

## D댐의 취수탑 피뢰설비 구축방안 검토

홍성택\*, 이은춘, 신강욱, 이남영  
한국수자원공사

### To examine the construction plan of the lightning rod equipment for the intake tower of D-dam

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

**Abstract** - The intake tower of D-dam located in a mountainous area positioned in the left side of the dam and its structure installed alone on the water surface then, can become target of direct lightening. To protect the intake tower from the direct lightening and indirect-lightening, lightning rod installed in the top area of the intake tower and ground pole laid under the surrounding ground, however, because the surrounding ground almost consists of a rock, it is very difficult to obtain the grounding resistance. It is main object to examine the construction plan of the optimum lightning rod equipment and ground pole with measuring the earth specific resistance of the around of the intake tower which is the scheduled area to lay the ground pole with the Wenner's 4-electric pole method and the Schlumberger's method, and using the analysis tool, ESII.

## 1. 서 론

피뢰설비의 목적은 보호하려고 하는 건축물 등 대상물에 접근하는 뇌격을 막아내고 뇌격 전류를 대지로 방류하는 동시에 뇌격에 기인하여 생기는 건축물 등의 화재, 파손 및 사람 또는 동물에 대한 장애를 방지하는 것에 있다. 또 뇌격 자체에 의한 직접적인 재해뿐만 아니라 이것에 따르는 2차 재해도 방지할 필요가 있다. 즉, 피뢰설비는 될 수 있는 한 다음 조건을 만족하여야 한다.

- ① 보호 대상물에 접근한 뇌격은 반드시 피뢰설비로 막을 것.
- ② 피뢰설비에 뇌격전류가 흘렀을 때, 피뢰설비와 보호 대상물의 사이에 불꽃을 발생시키지 않을 것
- ③ 피뢰설비로의 낙뢰시에 그 접지점 근방에 있는 사람 및 동물에 2차 장애를 미치지 않을 것.
- ④ 낙뢰시 건축물 안의 전위를 균등화할 것(건축물 각 점의 전위차를 없앤다).

## 2. 본 론

### 2.1 기존 취수탑 피뢰설비 설계 현황

기존 취수탑의 피뢰설비는 옥탑 상부에 돌침을 설치토록 되어 있으며, 피뢰용 접지극은 취수탑 진입로 앞에 접지동봉을 매설토록 되어있다. 취수탑 피뢰 및 접지설비의 설계내용을 요약하면 표 2.1과 같다.

표 2.1 취수탑 피뢰 및 접지설계 주요 내용(기존)

품 명	규 격	단위	수량
피뢰침(돌침)	3급 5m용	set	1
접지동봉	∅16×1800mm	개	6
접지선(GV)	60mm <sup>2</sup>	m	60
접지단자함	1P, sus	면	1

### 2.2 취수탑 주변 대지성분 조사

취수탑 진입로(상단부분)는 대부분이 암반지대이고, 기존접지설비는 절벽 등턱의 도로 측면에 접지봉을 타입토록 되어있으나, 시공에 어려움이 따를 것으로 예상된다. 다만, 기존 접지극 매설 위치에 심타법(Boring)을 이용한다면 접지극을 매설 할 수는 있을 것이다.

반면 취수탑 하부는 앞으로 담수를 시작하면 수몰 될 곳이다. 지반을 조사해본 결과 토사로 형성되어 있어 대지비저항이 낮을 것으로 예상되며 접지봉을 이용한 접지극 매설이 비교적 용이할 것으로 판단된다.

### 2.3 대지비저항 측정, 해석

#### 2.3.1 대지비저항 측정방법

대지비저항 측정방법은 Wenner 4전극법과 Schlumberger법의 혼합한 형태로 다층 대지구조의 비저항 해석을 위한 자료를 취득 할 수 있다. 측정방법은 전류전극(C1, C2)을 바깥쪽에 배열하고, 전위전극(P1, P2)을 안쪽에 배열하여 전류의 흐르는 양을 검출, 전압강하를 측정기 자체에서 계산한다. 결국 오음의 법칙에 의한 저항값을 표시하며, 이는 토양의 결보기 저항값이다. 측정기기 설치방법은 그림 2.1과 같다.

