

KCS 67 10 10 : 2018

# 농업용 필댐공사

2018년 4월 24일 개정  
<http://www.kcsc.re.kr>

### 건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

이 코드는 발간 시점부터 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

# 건설기준 코드 제·개정 연혁

- 이 시방서는 KCS 67 10 10 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 시방서는 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 시방서의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년.월)
농업토목공사 표준시방서	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1999년 농업토목공사 표준시방서 제정</li></ul>	제정 (1999. 12)
KCS 67 10 10 : 2018	<ul style="list-style-type: none"><li>• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비</li><li>• 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의. 의결</li></ul>	제정 (2018. 04)

제 정 : 2018년 04월 24일  
심 의 : 중앙건설기술심의위원회  
소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과  
관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

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	1
1.4 기준점 및 수준점	1
1.5 공사기록	1
1.6 조사시험	2
1.7 시공관리시험	2
2. 자재	2
2.1 일반사항	3
2.2 불투수성준	3
2.3 필터	3
2.4 석력	4
2.5 비탈 보호공	4
3. 시공	4
3.1 가설비공	4
3.2 기초 터파기	6
3.3 댐터의 굴착	8
3.4 그라우트 주입	15
3.5 흙쌓기	25
3.6 물넘이공	28
3.7 취수 시설공	29
3.8 축제공사	29
3.9 시공관리	44
3.10 품질관리	44
3.11 공정관리	52
3.12 원가관리	53
3.13 안전관리	54
3.14 환경관리	55

# 농업용 필댐 공사

## 1. 일반사항

### 1.1 적용범위

이 기준은 댐 높이 15m 이상의 농업용 필댐과 댐과 일체가 되어 그 기능을 하는 부대시설 또는 공작물에 대하여 적용한다.

### 1.2 참고기준

·내용 없음

### 1.3 용어의 정의

·내용 없음

### 1.4 기준점 및 수준점

- (1) 계약대상자는 공사착공 이전에 기준점 및 수준점을 점검하여 그 결과를 공사감독자(또는 감리자)에게 제출해야 한다.
- (2) 계약대상자는 공사감독자(또는 감리자)가 지정한 기준점 및 수준점을 공사기간 동안 잘 유지 관리하고, 공사 완료 후 공사감독자(또는 감리자)에게 인계해야 한다.

### 1.5 공사기록

- (1) 계약대상자는 공사도급 계약문서 등에 정한 서류를 발주기관 또는 발주자가 지시하는 양식에 의거 지정한 기일까지 제출해야 한다.
- (2) 계약대상자는 공사감독자(또는 감리자)가 지시하는 바에 따라 지정된 양식에 의거 아래 보고서를 정해진 기일 내에 제출해야 한다.
  - ① 공사 진척상황 보고 (순보, 월보)
  - ② 지급품 수급상황 보고
  - ③ 공사용 재료현황 보고
  - ④ 안전과 위생 조치상황 보고
  - ⑤ 공사 장비상황 보고
  - ⑥ 인력 동원상황 보고
  - ⑦ 준공도서
  - ⑧ 기타 공사감독자(또는 감리자)가 요구하는 보고
- (3) 계약대상자는 공사시공에 대한 천연색 사진을 촬영한 후에 그 내용을 정리한 사진첩을 제출

## 농업용 필댐 공사

해야 한다.

- (4) 계약대상자는 작업일지, 지급 재료의 수불부, 기타 계약 이행에 필요한 장부를 작성비치하고 공사감독자(또는 감리자)의 요구가 있을 때는 언제든지 제시해야 한다.

