



02



보현산 다목적 댐의 ELCM 공법 적용

Application of ELCM Method in Bohyeonsan Multipurpose Dam

김용직 Yong-Jic Kim
(주)대우건설 토목연구팀
선임연구원

김영진 Young-jin Kim
(주)대우건설 기술연구원
부원장

박천우 Chun-Woo Park
(주)대우건설 보현산댐
현장 공사차장

박종남 Jong-Nam Park
(주)대우건설 보현산댐
현장소장

1. 머리말

보현산다목적댐 건설 사업은 금호강 유역(영천시, 경산시)의 물 부족에 대한 안정적 대처와 유역내 홍수피해 경감, 보현산과 연계한 관광자원 개발로 지역경제 활성화를 도모하는데 그 목적이 있다<그림 1>. 본 댐의 형식은 양호한 기초조건과 구조적으로 가장 안전한 콘크리트 중력식댐으로 채택하였으며, 본 댐의 타설 공법은 공사의 시급성, 경제성 및 시공성을 고려하여 수평레이어 타설 공법인 ELCM(Extended Layer Construction Method)으로 시공하였다. 주요시설 개요는 <표 1>과 같다.

2. 주요 공종

2.1 ELCM(확장레이어 공법)

ELCM은 RCD 공법과 같이 종래의 중력식 콘크리트 댐에 요구되는 기능, 품질, 안전성 등을 저하시키지 않고 시공방법을 합리화시키는 것이 목적이다. 종래의 블록 타설 공법을 댐축방향으로 확장하고 복수 블록을 한 번에 타설하여 타설구획 내 횡이음을 타설 후 또는 타설 중에 설치하는 공법으로 안전성이 우수하고 연속 시공할 수 있는 공법이다. 시공방법은 유슬럼프 콘크리트를 크레인 등으로 댐 제체 위까지 운반하고 타설구획 내 타설 장소까지 덤프트럭 또는 버킷으로 운반한 것을 내부 진동기를 이용하여 1층씩 다진다.

2.1.1 주요특징

- 1) 저슬럼프 콘크리트로 단위 시멘트량이 적다.
- 2) 콘크리트 타설은 댐축 방향에 수 블록을 한 번에 타설하는 확장



그림 1. 보현산 다목적 댐

표 1. 주요시설 개요

<p>(1) 본 댐</p> <ul style="list-style-type: none"> • 위치 : 경상북도 영천시 화북면 입석리 • 형식 : 아치형 콘크리트 중력식댐 • 길이 : 250,0m • 높이 : 58.5m • 댐 마루고 : EL.241,0m 	
<p>(2) 여수로</p> <ul style="list-style-type: none"> • 최대방류량 : 838.4 m³/s(최고수위 시) • 수문 : Radial Gate(B7.5 m×H7.0 m×2문) • 월류부규모 : 115 m(7.5 m×2(문비식)+25 m×4(무문식)) • 웨어마루고 : EL.234.5 m(문비식)+EL.238.5 m(무문식) • 감세형식 : 측수로형 + 정수지형 (L=102.1m, B=17.5 m) 	
<p>(3) 유수전환</p> <ul style="list-style-type: none"> • 설계홍수량 : 221.6 m³(10년 빈도) • 형식 : 전면가물막이 + 제내가배수거 • 상류가물막이 : 콘크리트 중력식댐 (마루고 : EL.199.3 m) • 하류가물막이 : 균일형 흙댐 + 표면차수 (마루고 : EL.186.3 m) • 가배수거 : 폭 5.0 m, 높이 5.0 m, 길이 300.0 m 	
<p>(4) 취수 및 방류설비</p> <ul style="list-style-type: none"> • 형식 : 측벽 원형다단식 실린더 게이트 • 취수량 : 0.62 m³/s • 취수범위 : EL.206.5 m ~ EL.236.0 m • 문비규모 : Ø0.7 m ~ Ø1.5 m × H39.48 m × 5단 • 방류관 : D0.8 m(SM400B, 제트플로우 게이트) 	
<p>(5) 비상방류설비</p> <ul style="list-style-type: none"> • 형식 : 가드 게이트 + 제트플로우 게이트 • 설치표고 : EL.200.7 m • 방류관 : D1.4 ~ 1.65 m • 재질 : SM 490B 	
<p>(6) 소수력발전소</p> <ul style="list-style-type: none"> • 시설용량 : 170 kw • 연간발전량 : 1,391 MWh • 유효낙차 : 43.42 m • 사용수량 : 0.47 m³/s • 발전설비 : 프란시스 수차 + 유도발전기 	

레이어 방식이다.

- 3) 리프트 높이는 0.75 m 또는 1.5 m에 준한다. 1.5 m인 경우에는 하층 다짐 후 타설 제한 시간 내에 상층 다짐을 하는 추적 2층 타설을 한다.
- 4) 콘크리트 운반은 B/P에서 제체까지는 타설설비 또는 덤프트럭 직송방식으로 운반하고, 제체 내는 덤프트럭 또는 버킷으로 한다.

