

노후 댐 성능개선을 통한 승원지 안정화방안 고찰

K-water 댐·유역관리처 팀장 | 나봉길
nbk08@kwater.or.kr



1. 서론

기후 변화, 지진, 댐 노후화 등에 따라 댐 안전 위협요인이 증가되고 있는 실정으로 시설물 관리의 중요성이 대두되고 있다. 일례로 강우일수는 감소하는 반면 강우량

은 증가하는 등 강우강도가 커지고 있으며, 규모 2.0 이상의 지진 발생도 과거 78년~99년 평균 19회에서 최근 10년간 평균 44.5회로 2배 이상 커졌다. K-water가 관리중인 댐은 평균 25년이 경과되어, 노후화에 따른 대책 마련이 필요한 실정이다. 다목적댐의 경우 16개 중 4개

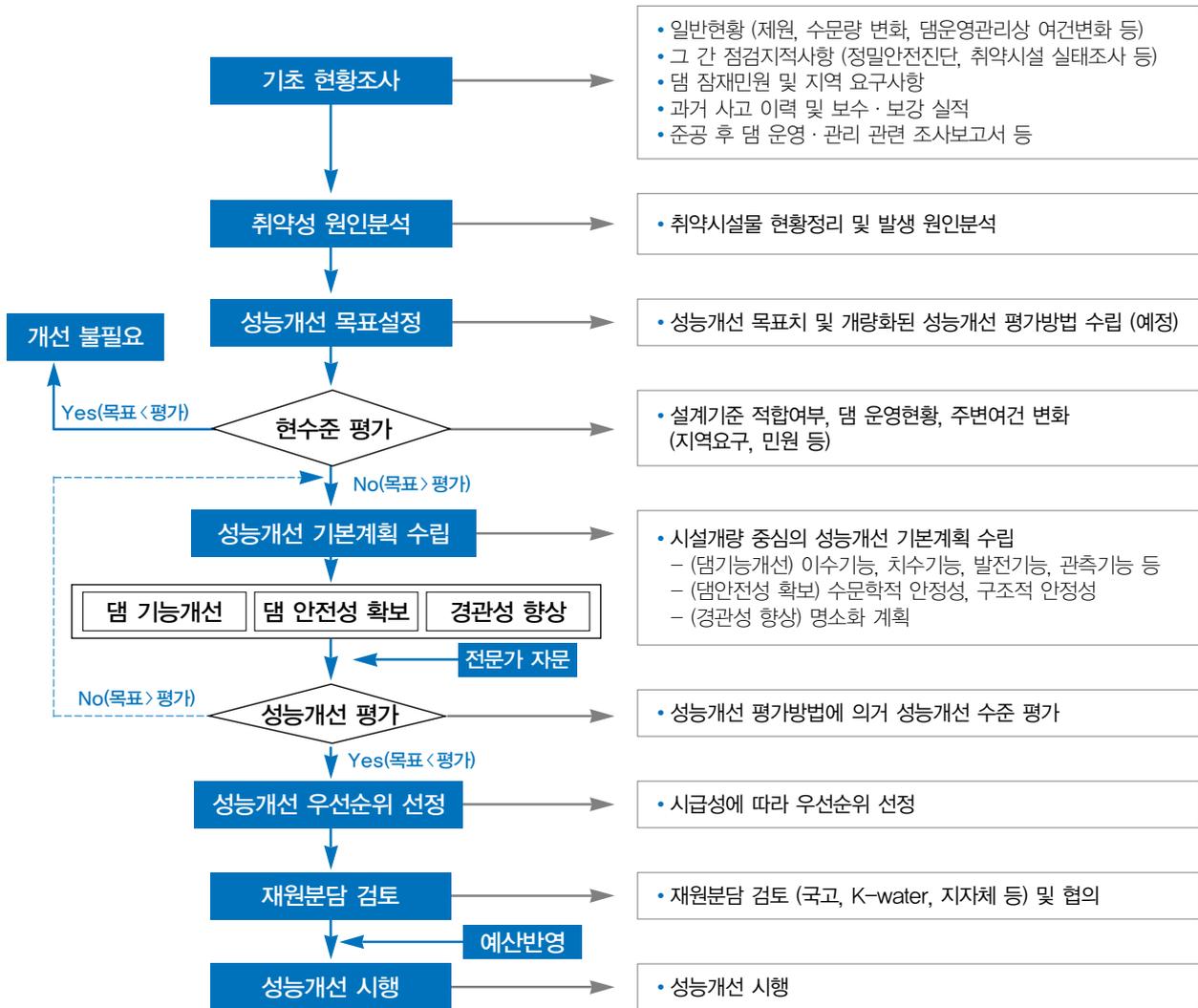


그림 1. 용수댐 성능개선 기본계획 수립 표준절차도(Process)



