

01

Hardfill 건설 기준 표준화



박 환 철 상무 | (주)도화엔지니어링

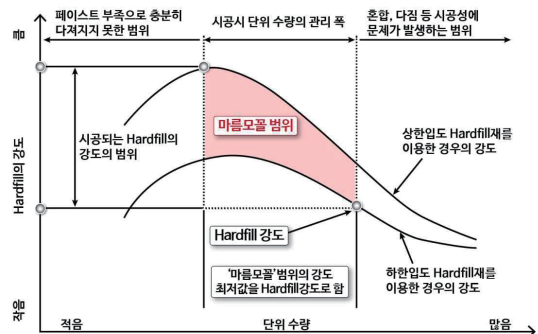
Hardfill Dam 개요 및 현황

Hardfill 공법은 하상사력 등의 현지 발생 골재를 이용하여 시멘트, 물과 혼합하여 포설 후 진동롤러 다짐에 의해 축조하는 공법으로 기존 콘크리트 중력식담과 비교했을 때 재료, 설계, 시공을 담의 높이와 소요강도에 따라 탄력적으로 운영이 가능한 형식의 담으로 1992년 P.Londe(프랑스)에 의해 개발되어 전 세계적으로 수십 개의 담이 현재 건설 및 운영 중에 있으며, 특히 일본에서는 Hardfill 담이 아닌 CSG Dam(Cemented Sand and Gravel Dam)으로 표기되고 있고 현재 많은 시공사례와 활발한 연구가 진행 중에 있다.

1. 개요

Hardfill 공법이란 담 부지 인근에서 구할 수 있는 재료를 최대한 가공하지 않고 물과 시멘트를 혼합하여 혼합된 재료를 포설하여 롤러 다짐으로 담을 축조하는 공법으로 기본적으로 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용하여 간단한 방법으로 제조하므로 경제성을 확보할 수 있으나 일반 콘크리트에 필적하는 강도는 기대하기 어렵다. 그러나 사다리꼴 형태의 담은 직삼각형 형태의 콘크리트 담에 비해 필요강도가 상당히 낮아도 되므로 Hardfill의 적용이 가능하였다.

Hardfill 담의 재료 측면에서 제체의 필요강도가 크지 않기 때문에 재료에 요구되는 강도도 낮아져 재료 선정이 폭이 넓다고 할 수 있으며 제체 기초암반조건이 콘크리트 담에 비하여 자유로우며 제조설비가 매우 간단하고 연속혼합장치를 도입할 수 있어 빠른 시공이 가능하다. Hardfill의 강도 관리는 입도의 폭과 단위수량 관리 범위에서 구해지는 마름모꼴을 이용하며 마름모꼴에 대한 기본 개념도는 다음과 같다.

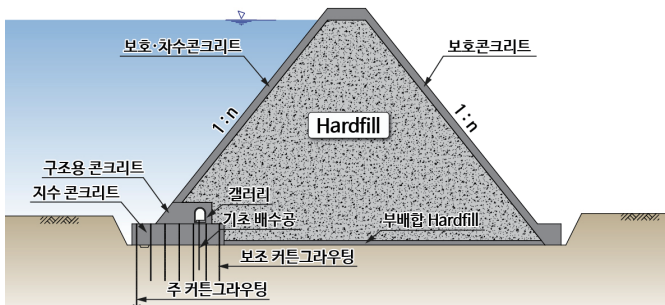


<그림 1> 마름모꼴 개념도

2. 특징

Hardfill 댐은 Hardfill 공법을 적용한 사다리꼴 형상의 댐으로 합리적인 재료, 합리적인 설계, 합리적인 시공을 동시에 달성할 수 있는 댐으로 현지발생골재를 이용하여 시멘트, 물과 혼합하여 포설 후 진동롤러 다짐에 의해 축조하는 공법이다.

댐 제체는 Hardfill을 사용하고 표면은 내구성과 차수를 확보하기 위해 보호-차수 콘크리트를 설치하며 갤러리와 같은 댐 체내의 구조물 주변에는 구조용 콘크리트, 댐상류의 기초지반에는 차수를 위해 지수콘크리트를 설치한다. 상하류면의 경사는 제체안정성 검토결과에 따라 결정하며 일반적으로 1:0.8~1:1.0을 적용하고 있으며 Hardfill 댐 개념도는 다음과 같다.