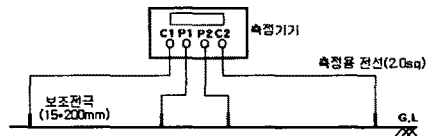


그림 2.1 대지비저항 측정회로

대지비저항 측정에 일반적으로 사용되는 방법은 Winner의 4전극법을 주로 사용하고 있으나, 본 방법은 지층을 다층적으로 해석하는데 한계가 있으며, 특히 토양의 깊이를 깊게 측정할 필요가 있을 경우에는 측정값이 외란의 영향을 받아 오차가 발생하는 사례가 있을 종종 있다. 그러므로 토양을 깊게 측정할 때나 다층적으로 해석 할 때는 기기의 정확도가 높고 측정값을 안정적으로 얻을 수 있는 방법을 이용하여야 한다.

#### 2.3.2 대지비저항 측정위치

D댐 취수탑의 접지극 매설 예정부지를 3개소 선정하여 측정하였으며, 그 측정값에 따라 적정 시공위치를 결정코자 하며, 측정위치는 그림 2.2와 같다.

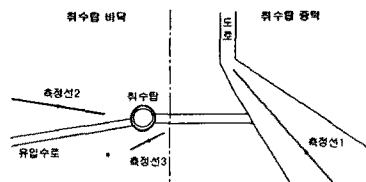


그림 2.2 측정선 배치현황

### 2.3.3 대지비저항 측정결과

대지비저항의 정확한 측정을 위해서는 지표면이 형질 변경 없이 본래의 토질이어야 하고, 직선구간이 많을수록 좋다. 그러나 측정대상 부지의 경우 대개는 공사가 진행되는 관계로 표토층이 상당한 변화를 이루고 있으며, 측정을 위한 직선 길어도 쉽게 확보할 수 없다.

따라서 D댐의 경우 현장조사결과 3개소의 측정가능 지역이 있어 이를 대상으로 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

현장에서 측정된 겉보기 저항값을 가지고 다층 대지비저항 해석 프로그램인 ESII(Electrical Sounding Interactive Interpretation)을 이용하여 해석하여야 한다. 본 해석 프로그램은 Winner, Schlumberger 배열방식의 수직탐사 뿐만 아니라 임의의 전극 배열에 대해서도 층상 해석이 가능하다.

#### (1) 측정선 #1(취수탑 상단)

그림 2.3은 취수탑 상부 도로상의 대지비저항을 해석한 결과로서, 지표면에서 약 2m까지는 600~700 Ω·m 정도이고, 다음 10m까지는 1,500~2,000 Ω·m, 다음 10m 이후부터는 약 200 Ω·m으로 나타났다.

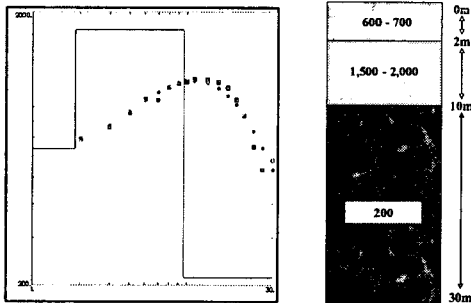


그림 2.3 측정선 #1의 해석결과 및 지층구조

#### (2) 측정선 #2(취수탑 하단1)

그림 2.4는 취수탑 하부의 대지비저항을 해석한 결과로서, 지표면에서 약 2m까지는 100~200 Ω·m 정도이고, 다음 5m까지는 300~400 Ω·m, 다음 5m 이후부터는 약 500~600 Ω·m으로 나타났다.

