, 중화역, 떡골역, 공릉역, 하계역, 중계역, 노원역, 마들역	인천터미널역, 부평역	상무역

3. 임펄스 인가 및 접지저항 측정 시험

3.1 시험 내용

서울메트로 전기, 변전 등 강전 접지와 신호, 통신, 전자 등 약전 접지 등 접지 시스템을 최적화하기 위한 기초 시험으로 접지 시스템의 기본 성능시험을 실시하였다. 또한 탄소 접지 스테이션과 일반 저감제 접지 스테이션의 성능 비교를 위한 접지저항 측정을 실시하였다. 그림 6은 임펄스 시험을 위한 시험 회로도이며 그림 7은 시험을 위해 지하철 역사 승강장 하부에 설치된 접지시스템과 같은 크기의 시험용 접지스테이션 사진이다.

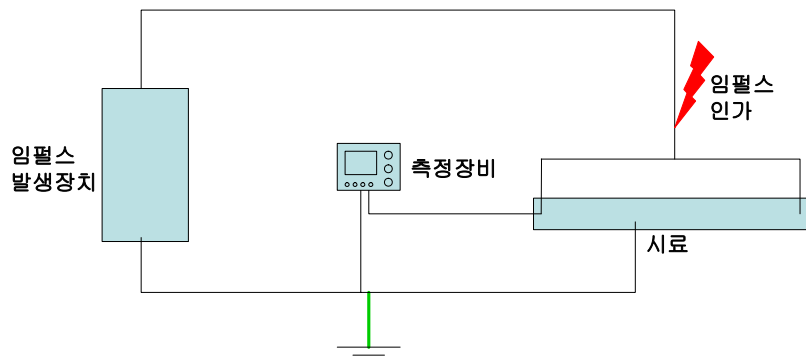


그림 6. 임펄스 시험 회로도



그림 7. 콘크리트위에 시공된 시험용 접지 스테이션

그림 8과 같은 저감제 접지스테이션과 탄소접지봉 스테이션에 임펄스를 인가하여 2차측에서 발생하는 전류파형을 측정 비교하였으며, 전위강하법(3점법)으로 실제 접지저항을 측정하였다.

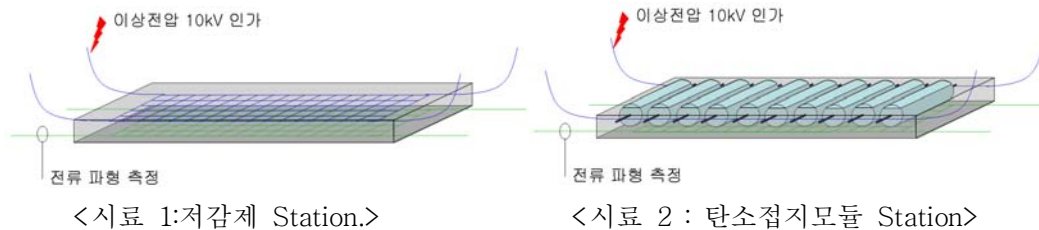


그림 8. 저감제와 탄소접지봉으로 시설한 모의 접지 스테이션

위와 같이 접지 스테이션을 실제 야외 콘크리트 위에 모의 설치하여 접지저항 측정 및 임펄스 시험을 실시하였으며 또한 사당역에서 실제 운용중인 접지 스테이션의 접지성능을 파악하기 위해 지락시험을 실시하였다. PSD용 UPS 지락시 UPS실 메인차단기만 동작하여야 하며 다른 기능실의 차단기와 전기실 차단기는 동작하지 않아야 PSD용 독립접지가 구축되었다는 것을 확인할 수 있는 것이다. 지락시험은 야간에 전동차 운행이 완전히 끝난 후 PSD 용 UPS 실에서 실시하였으며 PSD용 접지만을 연결한 상태에서 지락시 UPS실 메인차단기 동작여부와 전기실 차단기의 동작 여부를 확인하였다.

