

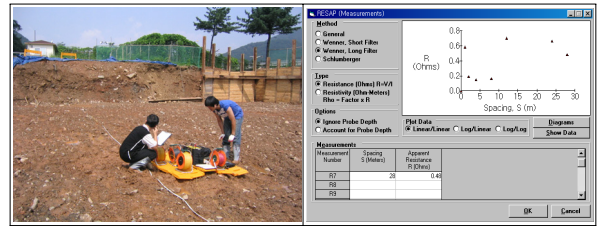
구조체 접지전극을 활용한 GIS 접지시스템 최적설계

장정호, 최형철, 이광호
한국수자원공사

A Study on Optimum Design of GIS Grounding System Using the Structure Grounding Electrode

Jeong-ho Chang*, Hyeong-cheol Choi, Kwang-ho Lee**
Korea Water Resources Corporation

Abstract - 접지시스템은 전력설비에 대하여 인체의 안전을 확보함과 동시에 기기 및 장치의 절연 파괴를 방지하고 통신 잡음을 제거하여 정보 전송의 양질화를 이루는 기능성 향상을 위한 시스템으로, 사고 발생 시 대지를 통하여 고장 전류를 신속하게 방전함으로써 기준전위를 유지하는 것을 목적으로 하고 있다. 이러한 접지시스템의 계획과 시공에 있어서 도심지에서의 충분한 접지공사 부지를 확보하는 것은 현실적인 어려움이 있으므로, 건축물 기초 구조물을 접지극으로 활용하여 접지시스템의 효과를 증대 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.



〈그림 1〉 대지저항을 측정 및 분석

1. 서 론

전력수요의 지속적인 증가와 전력설비의 대용량화로 인하여 계통의 고장 전류는 증가하고 있으나, 도심지에서의 한정된 변전소 부지 확보와 지형적 특성으로 인한 높은 대지저항률로 인하여 인체의 안전과 기기 성능을 보장하는 안전전압을 확보하는 것은 점점 어려워지고 지락사고 시 접지 전위가 과도하게 상승할 위험이 내재된다. 이러한 환경에서 최적의 접지시스템 구현을 위하여 제시할 수 있는 방안의 하나로, 철근 구조체를 접지전극으로 활용하는 방안이 고려될 수 있다. 철근 구조체의 전기적 연속성에 대한 확인과 평가는 이미 보고되고 있는 상황으로, 자연 접지전극의 일종으로 활용되는 구조체 접지는 부지면적인 한정되어 있는 지역에서 그 유효성이 강조되고 있다.[1] 따라서 본 논문에서는 이러한 배경을 바탕으로, 지반 보강용 철근콘크리트 구조물 시공 따른 구조체를 활용한 팔당1취수장에 대한 GIS 접지시스템의 설계와 시공, 그리고 접지저항 측정을 통한 구조체 접지시스템의 평가와 분석을 통하여 구조체를 활용한 최적 접지시스템 구축 방안에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 대지저항을 측정 및 분석

2.1.1 대지저항률

접지저항은 접지전극의 형상과 재료, 크기, 접지전극이 매설된 대지를 구성하는 토양의 형태와 조건, 대지 구조 등에 따라 변화하며, 특히 접지 전극이 매설되는 지점의 대지저항률(Ground Resistivity)이 접지의 효과를 크게 좌우하게 된다. 대지저항률은 단면적이 1[m²]이고, 길이가 1[m]인 토양의 전기저항으로 정의하며 단위는[Ω·m]로 나타낸다. 대지저항률에 영향을 미치는 요인으로 토양을 구성하는 성분, 입자의 크기, 분포, 균질성, 온도, 수분의 양 그리고 계절적 요인이 있다.

〈표 1〉 토양의 종류와 대지저항률 [2]

종류	저항률[Ω·m]
점토질 늪지 및 밭	10~200
점토질 산지	200~2,000
해안지대 모래땅	50~100
암반지대 산지	2,000~5,000
바위 및 암반지대	10 ⁴ ~10 ⁷

2.2.2 대지저항률 측정 및 분석

접지설계에 있어서 중요한 사항으로 접지시공 부지에 대한 토지의 특성을 파악하는 것으로 팔당 1취수장 GIS 예정지에 대한 대지저항률 측정(웨너의 4전극법) 및 CDEGS 프로그램 해석 결과는 다음과 같다.

팔당 GIS	1차('07.4)	2차('07.8)	적용값(Ω·m)
	270	187	200

적용된 대지저항률은 200[Ω·m]로, 측정 시 토양 표도층에 매설된 오염물질 제거 여부와 터파 깊이, 습기 등 영향을 고려하여 적용하였다.

2.2 접지설계

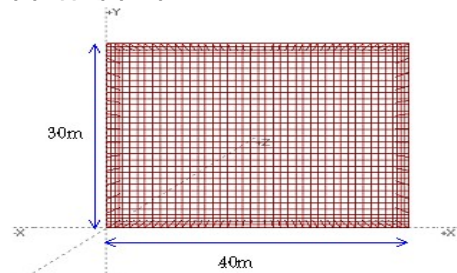
2.2.1 설계기초자료

컴퓨터 프로그램(CDEGS)을 활용하여 메시망 접지시스템을 설계 시 설계 기초 조건은 다음과 같다.

