

표면차수벽 석괴댐의 물리탐사 경향 분석

Aanalysis of Geophysical exploration tendency of C.F.R.D

김재홍¹⁾, Jae-Hong Kim, 신동훈²⁾, Dong-Hoon Shin, 임은상³⁾, En-Sang Im

¹⁻³⁾ 한국수자원공사 수자원연구원, Researcher, Kwater Dam Safety research center

SYNOPSIS : When surface Concrete Face Rock fill Dam constructs than existent center core type rock fill dam, it is much prevalent form in domestic these day by quality control of that is profitable and weather condition etc. of coreZone.

C.F.R.D is less research about seismic survey(Refractional Seismic Prosectin, Resistivity Prospecting) of levee body than fill dam.

Thus as C.F.R.D seismic survey is less, safety of that consist is short most development flue is high reason.

That is not checking target of minuteness safety diagnosis and so on by short operation period.

Wish to analyze inquiry incidental and difference with center core type dam and acquire C.F.R.D preservation administration upper necessary inquiry condition forward hereafter.

Keywords : Concrete Face Slab Rockfill Dam, seismic survey

1. 서론

1985년 국내에 표면차수벽 석괴댐(Concrete Face Slab Rockfill Dam, C.F.R.D)이 처음 도입된후 현재 전국에서 다목적댐 및 발전전용댐을 포함하여 운영 및 시공중인 댐이 14개소에 이른다.

표면차수벽 석괴댐은 기존의 중심코어형 락필댐보다 시공시 코어재의 품질관리의 유리함과 기상조건 등으로 인해 요즘 국내에서 많이 유행하는 형식이다.

표면차수벽 석괴댐은 중심코어형댐보다 체체의 물리탐사(전기비저항탐사나 탄성과탐사)에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이와 같이 표면차수벽형 댐의 물리탐사가 적게 이루어진 것은 대부분 개발연도가 짧아 댐의 건전성이 높은 이유도 있지만 짧은 운영기간으로 정밀안전진단 등의 점검 대상이 아닌 것도 한 몫을 한다.

이에 대해 표면차수벽 석괴댐의 물리탐사를 시행하여 향후 유지관리방안등으로 적용 가능한지 여부를 확인할 필요가 있어, 2005년 준공후 운영중인 표면차수벽 석괴댐을 선정하여 전기비저항 탐사와 탄성과 탐사를 시행하여 적용가능성 여부를 판단하였다.

또한, 중심코어형 댐과의 탐사결과 차이점을 분석하고 향후 표면차수벽 석괴댐의 유지관리상 필요한 탐사조건을 획득하고자 한다.

2. 표면차수벽 석괴댐(C.F.R.D) 현황

2.1 국내의 CFRD

국내에서 최초로 도입된 CFRD은 동북댐(H=44.7m, 1985)으로 기존댐을 가물막이로 활용하면서 하류

에 신규댐을 건설할 때 CFRD를 채택, 시공함으로써 국내 CFRD의 효시가 되었다.

1960년대 경제개발 5개년 계획의 일환으로 추진된 수자원종합개발사업을 추진함에 있어 다목적댐 건설사업시 댐의 형식은 초기에 콘크리트댐(충주댐, 합천댐)과 ECRD(소양강댐, 안동댐, 임하댐, 주암댐 등)가 주를 이루었다.

그러나, 1980년대 후반부터 댐 건설 입지조건 및 축조재료의 한계 및 급격한 공업화의 진행에 따른 용수공급의 필요성으로 인해 축조기간이 비교적 짧은 CFRD가 댐의 주 형식으로 대두되었다. 표 2.3은 1980년 중반이후 건설된 국내 CFRD 현황을 나타낸다.