- 5) 콘크리트 펴고르기는 타설면에 직접 덤핑 또는 버킷에서 방출한 콘크리트를 1층 0.75 m(펴고르기 후 두께)가 되도록 정형한다.
- 6) 횡이음 설치에서 댐축방향 간격은 15 m를 원칙으로 하며, 콘크리트 펴고르기 후 진동줄눈절단기로 조성한다. 또한 마감부는 마감형틀을 설치한다.
- 7) 콘크리트 다짐은 내부 진동기를 장치한 탑재형 내부진동기로 실시한다.
- 8) 마감줄눈 처리는 일반적으로 타설면이 넓고 평탄한 점을 고려하여 고압 세정기 등으로 효율적으로 행한다.

2.1.2 타설 순서

- 1) 타설면 청소(Green Cut)
 - 그린 컷 장비 또는 워터 젯을 활용
 - 봄, 가을 12 ~ 36시간, 여름 6 ~ 24시간, 동절기 20 ~ 48시간내에 실시(레이턴스 제거)<사진 1>
- 2) 모르타르 부설<사진 2, 3>
 - 암착부 2 cm, 콘크리트 타설면 1.5 cm으로 1 m³/회 시공
- 3) 콘크리트 부설
 - D/T를 이용한 콘크리트 부설은 추적 2층법으로 부설
 - 1단은 2단보다 1 m 나와 있어야 함
- 4) 콘크리트 정형
 - B/H를 이용하여 콘크리트 정형
 - 1단 높이는 75 cm
- 5) 콘크리트 다짐<사진 4, 5>
 - Vi-Back 및 봉 다짐을 이용한 다짐 시행
 - Vi-Back 봉 길이를 고려하여 아랫단 다짐 시행 후 윗단부설

- 6) 줄눈 시공
 - 진동줄눈 삽입기를 이용한 아연도 강판 (t=0.27 mm) 시공
 - 아연도 강판(t=0.27 mm) 설치간격은 10 cm
 - 본 댐 외부는 줄눈강판(t=2.7 mm) 시공



사진 1. 타설면 청소 작업 전경



사진 2. 모르타르 부설



사진 3. 콘크리트 부설



사진 4. 콘크리트 정형



사진 5. 콘크리트 다짐

2.2 본댐 온도규제 방안

2.2.1 현황 및 특성

콘크리트 중력식댐은 항상 물과 접하는 구조물의 특성상 수밀성 확보 및 균열제어에 대한 검토가 필요하다. 장기간에 걸친 콘크리트 타설 및 대규모 단면에 따른 콘크리트 배합 및 타설조건 등을 고려하여 수화열 해석을 수행한 후 온도균열을 예방할 수 있는 최적의 시공방안 수립이 필요하다.

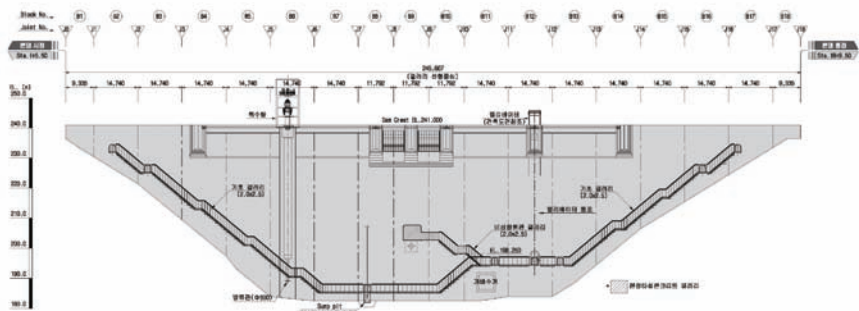
본 설계에서는 수화열로 인한 온도균열을 제어할 수 있도록 최적의 콘크리트 배합설계 및 시공방법을 결정하고, 대규모 단면의 수화열에 대한 검토를 위해 시공 중뿐 아니라 수화열 발산기간을 고려한 장기(10년)간의 수화열 영향을 검토하였다.

2.2.2 시공시 예상 문제점

- 1) 영천 지역 하절기 평균기온 25℃(최고 39.4℃)로 매우 높음
- 2) 콘크리트 타설시 수화열에 의한 불규칙한 온도균열 발생
- 3) 콘크리트 배합(시멘트 선정) 오류에 따른 수화열 상승
- 4) 온도관련 계측기 설치 오류에 따른 부정확한 정보 전달
- 5) B/P 서중 생산 설비 부적합에 따른 콘크리트 온도 상승

2.2.3 적용 실적

- 1) 프리쿨링 실시: 비빔수 냉각(지하수사용, 냉각플랜트), 스톡빈 골재 냉각(살수, 지붕덮개), 조정빈 내 외부 살수(지하수, 모래의 수침냉각) 등
- 2) 콘크리트 타설시 적당한 간격으로 블록을 나누어 이음매를 둠으로써 불규칙한 온도균열 발생을 방지
- 3) 발열량이 작은 시멘트 사용 및 단위 시멘트량을 최소화하는 배합선정
- 4) 댐체 내부의 계측(온도계, 무응력변형률 측정계)을 통한 콘크리트 내부수화열, 수화열에 의한 콘크리트응력을 측정하여 지속적 관찰 및 대응
- 5) 하절기 온도대책: 야간타설, 비빔수 냉각, 골재 냉



