

KCS 54 65 05 : 2019

하드필 (Hardfill) 댐 축조공

2019년 1월 11일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



환경부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 댐 공사 시 최근에 연구 개발된 하드필(Hardfill)댐 축조공에 해당되는 부분을 표준시방서 기준으로 제정한 것으로 제 · 개정 연혁은 다음과 같다.

코드	주요사항	제 · 개정
KCS 54 65 05 : 2019	• 하드필댐 축조공 표준시방서 제정	제정 (2019.01)

제 정 : 2019년 01월 11일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 환경부 수자원개발과

관련단체 (작성기관) : 한국수자원학회(한국수자원공사)

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	2
1.4 제출물	5
1.5 공사기록서류	5
1.6 품질보증	5
1.7 안전관리	7
2. 자재	7
2.1 하드필재 선정	7
2.2 하드필재 입도분포	7
2.3 하드필 배합	7
2.4 콘크리트	7
3. 시공	8
3.1 시공 허용오차	8
3.2 시공계획과 시공설비	8
3.3 기초굴착	10
3.4 모재 채취와 비축	11
3.5 하드필 시공방법	11
3.6 콘크리트 시공방법	13
3.7 품질관리	15

하드필(Hardfill)댐 축조공

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 사다리꼴 하드필(Hardfill)댐의 일반사항, 자재, 시공 등의 시방을 제공한다.

(2) 주요내용

- ① 시공계획과 시공설비
- ② 기초굴착
- ③ 하드필 시공방법
- ④ 콘크리트 시공방법
- ⑤ 품질관리

1.2 참고기준

(1) 관련법규

- ① 건설기술진흥법
- ② 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률
- ③ 공유수면관리 및 매립에 관한 법률
- ④ 공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률
- ⑤ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률
- ⑥ 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률
- ⑦ 문화재보호법
- ⑧ 민법
- ⑨ 부동산 가격 공시 및 감정 평가에 관한 법률
- ⑩ 산림기본법
- ⑪ 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률
- ⑫ 산지관리법
- ⑬ 자연재해 대책법
- ⑭ 전력기술관리법
- ⑮ 하천법
- ⑯ 한국수자원공사법
- ⑰ 환경영향평가법

하드필(Hardfill)댐 축조공

(2) 관련기준

- ① KCS 14 20 10(일반콘크리트)
- ② KCS 54 10 00(댐공사 일반사항)
- ③ KCS 54 20 05(댐 가설비공)
- ④ KCS 54 20 10(댐 유수전환공)
- ⑤ KCS 54 20 15(댐기초 굴착공 및 처리공)
- ⑥ KCS 54 20 20(댐 여수로)
- ⑦ KCS 54 20 25(댐 계측설비)
- ⑧ KCS 54 30 05(필댐 축조공)
- ⑨ KCS 54 50 05(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 배합공)
- ⑩ KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)
- ⑪ KCS 54 60 10(롤러다짐콘크리트댐 콘크리트 타설 및 축조공)
- ⑫ KCS 54 80 05(댐 부속 수리구조물공사)
- ⑬ KS F 2501 골재의 시료 채취 방법
- ⑭ KS F 2507 골재의 안정성 시험 방법
- ⑮ KS F 2560 콘크리트용 화학 혼화제
- ⑯ KS F 2561 철근 콘크리트용 방청제
- ⑰ KS F 4009 레디믹스트 콘크리트
- ⑱ KS F 8004 콘크리트 봉형 진동기
- ⑲ KS F 8005 콘크리트용 거푸집 진동기
- ⑳ KCI-AD101 콘크리트용 유동화제 품질 규격

1.3 용어의 정의

- (1) 하드필 공법 : 댐 건설 위치 인근에서 구할 수 있는 재료를 최대한 가공하지 않고, 물과 시멘트를 넣어 하드필 혼합설비에서 생산한 재료인 하드필을 펴고르고 롤러다짐 하는 공법이다.
- (2) 하드필댐 : 하드필 공법을 적용한 사다리꼴 형상의 댐이다.
- (3) 모재(Parent Material) : 하드필 생산에 바탕이 되는 주요재료인 하상골재, 굴착토, 암벼력재 등의 원재료를 말한다.
- (4) 하드필재 : 원재료로 있는 모재를 필요에 따라 최대 입경이상 재료의 제거 또는 파쇄 등의 절차를 거쳐 하드필재의 최대입경 이하로 조정한 재료로서, 이는 콘크리트 골재에 해당한다.
- (5) 하드필 : 하드필재, 시멘트, 물을 구성 재료로 하여 이들을 비벼서 만든 것 또는 경화된 것을 말한다.