표 1. 국내 CFRD(다목적댐) 현황

댐 명	높 이(m)	길 이(m)	준공년도	비 고
동북	44.7	188.1	1985	
평화(1단계)	80	410	1988	
평화(2단계)	125	601	2005	증고(H=45m)
부안	50	282	1996	
밀양	89	535	2001	
남강	34	1126	2001	
용담	70	498	2001	
대곡	52	190	2005	
장흥	53	403	2006	
화북	45	330	2009	시공중
부항	57.4	440	2012	시공중

2.2 연구대상댐

대상 댐은 높이 52m, 길이 190m, 댐 체적 53만³ 규모의 대규모 댐으로 상류사면은 1:1.4, 하류사면은 1:1.8로 설계되었다.

1999년 4월 21일 착공한 후 5년여의 공사 끝에 축조가 마무리 되었으며, 댐 제체를 석괴로 축조한 후 저수지측 경사 표면에 콘크리트 차수벽을 설치하는 형식의 댐이다

설치된 매설계기 현황으로는 댐체의 변형 및 침하관련으로 5종, 지반진동 1종, 기초압반에 간극수압과 누수량 측정장치가 설치되어 있다.

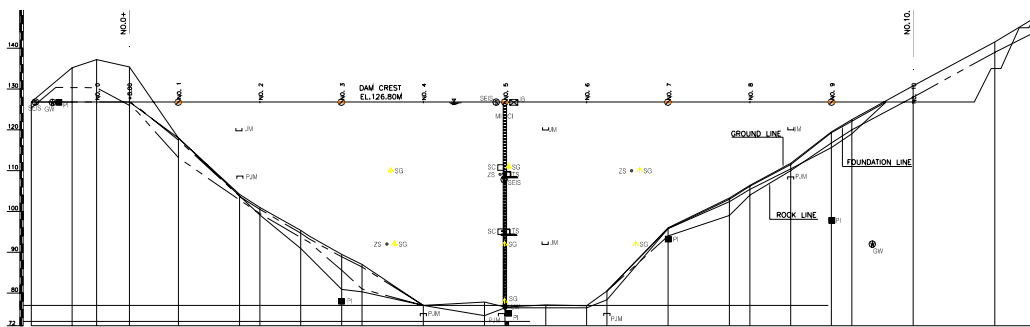


그림 1. 연구대상댐 매설계기 설치 단면도

3. 전기비저항 탐사

3.1 1차 조사

대곡댐의 4차 외부변위 측정('09.6.2)시 정상부에서 탐사길이 200m, 댐 좌안에서 우안 양안부까지 쌍극

자-쌍극자 배열하였고, 전극간격은 10m 설치하였다.

중심코아댐의 경우 허용오차를 0.1%까지 두고 하지만, 표면차수벽 석괴댐의 경우 제체내의 공극으로 인해 오차범위를 여유있게 잡았다.

TEST LINE (2-D Resistivity Structure)

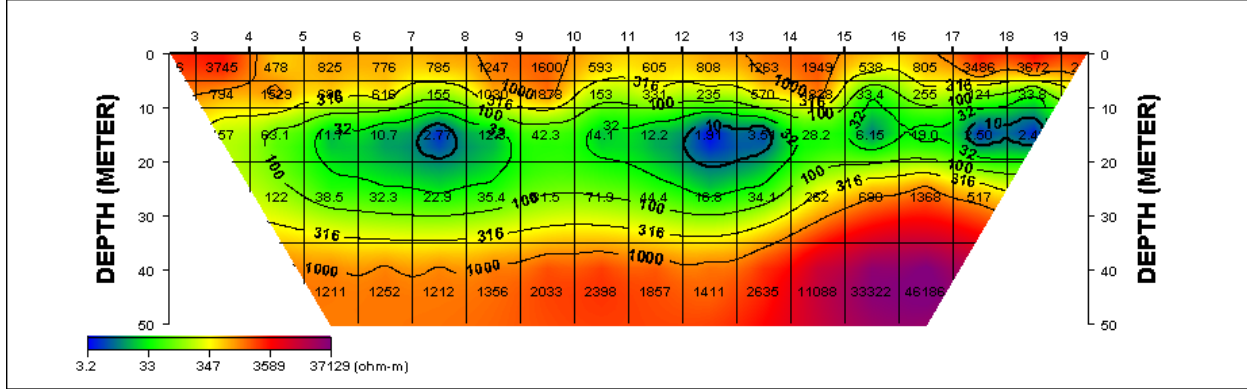


그림 2. 전기비저항탐사 1차 조사결과('09.6.2)

조사결과 암반선까지 확인이 되었으며, 댐 정상부에서 약 7m 아래까지는 500~700 ohm대의 저항대가 7m에서 40m 까지는 전체적으로 100 ohm-m대의 낮은 비저항이 관측되었다.