### 1.6 조사시험

- (1) 계약대상자는 공사에 관계되는 재료, 토질 및 콘크리트의 품질관리를 위한 시험실을 설치 운영해야 하고, 시험실에는 필요한 시험기기뿐만 아니라 시험에 소요되는 수도, 전기, 소모성 비품, 시약 등도 포함한다.
- (2) 계약대상자는 공사관리를 위하여 공사감독자(또는 감리자)의 요구나 지시가 있으면 별도의 시험도 실시해야 한다.
- (3) 모든 품질관리 시험은 KS 규격, 시험 규정, 시방서에 따라 수행해야 하며, 시험후 시험결과를 제출해야 한다.
- (4) 공사감독자(또는 감리자)는 자재의 현장 반입 전에 필요하다고 인정될 때는 제조공장이나 현장에서 직접 시험을 지시할 수 있으며, 공사감독자(또는 감리자)가 인정할 경우는 제조회사 또는 권위 있는 시험소에서 행한 시험성적표를 제출할 수 있다.

### 1.7 시공관리시험

- (1) 흙쌓기 시공의 각 층별로 3개의 임의시료와 관찰 결과 시공 상태가 불완전하다고 생각되는 장소에서 필요한 수만큼의 시료를 채취하여 함수비 및 건조 밀도를 측정해야 한다. 그리고 필요에 따라 제체 및 기초지반 내에 발생하는 공극수압의 측정, 흙쌓기의 전단 및 투수시험 등을 실시하여 정기적인 시공관리 시험과 비교 검토해야 한다.
- (2) 연약지반상에 축조되는 댐에서는 흙쌓기의 시공속도와 공극수압의 소산 또는 지반강도의 증가와의 관계를 조정한다.
- (3) 건조밀도는 허용함수비 이내에 있어야 하며 표준 규정값 이상이어야 한다.
- (4) 흙쌓기 시험은 불투수성 및 투수성 재료의 현장 최적함수비, 적당한 다짐장비의 선정, 다짐횟수, 펴고르기 두께, 불투수성 재료의 건조 및 살수방법 등이 포함되며 필요시 저장방법에 대하여는 공사감독자(또는 감리자)와 협의해야 한다.
- (5) 재료 또는 다짐장비가 변경될 때는 반드시 펴고르기 두께, 다짐횟수 및 최적함수비를 결정하기 위한 시험 흙쌓기를 한 후 그 결과를 공사감독자(또는 감리자)에게 제출하여 승인을 받아 시행해야 한다.
- (6) 현장 품질관리 시험횟수 및 시기는 공사시방서에 따른다.
- (7) 시험 흙쌓기는 투수성 및 불투수성 재료 모두 펴고르기 두께 3종, 다짐횟수 각각 3종, 합계 9종의 시험을 실시해야 한다.

## 2. 자재

## 2.1 일반사항

- (1) 축제용 흙은 투수성, 강도 등 여러 각도에서 판정해야 하나 무엇보다도 이상적인 입도곡선을 가져야 한다.
- (2) 불투수성부와 투수성부의 중간에 설치되는 이행부 재료는 반투수성 재료를 사용하여 재료의 급변에 의한 사고를 방지해야 한다.
- (3) 암석 재료는 견고하고 균열이 적고 물이나 기상작용에 대한 내구성이 커야 한다. 비중 2.6 이상, 압축강도 70MPa (700kgf/cm<sup>2</sup>) 이상, 내구성 0.015% 이하로 해야 한다.
- (4) 장래 풍화에 의하여 변질될 우려가 있는 랜덤(random)재료는 댐 중요부분에 사용할 수 없다.
- (5) 대규모 댐에서는 착공초기에 시험 흙쌓기를 시행해야 한다.
- (6) 입도가 크게 다른 두 재료를 서로 인접시킬 때 그 중간에 설치하는 필터재료는 세립분의 유출이 없고 침투수가 안전하게 투과해야 한다.
- (7) 축제재료의 시험은 공사시방서에 명시된 항목에 대하여 실시하고 그 결과를 공사감독자(또는 감리자)에게 제출하여 승인을 받아야 하며, 공사감독자(또는 감리자)의 요구가 있을 때는 즉시 실시해야 한다.
- (8) 이 절에 규정한 이외는 “제2장 재료” 규정에 따른다.

