

# 昭陽댐 누수에 대한 虛와 實



김원태

## 1. 서문

本稿는 소양댐에서 물이 샌다는 헛소문과 심지어는 KBS 춘천지국에서 春川市民의 의구심을 풀기 위해 2008년도에 한국수자원공사의 현업인원, 과거 종사원, 공사 전 거주 주민, 교수등으로부터 여러 증언을 토대로 심도 있는 취재 까지 한 사실이 있어 당초 보수공사를 담당 하고 그후 관리를 한 당사자 인 본인이 명쾌한 답변을 올리는것이 도리라 생각 되어 집필 하는 바고 또 하나는 자료도 없고 경험도 없는 공사라도 책임을 회피 하지 말고 과감 하게 도전 하는 모험 정신이야 말로 기술 발전에 첩경 이라는 것을 알려 드리고 싶어 집필 하는 바이다.

30년전 일이니 수치에 다소 오차가 있을수 있으나 근본은 오류가 없고 기술적인 딱딱한 서술보다 소설식으로 쓰는것이 읽기에 편할것 같해 쉽게 서술 하는 바이다.

## 2. 본문

1979년 가을 소양댐이 준공된지 5년째 되는 해 춘천 지방에 폭우가 쏟아졌고 아울러 댐 저수위는 상승 하기

시작 하였다.

저수위가 EL183m를 넘어서자 댐 우안 하류측 사면[표고 145m부근]에서 물이 새기 시작 하였다(그림 1 참조).

누수량은 초당 25L로 많은 양이 아니지만 소양댐은 흙과 자갈 모래로 쌓아진 댐이기 때문에 누수공이 점차 확대 됨은 자명한 일이고 결국 댐이 붕괴 될수 있다는 가정이 성립 된다. 소양댐이 붕괴 된다면 과히 핵폭탄에 비길만 하다.

한국수자원공사에서는 초비상이 걸렸다. 즉시 조사단이 구성 되었고 조사단에는 댐기술자, 수리기술자, 지질 기술자, 토질기술자로 구성 되었고 일본 최고의 기술용 역회사인 일본공영으로부터 자문 받기로 하였다.

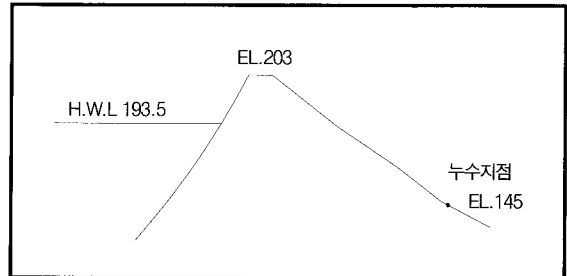


그림 1. 누수지점

1.1 조 사

1) 누수의 원천

물이 댐 하류 사면에서 새는데 과연 저수지 물이 댐 본체를 통해 새는 것인지, 아니면 우안측 산에서 흘러들어 온 것인지 분간 할 수가 없었다 이것을 확인 하기 위해,

- a. 저수지 수위와 누수량의 관계를 살피고
- b. 소금을 저수지에 넣어 누수지점에서 鹽度를 측정하고
- c. 물감[染料]을 저수지에 넣어 물의 색도를 살피기로 하였다.

그랬더니

- a. 저수지 수위와 누수량은 연관 관계가 있었고 즉 저수지 수위가 올라가면 누수량이 많아 져고 저수지 수위가 내려가면 누수량도 줄었다.
- b. 소금 5포대를 포대 체로 저수지에 넣었더니 약 30분 후에 누수지점에서 염도를 측정 할수 있었다.
- c. 물감을 1드램 저수지에 넣었더니 순식간에 희석 되어 색깔 있는 물을 확보 할 수 없어 실패 하였다.

그래도 위에 a, b 두건으로 저수지 물이 새 나왔음을 입증 할수 있었다.

2) 누수 경로

저수지 물이 새기는 새는데 과연 어느 경로를 통해 새

는 것인지 우리가 비오는날 집 천정에 물이 떨어 질때 누수지점을 찾기란 여간 어렵지가 않다 좁은 면적에도 그런데 길이 500m되는 댐에서 누수경로를 찾는다는것은 보통 어려운 문제가 아니다.

댐의 龜裂형태를 모식적으로 그려보면 그림 2와 같다. (a)의 경우는 사면활동에서 생기는 균열로 외부에서도 발견이 가능 하다. (b)의 경우는 중심 점토층과 인접 모래층과의 침하 차로로 생기는 경우 인데 상당한 길이로 생기므로 이런 경우도 발견 하기가 쉽다. (c)의 경우는 댐기초지반 지지력 차이로 생기는 경우인데 약간의 段差임으로 육안 식별이 어렵고 균열이 댐 길이방향과 직각으로 발전 되어 있어 댐 내부 조사 시 에도 발견하기가 매우 어렵다. 휴전선 지역 북한의 땅굴 찾기보다 더 어렵다고 할수 있다(그림 2 참조).