그 아래는 암반선까지 1,200 ohm-m대의 높은 저항치가 관측되었다.

이는 상기 그림 1의 대곡댐 매설계기 현황도와 비교하여 매설계기가 부근이 대부분 저항대가 적게 나오는 것을 고려하면 비교적 저비저항대의 형성이 매설계기의 설치와 유사하게 형성된 것을 알 수 있다.

3.2 2차 조사

2차 조사 역시 정상부에서 탐사길이 200m, 댐 좌안에서 우안 양안부까지 쌍극자-쌍극자로 배열하였고, 전극간격은 10m를 설치하였다.

조사결과 암반선까지 확인이 되었으며, 댐 정상부에서 5m 아래까지는 1,300~2,800 ohm대의 저항대가 5m에서 40m 까지는 전체적으로 400 ohm-m대의 낮은 비저항이 관측되었다.

그 아래는 암반선까지 3,000 ohm-m대의 높은 저항치가 관측되었다.

2차 조사 결과는 1차 조사와 저항분포도는 비슷하나 저항치의 값은 차이가 나는 것으로 나타났다.



2차 탐사 광경



탐사시 수몰지내 폭기광경

그림 3. 전기비저항탐사 2차 조사 광경('09.9.24)

TEST LINE (2-D Resistivity Structure)

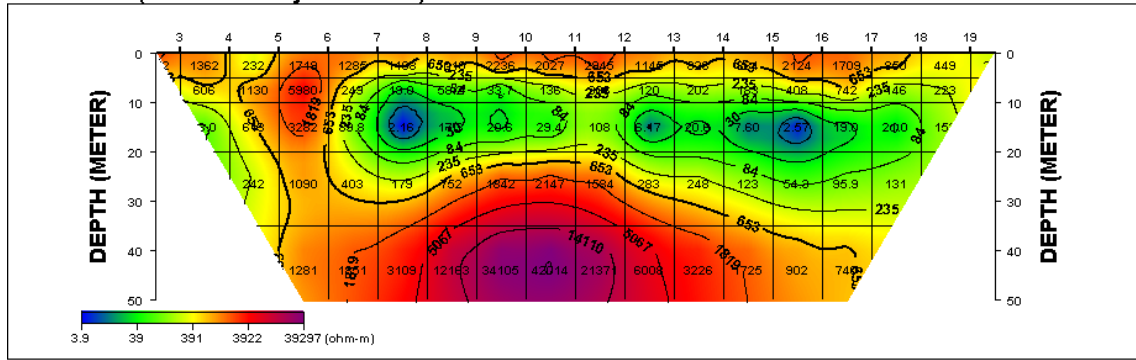


그림 4. 전기비저항탐사 2차 조사결과('09.9.24)

4. 탄성과 탐사

4.1 탄성과 탐사 원리

탄성과굴절법탐사의 원리는 서로 다른 속도를 갖는 지층 사이의 경계를 통과하는 빛 또는 음파의 굴절을 지배하는 스넬의 법칙(Snell's Law)에 기초를 둔다. 음파는 하나의 지층, 그리고 보다 빠른 탄성과 속도를 갖는 다른 지층과 충돌하여 일부분은 굴절되거나 구부러지며 전파되고 일부분은 제1층으로 반사된다. 입사각이 임계각과 동일할 때, 압축 에너지는 제2층의 음파속도로 두번째층의 상부 표면을 따라 전파된다. 제2층의 표면을 따라 이들 에너지가 전파될 때 호이겐스의 원리에 따라 새로운 파형을 발생시키며 진행방향으로 전파되면서 다수의 점에서 음파의 진원처럼 인식하여 그들 새로운 음파는 제1층의 음파속도로 임계각과 동일하게 제1층을 통하여 지표면으로 되돌아 전파된다.