## 2.2 불투수성존

- (1) 불투수성존의 투수계수는  $1 \times 10^{-5}$ mm/sec 이하이어야 한다.
- (2) 불투수성재료는 점토, 모래, 자갈의 입도(粒度)가 좋은 불투수성 재료로서 초목의 뿌리, 큰 석력의 유해물을 함유하지 않은 것으로 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.
- (3) 최적함수비를 확보하기 위하여 물을 뿌리거나 건조시킬 때는 토취장에서 실시하는 것을 원칙으로 하고 그 방법에 대하여는 공사감독자(또는 감리자)와 협의해야 한다.
- (4) 불투수성존의 기초는 가급적 차수가 가능한 암반으로 하되, 그렇지 아니한 경우에는 충분한 차수성과 침하에 대한 안정성이 확보되도록 적절한 조치를 취한다. 기초는 극단의 요철(凹凸) 및 돌출부가 없도록 굴착하고, 단층 및 이완된 층에 대해서는 적절한 처리를 한다.

## 2.3 필터

- (1) 필터재료는 필터재로 보호되는 재료보다 투수성이 커야 하며, 일반적으로 다음 조건을 만족시켜야 한다.
  - ①  $\frac{\text{필터재료의 15\% 입경}}{\text{필터로 보호되는 재료의 15\% 입경}} > 5$
  - ②  $\frac{\text{필터재료의 15\% 입경}}{\text{필터로 보호되는 재료의 85\% 입경}} < 5$
- (2) 필터재료의 입도곡선은 보호되는 재료의 입도곡선과 거의 평행인 것이 좋다.
- (3) 필터로 보호되는 재료가 조립재료를 함유할 때는 그 재료의 25mm 이하의 부분에 대하여 상기의 가 및 나 항을 적용한다.
- (4) 필터재료는 점착성이 없는 것으로 0.074mm 이하의 세립분 함유량은 원칙적으로 5% 이하로

## 농업용 필댐 공사

하는 것이 좋다.

- (5) 필터재료는 보호되는 재료보다 10 ~ 100배의 투수성을 가지는 것이 좋다.
- (6) 자연상태의 재료로는 전술의 입도조건을 만족하는 경우가 적으므로 최근에는 다음과 같은 방법에 의해 인공적으로 제조하는 일이 많다.
  - ① 콘크리트 골재를 제조하는 것과 같은 방법으로 씻기 또는 크러셔로 깨뜨린 것을 체가름 하는 방법
  - ② 자연재료와 인공재료를 혼합하는 방법
  - ③ 토목섬유를 이용하는 방법

### 2.4 석력

- (1) 석력재료의 재질은 암의 밀도, 경도 및 마모에 저항성이 커야 하며 물 또는 동결에 의하여 파괴되지 않아야 한다.
- (2) 석력재료는 입도가 좋고 200번 체 통과율이 3% 미만인 투수성 재료이어야 한다.

### 2.5 비탈 보호공

사석재료는 풍화되지 않은 내구성인 재료로 파력에 의해 이동되지 않는 충분한 개당중량을 가진 암으로 재료, 개당중량, 입도 등은 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아 사용해야 한다.

## 3. 시공

### 3.1 가설비공

#### 3.1.1 공사용 도로

- (1) 계약대상자는 공사시행에 필요한 도로를 설치하되 통행에 안전을 유지하도록 적당한 보호시설을 설치해야 하며 측구와 도로를 보호하는 안전한 노건 및 기타 모든 시설은 공사시행에 편리하도록 유지 관리해야 한다. 지반조사는 공사의 목적이나 구조물의 종류에 따라 조사의 방법과 항목이 각각 상이할 수 있다.
- (2) 계약대상자는 공사용 도로 착공 이전에 도로의 배치, 구조, 안전시설 등을 표시한 설계도서를 공사감독자(또는 감리자)에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (3) 공사용 도로가 기설 용배수로나 기타 다른 구조물을 횡단하거나 겹쳐가는 경우 기설 구조물의 기능을 감소시키거나 파괴되지 않도록 해야 한다.
- (4) 공사용 도로로서 기설 도로를 이용할 경우 계약대상자는 관련 법규에 따라 도로 소관청과 협의를 거쳐야 한다.
- (5) 공사용 도로의 시공과 유지관리 및 원상복구는 계약대상자 책임하에 시행하며 토지 소유자 등으로부터 민원이 발생치 않도록 해야 한다.
- (6) 기자재 반입용 도로는 반입 재료 등의 크기와 운반 빈도를 충분히 고려하여 규격을 결정한다.