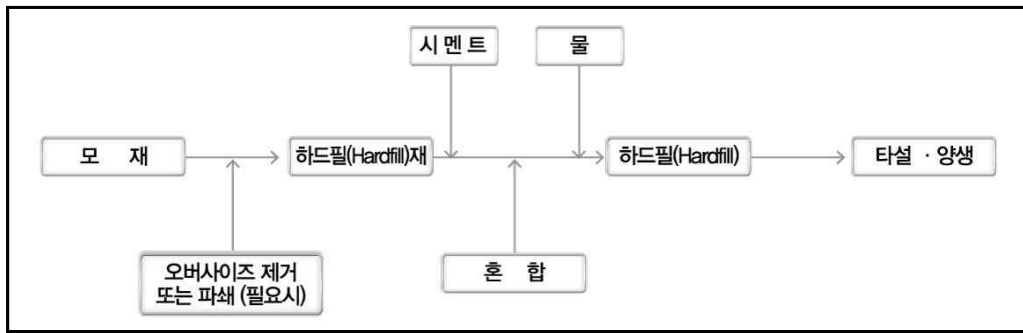


그림 1.3-1 하드필의 일반적인 제조과정

- (6) 부배합 하드필 : 제체의 하부측과 좌.우안 가장자리 암착부 축조 시에 사용되며, 제체에 축조하는 하드필의 배합보다 시멘트 량을 많게 한 하드필을 말한다.
- (7) 보호 콘크리트 : 기상환경 변화나 홍수로 인한 제체 율류 등에 대한 내구성을 확보하기 위해 하드필댐의 하류면과 댐마루에 설치하는 콘크리트를 의미한다.
- (8) 보호·차수 콘크리트 : 내구성과 수밀성을 확보하기 위해 하드필댐의 상류면에 설치하는 콘크리트를 의미하며, 보호 콘크리트와 달리 지수판, 이음배수공 등을 설치한다.
- (9) 지수 콘크리트 : 암착면의 수밀성을 확보하기 위해 하드필댐 상류측 기초암반 접촉면에 설치하는 콘크리트를 의미한다.
- (10) 구조용 콘크리트 : 제체내 각종 구조물(갤러리(Gallery), 여수로, 취수설비 등)을 설치하기 위해 해당 구조물과 그 주변에 설치되는 콘크리트를 의미한다.
- (11) 프리캐스트 거푸집 : 미리 공장 등에서 제조한 콘크리트 판으로 보호·차수콘크리트와 보호 콘크리트 시공 시 적용하는 거푸집을 의미한다.

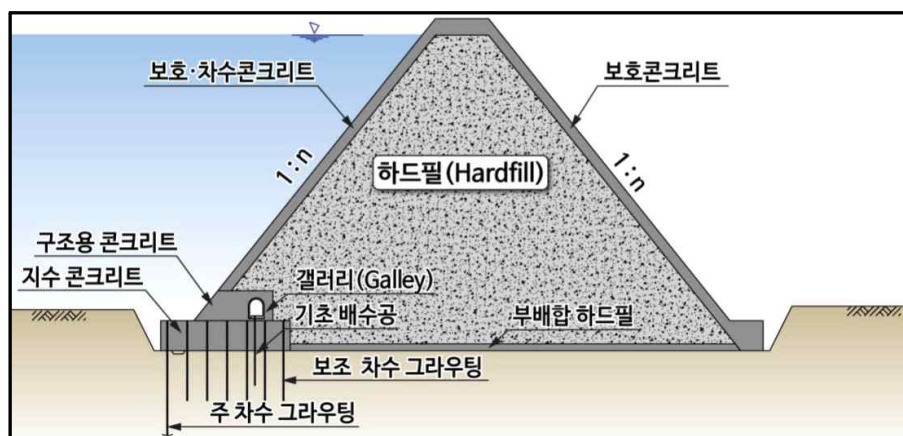


그림 1.3-2 하드필댐 개념도

- (12) 하드필 강도 : 하드필의 탄성영역 강도를 의미한다. 탄성영역 강도는 압축강도시험에서 얻은 응력-변형도 곡선에서 응력과 변형도가 직선관계에 있는 범위(탄성영역)에서의 최대 응력을 의미한다.

하드필(Hardfill)댐 축조공

- (13) 하드필 탄성계수: 압축강도시험에서 얻을 수 있는 응력-변형도 곡선 중 탄성영역에서의 기울기를 통해 구할 수 있는 탄성계수를 의미한다.
- (14) 하드필 인장강도: 쪼갬인장강도 시험을 통해 얻을 수 있는 인장강도를 말한다.

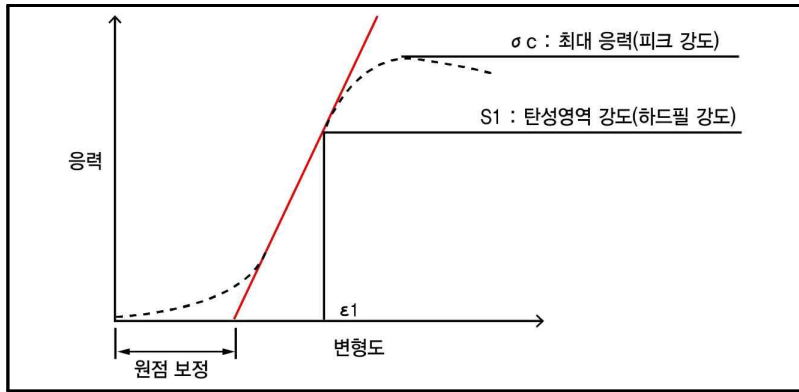


그림 1.3-3 응력-변형도 곡선

- (15) 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management): 가로축에 단위수량, 세로축에 하드필의 강도를 표시한 그래프로, 예상되는 하드필재 입도와 시공 가능한 단위수량으로 설정되는 하드필 강도의 범위를 나타낸 하드필 품질관리 개념을 의미한다.
- (16) 최저 설정 하드필 강도: 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management) 범위 안에서 설정되는 하드필 강도의 최저기준치를 말한다.
- (17) 최대 설정 하드필 강도: 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management) 범위 안에서 설정되는 하드필 강도의 최대기준치를 말한다.
- (18) 필요 하드필 강도: 제체에서 발생하는 압축과 인장응력에 필요한 하드필 강도의 범위를 말한다.

