



# 한탄강 홍수조절 댐 건설공사

## Construction of Hantan River Flood Control Dam

**노승규** Seung-Kyu No  
대림산업(주) 한탄강댐 현장  
현장소장

**김형찬** Hyung-Chan Kim  
대림산업(주) 한탄강댐 현장  
공사팀장

**정경구** Kyung-Ku Jung  
대림산업(주) 한탄강댐 현장  
공사과장

**김태홍** Tae-Hong Kim  
대림산업(주) 기술개발원  
토목연구지원팀 선임연구원

### 1. 머리말

경기북부지역의 수해 예방을 위해 임진강 유역에 한탄강 홍수조절 댐을 건설하고 있다. 한탄강 홍수조절 댐의 유역은 전체 면적의 31.3%(400.0 km<sup>2</sup>)가 북한지역에 속해 있고, 나머지 68.7%(879.0 km<sup>2</sup>)는 남한에 속해 있는 지정학적 특성을 갖고 있다. 최근 북한은 2007년부터 담수를 시작한 것으로 추정되는 황강댐과 4개의 중소규모 댐을 통해 3~4억 m<sup>3</sup>의 물을 직접 관리할 수 있는 능력을 갖추게 되었다. 이들 임진강 북부의 북한 댐들에서 홍수기 급작스럽게 방류할 경우 한탄강댐에서는 임진강의 본류로 유입되는 유수를 최대 2.7억 m<sup>3</sup>까지 가둬으로써 경기북부지역의 홍수피해를 예방할 수 있다(그림 1~2).

- (1) 하천명 : 한탄강 본류(임진강의 제1지류)
- (2) 위치 : 경기도 연천군 연천읍 고문리
- (3) 형식 : 콘크리트 중력식 댐(국내 최초 RCD 공법 적용)
- (4) 제원 : 높이 83.5m, 길이 690.0m, 축조량 70.9만 m<sup>3</sup>(홍수조절용량 2.7억 m<sup>3</sup>)
- (5) 수문 : 상용여수로 2문, 비상여수로 5문, 배사문 2문, 생태통로 4문



그림 1. 한탄강 홍수조절 댐 유역도



그림 2. 한탄강 홍수조절 댐 조감도

## 2. 주요공법 및 시공사례

### 2.1 국내 최초 RCD 공법

국내에서는 처음으로 적용되는 RCD(Roller Compacted Dam) 공법은 콘크리트 중력식 댐의 일종으로 RCCD(Roller Compacted Concrete Dam)의 단점을 보완하여 일본에서 개발되었다. 콘크리트 댐은 과거 협곡에 아치 형태로 건설됨으로써 투입되는 재료를 혁신적으로 줄일 수 있어 경제성이 우수했다. 그러나 이러한 콘크리트 댐 건설은 지반이 양호한 지역으로 제한되고, 총 공사비 중 인건비의 비중이 늘어나게 되면서 경제적 이점이 점차 사라지게 되었다. 반면 장비를 이용한 필댐은 기계화 시공으로 공사비를 절감할 수 있으나 제체 내 여수로의 시공이 어렵고, 월류시 안정성이 콘크리트 댐에 비해 떨어진다는 단점이 있다. 이런 이유로 일본에서는 1974년 콘크리트 댐 시공 합리화 위원회(Committee for the Economical Construction of Concrete Dams)를 설립하고, 전통적인 공법보다 시멘트 사용량을 줄인 빈배합의 콘크리트를 Layer 방식으로 포설 후 진동롤러로 다져 시공하는 RCD 공법을 개발하게 되었다. 본 공법은 일본에서 현재까지 약 50여개의 댐에 적용되었고, 우리나라에서는 한탄강댐에 최초로 적용되고 있다.