- (7) 공사용도로는 본체 축제장, 토취장, 사토장을 연결하는 도로와 채취 표고 및 축제 표고가 시공 진전에 따라 변하는 축조면 진입로 부분은 그에 맞춰 교체 될 수 있도록 계획한다.

### 3.1.2 가설공사

- (1) 계약대상자는 공사시공에 필요한 공사사무소, 숙소, 창고, 작업소, 변소 등을 공사기간동안 공사에 지장이 없도록 설치해야 한다.
- (2) 가설물에 필요한 모든 유지관리를 계약대상자 부담으로 해야 한다.
- (3) 가설공사는 위치, 규모, 자재의 재질 등을 포함한 시공도면을 작성 제출하여 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.

### 3.1.3 사토장

- (1) 공사 중 발생한 잔토는 공사감독자(또는 감리자)가 승인한 장소에 사토해야 하며 적당한 비탈면 경사를 유지시키고 잘 정리해야 한다.
- (2) 사토장에서 유수에 의한 탁수가 흘러내릴 때는 환경 보전, 자연 보호 등에 유의하여 충분한 방지대책을 세워 필요한 조치를 해야 한다.

### 3.1.4 공공시설의 이용

공도, 하천부지, 하천유수의 이용 등 공공시설을 사용할 때는 관계기관과 협의하여 필요한 모든 조치를 취한 후 사용해야 한다.

### 3.1.5 가배수공 (유수전환 시설)

- (1) 가배수 터널
  - ① 가배수 터널의 시공은 가급적 갈수기간 동안에 실시해야 한다.
  - ② 터널의 수로경사는 터널 전 길이에 걸쳐 단일경사로 하는 것이 좋다.
  - ③ 터널 유입부는 가물막이의 세굴, 침식 및 손상 등을 방지하고 윗부분이나 상류부의 붕괴로 인한 유입구의 폐쇄 위험을 미리 방지해야 한다.
- (2) 가물막이
  - ① 가물막이의 시기는 융설기 또는 호우기간, 태풍기간 등 홍수가 발생할 수 있는 기간은 피해야 한다.
  - ② 가물막이의 높이는 가배수로 상류 설계수심에 약간의 여유고를 더해야 한다.
  - ③ 가물막이를 체절코자 할 때는 그 시기 및 시공계획을 미리 작성하여 공사감독자(또는 감리자)와 협의해야 한다.
  - ④ 가물막이는 전면 가물막이와 부분 가물막이 방식이 있으며, 댐 지점의 지형 및 지질, 하상 형태, 홍수량 크기, 공사 규모 등을 고려하여 경제적이고 안전한 방식을 선택한다.
    - 가. 전면 가물막이 : 댐 형식에 관계없이 하폭이 좁은 곳에 적합
    - 나. 부분 가물막이 : 하폭이 넓고 하천유량이 많은 곳에 적합

## 농업용 필댐 공사

### (3) 제내 가배수로

- ① 가배수로의 바닥높이는 가능한 한 낮게 하여 원래의 하상에 가까운 위치에 설치하여 수두를 크게 해야 한다.
- ② 가배수로는 댐 하중 및 수압을 받으므로 배수로의 주변을 철근콘크리트로 보강해야 한다.