〈그림 2〉 Hardfill 댐 개념도

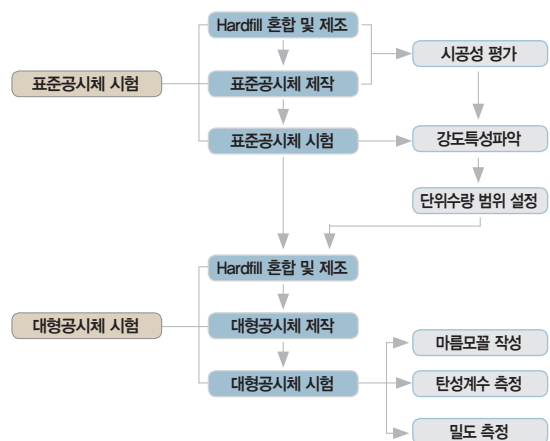
시공은 필댐과 같은 방법으로 시행하나 콘크리트 댐과 같이 댐체 내에 그라우팅 시공과 검사를 위한 갤러리와 방류설비를 설치할 수 있고 댐체 정부에 여수로를 설치할 수 있다는 장점이 있으며 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 사다리꼴 형태의 단면으로 설계하여 필요 응력 및 강도 최소화로 CGD에 비해 지형적 제약이 적고,
- ② 현지 발생재를 이용하여 골재 조달을 간소화할 수 있으며, 범용기계 사용으로 연속시공이 가능하고, 짧은 양생기간으로 1일 여러 차례 타설이 가능하다는 것.
- ③ 균열을 최소화, 지진, 침하 등에 대한 안전성 확보가 가능하고,
- ④ 석산개발 최소화 및 부대시설 최소화로 공사비 절감이 가능하며,
- ⑤ 대규모 석산개발 최소화로 환경영향이 적다는 것이다.

3. 실내시험 및 현장시험

Hardfill 강도관리를 위해서 필요한 마름모꼴 작성을 위해서는 실내시험과 현장시험이 필요하며 실내시험은 다시 표준공시체시험과 현장과 같은 최대골재치수를 적용할 수 있는 대형공시체시험으로 구분할 수 있다.

실내표준공시체시험의 목적은 단위수량과 시공성을 확인하고 Hardfill 강도 및 단위수량 선정가능 범위를 파악하는데 있으며 대형공시체시험은 표준공시체시험에서 결정된 범위내에서 시험을 수행하여 Hardfill 강도관리를 위한 마름모꼴을 작성하는데 목적이 있다.



〈그림 3〉 실내시험 흐름도

Hardfill 시험시공은 본 시공에 앞서 실제 사용할 Hardfill 재를 이용해서 현장 장비로 현지 시험을 수행하여 시공성을 확인하고, 본체 공사의 시공사양(롤러다짐 횟수) 및 '마름모꼴'을 결정할 목적으로 실시하며 주요 결정항목은 다음과 같다.

- ① 진동 롤러의 다짐횟수 결정
- ② 현장 롤러 다짐에너지에 대한 마름모꼴 결정
- ③ 현장장비에 대한 시공성확인
- ④ 시공이음면 처리방법 결정
- ⑤ Hardfill 품질관리기법검토

4. 해외사례

댐높이가 47.2 m, 댐길이가 516m인 일본의 Apporo Dam은 홋카이도에 건설 중에 있으며 사면의 경사가 1:0.80이고 사다리꼴인 전형적인 일본의 CSG 댐으로 2018년 3월 준공을 예정이다.

중국은 1900년대부터 CSG에 대한 연구를 시작하였으며 이후 가물막이에는 일부 적용하여 왔으나 본격적으로 본댐에는 CSG공법을 본격적으로 도입하지 못했다. 소개할 댐은 Shoukoupu Dam으로 2015년 착공된 중국 최초 CSGR 댐이며 높이 61.6 m, 사면경사가 1:0.6로 일본에서는 굵은 골재 최대치수를 80mm를 적용하고 있으나 중국의 경우 굵은 골재 최대치수를 가물막이의 경우 300mm, 본댐의 경우 150mm까지 적용하고 있으며 CSG 댐에서는 일반적으로 적용하고 있지 않은 Green Cut을 적용하고 있는 것으로 조사되었다.



〈그림 4〉 Apporo Dam 건설현장 전경



〈그림 5〉 Shoukoupu Dam