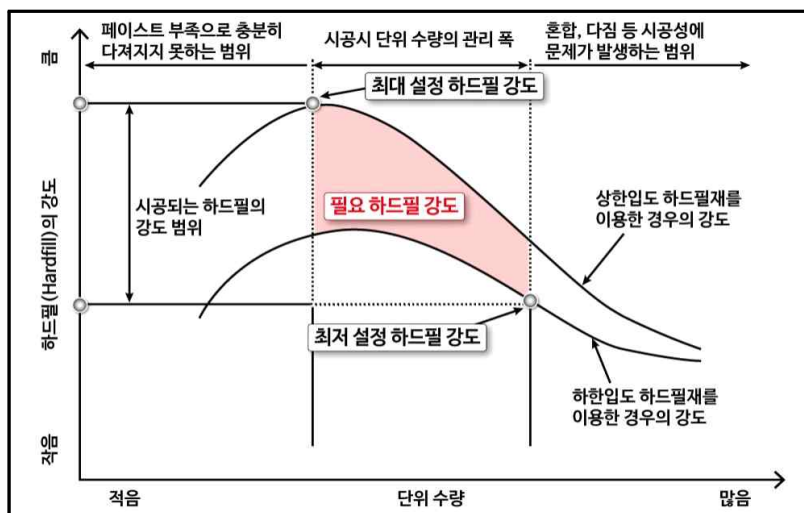


그림 1.3-4 마름모꼴 강도관리 개념도

(19) 면상공법(Layer Construction Method) : 제체를 평면 상태로 시공하는 방법으로 세로이음을 설치하지 않고 연속하여 복수의 블록을 한번에 타설하는 공법이다.

1.4 제출물

- (1) 수급인은 공사 착공 이전에 기준점과 수준점을 점검하여 그 결과를 공사감독자에게 제출하여야 하며, 공사 완료 후 공사감독자에게 인계한다.
- (2) 수급인은 하드필댐을 시공하기 전에 시험시공계획서(시공상세도, 각 리프트(Lift)별 시공 계획서 등을 포함)를 작성 후 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (3) 수급인은 하드필댐 시험시공 후 제반 시험결과와 평가결과를 공사감독자에게 제출한다.
- (4) 그 외 기타사항은 KCS 54 30 05(필댐 축조공), KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공), KCS 54 60 10(롤러다짐콘크리트댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

1.5 공사기록서류

수급인은 매일 댐 축조 시공현황을 기록·제출하여야 하며, 공사감독자가 지시하는 일정기간마다 동일한 장소에서 전체 댐 축조현황을 볼 수 있는 전경사진을 기록·관리한다.

1.6 품질보증

1.6.1 시험시공

(1) 일반사항

하드필댐을 시공하기 전에 효율적인 하드필 배합·혼합방법, 운반시간, 포설속도, 포설두께, 다짐방법, 현장밀도 측정방법, 현장밀도, 양생방법과 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management) 등을 결정하기 위하여 현장 시험시공을 시행하며, 시험시공 시에는 다음 각 사항에 유의한다.

- ① 하드필재 입도가 사용 범위 내에 있는지 확인
- ② 단위수량을 변화시킨 하드필을 혼합하여 다짐 시험 실시
- ③ 표준공시체와 대형공시체 시험을 실시하여 다짐밀도와 압축강도 측정
- ④ 하드필재에 적절한 관리 시험항목과 방법 선정
 - 하드필재 입도시험 방법은 자연함수 상태로 체가름시험을 실시하여 가장 적절한 방법 선정
 - 하드필재 수분량 측정 방법은 하드필재 상황과 작업조건에 가장 적절한 방법 선정
- ⑤ 현장 관리 시험항목과 방법이 실제 시공에 적절한지 확인
 - 밀도를 측정하는 방법으로 다짐정도 확인
 - 침하량을 측정하는 방법으로 다짐효과 확인

하드필(Hardfill)댐 축조공

⑥ 기타 공사감독자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 재료와 장비

- ① 시험시공에 사용하는 하드필 등의 재료는 공사감독자의 지시에 따라 선정한다.
- ② 시험시공에 사용하는 장비는 공사감독자가 별도로 지시하지 않는 한 이 공사에 사용할 장비와 동일한 규격이어야 한다.
- ③ 시험시공에 사용하는 장비는 시공 시 주변 작업자의 안전을 확보할 수 있는 안전장치가 있어야 하며, 포설두께와 다짐횟수 등을 숫자로 확인할 수 있고 자동으로 기록되는 장비이어야 한다.

(3) 시험장소

- ① 시험시공 방법은 설계도서나 공사감독자의 지시에 따라야 한다.
- ② 시험시공을 하는 기초지반은 이물질과 유해한 물질을 완전히 제거하며, 시험시공에 앞서 표면을 고르고 깨끗하게 정리한 후, 공사감독자의 지시에 따라 다짐을 실시한다.
- ③ 시험시공 주변지역은 필요할 때, 정지작업을 하고 배수가 원활히 되도록 하여 시험시공에 지장이 없도록 한다.

