

운문댐 안전성 강화사업 건설공사의 소개



김문주 차장
대우건설

1. 사업추진 배경 및 목적

운문댐 안전성 강화사업 건설공사의 추진배경은 최근 빈번하게 발생하는 지진 및 이상 기후 등에 대비하기 위하여, 현 설계기준에 미흡한 댐 시설물인 운문댐의 비상방류시설의 신설 및 기존 취수탑의 내진 안전성을 확보하는 데 있다.

사업목적은 지진, 노후화, 누수, 균열 등의 비상시 댐 안전성을 위하여 기존여수로 마루고에서 저수위까지 수위를 낮추기 위한 신설 취수탑, 비상방류터널 등 신설비상방류시설의 공사와 및 기존 제1,2 취수탑에 대한 보강 공사로 이루어져 있다.



사업위치는 경상북도 청도군 운문면 대천리 일원이며, 사업기간은 착공일로부터 1,460 일이다.



운문댐의 유역면적은 301.3km²이며, 댐형식은 중심코어형 사력댐이다. 운문댐 및 기존 1,2 취수탑의 전경 및 주요제원은 아래에 제시되어 있다.

구분	단위	제원
유역면적	km ²	301.3
댐형식	-	중심코어형사력댐
댐마루고	EL.m	155.10
댐규모 (길이/높이)	m	407/55
상시만수위	EL.m	150.00
계획홍수위	EL.m	152.60
총저수용량 (유효저수용량)	백만 m ³	135.30 (126.20)
홍수조절용량	백만 m ³	23.50
용수공급량	백만 m ³	162.40
기존여수로	-	L=200m
여수로배수문	m	B6.0×H6.0×2문
보조여수로	m	B13.1×H12.5×4문

본 과업인 운문댐 안전성 강화사업 건설공사의 조감도 및 주요 시설현황은 아래와 같다.



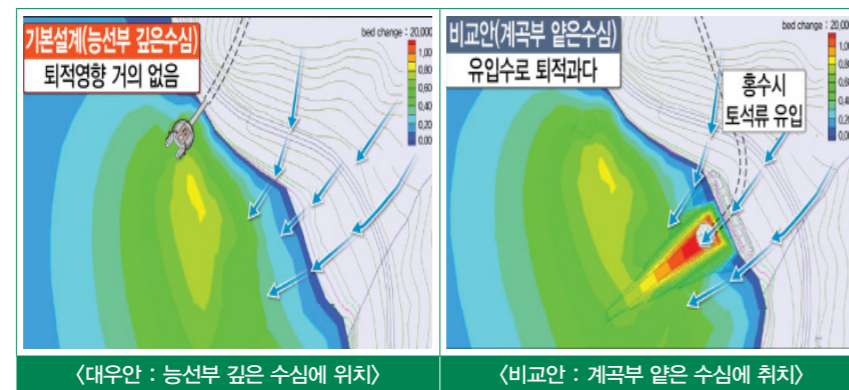
2. 설계 핵심사항

1) 깊은 수심에 위치한 취수탑

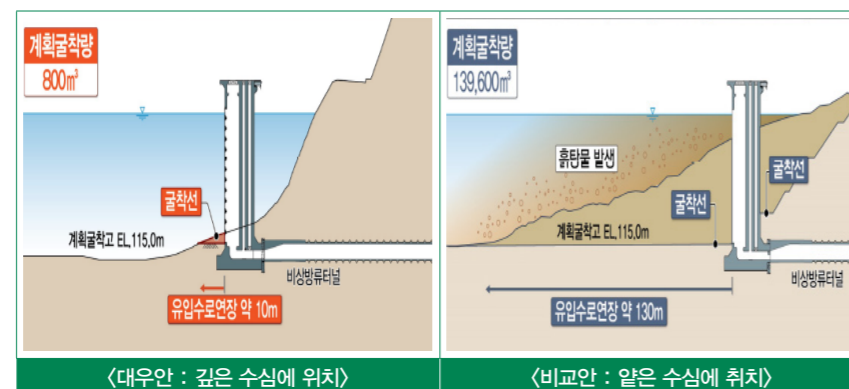
댐설계기준에서는 취수탑의 입지요건에 대해 아래와 같이 정의되어 있으며, 이에 대우 건설은 아래와 같이 반영하였다.