댐인 25%, 용수댐은 14개 중 7개 댐인 50%가 30년 이상 경과 되었다. 그러나 현재의 댐 유지관리는 단기적인 조치에 치우쳐 있는 실정으로, 현시점에서 댐 시설 전반에 걸친 점검을 통해 대책 마련이 필요하다. 댐은 구조적으로 안정한 시설물이거나, 문제 발생 시 사회, 경제적으로 미치는 파급효과가 막대하여 철저한 안전관리가 필요하다. 이에 따라, K-water에서는 노후댐 시설의 안정적 기능수행을 위한 성능개선 체계구축이 필요하게 되어, 수자원시설 안정화 사업을 추진하게 되었다. 그 일환으로 기존댐 시설개량중심의 성능개선 기본계획 수립을 금년('13년)에 추진하고 있으며, 다목적댐에 비해 상대적으로 취약한 용수댐 성능개선을 우선 추진하게 되었다. 기본계획 수립 후 우선순위에 따라 시설개량 등 용수댐 성능개선을 단계적으로 시행할 예정이다.

2. 용수댐 성능개선 추진방법 및 절차

성능개선 추진절차는 현황조사, 개선방안 검토, 성능개선 기본계획 수립 순으로 진행된다. 현황조사는 각 댐의 시설제원, 관리 및 운영 현황, 과거사고 및 보수이력 등에 대한 기초자료 조사와 취약시설 상세조사를 위한 현장조사를 통해 이뤄진다. 그리고 댐 고유기능인 취수안정성과 비상방류설비 관련 설계기준, 내진성능과 같은 댐 안전도 향상 방안, 그리고 경관 향상방안 등에 대한 안정성을 검토한다. 이러한 검토를 통해 본댐, 취수탑, 방류설비 등 댐별 성능개선 대상을 결정하고, 마지막으로 시설물 개선 계획을 수립하고 우선순위를 결정한 후 재원 및 투자계획을 수립하게 된다.

3. 댐의 고유기능 개선방안

용수댐 고유기능인 용수공급을 위한 시설인 취수탑은 다공식 독립탑 형식으로 설치·운영 중이다. 취수탑은 저

수지 내에 있고 대체 시설물이 없어 운영 중에 운휴가 불가능하여 관리중 대수선은 거의 불가능 하다. 특히 저수지 내 기계장치는 내구연한이 댐체보다 현저히 짧으므로, 이중화와 같은 안정적 운영여건을 확보하는 게 매우 중요하다. 따라서 안정적인 수량·수질 확보를 통해 취수 안정성을 유지하기 위하여 취수문비 등 구조 개선방안에 대하여 검토할 계획이다.

표 1. 취수문비 종류 및 특징

구분	측벽부 원형다단식	직선다단식
형상		
특징	<ul style="list-style-type: none"> · 최상단 유입구 임의 위치 설정 가능 · 표면/선택취수 용이 · 수밀확보 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 표면취수 용이 · 선택취수시 상층수 일부 혼입 · 가이드프레임 수밀성 불리
구분	반원형 다단식	다공식
형상		
특징	<ul style="list-style-type: none"> · 취수탑 규모 경제적 · 최상단 임의위치 설정 · 표면/선택취수 용이 · 가이드프레임 수밀성 불리 	<ul style="list-style-type: none"> · 표면취수 곤란 · 선택취수 용이 · 게이트 수밀확보 용이

4. 댐 안전도 향상 방안

4.1. 비상방류설비 방류능력 확보

비상방류설비는 댐체의 누수량이 많거나 계측기의 관측치가 예상 밖의 결과가 나타나는 경우, 또는 대규모 지진 발생과 같은 비상시에 점검 및 보수 목적으로 저수지를 비워야할 경우에 사용되며, 여수로 웨어마루 이하의 저류수를 가능한 빠른 시간 내에 안전하게 배제시킬 수 있는 시설물이다.