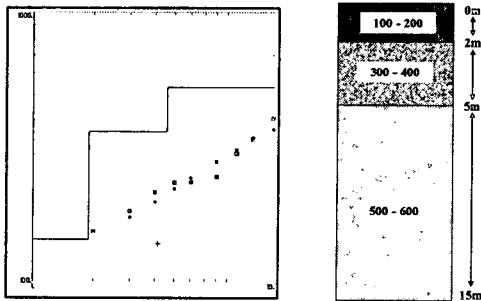


그림 2.4 측정선 #2의 해석결과 및 지층구조

#### (3) 측정선 #3(취수탑 하단2)

그림 2.5는 취수탑 하단의 대지비저항을 해석한 결과 지표면에서 약 2m까지는 200~300 Ω·m 정도이고, 다음 5m까지는 800~1000 Ω·m으로 나타났다.

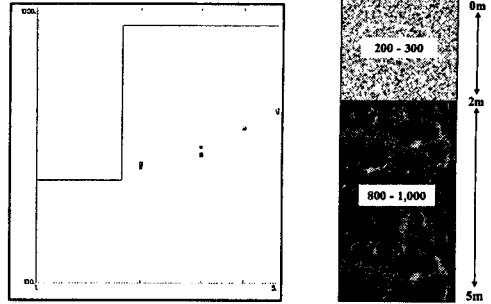


그림 2.5 측정선 #3의 해석결과 및 지층구조

### 2.3.4 접지극 매설 예정지 검토

취수탑 주변 3개 지점의 비저항 측정값을 대상으로 접지극 매설 예정지를 검토해 보면 표 2.2와 같으며, 검토결과 비저항이 가장 낮은 측정2지점을 피뢰용 접지인 제1종 접지극으로 사용하고, 측정3지점을 기지접지인 제3종 접지극으로 활용하는 것이 바람직하다.

표 2.2 매설예정지 검토결과

구분	측정1지점	측정2지점	측정3지점
대지비저항	높다	낮다	보통
최적매설극	심매법(보령)	천매법(동봉)	천매법(동봉)
시공성	난해	간단	간단
공사비	고가(10)	저가(1)	저가(1)
적용		◎(제1종접지)	○(제3종접지)

### 2.4 취수탑 피뢰설비 설계

#### 2.4.1 적정 피뢰방법 선정

피뢰설비 설치방법에는 돌침방식, 수평도체방식, 케이 지방식이 있으며, 경제성과 안전성이 높은 돌침+수평도체방식을 혼합하여 사용하는 방식도 있다.

D댐 취수탑에 적용 가능한 방식위주로 비교 검토한 결과, 취수탑 건축물의 투영면적이 작고 보호범위가 협소한 곳에 알맞은 돌침방식이 적합한 것으로 판단된다. 돌침방식의 경우 안전성은 다소 떨어지지만 시공이 간편하고 공사비가 저렴한 장점이 있다.

#### 2.4.2 피뢰돌침 높이와 보호각 산정

국내법에 일반건축물의 보호범위를 60° 이하로 규정하고 있으므로, D댐 취수탑의 피뢰침 보호각을 국내규정에 적합하도록 하여 계산하면 다음과 같다.

$$\tan 30^\circ = \frac{\text{피뢰침높이}}{6m}$$

$$\begin{aligned} \text{피뢰침높이} &= \tan 30^\circ \times 6m \\ &= 3.5m \end{aligned}$$

여기서, 6m는 취수탑의 너비

즉, 취수탑 건물을 보호하기 위한 피뢰침 높이는 3.5m 이상이면 된다. 그러나 취수탑 진입간단 및 여수로 철재 설비 등을 간접 보호할 목적에서 5m용 표준 피뢰침을 적용하면 된다.