〈댐설계기준〉	〈금회 반영사항〉
① 필요수량을 모두 취수할 수 있고, 그 조절이 쉬운 곳	① 깊은 수심에 위치 (얕은 수심은 수중굴착이 많아지며, 향후 폐색 위험)
② 부유물 및 토사의 유입이 적은 곳	② 능선부에 위치 (계곡부는 부유물 유입, 토사퇴적)
③ 취수구 몸체를 지지할 수 있는 지반 조건을 가진 곳	③ 양호한 임반(보통암)에 위치
④ 유지관리가 편리한 곳	④ 깊은 수심, 능선부에 위치(준설 불필요)
⑤ 유수에 의한 진동 또는 진공이 발생하지 않는 구조로 할 것	⑤ 3차원 수치해석으로 수리적 안정 검증

대우건설은 부유물 유입 및 토사퇴적이 적은 능선부에 취수탑을 계획하여, 양질의 용수 공급 및 준설 불필요로 유지관리가 용이토록 설계하였다.



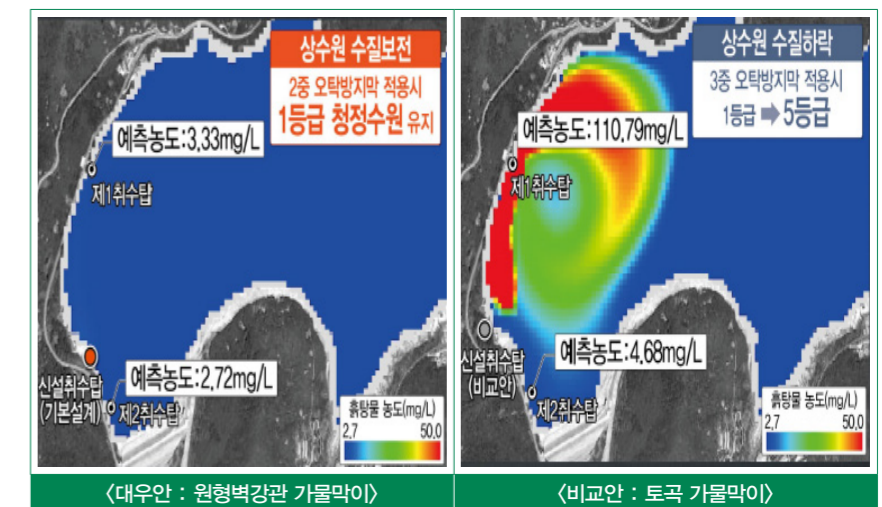
대우건설은 수중굴착을 최소화한 깊은 수심에 취수탑을 계획하여, 환경훼손의 최소화 및 흙탕물 오염없는 원수 공급이 가능토록 설계하였다.



2) 원형벽강관 가물막이

대우건설은 상수원 보호구역내 흙탕물 발생이 없는 원형벽강관 가물막이 공법의 적용으로 공사중 내내 맑은 물을 공급토록 하였습니다.

토공으로 가물막이를 설치할 경우, 3중 수치해석결과 오탁방지막을 설치하여도 제1취수탑은 부유물질량이 110.79mg/L로 수질등급이 5등급으로 하락하는 것으로 나타났습니다. 반면에 원형벽강관 가물막이 설치시 제1취수탑 및 제2취수탑 모두 1등급을 유지하는 것으로 나타났습니다.