〈표 2〉 대지저항률 200[Ω·m] 적용 시 설계 조건

구 분	내 역	구 분	내 역
가로 길이	40+40=80 [m]	메시도체 매설깊이	0.8 [m]
세로 길이	30+30=60 [m]	고장전류 크기	50 [kA]
메시 면적	40×30=1,200 [m ²]	고장전류 지속시간	1 [sec]
메시 간격	D=1[m]	대지저항률	200[Ω·m]
도체 길이	2,750 [m]	접지동봉	106 [개]
도체 직경	0.016 [m]	동봉 매설 깊이	10 [m]

2.2.2 접지시스템 예비설계



〈그림 2〉 접지망 포설 배치도

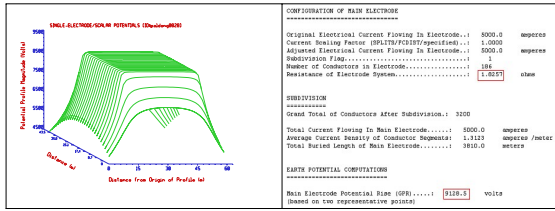
시공 예정지가 협소하기 때문에 접지도체 배열 최적화[3]를 통하여 접지저항(또는 GPR)을 낮추기 위하여 접지망 외곽의 도체 간격을 2m 지점까지 0.5m 간격으로 좁게 배치하였고 접지망 외곽에 접지봉을 시공하는 조건으로 설계하였다.

2.2.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 통한 분석 결과 허용전압을 만족하는 접지설계가 이루어졌음을 확인할 수 있다.

〈표 3〉 시뮬레이션 결과

구 분	내 역	구 분	내 역
대지전위상승	9,129 [V]	접지저항	1.83 [Ω]
허용접촉전압	512 [V]	예상접촉전압	468 [V]
허용보폭전압	1,702[V]	예상보폭전압	484 [V]



〈그림 3〉 3차원 GPR 분포와 접지저항, 대전위상층

2.3 메시망 접지시공

2.3.1 지반 현황 조사

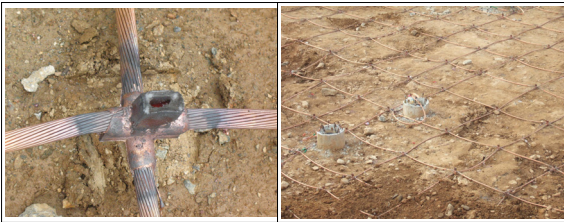
팔당 1취수장의 GIS 설치 예정지에 대한 지반 시추조사 결과, 상부로 부터 매립층, 퇴적층, 풍화토층, 풍화암, 연암의 순으로 분포되어 있으며 지표하 8m 지점까지 토양밀도가 낮은 것으로 조사되었다.

〈표 4〉 GIS 예정지 지층분포 현황

구분	심도(m)	상대밀도	
GIS 예정지	매립층	0.0~2.8	매우 낮음
	퇴적층	2.8~3.8	매우 낮음
		3.8~8.3	매우 낮음~매우 조밀
	풍화토	8.3~10.6	매우 조밀
	풍화암	10.6~32.0	매우 조밀
	연 암	32.0~33.3	-

2.3.2 메시망 접속

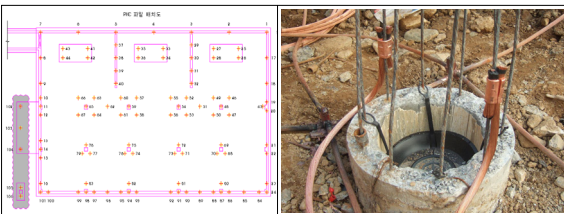
메시도체 간 상호 접속은 열적으로 결합하는 용융접합(exothermic Welding) 방식으로 시공하였으며 이는 기계적으로나 전기적으로 우수한 특성을 가지며 경년 변화에 의하여 접속부가 느슨해지거나 저항이 증가하지 않는다.



〈그림 4〉 메시도체 용융 접속

2.3.3 PHC 파일 시공

GIS 기초 공사 시 지반 보강을 위하여 PHC 파일 시공 방안을 채택 하였으며, PHC(Pretensioned Spun High Strength Concrete) 파일은 원형 막대 구조의 강선이 내장된 콘크리트 구조물로서 시공된 파일 개수는 접지설계 시 산출되었던 동봉 개수와 같은 106개를 시공하였다.