### 2.5 접지설계

#### 2.5.1 접지극 선정

일반적으로 이용되는 접지극에는 접지봉, 접지판 및 망상(mesh) 등의 3종류가 있으며 각 종류별 특성의 검토결과 시공성과 경제성이 우수하고 피뢰침용 10Ω 정도를 유지하기 위해서는 접지봉 형식이 합당한 것으로 판단된다.

### 2.5.2 접지물량 산출

#### (1) 피뢰침용(제1종접지)

##### ① 접지극 규격 및 설계조건

- 접지동봉 : 16 $\phi$ ×1800L(리드선 부착형)
- 매설깊이 : 지표하 75cm이상(동봉 상부기준)
- 대지비저항 : 150  $\Omega$ ·m
- 적용공식 : Ollendroff식(봉접지)
- 목표접지저항 : 제1종접지공사(10 $\Omega$  이하)

##### ② 접지물량 산정

접지봉 1개의 접지저항을 Ollendroff식을 이용하여 계산한 결과 접지봉 1개의 접지저항이 82 $\Omega$ 로 나타났고, 접지저항 10 $\Omega$ 을 유지하기 위하여 11개의 접지봉이 필요하다.

즉, 10 $\Omega$ 의 합성접지저항을 얻기 위하여 다수의 접지봉을 매입할 때 발생하는 집합계수를 고려한 총 접지동봉 수는 11개 정도가 소요되나, 3점 연결법을 이용하여 4개소, 즉 12개의 접지봉이 필요하고, 그림 2.6과 같이 병렬로 연결하면 된다.

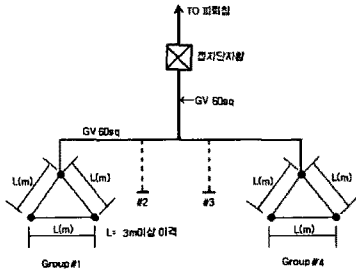


그림 2.6 제1종 접지극 포설방법

시공방법은 동봉과 동봉사이는 최소한 3m이상 이격하고, Group과 Group과 사이는 3.6m이상 이격하여 매설하여야 한다. 접지극을 상호 근접하여 연결할 경우, 접지극 간의 상호 간섭으로 인하여 병렬접지저항 저감효과를 기대하기 힘들다. 따라서 공간이 허락하는 한 최대한 이격 시설하는 것이 바람직하다.

그리고 접지극 상호 연결용 도선은 피복선(GV)을 이용하여 지중에서 부식되는 것을 방지토록 하여야 하며, 대지비저항 측정값을 기준으로 피뢰침용 접지극을 매설할 부지는 그림 2.2의 측정선 2번지점이다.

#### (2) 기기접지용(제3종접지)

##### ① 접지극 규격 및 설계조건

- 접지동봉 : 16 $\phi$ ×1800L(리드선 부착형)
- 매설깊이 : 지표하 75cm이상(동봉 상부기준)
- 대지비저항 : 250  $\Omega$ ·m
- 적용공식 : Ollendroff식(봉접지)
- 목표접지저항 : 제3종접지공사(100  $\Omega$  이하), 약전설비용(20  $\Omega$  이하)

##### ② 접지물량 산정

접지봉 1개의 접지저항을 Ollendroff식을 이용하여 계산한 결과 접지봉 1개의 접지저항이 135 $\Omega$ 로 나타났고, 접지저항 100 $\Omega$ 을 유지하기 위하여 2개의 접지봉이 필요하다. 그러나 접지저항 100 $\Omega$ 은 600V이하 저압 동력기기를 대상으로 정한 값에 불과하므로 원격 감시제어용(약전용) 접지는 대략 20 $\Omega$ 이하를 요구하고 있다.

따라서 기기접지와 약전용 접지를 공용하기 위하여 목표접지저항을 20 $\Omega$ 으로 하면, 9개의 접지봉이 필요하다. 즉, 20 $\Omega$ 의 합성접지저항을 얻기 위하여 집합계수를 고려한 총 접지동봉 수는 9개 정도가 소요된다. 3점 연결법을 이용하여 3개소, 즉 9개의 접지봉 시공방법은 그림 2.7과 같다.