(4) 시험방법

- ① 시험시공은 설계도서에 규정된 하드필 배합, 운반시간, 포설속도, 포설두께, 다짐방법, 현장밀도 측정방법, 현장밀도, 양생방법 등을 기준으로 구간별로 기준치를 변화시켜가며 실시한다.
- ② 포설두께, 다짐 장비와 횟수, 1회 시공 면적 등은 하드필댐 공사 조건과 동일하게 실시한다.
- ③ 시험시공 중인 하드필의 표면 건조를 막기 위해 물을 뿌리거나 시트로 보호하며, 살수량은 기록해 둔다.

(5) 다짐

- ① 다짐작업은 진동롤러를 이용하여 다짐시험 계획에 적합한 다짐횟수로 실시한다. 다짐 속도는 1km/hr가 일반적이다.
- ② 롤러 다짐을 할 때는 롤러 다짐 시작 전, 무진동 2회 롤러 다짐 후, 유진동 2회 롤러 다짐 때 마다 침하량을 계측한다.
- ③ 다짐이 완료되면 다짐도 측정을 수행하며, 현장밀도는 3회씩 측정한다.

(6) 시료채취

- ① 시험시공에서 사용할 재료는 시험시공계획서에서 지정한 장소에서 채취한다.
- ② 시험시공에 사용하는 하드필재의 입도는 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management)로 설정한 입도 범위 안에 있어야 한다.

1.7 안전관리

안전관리에 관한 사항은 KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

2. 자재

2.1 하드필재 선정

- (1) 하드필댐의 재료는 하드필의 강도, 체체의 형상, 재료 활용성, 시공성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 선정한다.
- (2) 한 곳에서 채취하여 만들었던 하드필재만으로 필요한 품질을 만족하는 것이 곤란할 때, 두 곳 이상의 하드필재 또는 다른 종류의 하드필재를 혼합하여 사용할 수 있다. 다른 종류의 하드필재를 혼합할 때에는 혼합하기 전 시험을 통하여 적정 혼합비율을 결정한다.

2.2 하드필재 입도분포

- (1) 최대치수는 일반적으로 80mm 이하로 하고 시험시공을 통해 최대치수를 결정하며, 최대치수를 변경할 때에는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 하드필재 입도분포는 하드필댐 강도에 영향을 미칠 수 있으므로 모재 입도분포와 파쇄에 따른 불균형을 파악하여야 하며, 특히 세립분의 함유량에 유의한다.

2.3 하드필 배합

- (1) 하드필은 진동롤러를 이용한 연속다짐이 가능하고 다짐 후 일정시간까지는 일반적인 조립질 재료의 역학적 특성을 나타내지만 재령(Material Age)과 시멘트 량이 증가함에 따라 그 재료적 성질이 차츰 변화해 콘크리트와 유사한 성질을 나타내므로 재료적 특성을 고려하여 배합설계를 한다.
- (2) 하드필 배합설계 시 다음과 같은 시험을 실시한다.
 - ① 기본물성시험
 - ② 다짐시험
 - ③ 강도시험
 - ④ 투수시험

2.4 콘크리트

콘크리트 재료에 관한 사항은 KCS 54 50 05(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 배합공)를 따른다.

3. 시공

3.1 시공 허용오차

구조물의 오차는 공사감독자가 특별히 지시하지 않는 한 다음의 허용오차 이내로 하여야 한다.

구 분	허용오차
수직오차 (벽, 교각, 수직 이음홈, 눈에 띄는 외곽선)	높이 3m 마다 15mm 높이 6m 마다 20mm 높이 12m 이상 30mm 수문 측벽 3m 마다 3mm
수평과 경사도 오차	길이 3m 마다 5mm 길이 9m 이상 15mm
구조물 두께	횡단면 -5 ~ 15mm
구조물 외곽선	6m 마다 15mm 12m 마다 20mm

3.2 시공계획과 시공설비

3.2.1 하드필댐의 시공계획

- (1) 하드필댐은 면상공법을 이용하여 시공할 수 있도록 계획한다. 이를 위해서는 하드필 축조, 거푸집 설치, 보호·차수 콘크리트 타설 등이 효과적으로 이루어져야 한다.
- (2) 하드필댐의 1리프트(Lift) 높이는 다짐효과 등을 고려하여 0.50~0.75m가 표준이지만, 하드필의 생산능력 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.
- (3) 지수 콘크리트, 구조용 콘크리트, 차수 그라우팅(Curtain Grouting), 갤러리(Gallery) 등과의 간섭이 발생하지 않도록 시공계획을 수립한다.

3.2.2 하드필재의 생산, 저장, 운반

- (1) 하드필의 제조와 운반계획은 모재의 채취방법, 하드필재의 제조방법과 비축방법, 입도, 재질변화에 대한 관리방법 등을 고려하여 수립한다.
- (2) 하드필재의 제조 시 입도조정과 세정은 실행하지 않는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 하드필재 생산설비 규모는 전체 공정, 일 작업량, 1일 운반시간, 사용기계의 효율, 환경조건 등을 고려하여 결정한다.
- (4) 하드필재의 저장은 현장 적재 방식이 원칙이지만, 강우 등의 기상조건을 고려하여 필요한 대책을 수립한다.

3.2.3 하드필 생산설비

- (1) 하드필 생산설비는 플랜트 방식이 기본이며, 설비규모는 전체 공정, 일 최대작업량, 현장조건 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 하드필제는 입경별 분류를 하지 않기 때문에 입경별 저장용기가 필요 없고, 하드필제의 계량은 벨트스케일 등을 사용하여 설비를 간소화 시킬 수 있는 특징을 고려하여 하드필 제조설비를 계획한다.

