

대규모 수력발전설비 접지저항 측정 및 분석

이은춘*, 홍성택, 신강욱
한국수자원공사

Measurement and Analysis for Grounding Resistance of A Large Scale Hydroelectric Power Plant

Lee, Eun-Chun, Hong, Sung-Taek, Shin, Gang-Wook
Korea Water Resources Corporation

Abstract - Measurement used electrical sounding (MacOHM 2115, Japan) for large scale grounding resistance of So-Yang Dam hydroelectric power plant. To applied measurement method is fall of potential method. This result propose to method of efficient administration for grounding system.

그림 2.2는 전류전극(C)을 가깝게 또는 멀리 배치할 경우의 저항값 변화 정도를 나타내고 있으며, 전류 보조 접지전극을 멀리 배치할수록 접지저항 그래프의 수평부가 많이 확보됨을 알 수 있다. 그러므로 전압강하법에서는 전류극으로 전극을 멀리 배치할수록 안정적인 접지저항을 얻을 수 있다.

제 1 장 서 론

접지저항이란 "대지에 매설한 전극과 대지사이의 저항"을 말하며, 토양의 매질상태 변화에 따라 수시로 변화하기 때문에 관리에 어려움이 있고, 또한 매설부지가 방대하기 때문에 시스템 유지관리에 어려움이 있는 것이 현실이다.

본 논문에서는 1970년에 시공한 소양강댐 접지시스템의 접지저항을 전기수직탐사기(McOHM)를 이용한 전압강하법으로 측정하여, 시공당시와 30년이 경과한 현재의 접지저항값을 비교 분석하여, 향후 효율적인 접지시스템의 운영관리 및 유지보수 계획에 활용할 수 있도록 하고자 한다.

제 2 장 본 론

2.1 접지저항 측정방법

2.1.1 전압강하법 측정원리

전압강하법(Fall of Potential Method)에 의한 접지저항의 측정 방법은 측정대상 전극에 전류를 주입시켜 이 전류가 측정하고 있는 대지와 측정전위전극 사이의 전압에 영향을 끼치는 것을 측정하는 방식이며, 측정방법은 그림 2.1과 같다.

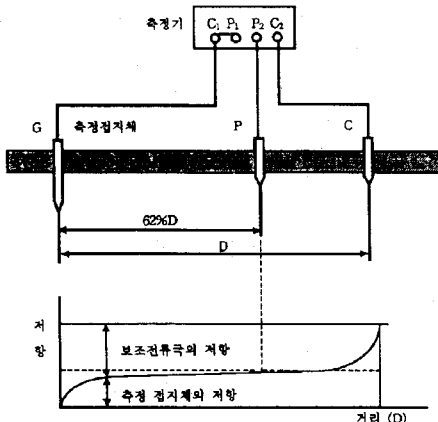


그림 2.1 전압강하법을 적용한 접지저항 측정

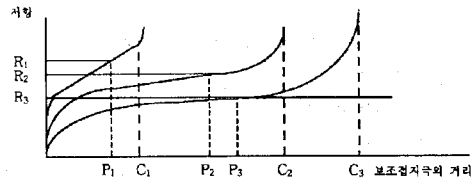


그림 2.2 보조접지극의 위치에 따른 저항분포곡선

2.1.2 측정 해석방법

IEEE Std 81-1983에 의하면 측정하고 있는 접지극 임피던스의 참값을 나타내는 하나의 전위전극 위치가 있다는 것을 제시하고 있다. 매우접지가 복잡한 형태로 되어 있는 경우에는 정확한 위치 확인이 어려울지도 모른다.

그림 2.3에 나타난 것처럼 지층별 대지비저항 구조에 따라 값이 달라지며, 이는 작은 접지시스템일수록 측정값이 안정적이다. 요구되는 전위전극의 이격거리 x(전극이 접지극 E와 C사이에 위치해 있고 대지가 균일하다면)는 $x/a = 0.618$ 에 위치한다. 이 사실은 E.B Curdts에 의해 작은 반구상의 전극에 대해서 입증되었다. 위에 언급된 내용에서 61.8%의 규칙을 적용하기 위해서는 대지비저항이 균일하다는 조건과 전극이 반구상 전극으로 간주될 수 있어야 한다.

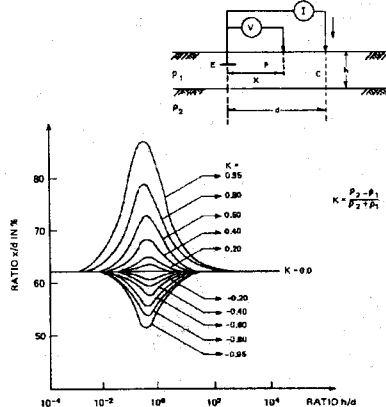


그림 2.3 2층 대지구조에서 요구되는 전위전극의 위치

2.2 소양강댐 접지저항 측정 현황

2.2.1 접지설비 현황

소양강댐 접지설비의 현황을 정리하면 표 2.1과 같다.