〈그림 5〉 GIS 부지의 PHC 파일 배치도 및 메시망 접속

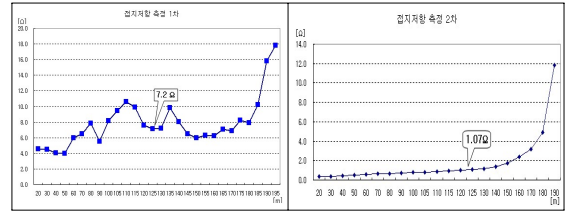
2.3.4 PHC 파일의 보조접지극 활용

구조체 접지는 건축물의 접지시스템 구축 시 양호한 접지저항을 얻기 위한 시공 방법으로 구리, 철, 알루미늄 등 전기적 저항이 낮은 도전성 물질을 접지전극으로 활용하는 것으로, 팔당 1취수장의 GIS 시공 시 철근 콘크리트 구조의 PHC 파일이 시공되므로, 별도의 접지동봉을 시공하지 않고 106개의 PHC 파일의 내부 강선을 각각의 접지망 도체와 압축 접속하여 보조접지전극으로 활용하는 접지시스템을 구성하였다.

2.4 접지저항 측정 및 분석

2.4.1 접지저항 측정

GIS 시공 중 시행한 접지저항 측정 결과는 7.2[Ω]을 나타냈으며, 완공 단계에서 측정된 접지저항은 1.1[Ω]을 나타내고 있다. 접지동봉 시공을 조건으로 시뮬레이션을 수행했을 경우에 나타난 접지저항 1.8[Ω]보다 낮은 실측값을 보인다.



1차 측정 (2007.10.17) 2차 측정 (2008.4.18)

〈그림 6〉 접지저항 측정결과

2.4.2 접지저항 변화

접지저항은 1차 측정 시 보다 2차 측정 결과가 낮은 값을 나타내며, 이는 건축물 시공이 진행됨에 따라 접지전극과 대지와 충분한 접촉에 의하여 매입된 철근콘크리트 구조물의 함유율이 증가하고 건축물 표면적 증가에 따라 전기저항이 낮은 철골 구조체의 상호 접속이 강화되어 도전성이 증가한 것으로 유추된다.

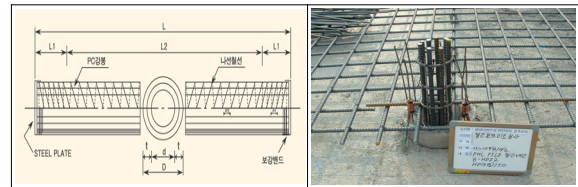
2.4.3 구조체 접지극

시공된 PHC 파일의 사양은 아래와 같으며 철의 도전율은 표준연동에 비하여 17% 수준이며[4](저항률은 1 : 5.8) 다른 조건을 무시하고 접지동봉 1개와 PHC 파일의 전기저항을 비교하면 파일은 내부 강선 10조가 병렬 접속된 구조로서 각각의 길이와 단면적이 같을 경우 파일 1본의 저항은 접지동봉의 58% 수준으로 낮은 전기저항을 갖는다.

보조접지전극으로 활용한 구조체 접지극 PHC 파일은 매설깊이 12m, 강선직경 7.4mm 10조로 구성되어 있다.

〈표 5〉 PHC 파일 사양

구분	파일직경	강선두께	강선개수	파일피복	콘크리트두께
	400mm	7.4mm	10EA	24mm	65mm



〈그림 7〉 PHC 파일 표준구성도 및 시공

3. 결 론

접지전극으로 활용 가능한 구조체는 철골조, 철근콘크리트조로서 접지선과 접속함으로써 접지극의 역할을 갖도록 하는 것이 구조체 접지의 개념이다.[1] 팔당 1취수장의 GIS 접지시스템 시공은 지반 보강용 PHC 파일이 갖는 전기적 특성을 구조체 접지극으로 활용한 효율적인 접지시스템이라고 평가할 수 있다.

구조적으로 일체화되어 있는 철근이 내장된 콘크리트 파일은 구조체 접지전극으로 사용할 수 있다는 것은 일반적인 경향으로 충분한 접지효과를 기대할 수 있다.[1] 다만, 강철과 동봉의 전기적 특성과 접지극으로서의 효과에 대하여 절대 비교할 수 있는 정량적인 판단 기준이 완전하지 못하기 때문에 본 논문에서는 단순히 도전율의 차이에 의한 저항값을 추정하였으나 실제 접지저항 측정 결과 동봉 시공 조건의 시뮬레이션에 의한 접지저항에 비하여 양호한 결과가 실측되어, 이러한 추정의 합리성을 인정할 수 있으며, PHC 파일을 구조체 접지전극으로 활용한 접지시스템 설계와 시공은 효율적인 시공 방안으로 사료된다. 다만, 접지설계 및 시공에 있어서 최대한 설계 조건을 충족할 수 있는 재료와 시공법이 요구되며, 구조체 접지전극의 전기적 특성을 정량화 할 수 있는 관련 연구가 필요할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 高橋健彦, "접지기술입문", 동일출판사, pp151-155, 1995
- [2] 이복희, 이승철, "접지의 핵심 기초 기술", pp40, 2002
- [3] 정길조 외, "축소형변전소 접지효과 증대방안 연구", pp79-80, 1998
- [4] 전기공사 설계 실무 데이터 북, pp1-7