### (4) 가배수공의 폐쇄공

- ① 가배수공의 폐쇄시기는 자체의 안전성을 위해 갈수기에 행하는 것이 좋다.
- ② 댐 하류에 기설 수리권자의 피해가 있을 때는 댐 하류에 잔류량이 많은 시기 혹은 비관개기를 이용해야 한다.
- ③ 가배수공의 폐쇄는 하천유량을 고려하여 그 시기를 정해서 체절순서, 콘크리트 타설 방법 및 그라우팅 공정 등을 포함한 시공계획을 작성하여 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아 시행해야 한다.

### (5) 플러그(plug)

- ① 플러그의 위치는 댐 중심선 부근을 원칙으로 하고 암반의 상태가 양호한 곳에 설치해야 한다.
- ② 플러그 위치의 암반파기는 기반암에 손상이 가지 않도록 주의하여 굴착해야 한다.
- ③ 그라우트 파이프 배열계획 및 콘크리트 타설 계획에 대하여는 사전에 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 얻어야 한다.
- ④ 플러그 그라우팅은 작용수압의 2배 이상으로 해야 하며 그라우트 밀크가 유출되지 않도록 기설 콘크리트와의 접촉부에 지수판을 삽입해야 한다.
- ⑤ 플러그 콘크리트는 만수시 고수압이 작용하여 플러그 주변에 전단압력이 발생하게 되므로 주변 암반은 이에 대하여 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.
- ⑥ 플러그 길이는 타설면의 전단응력, 활동 및 폐쇄 주변장의 고정 등을 고려하여 최대 작용수압의 0.3 ~ 0.8배 이상으로 해야 한다.
- ⑦ 그라우트 밀크의 배합비는 설계 내역에 따르되 최종 주입밀크는 알루미늄 파우더(aluminum powder) 등의 가스 발생제를 혼입하여 수축을 작게 해야 한다.

## 3.2 기초 터파기

### 3.2.1 댐터 제거

- (1) 댐터 제거 대상 공종은 가제당 및 본제당 댐터와 축제재료 채취장소이다.
- (2) 댐터는 그 자체를 축제의 제일 층으로 생각하고 표토, 기타 유기물 등의 부적당한 재료를 제거하는 동시에 특히 댐체의 접촉을 긴밀히 해야 한다.
- (3) 제거한 표토 및 지표물은 공사감독자(또는 감리자)가 승인한 장소에 버려야 한다.

### 3.2.2 깎기의 종류

- (1) 암깎기라 함은 발파나 썰기작업을 하지 않고는 절취할 수 없는 암절취를 말 하며 연암, 보통암, 경암으로 분류한다.

- (2) 풍화암 깎기란 경도가 낮거나 풍화된 암으로서 유압식 리퍼나 팍으로 절취가 가능한 것을 말한다.
- (3) 흙깎기는 보통토사, 견질토사, 고사점토 및 자갈 섞인 토사, 호박돌 섞인 토사로 구분한다.

### 3.2.3 제체 기초 터파기

기초 터파기 시에는 다음 사항에 세심한 주의를 기울여 시공해야 한다.