3) 자료 조사

조사팀은 위선 자료 조사부터 시작 하였다 조사방법, 보수방법, 사후관리등 국내외에서 수집 할수 있는 것은 모조리 수집 할려고 애썼다. 그러나 허사였다 특히 국내에서는 유익한 자료가 있을 듯한 기관에 자료 요청을 하였지만 감사기관의 힐책이 무서운지 단호히 거절 당하였다. 하는 수 없이 우리가 독자적으로 개발 수행 하는 수 밖에 없었다.

4) 수세식 Boring

수세식 Boring기로 試錐하기로 하였다 우안 원지반과

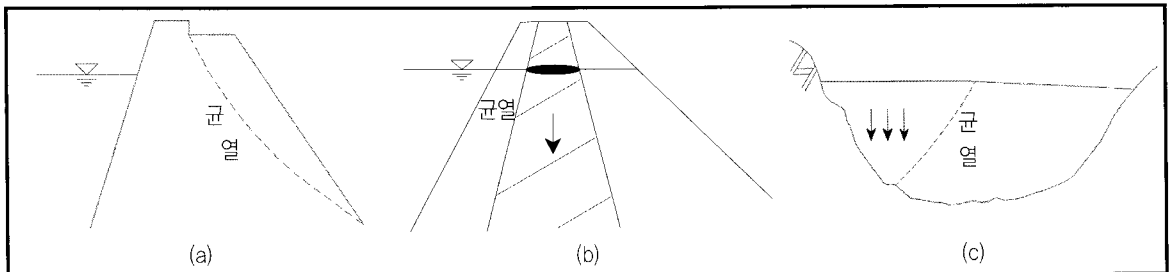


그림 2. 균열형태

댐의 접합부에서 전방 50m구간을 1m 거리에 1공씩, 깊이는 35m까지 시추를 하였다.

방법은 매 2m심도 마다 투수시험을 하였으며 그 외 시추 과정에 Boring수의 소산은 없는지, 또는 Boring공의 붕괴는 없는지를 살피면서 시추 하였다.

**5) 조사 결과**

조사결과 누수의 원인 이라고 확정 할만한 균열은 발견 하지 못하였다.

그대신 示方書상 투수도는  $10^{-6}$ cm/s 이하라야 하는데 接合部에서 전방 약 25m, 깊이 EL185-EL195 사이의 Block 의 투수도는  $10^{-5}$ cm/s로 높았다 이 결과에 대해 검토한 결과 粘土 土取場의 재료가 바닥 나면서 다소 粗粒材가 투입 되었기 때문이라는 것과 설사 투수도가 높다하여도 누수의 원인은 아닌 것으로 결론 났다(그림 3 참조).

**6) 원지반 조사**

이번에는 원지반을 조사하기로 하였다 댐 접합부에서 산을 향하여 일직선으로 3m간격에 1공씩 시추 하였다 그랬더니 댐접합부에서 기념탑까지는 遮水가 잘 되는데, 기념탑에서 산 사이는 물이 막 새었다 누수의 원인을 발견 할수 있었다(그림 4, 5 참조).

기념탑에서 산까지는 준공후 광장을 확장한 구간이다. 따라서 공사중 Grouting이 전연 안된 구간이고 또한 우안 岩의 節理가 수평에 가깝게 발전되어 있어 저수지 물

이 쉽게 이 節理를 통해 흘렀든 것이다 본구간에 Grouting 을 실시한 결과 누수량의 90%를 차단 할 수 있었다 완전한 차수가 안 되는 것은 산 밑 부분에도 Grouting을 하여야 하나 하기가 어려울 뿐더러 예산이 너무 많이 소요 되어 단장 댐 안전에 影響을 미치지 않으므로 경비가 적게 들고 실효성이 있는 공법을 강구 할때 까지 중단 한 것이다. 지금은 기념탑에서 선착장 까지 도로 중심선에 Grouting을 실시하여 완전한 遮水가 된 상태다.

**1.2 댐 Core부분의 수습**

댐 Core부분의 누수 경로를 조사 한다고 해집어 놓은 곳을 수습 하지 않으면 안 되었다. Boring시 깊은 심도에서는 높은 수압으로 破裂現狀[Water Fracture]이 생겼을 것이고, Casing을 박을때 굵은 자갈에 받쳐 잘 안 들어가면 hammer로 때려 강제로 관입 시켰는데 이때 자갈부위의 토질은 이완 되었을 것이고, Boring시 붕괴된 공 주변은 추차로 붕괴 되어 또한 이완 되었을 것이 자명 하므로 원상 복구 하지 않으면 안 되었다.

**1) 원상복구 방법**

댐 접합부에서 길이 약 50m, 깊이 약 40m 구간을 덜어 내고 재시공 하면 완전 한데 수직으로 굴착이 불가능하므로 경사지게 굴착 하자면 공사물량이 너무 많고 또한 공사기간중 비가 온다면 댐 본체로 越水 가능성이 있어 본공법은 부적절 한 것으로 결론이 났다.