RCD 공법의 재료적 특성을 살펴보면 플라이애시 치환비율이나 잔골재율에 있어서는 기존 공법과 큰 차이는 없으나 20% 정도 적은 단위수량과 시멘트량을 사용함으로써 수화열 발생을 줄이고, 균열발생 확률을 저감시킬 수 있다는 큰 장점이 있다. 또한 작업성 확인 시험에 있어 기존 콘크리트는 슬럼프 시험을 실시하지만 RCD 콘크리트는 슬럼프가 0에 가까운 된 반죽의 콘크리트를 사용하기 때문에 VC(Vibrating Compaction) Test를 사용한다. 이 방법은 VC 측정용기 안에 콘크리트를 채우고, 콘크리트에 진동을 가하여 시멘트풀이 표면에 부상하는 시간을 측정하는 것이다. 가로방향 줄눈은 균열발생을 저감시키기 위해 기존 콘크리트 댐과 같이 15m 간격으로 설치하나 기존 콘크리트 댐에서 15m마다 블록을 형성하여 시공줄눈을 만든

표 1. 전통적인 댐 콘크리트와 RCD 콘크리트 비교

구분	전통적인 댐 콘크리트	RCD 콘크리트
W(kg/m <sup>3</sup> )	105 ~ 115	80 ~ 105
CM(kg/m <sup>3</sup> )	130 ~ 160	110 ~ 130
FA 치환률(%)	20 ~ 40	
S/a(%)	25 ~ 30	28 ~ 34
G <sub>max</sub> (mm)	80 ~ 150	80
작업성 시험	슬럼프 20 ~ 40 mm	VC 10 ~ 30초
진동 장비	진동백호	진동롤러
Lift 두께(m)	1.00 ~ 1.50	0.75 ~ 1.00
부재 분할	15 m마다 블록 분할	15 m마다 줄눈 설치
Lift 타설 표면 처리	치핑 + 청소 + 모르타르 부설	

는 것과 달리 연속적인 Layer 타설을 실시하는 RCD 댐에서는 15m마다 아연도금 강판을 삽입하여 줄눈을 설치하게 된다(표 1).

RCD 공법의 시공순서는 먼저 기존 콘크리트 타설 면에 레이턴스를 제거(그린컷)한 후 부착력 증대를 위해 모르타르를 부설하고, 콘크리트를 볼도저를 이용하여 25cm를 한 층으로 총 3층으로 나누어 75cm 두께로 포설하게 된다. 다음으로 균열방지를 위해 아연도금강판을

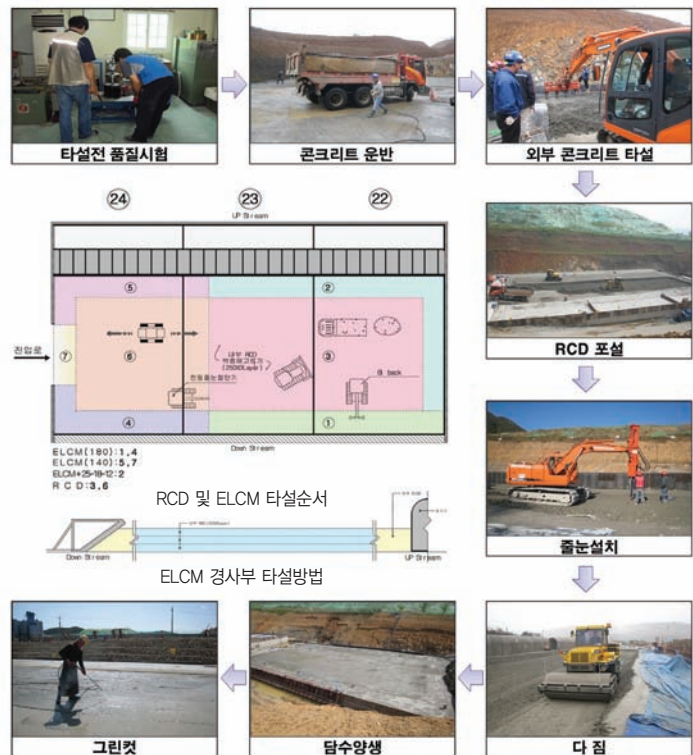


그림 3. RCD 공법 시공순서

삽입하여 가로방향 줄눈을 시공하고, 진동롤러로 진동다짐 6회, 무진동다짐 2회를 실시한다. 1~2일 양생 후 레이턴스 제거를 실시하고, 다음 Lift를 시공하게 된다. 이러한 RCD 공법은 덤프트럭, 불도저, 페이로더, 백호 등 상용 장비를 사용한 기계화 시공이 가능하며, 컨베이어 벨트, 타워 크레인, 인클라인 등 현장 여건에 맞는 운반 장비를 선택할 수 있다는 장점이 있다. 또한 타설면 위로 장비이동이 가능하여 작업의 안전성이 향상됨으로써 공기를 단축시키고, 공사비의 절감에도 기여한다는 이점이 있다<그림 3>.