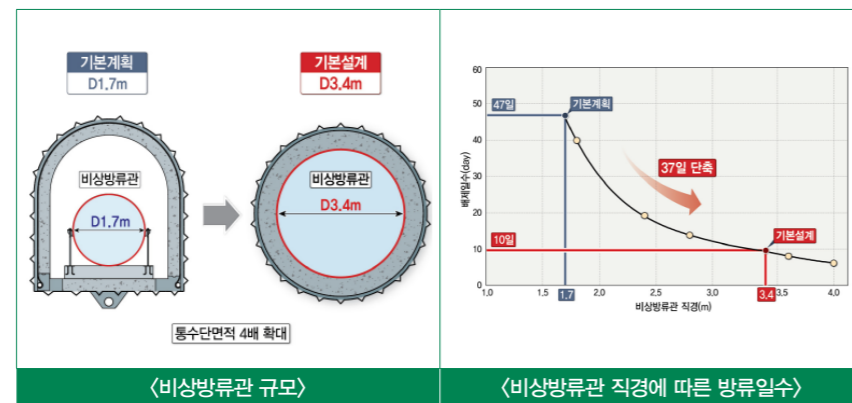


토공 가물막이를 적용할 경우 흙탕기량은 약 288,000m³에 달해 대규모 흙탕물의 발생이 불가피하나, 대우건설은 벽강관 가물막이의 적용으로 운문호 내에 흙탕기량을 제로화하여 흙탕물 발생을 획기적으로 감소시켰습니다.

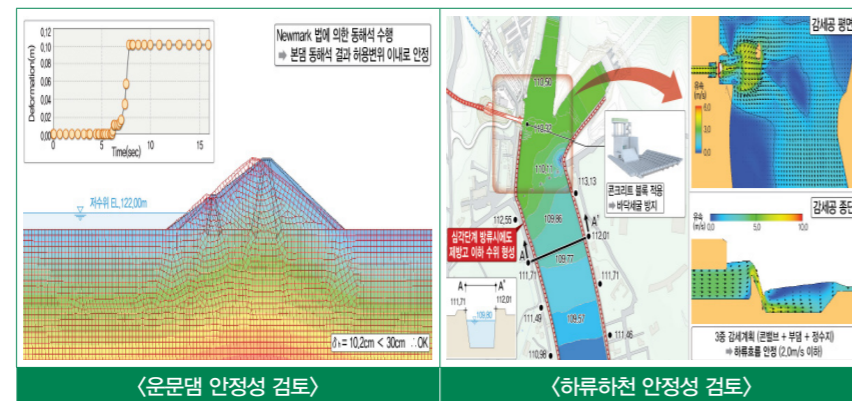


3) 직경 3.4m의 비상방류관

설계기준 검토결과 “비상방류시설 규모산정기준(2013)”에서는 방류일수를 40~50일로 규정하고 있으며, 댐설계기준에서는 댐높이의 25% 구간에서 방류일수를 60~80일로 규정하고 있다. 다만 두 설계기준 모두 최대한 크게 계획하여, 가능한 단기간에 배제하는 것이 바람직하다고 권장하고 있다. 이에 대우건설은 설계기준 및 운문댐 보수이력을 고려한 단계별 운영계획을 수립하였으며, 심각단계시 직경 3.4m의 비상방류관으로 10일 이내 완전 방류가 가능토록 설계하였습니다.



대우건설은 관심단계, 주의단계, 경계/심각단계별로 3단계별 운영계획을 수립하여, 상황에 맞게 비상방류시설을 운영할 수 있는 가이드라인을 제시하였다. 또한 심각단계에 해당하는 10일 이내 방류시 댐 제체, 저수지 비탈면, 하류하천에 끼치는 영향을 모두 분석하여 안정성을 검증하였다.