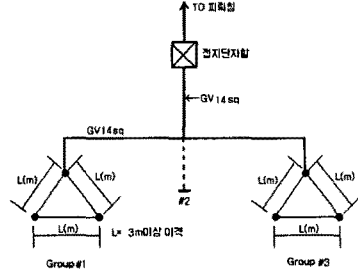


그림 3.3 제3종 접지극 포설방법

시공방법은 동봉과 동봉사이는 최소한 3m이상 이격하고, Group과 Group과 사이는 3.6m이상 이격하여 매설하여야 한다. 기타 시공방법은 피뢰침용 접지극 시공방법과 같으나 사용 접지선 굵기를 14mm<sup>2</sup> 이상으로 하고 매설위치는 그림 2.2의 측정선 3번지점이다.

또한, 피뢰용 접지극과 기기접지극은 최대한 이격하는 것이 바람직하지만 현장여건이 만족되지 않아 전기설비 기술기준에서 정한 20m정도만 이격하는 것으로 한다. 이를 위해서는 피뢰침 접지극을 취수탑에서 가능한 멀리 이격하여야 한다.

## 3. 결 론

가. 국내규정에서 20m이상 건축물에 대하여 피뢰설비 설치를 의무화하고 있으며, D댐 취수탑의 경우 지상 높이가 약 40m로 피뢰침 설치 대상이다.

나. 취수탑 건축물에 적용할 수 있는 피뢰설비는 돌침방식, 수평도체방식 및 케이지(Cage)방식 등이 있으나, 취수탑과 같이 건물 투영면적이 적은 곳에 많이 이용되는 돌침방식을 채택하였다.

다. 기존 피뢰침용 접지극 매설예정지를 대상으로 대지비저항을 측정하고 지표하 약 10m까지의 암반층을 형성하여 1,500 $\Omega$ ·m로 높게 나타나 접지극 매설이 불가능한 것으로 판단되었다. 따라서 비저항값이 낮은 위치로 변경이 불가피한 실정이었다.

라. 취수탑 주변 토양형질을 유관으로 조사하여 비저항값이 낮을 것으로 예상되는 취수탑 바닥면을 대상으로 대지비저항을 측정하고 결과 150~250 $\Omega$ ·m로 낮게 나타났다. 따라서 접지극 매설장소를 당초 취수탑 상부에서 하부로 변경하여 접지설계를 하였다.

마. 기존 접지설계는 피뢰침용에 국한하여 제1종 접지공사만 하도록 되어있으나, 기기누전에 의한 감전방지, 전자통신설비의 원활한 동작을 위한 제3종 접지가 누락되어 있어, 이를 최적으로 시공할 수 있는 방안을 추가하여 제시하였다.

바. 접지극 종류는 접지봉(16 $\phi$ ×1800L)을 사용토록 하였고, 각 접지공사 종류별 목표 111접지저항과 접지봉 수는 다음과 같다.

- 제1종 접지공사(피뢰용) : 10 $\Omega$ , 12개
- 제3종 접지공사(약전용) : 20 $\Omega$ , 9개

### (참 고 문 헌)

- [1] 대한전기협회, 전기관계법령집, 2000. 2
- [2] 이복희, 접지의 핵심기초기술, 도서출판 의재, 1999. 9
- [3] 일본전기학회, 최신 건축물 등의 피뢰설비 가이드 북, 1997. 7
- [4] 이형수, 접지설계 입문, 동일출판사, 1996. 1
- [5] 대한전기협회, 내선규정, 2000. 2
- [6] 최홍규, 전원설비 및 설계, 성안당, 2001. 9
- [7] IEC/TC 81
- [8] IEEE Std80(접지설계)
- [9] IEEE Std81(대지비저항 및 접지저항 측정)