우리 현장에서는 2010년 3~6월까지 총 7차례에 걸쳐 시험시공을 실시하였다. 이를 통해 최적의 콘크리트 배합을 결정하여 콘크리트의 스폰지(sponge) 문제, 외부 콘크리트와 내부 콘크리트 경계부의 다짐 불충분 문제, 박층포설에 따른 재료분리 문제, 적정 그린 컷 시기 결정 기준 부재에 따른 문제 등을 해결할 수 있었다. 또한 국내 최초로 시도되는 공법에 대해 장비운전원과 작업자들의 교육에 쓰인 자료와 교육방법, 적정 작업반의 구성과 장비의 조합에 이르기까지 모든 데이터들은 우리 회사의 노하우가 되어 댐 건설기술을 한 단계 업그레이드하는 계기가 되었다.

**2.2 RCD 장비 국산화**

국내 최초로 RCD 공법을 적용함에 있어 큰 걸림돌 중 하나는 고가의 일본 장비 도입에 따른 원가부담이었다. 진동백호와 진동 줄눈설치기, 진동롤러 등은 당시 국내에서 제작하는 회사가 없었다. 따라서 우리 현장에서는 산학연 공동연구개발을 통해 국내 장비 제작업체에서 진동백호와 진동줄눈설치기를 제작함으로써 우리의 독자적인 기술 자립과 현장 원가절감에 기여하는 계기가 되었다<사진 1>.

이번에 개발된 국산 진동백호는 외산 장비와 비교해도 그 성능이 우수한 것을 확인할 수 있으며, 무엇보다 국내



(a) 진동백호 (b) 진동 줄눈설치기

사진 1. 국산화에 성공한 RCD 시공 장비

에서 사용되는 백호(0.6m<sup>3</sup>)에 적합하도록 제작하여 편의성을 높였다. 또한 타사 현장에서 외산 장비를 국내 현장에 적용하였을 때 부적합 판정을 받은 것과 달리 RCD 공법에 적합하도록 설계/제작한 국산 장비는 현재 우리 현장에서 우수한 적용성을 보이고 있다.

**2.3 BIM 시스템 활용**

우리 현장에서는 BIM(Building Information Modelling)을 선도적으로 도입/활용하고 있다. 이 시스템을 처음 적용할 당시 국내에서 개념적으로 적용한 연구사례는 많았으나 실제 현장에서 활용한 적용사례는 거의 없어 시스템을 구축하는데 어려움이 많았다. 실제 현장 지형의 모든 지점을 좌표화 함으로써 실제 현장 지형을 완벽하게 모델링하는데 성공하여 현재는 각 블록별 콘크리트 타설 기록과 공정간섭 파악, 홍수기 피해예방을 위한 시뮬레이션 등에 활용하고 있다<그림 4>.

BIM 시스템을 현장에 적용하여 거둔 성과를 소개하면, 암착부 콘크리트 타설은 굴착면의 설계 암선과 실제 암선의 차이로 설계 타설량과 실제 타설량의 차이가 다른 구간에 비해 많이 발생하게 된다. 한탄강댐 현장에서는 BIM 시스템으로 타설형상을 정확하게 파악함으로써 예상 타설량과 실제 타설량의 차이가 60m<sup>3</sup> 이상 발생하던 것을 2m<sup>3</sup> 미만으로 예측하여 관리할 수 있게 되었다. 또한 댐의 좌안 갤러리 출구 시공에 앞서 모델링을 실시한 결과 2D 도면 오류를 발견하고 사전에 수정할 수 있었다. 터키공사라는 특수성을 감안한다면 이러한 설계오류로 공기지체나 변경시공이 발생할 경우 모두 시공사의 책임으로 감수해야 하는 부분이라 어려움이 발생할 수 있지만 사전에 이런 문제를 해결할 수 있어서 현장 운영에 큰 도움이 되고 있다<그림 5>.