이 굴절된 파가 지표면에 도착할 때 Geophone에 감지된 도착된 에너지는 탄성과 탐사기에 기록되어진다. 만일 Geophone들이 기하학적인 배열로 지표면에 펼쳐져 있다면 파의 도달시간은 진원과 Geophone의 거리에 대하여 도식화할 수 있다. 이를 이용하여 주시곡선도(Time - Distance Curve)를 얻는다.

금번 조사는 수신기(Geophone)의 간격은 공히 5.0m로 하였다. 발진원은 각 Spread에서 Forward Shot(A), Mid-Line Shot (B), Mid-Line Shot (C), Mid-Line Shot (D), Reverse Shot(C)로 5곳을 사용하였다. 그리고 측정은 Noise Filter를 통하여 해석에 용이한 파형을 택하였으며, 이때 본 탐사에 사용한 장비의 특성 중 ACQ 필터와 Display 필터를 통해 이중의 중복적인 필터를 이용하였다.

잡음의 제거를 위해 ACQ 필터에서는 전기적인 잡음의 주파수대인 Notch 60Hz를, 원거리의 표면과 잡음을 제거하기 위해 Lowcut 25Hz로 탄성파를 수신하였다.

상기 조건 하에서 실시한 지표탄성과토모그래피로부터 획득된 현장자료를 바탕으로 주시곡선도(Time-Distance Curve)를 작성하였으며, 이로부터 유도된 각 측선 별 탄성과 속도(V_p)로부터 각 속도층의 심도를 계산하여 각 측선 별 탄성과 속도분포 단면도(Seismic Velocity Profiles)를 작성하여 댐 제체 내 변화를 파악하였다.

4.2 사용장비

탐사기 본체는 미국 Geomatrix사의 Stratr Visor Nz이며, 수신기는 28Hz Geophone(수직성분, OYO, Japan)을 24개 사용하였으며, 발진원은 Geophone Cable Spread cable과 Trigger Cable을 설치한 뒤 Trigger Steel Plate에 Sludge Hammer로 타격하였다.



그림 5. 탐사장비 및 현장조사

탄성파탐사 결과는 그림 6과 같다. 토사층, 풍화대에 해당하는 속도값은 1.2km/sec이며 1.2km/sec 이상은 기반암에 속하는 것으로 해석된다.

속도 구분은 건설표준품셈 A그룹으로 분류할수 있다.

그림 3 및 그림 4의 전기비저항 탐사결과와 비교하면 해석 단면도에 분포하는 전기비저항분포값은 2.18~42,014 Ω-m 범위로 발달한다. 전기비저항분포 특성은 세 개의 구조로 나누어지며 상부 고비저항대, 중부 저비저항대, 하부 고비저항대로 구분된다.