3.2.4 하드필 운반설비

- (1) 하드필 운반설비는 덤프트럭 직송방식 또는 벨트 컨베이어 방식 등을 주로 사용하나, 댐 규모가 작을 때에는 크롤러 크레인(Crawler Crane) 등을 이용하는 방법도 고려하는 등 각 댐의 현장조건(지형조건, 댐규모 등)과 시공조건을 감안해서 적절한 운반방법을 선정한다.
- (2) 댐마루 부근과 여수로 등에서는 제체 내 운반이 제약되므로 케이블 크레인(Cable Crane)과 크롤러 크레인(Crawler Crane) 등을 겸용하는 것을 고려한다.

3.2.5 하드필 축조설비

하드필 축조능력은 현장에서 투입할 수 있는 시공기기의 기종이나 대수, 하드필 제조설비 능력, 운반능력 등을 종합적으로 검토하여 결정한다. 특히, 하상 압착부, 댐마루, 제체 내 구조물이 많은 리프트(Lift)는 하드필 운반경로의 저해 요건을 고려한다.

3.2.6 콘크리트 제조, 운반, 타설설비

- (1) 콘크리트 제조, 운반, 타설설비는 하드필부의 시공과 독립된 시공을 기본으로 현장조건, 시공조건, 경제성 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 하드필댐의 시공은 하드필 축조, 상·하류면 프리캐스트 거푸집 설치, 보호 콘크리트 타설 등 일련의 시공공정으로 계획되므로 콘크리트부에서의 타설과 공급능력이 제약되지 않도록 한다.
- (3) 콘크리트는 하드필 축조와 상·하류면 프리캐스트 거푸집 설치 등의 다른 항목과는 독립시공이 가능하도록 계획한다.
- (4) 이 밖에 콘크리트 제조, 운반, 타설설비 공정과 관련된 시방내용은 KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

하드필(Hardfill)댐 축조공

3.3 기초굴착

3.3.1 일반사항

- (1) 도면과 제반 보고서, 계산서 등에 의거 댐 기초지반에 필요한 소요 기초조건 등을 확인한 후 굴착작업을 착수한다.
- (2) 기초굴착 전 기초지반에 대한 현황측량을 실시한다.

3.3.2 하드필부의 굴착

- (1) 하드필부의 기초굴착시에는 암반과 하드필간 맞물림(Interlocking) 효과가 충분히 나타날 수 있도록 시공한다.
- (2) 하드필부의 기초암반은 마찰저항이 확보되는 것이 좋으며, 일반적으로 콘크리트 중력댐의 기초암반 요구 성능 보다 작으므로 각 현장의 암반 성질에 따라 굴착방법을 결정한다.

3.3.3 콘크리트부의 굴착

- (1) 하드필댐에서 지수 콘크리트는 중요한 역할을 하므로 지수 콘크리트의 기초암반이 적합한지에 대한 판정은 그라우팅에 의한 개량까지 종합적으로 고려하여 평가한다.
- (2) 굴착공사 중 상·하류 방향의 균열, 파쇄대 존재 유·무 등 기초암반의 상태를 세밀하게 기록하여 그라우팅 시공시의 기초데이터로 활용한다.
- (3) 지수 콘크리트부의 기초암반에 대해서는 콘크리트 타설 직전의 마무리 굴착, 단층과 주변 부분 처리, 암반청소 등 콘크리트 중력댐과 동등하게 암반면 처리를 하며, 그 후 모르타르 부설을 실시한 후 콘크리트를 타설한다.
- (4) 그 외 기타사항은 KCS 54 20 15(댐기초 굴착공 및 처리공)를 따른다.

3.3.4 굴착면 청소와 정리

굴착면 청소와 정리에 관한 사항은 KCS 54 20 15(댐기초 굴착공 및 처리공)를 따른다.

3.3.5 단층과 파쇄대의 처리

단층과 파쇄대의 처리에 관한 사항은 KCS 54 20 15(댐기초 굴착공 및 처리공)를 따른다.

3.3.6 기초지반 용수처리

- (1) 암착부에 용수가 있을 때에는 하드필과 콘크리트 품질에 영향을 미치지 않도록 적절하게 용수를 처리한다.
- (2) 그 외 기타사항은 KCS 54 20 15(댐기초 굴착공 및 처리공)를 따른다.

3.4 모재 채취와 비축

3.4.1 모재 채취

- (1) 모재는 댐 지점 주변에서 쉽게 얻을 수 있는 암석질 재료를 사용하며, 채취 후 입도 조정과 세정을 하지 않는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 제체 굴착과 관련 공사에서 발생한 재료도 모재로 적합한지 검토한다.
- (3) 모재 채취에 대해서는 부존 상태, 재료 특성 등을 고려하여 최적의 채취 계획을 수립한다.
- (4) 지하수위 하부의 하상 사력재를 모재로 채취할 때에는 함수비 저하에 소요되는 시간을 추가로 고려한다.

3.4.2 모재 비축

- (1) 모재는 재질의 변화를 감시하여 재질이 변할 때에 대응할 수 있도록 시공계획을 수립한다.
- (2) 채취한 모재는 입도나 재질변화를 파악하기 위해 비축하며, 이 때 비축량은 일반적으로 사용량의 1개월분 이상으로 한다.
- (3) 모재 비축에 있어 강우, 강설 등의 기상조건, 비축 중의 입도 변화를 고려하여 필요한 대책을 수립한다.
- (4) 모재 야적장에서는 시공 중에 반출과 반입이 항상 이루어지므로 사용할 모재의 반출과 공급되는 모재의 반입이 섞이지 않도록 시공순서를 고려하여 비축 계획을 수립한다.