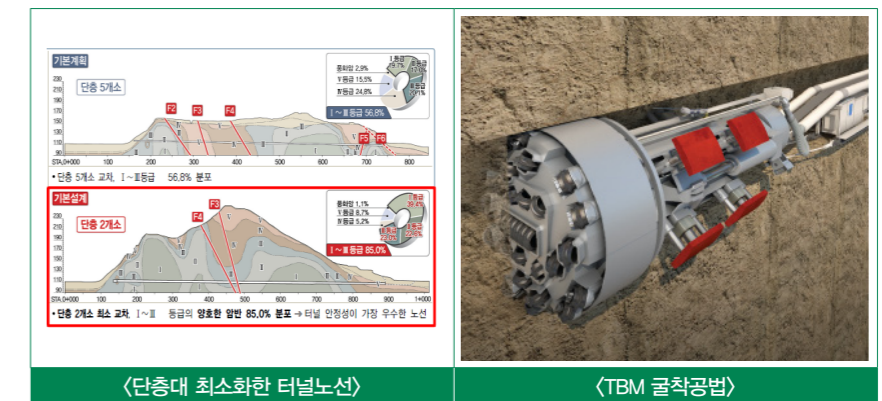
특히 심각단계시에도 하류하천인 동창천으로 방류시 무피해 방류량(1,965m³/s)이하로 방류토록 계획하였으며, 이때 동창천의 유속은 2m/s 이하로 감세공의 감세효과 및 하류 하천의 안정성을 확보토록 계획하였다.

4) TBM공법 적용

운문댐은 누수로 인해 댐 전체를 보강한 25년된 필 댐으로, 비상방류시설의 공사시 운문댐의 진동영향을 원천배제하는 것이 매우 중요하다. 이에 대우건설은 운문댐과 비상방류터널의 이격거리를 188m로 확대(기본계획시 38m)로 확대하여 터널공사시 운문댐에 미치는 진동영향을 최소화하였다. 또한 기본계획에 적용된 NATM 공법이 아닌 TBM공법을 적용하여 운문댐에 미치는 진동영향을 원천배제토록 설계하였다.

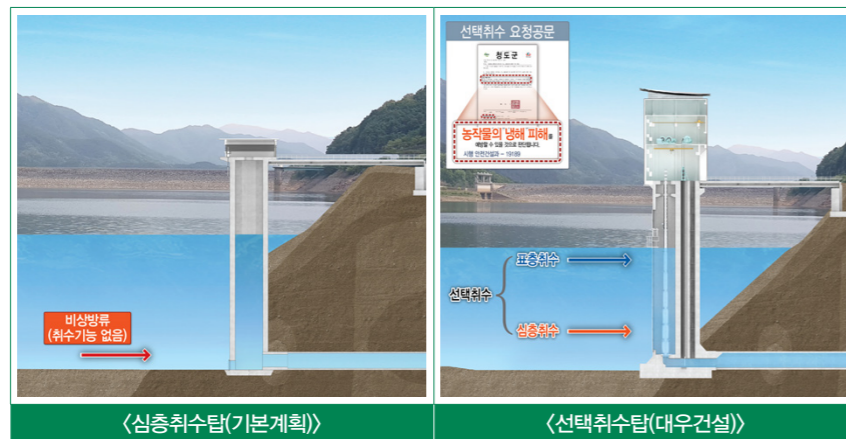


또한, 운문댐 주위에 위치한 단층대와 터널구간의 교차를 최소화하여, 공사 및 운영시 비상방류터널의 안정성을 최대한 확보하였다. 또한 TBM 굴착공법의 적용으로 공사시 지반이완을 최소화 하였으며, 기계화 시스템 구축으로 굴착 및 버력처리 효율성을 증진토록 설계하였다.