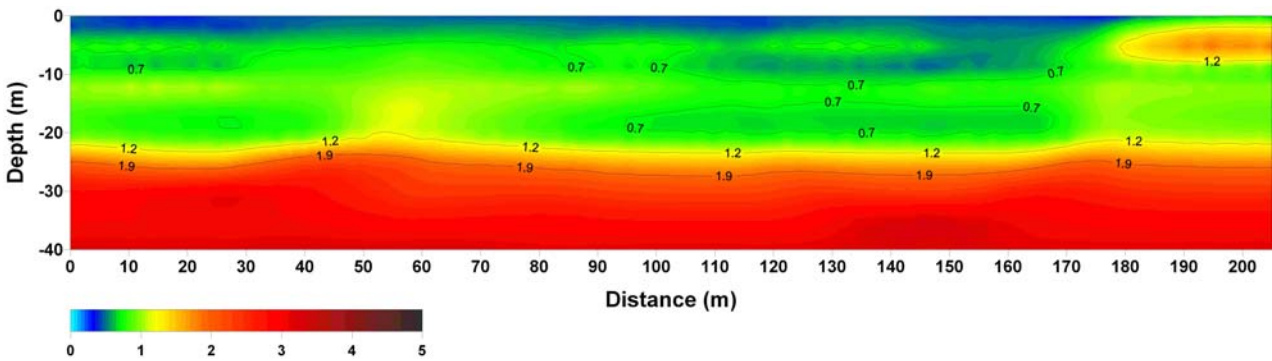


그림 6. 탄성파탐사 해석 결과

5. 비교분석

전기비저항탐사와 탄성파탐사 결과를 비교하면 하부 고비저항대와 탄성파 등속도값 1.2km/sec 분포 심도는 G.L -20m 내외 유사하며 전기비저항탐사 구간 40~50m에서의 하부 고비저항대가 상부 고비저항대로 연결되는 지점과 탄성파탐사 결과에서 50~60m 구간에서 비정상적인 속도 분포값과 유사한 것으로 해석된다.

반면, 필댐의 경우 그림 7과 같이 상단에서 하단으로 저저항대가 점점 커지는 경향을 보이고 있고 일반적인 경향이다.

전기비저항탐사를 필댐과 표면차수벽댐과 비교시 표면과수벽의 경우는 상단부 일부가 높게 나타났다.

이는 표면차수벽의 경우 댐마루에서 하단 일정깊이로 축조재료의 최대입경이 약 150mm로 Bedding Zone과 Rock Zone의 완충역할 및 차수벽 콘크리트에서 발생한 누수로 인해 누수량의 통과시 재료의 유실을 방지하는 역할을 하는 Transition zone의 영향으로 생각된다.

Transition zone 아래로는 하단으로 갈수록 기반암의 존재(고저항대)가 나타났다.

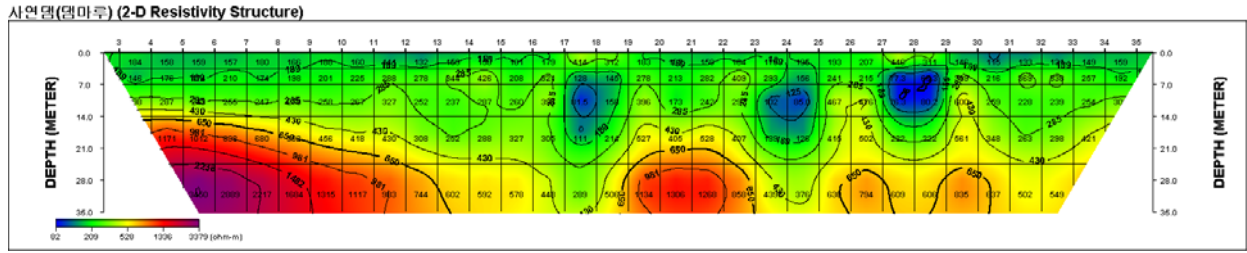


그림 7. 필댐의 전기비저항 탐사 예

6. 결론

당초 우려되었던 달리 표면차수벽 석괴댐에서도 물리탐사 결과 특성있는 결과가 도출되었다.

1. 필댐과 달리 축조재료의 상이성으로 축조재료가 조골재가 많아 비저항치가 높게 나왔고 특히, 매설 계기등의 영향도 필댐보다 많이 받는 경향을 보이고 있다.

2. 정상부 아래 Transition zone에는 1,500ohm 정도의 비저항치가 나타났지만, 하부 Rock fill Zone은 10ohm 정도의 저저항대와 탐사시 오차범위가 2% 정도에 달했으며, 하부 원지반은 3,000ohm 정도로 나타나 필댐과 확연한 차이가 나타났다.

참고문헌

1. 한국수자원공사(2002). 00댐 공사지. pp.697~711
2. 김재홍외(2008). “전기비저항 탐사시 지하매설물에 의한 간섭효과 연구”. 한국지반공학회 2008 봄 학술발표회.
3. “지반조사결과와 해석 및 이용”, (사)한국지반공학회. pp. 648~653