3.5 하드필 시공방법

3.5.1 암착부의 시공방법

- (1) 암착부에 대해서는 부배합 하드필을 사용하여 시공한다.
- (2) 하상 암착부의 부배합 하드필 시공 시 암반 요철로 인해 틈새가 생기지 않도록 주의한다.
- (3) 암반에 균열이 있거나 요철이 큰 부분 등 하드필의 충전성이 우려될 때에는 모르타르나 시멘트 풀을 이용하여 메워 요철부를 교정한다.
- (4) 하상부는 고르게 포설하고 진동롤러로 다짐하는 것을 표준으로 한다.
- (5) 좌·우안 암착부 가장자리의 부배합 하드필 롤러다짐 때에는 일반부의 다짐에 사용하는 대형 진동롤러를 사용할 수 없기 때문에 탬퍼나 소형 진동롤러를 사용한다.

3.5.2 단부 법면의 시공방법

- (1) 하드필의 단부 법면은 다음과 같은 다짐 방법이 있다.

하드필(Hardfill)댐 축조공

- ① 단부 다짐을 몇 개 층으로 나누어 소형 진동롤러와 진동 컴팩터를 사용해서 경사면 형태로 다짐하는 방법
 - ② 철망 형틀을 사용해서 계단 형태로 마무리하는 방법
 - ③ 가압유지형 단부 범면 다짐기계를 사용하는 방법
- (2) 하드필 2리프트 시공에서는 하드필 펴고르기 작업 시에 비탈머리에서 하드필이 흘러넘치는 것을 방지하기 위해 다음 그림 3.5-1과 같이 2리프트 범면 끝이 1리프트 비탈머리로부터 0.5m 이격한다.

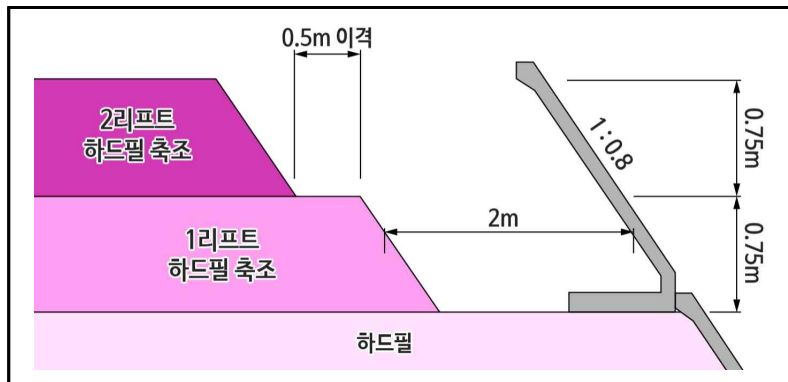


그림 3.5-1 단부 범면의 표준 단면(0.5m 이격)

3.5.3 댐마루의 시공방법

- (1) 댐마루에서는 상·하류 폭이 좁아지고 여수로로 인해 좌안과 우안이 분리되기 때문에, 일반부에서 사용하는 시공방법 및 기계를 적용할 수 없고, 작업장소가 좁아지기 때문에 상·하류면 프리캐스트 거푸집의 반입 및 설치, 콘크리트 타설 등 다른 작업과 담당구역이 겹치는 경우가 발생한다.
- (2) 진동롤러나 단부 범면 다짐용 기계 등은 하드필 타설 장소에 미리 배치할 수 없고, 축조 도중에 이들 기계가 펴고르기 기계 옆을 지나가게 되므로 하드필을 효율적으로 시공하기 위해 필요한 최소 간격을 약 8m로 설정하고 있다.

3.5.4 운반, 펴고르기, 다짐

- (1) 하드필의 운반, 펴고르기, 다짐은 기본적으로 시험시공에서 결정된 방법을 사용한다.
- (2) 하드필 운반 시 건조나, 재료분리가 발생하지 않도록 유의한다.
- (3) 하드필 축조구간의 크기는 시험시공에 의해 설정된 하드필 제조부터 다짐 완료까지의 시간을 만족하도록 각 기계의 작업능력을 고려하여 결정한다.
- (4) 하드필 펴고르기에 사용하는 시공장비는 16t급 습지불도저를 표준으로 한다. 단, 공사규모가

소규모이거나 시험시공 등 부지 넓이에 제약을 받을 때에는 동등한 접지압을 가진 불도저를 사용할 수 있다.

- (5) 하드필 다짐에 사용하는 장비는 11t급 진동롤러를 표준으로 한다. 하드필의 강도는 다짐장비의 규모에 큰 영향을 받으므로 시험시공에서 사용한 다짐장비와 다른 장비를 사용할 때에는 현장밀도와 대형공시체 밀도 등과의 관계를 고려하여 결정한다.
- (6) 다음 리프트(Lift) 축조 전 이음면 처리를 효과적으로 하기 위하여 마무리 롤러다짐을 시행한다.
- (7) 상·하류면 보호 콘크리트 가장자리나 구조물 콘크리트 주변의 하드필 단부 비탈면은 다짐을 충분히 실시한다.