표 2.1 소양강댐 접지설비 현황

구분	접지면적	접지선길이	접지동관	접지동봉
제1차 공사	10,000m ²	3,881m	34매	-
제2차 공사	2,000m ²	1,471m	-	8개
제3차 공사	34,668m ²	10,607m	87매	12개
합계	46,668m ²	14,959m	121매	20개

소양강댐의 접지시공방법은 매쉬접지를 골격으로 하고, 접지저항을 저감하기 위하여 보조적으로 접지봉과 접지판을 혼용하여 시공하였다. 그러나 접지설계시 접지봉과 접지판은 접지물량에 적용시키지 않고, 순수 접지용 나동선의 길이와 면적만을 고려하여 설계하였다. 소양강댐의 접지설계당시 적용된 기본요소를 나타내면 표 2.2와 같다.

표 2.2 접지설계시 기본요소

구분	적용값	비고
등가대지비저항($\Omega \cdot m$)	860	
목표접지저항(Ω)	1 이하	
고장전류(A)	7,320	1선지락 고장전류
접지망 최대전위 상승값(V)	9,882	$7,320A \times 1.5 \times 0.9$
최대예상 접촉전압(V)	598	
접촉전압(V)	576	
최대예상 보폭전압(V)	2,238	
보폭전압	113	

소양강댐의 목표접지저항은 1 Ω 이하였다. 소양강댐의 접지시공을 1, 2, 3차 완료하고 현장에서 실측한 결과값은 표 2.3과 같다.

표 2.3 소양강댐 준공후 접지저항 측정 결과

구분	접지저항 측정값(Ω)	측정년월일
연접접지 측정방식	0.147	'71.9.28-29
Earth Tester 방식	1.230	

2.2.2 접지저항 측정위치

소양강댐 접지 매쉬망의 최대 대각선 길이가 약 140m로 추정하고 커로전류 전극을 5배 이상 이격하여야 함으로 500m 이상을 이격하였다. 측정선 포설 위치는 주위 여건상 댐 진입로 주변과 여수로 주변 산 쪽밖에 적당한 곳이 없는 실정이어서 측정여건을 고려하여 그림 2.4의 여수로 산쪽을 선택하였다. 여수로 산쪽으로도 약 250m까지는 콘크리트 포장구간으로 측정이 난해하여 약 100m까지만 부분적으로 측정하였다.

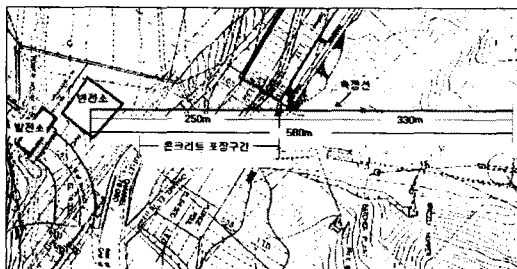


그림 2.4 접지저항 측정선 배열위치

2.2.3 측정시 설비운전 현황

접지저항 측정기간동안 전력계통 운전, 조작현황은 다음과 같다.

- 발전현황 : 운전중지(#1, #2)
- 소극시간 : 2시간(08:00발전중지, 10:00부터 측정)
- 변전설비 : 변압기 2차측(154kV) GCB Off, 154kV측 단로기는 투입상태
- 소내수전 : 22.9kV 수전선로 이용
- 변전소 대지전위 상승값: 0.3V(Cu/CuSO₄ 기준전극)
- 발전기 Neutral DS : Off상태

2.2.4 측정일반 현황

- 측정일자 : '00. 6. 14(화) 10:00-12:30
- 장소 : 소양강댐 변전소~여수로쪽 측구장(동동남)
- 피측정접지체 : 소양강댐 공용접지 매쉬 (CENTER→옥외변전소 중심)
- 측정장비 : 접지저항 측정기(McOHM) 1대

2.2.5 강우 현황

소양강댐 주변의 최근 3개년간 강우 현황은 그림 2.5와 같다.

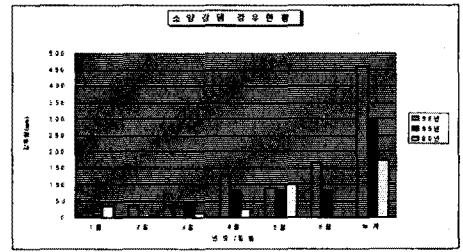


그림 2.5 소양강댐 주변 최근3개년 강우 현황

소양강댐 주변의 강우 현황을 보면 4월까지의 예년에 비해 적고 5월에 강우가 약 100mm정도로 풍부하게 내려 토양의 상태는 보통상태로 보여진다.

2.2.6 접지저항 변화요인 현황

일정장소에 매설한 접지설비의 접지저항은 토양의 상태에 따라 수시로 변화한다. 그 변화요인은 토양의 습도, 온도, 매질심도, 염해성분 등이 있으며, 이와 같은 여러 가지 요인으로 인하여 동일지점의 대지저항율이 계절적, 심도적으로 변화한다. 따라서 대지저항 측정당시의 일기 및 계절 등을 잘 고려하여 대지비저항(접지저항)을 환산하는 기술이 필요하다.