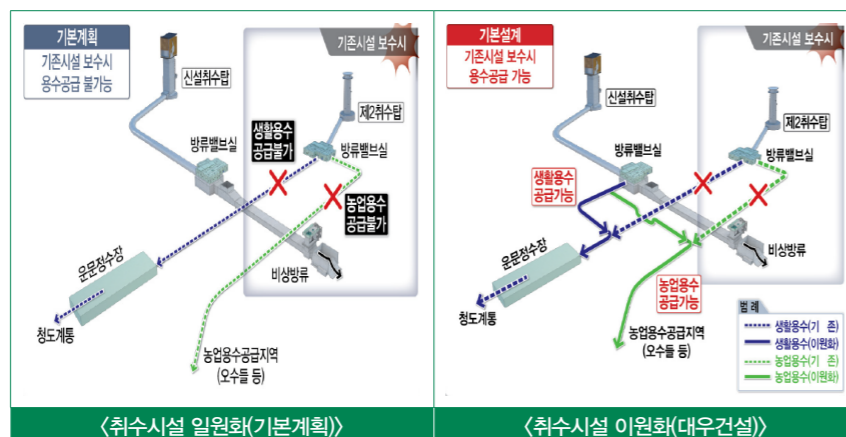
5) 선택취수 설비 도입

기본계획상의 신설 취수탑은 고정식 게이트 형식으로, 심층취수 방식에 의한 비상방류만 가능하였다. 이 방식은 양질의 원수공급이 불가능하며, 하류 농업용수 공급지역에 냉해를 유발할 단점이 있었다. 이에 대우건설은 신설 취수탑의 설비를 원형다단식 게이트 형식을 도입하여, 선택취수 방식에 의한 표층 취수 및 심층 취수가 가능토록 하였다. 이 결과 양질의 원수공급이 가능하고, 하류 농업용수 공급지역에 발생할 수 있는 냉해를 방지토록 하였다.



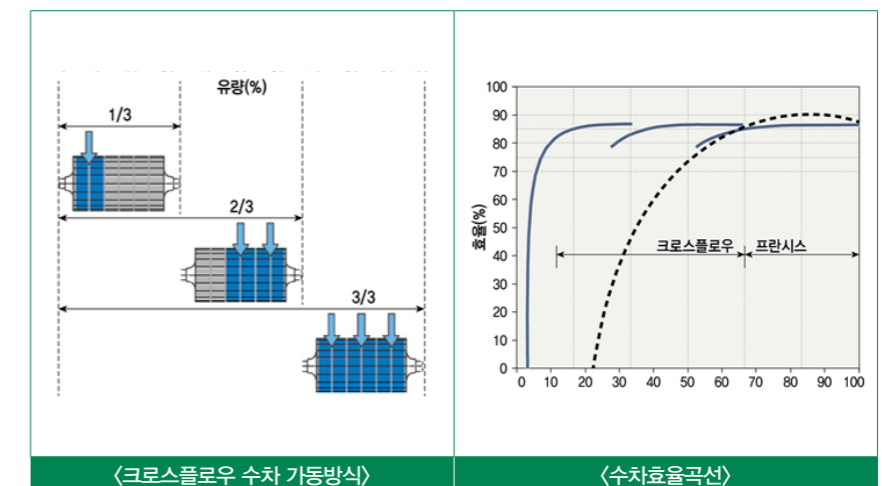
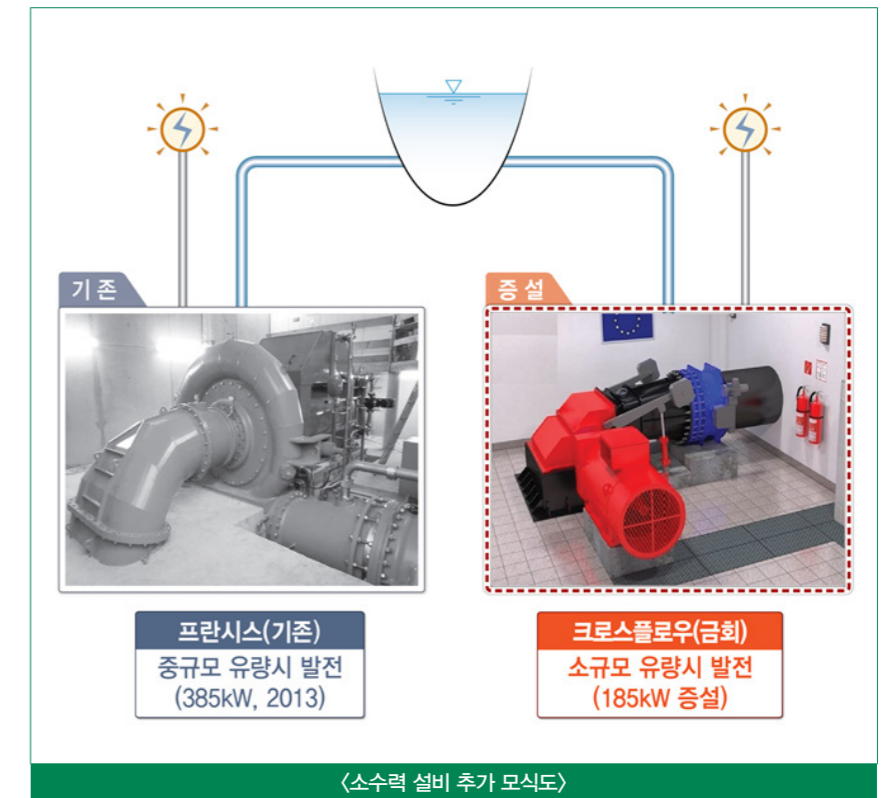
6) 취수시설 이원화