현재 우리나라의 댐은 이수 차원에서의 비상방류만 고려하고 있고, 비상시 방류(Outlet) 기능에 대한 고려는 미흡한 실정이다. 댐 건설당시에는 가배수터널 내 도수관로 위주로 고려되어, 적정 방류능력을 확보하기 위한 방류시설(터널, 암거, 파이프 등)이 부족하다. 따라서 긴급 수위저하 필요시 도수관로 허용용량 범위 내에서 수도용 이토밸브를 개방하여 소규모 물량만 배제 가능토록 설계되어있다. 기존 댐의 Case Study 및 해외 기준 분석을 통해 국내 댐에 적합한 저수지 수위 배제시간 기준을 수립하는 한편, 댐별 비상방류시설 설치 기본계획을 수립할 예정이다.

표 2. 비상방류시설 해외 관련기준

비상방류설비	관련기준	비고
미국	10~220일, 안전율, 위험도 분류, 사면안정성 등	USBR, FEMA, USACE, NewYork, Kentucky 등
일본	필댐 7~10일, CFRD 4일, 저하속도 1m/일 이하 등	하천관리시설 등 구조령 시행규칙, 하천사방기술기준
기타	호주(배제일수), 브라질 (댐위험도분류), 핀란드(0.35m/일)	(안), 시험담수 실시요령(안)

4.2. 댐체 안전 감시체계 고도화

댐 건설단계에서는 건설중 시공관리 및 준공후 유지관리 시 안전성 확보를 위해 많은 매설계기를 설치·운영한다. 하지만, 준공이후 시간경과에 따라 활용 가능한 댐

매설계기의 고장 및 신뢰성 저하 등으로 지속적인 계측관리 개선방안 수립이 요구되었다. 따라서 안정한 상태로 접어든 댐의 장기적인 안전관리를 위하여 주요 측정항목을 누수량과 외부변위로 선정하여 자동측정을 통해 지속적인 계측관리가 필요하다. 침투량 측정장치는 건설 당시 미설치 되었거나, 침투수량을 효과적으로 관리할 수 없는 구조로 설치된 경우가 있다. 이에 대하여 댐 축조단면 및 지형조건에 맞는 신규 공법을 고안할 예정이다. 또 다른 주요 측정항목인 외부변위는 콘크리트댐을 제외한 필댐에는 설치 운영 중이지만, 피복석의 풍화, 규격미달, 요철 등 노후화 그리고, 과도한 식생 등으로 육안관찰시 신규변형 방생여부를 인지하기 힘든 경우가 많다. 따라서 안정적인 댐 유지관리를 위해 구조검토 등을 통해 피복석을 재설치하고, 불필요한 식생을 제거하며, 3차원 스캐닝 등 선진화된 감시방법의 적용여부도 검토할 계획이다.



영천댐 상류사면 재시공('04) 안계댐 상류사면 재시공('05)

그림 2. 피복석 재시공 사례



그림 3. 3차원 스캐닝



4.3. 내진 안정성 확보방안

국내 지진은 국내 지진관측망의 발달과 더불어 90년대 중반부터 증가 추세이다. 이에 따라 정부차원에서 지진 재해대책법('11.12)이 제정되었고, 댐 설계기준이 개정되어, 강화된 지진계수의 도입과 보다 향상된 해석기법을 적용한 내진평가가 필요하다. 따라서 용수댐 댐체 건전성 조사 및 내진해석 물성과약을 위해 시추조사를 시행하고 있다. 시추조사는 각종 원위치 공내시험과 실내시험을 위한 시료 채취를 하며, 제체 훼손을 최소화하기 위