거푸집 조립	철근 조립	콘크리트 타설	거푸집 탈형	표면 세척	양압력 올	운송 및 아차
갤러리 거치	지수재 접합	배수관 연결	고유동콘크리트타설	신축이음부 시공	전시용갤러리연결부	갤러리 입출구

그림 2. 시공순서


각, 냉각 설비 등을 실시함

- 6) 동절기 온도대책 : 치기온도 5℃ 이상 유지 및 동절기 양생 온도 유지

2.3 조립식 갤러리

콘크리트댐의 댐체 내에 갤러리를 설치하여 공사 중에는 그라우팅 작업, 게이트 설치작업, 기초배수공 설치 작업, 전기기기의 배선, 제측기기 설치 등의 작업공간으로 활용하고, 공사 후에는 방류설비의 조작, 각종 배수시설 및 매설계기설치, 제체점검 등의 통로로 이용한다. 보현산다목적댐에서는 기초 배수공의 설치, 누수량 측정 및 제외배수, 제체점검 등의 목적으로 기초갤러리를 설치하였고, 내방객을 위한 전신통로의 목적으로 전시용갤러리를 설치하였다. 기초갤러리는 외부에서 프리캐스트 (precast)로 제작, 운반하여 설치하였으며, 전시용갤러리 및 기초갤러리 접속부는 현장에서 거푸집을 제작 설치하여 현장 타설하였다<그림 2>.

3. 맺음말

보현산다목적댐은 금호강유역에 안정적으로 물을 공급하고, 전력을 생산하며, 홍수를 조절과 관광자원으로 가치를 높이기 위해 건설되는 경관이 수려한 국내최초 아이치형 콘크리트 중력식 댐으로써 별의 도시 영천의 이미지를 담아 수자원의 소중함을 느낄 수 있는 ‘물’, 생명이 살아 숨쉬는 ‘자연’, 그리고 교류와 화합을 꿈꾸는 ‘사람’을 테마로 한 새롭고 독특한 관광 및 휴양 시설이 될 것입니다. 또한, 생태정화습지, 수중폭기시설 및 선택적 취수탑 등 단계별로 이어지는 수질 중점관리 대책으로 금호강에 맑고 풍부한 물을 흘려보내고, 특히 건강한 생태환경을 위한 생태정화습지는 자연의 소중함을 일깨우는 생태학습의 장이 될 것 입니다. 별이 그린 숲속 갤러리, 물과 자연, 사람이 함께하는 조화로운 공간, 이곳에서는 누구나 물과 친해지며 자연과 어우러지고 사람과 소통하게 될 것입니다. 

담당 편집위원 : 최규용(삼성물산(주)건설부문) kyuyong.choi@samsung.com



김용직 선임연구원은 한양대학교 토목공학과에서 고강도 경량 자기충전콘크리트에 관한 연구로 박사학위를 취득한 후 캐나다 라이어슨대에서 Post Doc.을 마치고 2008년부터 (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀에 재직하고 있다. 주 관심 연구 분야는 고성능콘크리트, 친환경건설재료, 콘크리트의 유변학적 성상 등이다.
yongjic.kim@daewoenc.com



김영진 부원장은 연세대학교 토목공학과에서 반복하중을 받는 RC휨부재의 비선형해석에 관한 연구로 박사학위를 취득한 후, 1992년부터 (주)대우건설 기술연구원에서 토목연구팀장을 거쳐 부원장으로 재직하고 있다. 주 관심 연구 분야는 프리캐스트 조립식 급속시공 교량, 저탄소시공시스템, 콘크리트 내구성 분야 등이며, 현재 한국구조물진단유지관리공학회 부회장 및 우리 학회 감사를 맡고 있다.
youngjin.kim@daewoenc.com



박천우 차장은 서울시립대학교 토목공학과에서 학사학위를 취득한 후 1997년부터 17년간 (주)대우건설의 고속도로, 상하수도 및 댐 등 여러현장을 두루 거쳤으며, 현재 보현산다목적댐에 재직하고 있다. 주 관심 분야는 댐 및 상하수 등 물 관리 사업 등이다.
chunwoo.park@daewoenc.com



박종남 부장은 인하대학교 토목공학과에서 학사학위를 취득한 후 1989년부터 26년간 (주)대우건설의 여러현장을 두루 거쳤으며, 현재 보현산다목적댐 현장소장으로 재직하고 있다. 주 관심 분야는 Hybrid댐으로서 CFRD형식의 라오스 수력발전댐, 군위다목적댐, CGD형식의 보현산다목적댐 등을 시공하였다.
jongnam.park@daewoenc.com