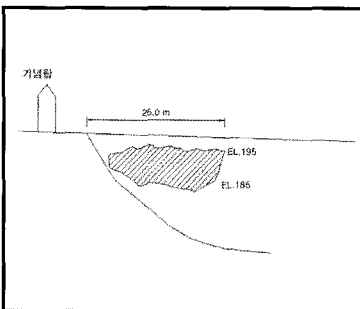


그림 3. 투수도 높은 곳

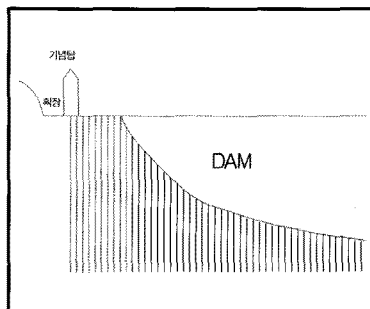


그림 4. Grouting 현황

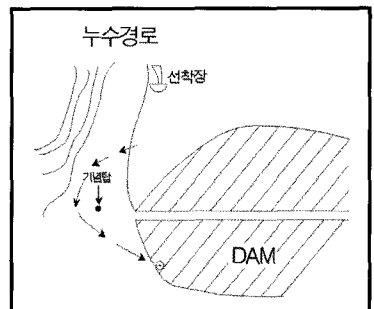


그림 5. 누수경로

## 2) Grouting

Grouting공법이 그래도 가장 적절한데 염려가 되는것은 土砂층에는 Packing 하기가 어렵고 또한 주교 효과가 있을지 의문 스텝고 Core층 옆에 Filter층을 오손 시킬 우려가 있었다 Filter층은 깨끗한 모래로 이루어 저 있고 Core층에 침투된 물을 조속 배제 시켜야 할 의무를 지닌 층 인데 오손 된다면 그 기능이 떨어져 물의 배제가 잘 안되고 따라서 Core층에 침투된 물은 Filter층을 넘을수가 있다.

## 3) Grouting 방법

위와 같은 사정으로 주교를 하되 無壓으로 하고 [그러면 Packing이 필요 없고] 주교액[Grouting액]이 Filter층을 오손 시킬 염려가 있어 주교액이 단시간내 굳도록 急結材를 첨가 하도록 하였다 계산에 의하면 5분내 굳는 것이 가장 이상적이어서 B액의 배합을 여러 형태로 나누어 실험하여 결정 하였다. 따라서 이상적인 배합비는 다음과 같았다.

- A액 [주교액]; 물 + 시멘트 +Bentonite  
[90L] [25kg] [2,5kg]
- B액 [급결재]; 물 + 규산나트륨  
[50L] [50L]

## 4) 주입방법

주입방법에는 다음 2가지가 있는데,

- 2 Shot법[A액 B액이 각 Rod를 통해 말단 까지 흘러 들어가 말단에서 결합]
- 1.5 Shot법[Rod 상단에서 결합 시켜 1개 Rod로 흘러 들어가는 방법]

소요 기구를 국내에서 구할수 없어 하는수 없이 PVC관

측면에 구멍을 뚫어 유공관을 만든 다음 Boring공에 삽입 본 PVC공을 통해 A액 B액 혼합물을 압력 없이 주입 중력 상태로 흘러 들어가게 하여 주교를 하였다.

## 5) 주교공 배치

주교[Grouting]는 댐 중심선에서 1.5m 간격에 A선, B선 2개선을 설정 한 다음 각선 공히 3m 거리에 1공씩 주교 하였으며 A선에 2공, B선에 2공의 주교가 완성 되면 그 중심에 검사공을 시추 2m심도 마다 투수시험을 실시 주교 효과를 확인하였다(그림 6 참조).

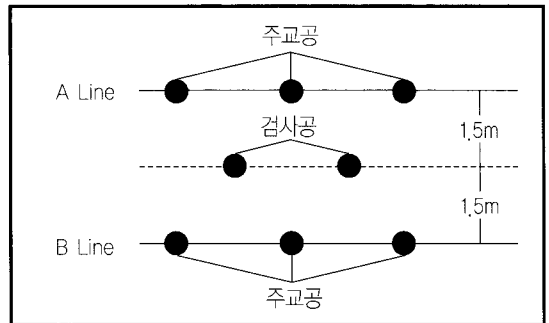


그림 6. 주교공 및 검사공

## 3. 결론

- 가. 소양댐 누수는 댐 堤體의 균열을 통해서 새 나온것이 아니고 원지반[기념탑-산, 암반층]을 통한 누수였으므로 댐 안전에는 지장이 없었다.
- 나. 원지반을 통한 누수도 Grouting을 통한 遮水壁이 설치 되어 이제는 일체의 누수는 없다.
- 다. 자료가 없어 調査 措置 공히 힘 덜었는데 연구하고 개발 하여 성공 시켰다 30년간 아무런 하자가 없음을 봐 조사, 조치 공법이 합리적이었음을 증명 한다.
- 라. 건설 현장에는 여러 형태의 사고가 많은데 기록을 유지 하고 정보를 공유 하도록 하여 재발 방지에 힘쓰도록 하여야 한다.