3.2 시험 결과

1) 접지저항 측정 결과

앞서 설명한바와 같이 각 스테이션은 같은 크기로 콘크리트 위에 설치되었으며 접지저항 측정은 전위강하법을 이용하였다. 측정된 접지저항 값은 탄소 접지 스테이션의 경우는 7.92, 저감제 스테이션의 경우에는 21.1 Ω 이 측정되었다. 탄소 접지모듈 스테이션의 접지저항이 저감제 스테이션보다 약 1/3 수준으로 큰 차이가 발생됨을 확인하였으며 탄소 접지봉 스테이션의 경우에는 같은 스테이션을 1개 더 설치하여 병렬로 연결할 경우 접지저항은 4 Ω 정도 측정될 것으로 예상되며 이것은 지하철 역사에 설치된 접지스테이션이 요구저항인 5 Ω 을 만족하고 있다는 것을 실증적으로 보여주고 있는 것이다.



a) 탄소 접지 스테이션



b) 저감제 스테이션

그림 9 접지저항 측정 사진

2) 임펄스 인가에 따른 전류파형 측정결과

표1에 나타난 것과 같이 임펄스 인가시 측정된 피크전류는 8/20 μ s의 짧은 임펄스를 짧은 이격거리에서 인가하여 큰 차이를 보이지 않으나 스위칭 임펄스(10/350 μ s)를 인가할 경우 접지저항 차이로 전류 파형 감소 시간은 탄소접지 스테이션이 저감제 스테이션보다 3배 정도 빠르게 나타날 것으로 판단된다.

표 3. 임펄스 시험결과

구분	피크전류	과두/과미장	인가전압
탄소접지 스테이션	2.121 kA	10.69/23.29	10kV
저감제 스테이션	2.098 kA	10.64/23.44	

3) 지락시험 결과

지락시험 결과 UPS실 지락시 즉 PSD 장비 지락시 UPS 메인차단기만 동작하는 것을 확인하였으며 이때 흐르는 전류 값은 수KA로 PSD용 탄소접지스테이션이 접지체로서의 역할을 충분히 수행하는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

이상과 같이 서울메트로 및 도시철도공사에서 PSD용 접지로 적용된 탄소 접지스테이션을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 반 영구적으로 사용이 가능한 탄소접지모듈을 콘크리트 위에 스테이션 방식으로 적용하여 설치한 결과 PSD 장비에서 요구하는 5 Ω 이하의 접지저항을 충분히 확보할 수 있는 것을 모의 스테이션을 설치하여 측정한 결과로서 확인하였다.
- 또한 지락시험을 실시한 결과에서도 PSD용 UPS실 메인 차단기가 아무 이상없이 동작하는 것을 확인할 수 있었으며 전기실이나 다른 기능실의 차단기는 동작하지 않는 것으로 확인되었다.
- 모의 접지스테이션에 임펄스 인가시험을 통해 접지체로서의 역할을 수행하는 것을 확인할 수 있었으며 이것은 접지저항뿐 아니라 접지 임피던스 측면에서도 양호한 효과를 나타내고 있다고 사료된다.
- 현재 60개 역사 이상 설치 운용중인 PSD 설비가 접지로 인한 오동작이나 사고발생이 보고되고 있지 않음을 확인하였다.

결론적으로 서울메트로, 서울도시철도 및 인천지하철 등에 PSD설비용 접지로 탄소접지모듈을 적용한

결과 현재 이상없이 설비를 운행중이며 추후로도 지속적으로 확대적용할 계획에 있다.

다만, 새로 신설되는 역사에서는 접지의 안전과 효율성, 기능 등을 감안할 경우 등전위 공통접지를 실시하는 것이 최적의 방안으로 사료되며 이러한 접지시스템을 앞으로는 적용하는 것이 장비나 승객 및 운용 측면에서 여러 가지 잇점이 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 서울메트로, 첩지설비 표준화 기술진단 용역 보고서”, 2007. 9
2. 민병훈, 김균식, 정용기, 서울메트로 접지시스템의 경년변화에 따른 개선접지 기준”, Metro technology 2007.