기본계획상의 신설 취수탑은 비상방류 기능만 있어, 기존 제2취수탑 및 터널의 유지보수시 청도방면으로 생활용수 및 농업용수의 공급이 불가능한 단점이 있었다. 이에 대우건설은 신설 취수탑에 비상방류 기능외에 생활용수 및 농업용수의 공급기능을 추가하여, 기존 제2취수탑 및 터널의 유지보수시에도 청도방면으로 생활용수 및 농업용수의 공급이 가능토록 하였다.



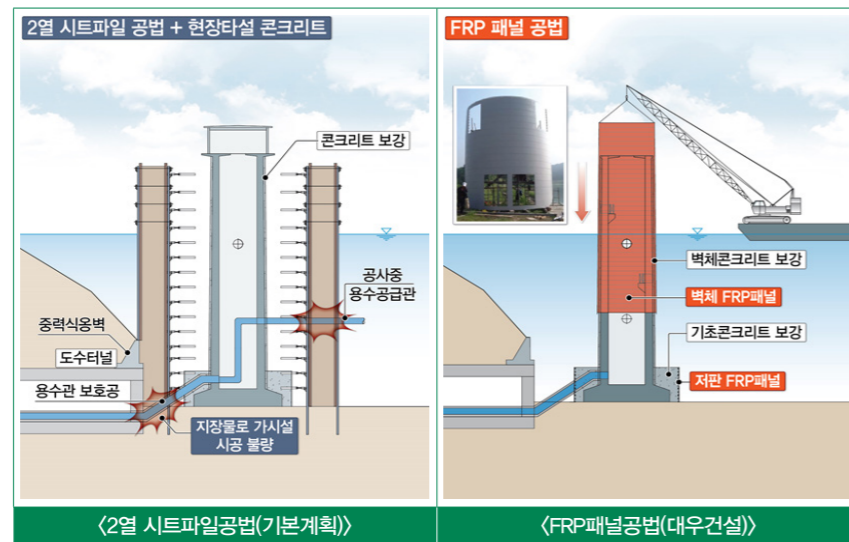
7) 소수력설비 추가 설치

기존 제2취수탑에 설치된 프란시스 수차는 중규모 유량에 대해서는 효율이 우수하나, 소규모 유량(0.56m³ 이하)에 대해서는 발전효율이 떨어지는 단점이 있었다. 이에 대우건설은 소규모 유량에도 발전효율이 우수한 크로스플로우 수차를 추가 증설토록 하였다. 그 결과, 연간발전량이 기존 491MWh에서 634MWh로 약 143MWh로 29% 증가되었다.