- (1) 지반을 적절히 터파기하고 설계도서에 따라 정형해야 한다.
- (2) 암터파기의 경우 끝 손질면에 가까워지면 화약량의 사용을 제한하여 불필요하게 기초가 흔들리는 일이 없도록 해야 하며 느슨해진 암은 인력으로 제거해야 한다.
- (3) 터파기에 돌출한 암을 따내고 더 파여진 요(凹)부는 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라 용출된 물을 배수하고 콘크리트로 정형해야 한다.
- (4) 공사감독자(또는 감리자)가 별도로 승인하지 않는 한 설계도서에 표시된 터파기선을 초과 굴착한 부분은 계약대상자 부담으로 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라 채워야 한다.
- (5) 불투수성존 기초부 그라우팅 완료 후의 터파기, 청소 등은 견고한 지반이 이완되지 않도록 세심한 주의를 해야 한다.
- (6) 터파기한 토사를 흙쌓기 재료로 유용할 경우는 흙의 함수비를 조절하고 불량토 등의 혼입이 없도록 해야 한다.
- (7) 터파기가 완료된 후에는 용출된 물을 배제한 상태에서 점토를 시공할 수 있도록 상하류에 배수구를 설치해야 한다.
- (8) 기초 터파기선은 지형, 지질 또는 설계도서에 따라 시행하되 급격한 경사는 피해야 한다.
- (9) 캡 콘크리트 타설을 위한 터파기는 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아 시공하되 소발파로 해야 하며 인근 암에 영향을 주어서는 안 된다.
- (10) 기초암반에 나타난 단층 또는 파쇄대는 지지력의 부족을 초래하여 부등침하와 누수의 원인이 되므로 그라우팅 또는 특별한 처리를 해야 한다.
- (11) 불투수성존 트렌치 안의 용출수는 완전히 막고 항상 건조 상태의 기초면에 불투수성존을 고무 퍼도록 해야 한다.
- (12) 연암 또는 토사의 터파기는 토공기계로서 될수록 느린 경사로 굴진해야 한다.
- (13) 기초부분은 매운 후에는 볼 수 없는 부분이므로 필히 공사감독자(또는 감리자)의 입회를 요하며, 사진 및 기타의 기록을 만들어 보존해야 한다.

### 3.2.4 기초터파기의 검사

기초 터파기가 완료되면 압축공기나 사수(射水)로 깨끗이 청소하고 종.횡단측량을 실시하여 요철(凹凸)의 위치, 기초암의 종류, 구조대의 간격, 방향, 기울기 등을 기록한 평면도를 작성하고 공사감독자(또는 감리자)의 검사를 받아야 한다.

### 3.2.5 터파기 비탈면 보호

## 농업용 필댐 공사

기초 터파기 비탈면이 용출수나 기타에 의하여 붕괴되는 일이 없도록 충분한 조치를 취해야 한다.

### 3.3 댐터의 굴착

댐터는 축제의 기초가 되는 부분이므로 지반에 따라 적절한 방법으로 굴착하고 설계도에 따라 정형하거나 부적당한 부분을 제거하여 댐터와 댐체의 접착을 긴밀히 해야 한다.

#### 3.3.1 굴착의 예정선

##### (1) 댐터부

- ① 댐터부의 기초는 지지력, 파이핑 등에 충분한 저항력을 갖는 것이 요구되며, 이들 조건을 만족하지 않는 경우에는 원칙적으로 이를 파내야 한다.
- ② 장래에 부식에 의하여 전단강도가 저하할 것으로 생각되는 초목뿌리 등 유기물을 함유한 표토, 소요 전단강도를 얻을 수 없는 점토나 실트, 파이핑의 원인이 되는 암반의 틈새기나 요부에 흐트러져 있는 모래 등은 모두 제거해야 한다. 다만, 그 양이 많아서 전량을 굴착하면 비경제적이므로 암반의 정밀조사, 토질시험, 안전성의 검토에 의해 이것을 그대로 두어도 좋은 설계구조를 별도로 고려하는 경우에는 이의 구매를 받지 않아도 된다.
- ③ 일반적으로 하상 사력이나 연암은 그대로 기초로 할 수 있다. 댐 규모와 기초의 역학적 성질에 따라서 제거하는 편이 경제적일 수가 있고, 이런 경우는 전단시험, 지지력 시험 등을 실시하여 제거여부를 검토할 필요가 있다. 하상 사력층에서는 연속성을 가진 실트층이 존재하는 일이 자주 있다. 사력층은 보링조사가 가장 어려운 대상지질이므로 실트층의 형상을 알기 어렵다.
- ④ 따라서 정밀조사가 되어 있지 않은 경우는 흙쌓기 공사를 하기에 앞서 시굴, 전갱 또는 트렌치 굴착을 실시하고 지층의 관찰결과에 따라서 안전한가를 확인을 해야 한다.
- ⑤ 기초와 축조재료와의 입도 조성이 극히 상이한 경우, 예를 들면 세립자를 함유한 돌서링 퇴적물이나 사력 또는 비교적 풍화되기 쉬운 기반과 조립의 자갈이나 암괴가 인접하는 경우 또는 벌어진 균열이 많은 기반과 세립의 구축재료가 인접하는 경우 등에는 특히 양안 접합부에서 강우나 저수위의 변동에 의하여 세립자가 유실되어서 부등침하를 초래하는 일이 있다. 또 단계식 요상 또는 오버행상의 기반 위에 토질손상의 원인이 되는 수가 있다. 그러므로 이와 같은 기반에 대하여는 다음과 같은 조치가 필요하다.
  - 가. 입도조성이 극히 상이한 경우는 이들을 제거하든지 또는 적당한 입도로 된 존을 설치한다. 선택기준은 경제성과 안전성을 비교하여 결정해야 한다.
  - 나. 굴착면이 용이하게 풍화될 수 있는 경우는 장차 풍화되어도 유실이 일어나지 않게 표면을 필터로 피복하든지 표면에 얇은 아스팔트 등을 바르는 등의 처리를 한다.
  - 다. 개구균열이 많은 기초에 대하여는 균열의 틈새를 시멘트 페이스트나 모르타르로 충전하여 불투수성 코어가 침식되는 것을 방지하고 터파기면에 불투수성표면부를 만들어 침투수의 양과 압력을 줄여야 한다.
  - 라. 이와 같은 균열의 처리는 그리 중요시하지 않고 있지만 특히 균일한 필댐의 경우에는 강우나 침투수의 집중으로 균열을 통하여 세립토가 제외에 유실된 예가 있으므로, 이