3.5.5 가로이음 조성 및 이음면 처리

- (1) 하드필댐의 가로이음부에는 진동 이음 절단기로 이음 철판을 삽입하는 것을 기본으로 한다. 가로이음의 위치는 댐 내부 구조물의 배치를 고려하고, 동시에 보호 콘크리트의 가로이음과 동일한 위치가 되도록 계획한다.
- (2) 다음 리프트(Lift) 축조 전 이음면 청소시에는 블리딩이 거의 없기 때문에 그린 컷(Green Cut)은 실시하지 않으며, 차량 주행 등으로 손상된 부분과 부석을 제거하기 위해 간이청소를 실시한다.

3.5.6 양생

- (1) 하드필 축조 후에는 살수양생 또는 담수양생을 실시하여 그 표면을 습윤상태로 유지한다.
- (2) 하드필 축조 후, 그 표면이 저온에 놓이거나 급격한 온도하강이 예상될 때에는 보온양생을 실시한다.
- (3) 하드필의 양생방법과 양생시기는 기상 등의 환경조건, 리프트(Lift) 계획 등을 고려하여 결정한다.

3.6 콘크리트 시공방법

3.6.1 일반사항

- (1) 콘크리트부는 일반적으로 콘크리트 중력댐과 동일하게 이음면 처리(그린 컷, 바탕 모르타르)를 실시하며, 15m 간격으로 가로이음을 설치하고 보호·차수 콘크리트부에는 지수판과 이음배수공을 설치한다.
- (2) 하드필의 연속시공을 저해하지 않도록 지수 콘크리트 타설 전 보조 차수 그라우팅(Secondary Curtain Grouting) 등의 시공기간을 미리 확보한다.
- (3) 그 외 기타사항은 KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

하드필(Hardfill)댐 축조공

3.6.2 지수 콘크리트 시공

- (1) 지수 콘크리트의 압착부 시공은 콘크리트 중력댐의 압착부 시공과 동일하게 하고, 콘크리트 중력댐과 동일한 지수성을 얻을 수 있도록 마감 굴착과 암반청소 후 모르타르 등을 부설하여 일체성을 확고히 한다.
- (2) 지수 콘크리트 시공은 하드필 축조 보다 먼저 진행해 콘크리트 타설이 하드필의 연속적인 시공을 저해하지 않도록 계획한다.
- (3) 지수 콘크리트부는 일반적인 콘크리트 중력댐과 동일하게 이음면 처리를 하고 가로이음을 설치한다.
- (4) 지수 콘크리트의 하류측 면은 하드필에 의해 이어지므로 지수 콘크리트면은 치핑을 하고 하드필 접합 시에는 모르타르를 도포함으로써 양자의 경계부가 밀착되도록 한다.

3.6.3 보호 콘크리트 시공

- (1) 하드필의 연속적인 시공을 저해하지 않도록 시공한다. 프리캐스트 거푸집의 설치와 각각의 시공부분, 시공순서를 충분히 검토하고 간섭되지 않도록 시공한다.
- (2) 온도응력 등에 의한 균열로 인해 내구성이 결여되지 않도록 15m 간격을 기본으로 가로이음을 계획한다.
- (3) 타설 전에 프리캐스트 거푸집 밑판 아래에서부터 레이턴스 처리와 이물질이 확실히 제거되었는지 확인한다.

3.6.4 보호·차수 콘크리트 시공

- (1) 콘크리트 중력댐과 동일하게 지수관과 이음배수공을 설치하여 지수성을 확보한다.
- (2) 타설 시에는 프리캐스트 거푸집과의 일체성을 확보하고 지수관 주변 등을 확실히 시공하기 위해 다짐에 사용하는 바이브레이터의 규격을 충분히 검토한다.
- (3) 그 외 기타사항은 “3.6.3 보호 콘크리트 시공” 내용을 준용한다.

3.6.5 구조용 콘크리트

구조용 콘크리트 시공에 관한 사항은 KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

3.6.6 상·하류면 프리캐스트 거푸집

- (1) 제체 상·하류면에는 기본적으로 프리캐스트 거푸집을 사용하고, 하드필 축조와 보호 콘크리트 타설에 방해가 되지 않도록 설치한다. 단, 암반과 접촉되는 부분, 갤러리(Gallery) 등 불규칙한 형상의 부분은 보통 거푸집을 사용한다.
- (2) 프리캐스트 거푸집 사용에 있어서는 콘크리트 타설 작업에 지장이 없는 형태, 중량, 높이와

기울기 조정 방법, 반입 방법, 사용수량, 사용시기와 공급능력, 거푸집 양중기 선정과 배치 등을 검토한다.

- (3) 상·하류면 프리캐스트 거푸집은 기상작용을 직접적으로 받는 부분이기 때문에 소요 내구성을 가진 콘크리트를 사용해서 제작한다.
- (4) 상·하류면 프리캐스트 거푸집 형태와 사양은 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.
 - ① 보호콘크리트와 보호·차수 콘크리트 타설시(타설높이 1.5m)의 측압과 리프팅 시의 자중을 견뎌야 한다.
 - ② 하드필 시공 리프트(Lift) 두께와 일치하여야 한다.
 - ③ 보호콘크리트와 보호·차수 콘크리트와의 일체화를 도모하기 위해 뒷면을 세척 처리하여야 한다.
 - ④ 가로이음 부분의 지수판 설치에 지장을 주지 않아야 한다.
 - ⑤ 밑면 아래 틈새의 모르타르 충전성이 양호하여야 한다.
 - ⑥ 거푸집 설치 후에 하드필 축조부와 사이에 작업공간이 확보되어야 한다.
 - ⑦ 바닥은 앵커볼트로 고정시키며, 이음부는 수평창 지수재로 처리한다.