금번('00.06.14) 소양강댐 접지저항 측정당시의 일기 상황은 날씨는 맑은 상태였고, 기온은 섭씨 30℃, 습도는 대기중 45% 였으며, 강우는 측정 약 1개월 전에 100mm의 비가 내린 후였다.

계절적으로나 기후조건상 저항율이 낮아지는 조건을 어느 정도 만족하고 있는 상황이었다. 따라서 일반적으로 이용되는 계절변동계수를 적용할 경우 측정값이 동절기(갈수기)에는 약 1.4배까지 상승한다고 보아야 한다. 표 2.4는 종합적으로 적용하는 계절변동계수 및 소양강댐의 월별 접지저항 예상 변화값을 나타내었다.

표 2.4 계절변동계수

구분	2.3월	4.4월	5.12월	6.11월	7.10월	8.9월
변동계수	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
접지저항(Ω)	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7

2.3 접지저항 측정결과

소양강댐 변전소 접지망의 면적이 여러 개소로 분포되

어 설치된 관계로, 전체 매쉬망의 크기를 산정하기가 곤란하였다. 측정선을 펼친 길이는 약 600m로 하였으며, 이는 1차 시공한 매쉬망이 10,000m²로 등가 대각선 길이 140m의 5배 정도를 이격하는 것으로 하여 접지저항을 측정하여 접지저항 그래프를 그려보면 그림 2.6과 같다.

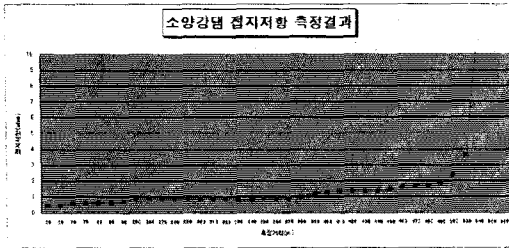


그림 2.6 소양강댐 접지저항 측정결과

그림 2.6에서 수평부분은 대략 250~360m 지점에서 나타나고 있으며, 측정선 총 길이의 61.8% 지점은 약 360m지점이다. 이 지점의 값이 측정 대상의 접지저항이며, 그 수치는 0.93Ω이다.

제 3 장 결 론

1971년에 준공된 소양강댐의 접지저항을 신뢰성이 높은 전압강하법을 이용하여 측정. 분석한 결과는 다음과 같다.

소양강댐의 접지시스템은 보안용 접지로서 접지시스템의 안정화 및 접지저항 저감효과를 극대화 하고자 공용접지 형태를 취하고 있었으며, 옥외변전소 접지 매쉬망을 중심으로 하여 측정선 580m를 펼친 후 접지저항을 측정할 결과 목표접지저항값 이하를 유지하고 있었으며, 계절변화에 따른 접지저항 변화 예측은 표 3.1과 같다.

표 3.1 계절변화에 따른 접지저항 변화 예측

구 분	목표접지 저 항 값	금 회 측 정 값	접지저항 변화예측	
			여름(최소)	겨울(최대)
접지저항(Ω)	1	0.9	0.7	1.3

준공후 30년이 경과한 현재의 접지저항과 준공당시에 측정된 접지저항값을 비교한 결과 그 값은 비슷하게 나타났다.

표 3.2 준공 당시와 현재의 접지저항값 비교

구 분	준공당시	금회측정	비 고
측정년월	1971.9	2000.6	
측정방법	측정기 이용 (Wenner)	측정기 이용 (Schlumberger)	
측정값	1.2Ω	0.9Ω	변동계수 적용시 허용범위내 유지

(주) 준공당시 연결접지방식에 의한 측정값은 0.147(Ω)으로 기록되어 있음.

소양강댐 전체 접지망의 접지저항은 6월 14일 기준으로 0.9Ω 정도를 나타내고 있다. 그러나 이 값은 측정시기 즉, 계절별로 최고 2배 정도의 차이가 발생하므로 접지저항 관리에 신중을 기하여야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김성모, 이형수, "접지기술입문", 동일출판사, 1995.
- [2] 김성모, 이형수, "접지설계입문", 동일출판사, 1995.

- [3] "낙뢰피해저감을 위한 접지기술 연구", 한국수자원공사, 1998.
- [4] "축소형변전소 접지효과 증대방안 연구", 한전 전력연구원, 1998.
- [5] "접지의 최적설계 및 최신 시공기술", 한국산업기술원, 1996.
- [6] 김형수, 이기화, "대화식 방법을 이용한 Schlumberger 전기탐사 및 Magnetotelluric 탐사자료의 1차원적 해석", 대한지질학회지, 29권, 5호, pp. 493-506, 1993.
- [7] IEEE, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", 1986.
- [8] IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE, 1982.