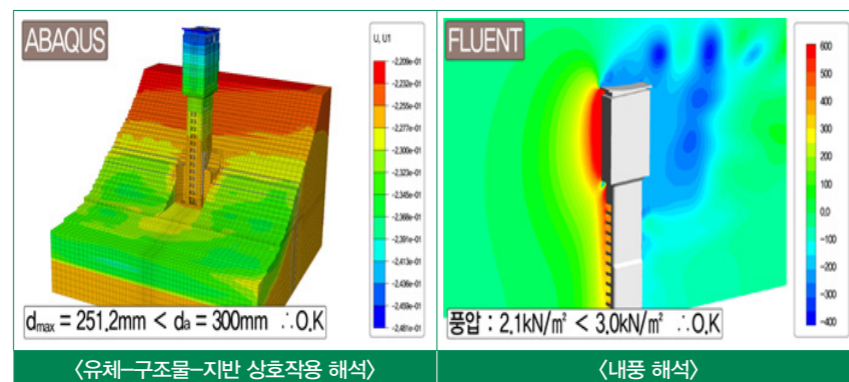


8) FRP 패널공법을 통한 기존취수탑 내진보강

기본설계는 기존 제1,2 취수탑 보강시 2열 시트파일공법을 적용토록 되어있다. 그러나, 이 공법은 기존 제1, 2 취수탑의 지장물과의 간섭에 의해서 완벽 치수가 불가능하며, 누수에 의한 공기지연 및 안전사고 발생이 우려되는 단점이 있었다. 이에 대우건설은 가물막이가 필요없이 기존취수탑 내진보강이 가능한 FRP공법을 도입하여, 누수에 의한 작업자 위험을 배제하였을 뿐만 아니라, 공기단축도 실현가능토록 하였다.



또한, 기본계획에선 내진보강개념으로 기존 취수탑 보강계획을 재현주기 500년의 내진 II 등급으로 결정하였다. 그러나, 대우건설은 한반도에 지진발생이 증가하고 신설된 내진 설계기준공통을 적용하여, 재현주기 2,400년의 내진특등급으로 기존 제1,2 취수탑을 보강하였다. 또한, 유체-구조물-지반 상호작용(FSSI)해석 및 내풍(CFD)해석 및 수화열 해석 등을 실시하여, 내진안전성 확보, 설계풍하중의 적정성 검토 및 균열에 대한 안전성도 확보토록 하였다.



3. 맺음말

대우건설은 운문댐 안전성강화사업 건설공사의 설계컨셉으로 더 깨끗하고 더 안전한 운문댐을 만들자는 의미를 담고있는 “운문 the pure & the safe”으로 결정하였다.

“운문 The pure”의 설계컨셉은 능선부, 깊은 수심의 취수탑 계획과 원형벽강관 가물막이 공법으로 구체화 되었다. 첫째, 능선부, 깊은 수심의 취수탑 계획으로 양질의 용수공급, 유지관리성 향상, 환경훼손 최소화를 실현토록 하였습니다. 둘째, 흠탕물 없는 원형벽강관 가물막이 공법의 도입으로, 공사중 내내 맑은 물을 공급토록 하였습니다.

핵심1 능선부, 깊은 수심의 취수탑 계획으로 양질의 용수공급, 유지관리성 향상, 환경훼손 최소화를 실현했습니다.

핵심2 흠탕물 없는 원형벽강관 가물막이 공법으로 공사중 내내 맑은 물을 공급하겠습니다.

“운문 the safe”의 설계컨셉은 직경 3.4m의 원형벽강관과 TBM공법으로 구체화 되었다. 첫째 직경 3.4m의 비상방류관으로 비상시 운문호의 물을 10일 이내 완전 방류토록 하였습니다. 둘째, 이격거리 확대 및 단층영향을 최소화한 선형 계획 및 TBM공법의 도입으로 운문댐에 미치는 진동영향을 원천배제토록 하였습니다.

핵심3 직경 3.4m의 비상방류관으로 10일 이내 완전 방류토록 했습니다.

핵심4 이격거리 확대, 단층영향 최소화 선형계획과 TBM공법으로 운문댐에 진동영향을 원천배제 했습니다.

대우건설은 위의 4가지 핵심설계사항을 토대로 더 깨끗하고 더 안전한 운문댐을 만들기 위해 최선을 다하겠습니다.

감사의 글

본 연구는 운문댐 안전성 강화사업 건설공사(한국수자원공사)의 일환으로 수행되었습니다.