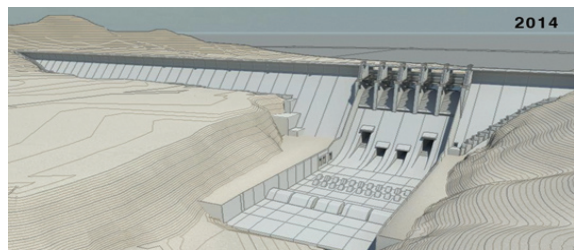
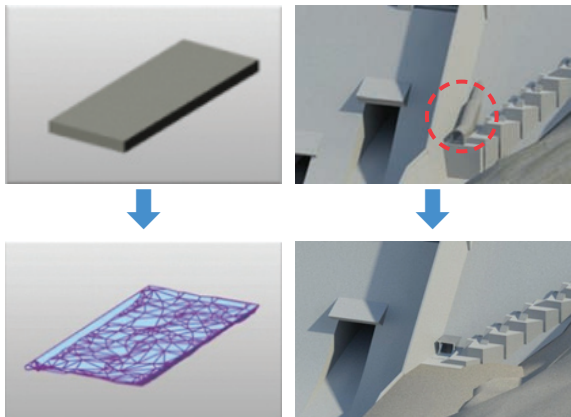


그림 4. BIM 시스템 구축 결과



(a) 암착부 콘크리트 타설 물량 예측 (b) 2D 도면 오류 확인 및 조정

그림 5. BIM 기술 활용 사례

### 3. 맺음말

한탄강댐 현장 직원들은 그 동안 국내 최초 RCD 공법 댐, RCD 장비 개발을 통한 국산화, BIM 시스템 활용 등 최신 기술을 응용 댐을 건설한다는 자부심을 가지고 공정을 추진해왔다. 최초라는 자부심의 이면에는 모든 것을 우리가 처음부터 만들어가야 한다는 부담감이 항상 자리하고 있었으나 문제에 부딪힐 때마다 모든 직원들이 협력하여 성공적으로 현장을 운영하고 있다. 이러한 원동력은 처음이라는 부담감으로 누군가에게 의지하기보다는 자체적으로 고가 장비를 국산화하고, 공사운영 기술을 선진적으로 도입함으로써 가능하게 되었다고 평가할 수 있다. 앞으로도 우리 현장의 기술력을 잘 축적하여 해외프로젝트 수주 등에 밑바탕이 될 수 있도록 도전을 멈추지 않고 나아갈 것이다. ☑

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



**노승규 소장은** 서울대학교 토목공학과를 졸업한 후 대림산업 쿠웨이트 JAHRA MOTORWAY 현장, Kfia 공항 현장, 이란 KARUN DAM 현장 및 기술개발원에서 근무하였다. 2002년부터 한탄강댐 설계를 총괄하였고, 한탄강댐 이설도로 현장소장을 거쳐 2011년부터 한탄강댐 현장소장을 담당하고 있다.

sknolove@daelim.co.kr



**김형찬 팀장은** 명지대학교 토목공학과를 졸업한 후 대림산업 인천 LNG 현장, 이란 KARUN DAM 현장 및 본사 토목관리팀에서 근무하였으며, 2008년 토목시공기술사 취득 후 한탄강댐 현장에서 공사팀장을 담당하고 있다.

agayekim@daelim.co.kr



**정경우 과장은** 서울과학기술대학교 토목공학과를 졸업한 후 대림산업 기술개발원에서 기초 및 지반 분야 기술지원을 담당하였다. 2010년 토목시공기술사 취득 후 한탄강댐 현장에서 공사과장을 담당하고 있다.

groovykk@daelim.co.kr



**김태홍 선임연구원은** 성균관대학교 토목공학과 및 동 대학원을 졸업한 후, 대림산업 기술개발원에서 콘크리트 재료 분야의 기술개발 및 기술지원을 담당하고 있다.

thkim@daelim.co.kr