3.7 품질관리

3.7.1 하드필의 품질관리

(1) 일반사항

- ① 품질관리의 목적은 축조되는 하드필의 강도를 관리하는 것이다.
- ② 하드필 제조 시에는 입도와 표면수량의 변동을 전제로 한 마름모꼴 강도관리(Diamond Shape Strength Management) 이론을 적용하여 하드필의 강도를 관리한다.
- ③ 하드필 축조 시에는 다짐에너지 관리(진동롤러 다짐횟수 관리)를 통해 하드필의 강도를 관리한다.

(2) 하드필재의 관리

- ① 하드필재의 품질관리에서는 표건밀도와 흡수율, 밀도, 표면수량을 측정한다.
- ② 1차 비축한 하드필재를 이용하여 표건밀도 및 흡수율 시험을 실시한다. 시험에 소요되는 시간을 고려하면 시험은 시공 3일 이상 전에 시작해야 하므로 1차 비축의 비축량은 계획 사용량의 3~5일분으로 한다.
- ③ 2차 비축 하드필재를 이용하여 입도 및 표면수량 시험을 실시한다. 비축량은 시험에 소요되는 시간을 고려하여 계획 사용량의 1~2일분으로 한다.

하드필(Hardfill)댐 축조공

- ④ 1차 비축에서 2차 비축으로 하드필재를 이동할 때는 하드필재의 부분적인 편차를 줄이기 위해 휠 로더나 백호 등을 이용하여 혼합한다.

(3) 계량관리

- ① 하드필의 계량관리는 하드필재의 양, 물의 양과 시멘트 양에 대하여 실시한다.
- ② 투입수에 대해서는 하드필재의 표면수를 보정한 질량으로 관리한다.
- ③ 하드필은 혼합설비에서 연속적으로 제조되므로, 계량관리는 질량관리로 실시하며, 벨트 스케일 등에 의하여 연속적으로 관리한다.

(4) 밀도관리

- ① 밀도관리는 하드필 강도를 관리하는 것을 목적으로 실시하며, 필요한 다짐 밀도가 얻어질 수 있도록 관리한다.
- ② 밀도관리의 방법에는 전압회수의 확인에 의한 방법, 침하량에 의한 방법 등이 있고 밀도 관리시는 이를 병용한다.

(5) 표준공시체 강도에 의한 확인

- ① 하드필 제조 시 품질은 기본시험(입도시험, 비중과 흡수율시험 등)과 품질관리를 위하여 실시하는 표준공시체에 의한 강도시험을 통하여 확인한다.
- ② 표준공시체 강도에 의한 확인은 재령 28일을 기본으로 하되, 7일 강도도 보완적으로 이용한다.

3.7.2 콘크리트의 품질관리

콘크리트의 품질관리에 관한 사항은 KCS 54 50 10(콘크리트 중력식 댐 콘크리트 타설 및 축조공)을 따른다.

부 록

※ 주요 제정 내용

제정 코드	주요 제정 내용
KCS 54 65 05 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> • 하드필재 선정, 하드필재 입도분포, 하드필 배합, 하드필댐의 시공계획, 하드필 운반설비, 기초굴착, 단층과 파쇄대의 처리, 모재 채취와 비축, 하드필 시공방법, 콘크리트 시공방법, 품질관리

하드필(Hardfill)댐 축조공

집필위원

성명	소속	성명	소속
임태환	한국수자원공사	윤진섭	한국수자원공사
김혜성	(주)도화엔지니어링	송용진	(주)도화엔지니어링
김지호	동부엔지니어링(주)	이규원	동부엔지니어링(주)

자문위원

성명	소속	성명	소속
김천환	농지개발연구소	윤병만	명지대학교
문태완	대림산업(주)	임병호	농지개발연구소
오형원	(주)건화엔지니어링	장기환	(주)동부엔지니어링
유양수	계룡건설(주)	한건연	경북대학교

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이용수	한국건설기술연구원	오규창	(주)이산
구재동	한국건설기술연구원	김형수	인하대학교
김기현	한국건설기술연구원	이상렬	(주)이산
김태송	한국건설기술연구원	이상만	동부엔지니어링(주)
김희석	한국건설기술연구원	이준근	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	장봉석	한국수자원공사
정상준	한국건설기술연구원	전세진	(주)도화엔지니어링
주영경	한국건설기술연구원	최성욱	연세대학교
최봉혁	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김영환	(주)한국건설방재연구원	우효섭	광주과학기술원
김찬기	대진대학교	윤석구	서울과학기술대학교
신승숙	강릉원주대학교	이삼희	한국건설기술연구원
오규창	(주)이산		

환경부

성명	소속	성명	소속
박병언	환경부 수자원개발과	문제근	환경부 수자원개발과
이상훈	환경부 수자원개발과	-	

(분야별 가나다순)

표준시방서
KCS 54 65 05 : 2019

하드필(Hardfill)댐 축조공

2019년 01월 11일 발행

환경부

관련단체 한국수자원학회
06671 서울특별시 서초구 효령로 237, 302호(서초동, 서초한신리빙타워)
☎ 02-561-2732 E-mail : master@kwra.or.kr
<http://www.kwra.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>