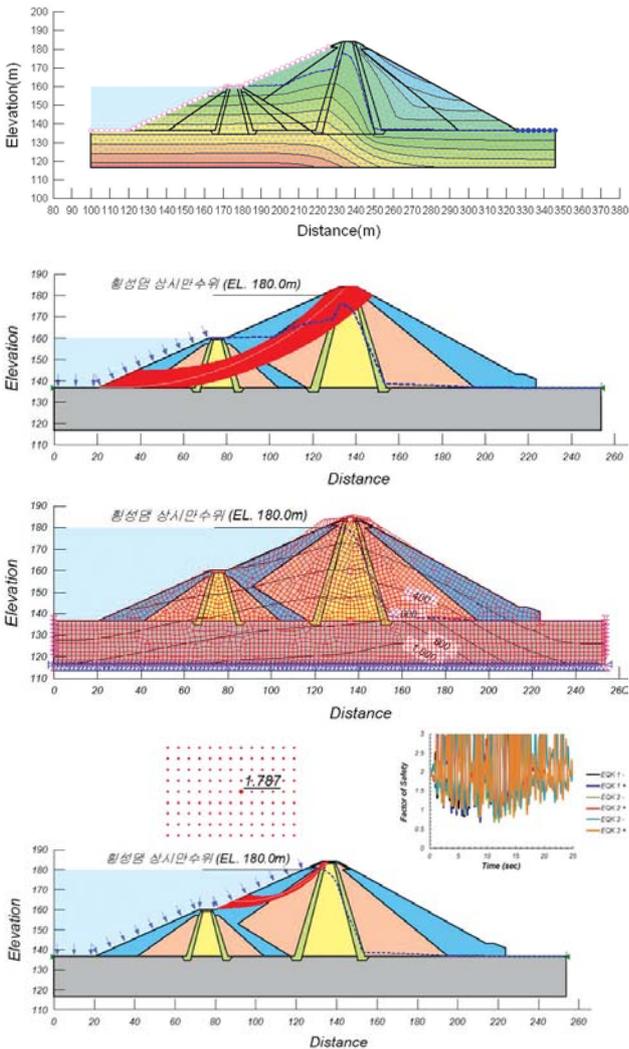


그림 4. 수위 급강하시 침투류 해석 및 사면안정해석 결과(예시)

하여 일반 수세식 보링과는 달리 작업수를 이용하지 않는 무수보링을 적용하고 있다. 무수보링은 물을 사용하지 않고 굴진하여 지반과 배럴·로드간 마찰저항, 선단 비트 마찰저항 등이 큰 영향을 미치므로 높은 토크의 시추장비를 사용한다. 시험 항목은 SPT, 다운홀, 밀도검층, 입도시험, 함수비, 실내 투수시험, 삼축 압축시험, 전기 비저항탐사 등이다. 이러한 과정을 통해 동적 전단탄성계수 등을 확보하고, 모델링을 통해 평시와 지진으로 인한 수위 급강하시 사면안정 해석과 침투해석을 통해 내진성능평가를 실시하여 취약부 보강 등을 시행할 계획이다.

5. 댐 경관성 향상

댐체는 거대 인공 구조물로서 주변 경관과 조화를 이루지 못하는 경우가 많다. 이중 댐 마루는 적색 계열의 포장재를 과다사용하고, 스테인리스 재질의 가로등과 휨스도 경관과 조화를 이루지 못한다. 산책데크, 휨스, 벤치 등 편의시설도 노후화 되었다. 따라서 댐별 여건을 고려하여 유형별로 분류하여 접근성, 이용성, 효율성, 경관성, 지속가능성을 평가하여 각 댐의 특성에 맞는 차별화된 개선방향을 모색 중이다. 이를 통해 댐주변 수변개발 계획을 반영한 상하류 공원 관리 및 개선방안을 수립하고, 댐 및 수면을 활용하여 주민들에게 친수 Amenity 공간을 조성하여 댐을 명소화하는 방안을 추진할 계획이다.



그림 5. 충주댐 호랑이 벽화(예시)

6. 결론

댐 붕괴 등 사고 발생 시에는 대체수원이 없어 장기간의 용수공급 중단, 댐 하류 침수피해 등 사회적인 파급효과가 매우 크다. 현재와 같은 일상적인 보수를 통한 단기적인 유지관리는 댐 안전관리에 한계가 있다. 따라서 K-water에서는 전체 용수댐을 대상으로 댐 및 부속시설의 기능성, 안정성, 경관성의 3가지 측면에서 종합적으로 검토하고 있으며, 이러한 성능개선을 통하여 용수공급의 안전성 등 수원지 시설의 안정화를 강화해 나갈 계획이다.

향후 본격적인 사업시행을 위한 제도적 근거를 마련하기 위하여 관련법령에 수자원시설물 관리계획 반영을 추진할 예정이다. 또한, 다목적댐을 대상으로 확대 시행하여 기본계획을 수립하고 단계적으로 사업을 시행할 예정이다. 이러한 노후댐 시설의 성능개선 체계를 구축하는 것은 시설물 고령화 및 기후변화 등에 대한 대응기술을 확보하여 지금까지의 사고 대응형 유지관리에서 예방형 유지관리로의 전환이 가능할 것이다.