접을 충분히 주의해야 한다. 터파기 장소는 균열이 거의 보이지 않을 때까지 굴착하고 이 때 제체지반은 그대로 두고 산측의 균열부에서는 20×20cm의 트렌치를 파서 필터를 충전하는 것이 좋다.

마. 오버행상, 계단상, 요상 등의 기반 위에 조립재료를 성토하는 경우는 그리 문제가 없다. 그러나 세립재료를 쌓는 경우는 부등침하가 일어나는 것으로 생각하면 된다. 상기의 형상을 이루는 기반의 경우 암반에서는 그림 5.2.1 과 같이 불록한 부분을 굴착하여 제거 하든가 오목한 부분을 콘크리트, 모르타르 등에 의하여 되메움한다. 또 토질기초의 경우는 그림 5.2.1과 같이 축제재료를 깔 때, 까는 두께 정도의 소계단상으로 파서 흙쌓기 함으로써 이미 쌓은 성토와의 결합을 좋게 되도록 한다.

- ⑥ 댐 터파기면에 용출수가 있는 경우는 성토재료의 전단강도의 저하나 파이핑 경로의 형성을 방지하기 위하여 그라우팅으로 지수하거나 제외로 용출수를 배출시켜야 한다.
- ⑦ 보통 잡석, 호박돌을 사용한 드레인을 부설하면 좋다. 용출수량이 많은 경우는 유공관을 설치하는 일도 있다. 이 경우는 부식하든가 장차 지진 등의 외력에 의하여 파괴되지 않는 내구성이 있는 관을 사용해야 한다. 또 드레인의 주변은 장차 파이핑이 일어나지 않게 엄선한 사력의 필터나 토목섬유필터 등으로 피복하는 것을 잊어서는 안된다.

## (2) 물넘이

- ① 물넘이는 댐 설계 홍수량 이하의 유량을 원활하게 제체 하류하천으로 유도하는 것이므로 수리적 조건과 지형, 지질, 구조적 조건이 밀접하게 조합되어 설계되는 것이다. 따라서 굴착 개시를 한 후의 암반의 상태에 따른 굴착선의 변경은 물넘이의 일부 또는 대부분이 설계변경에 관계되는 일이 많다. 이 때문에 충분한 사전조사가 필요하게 된다.
- ② 물넘이 굴착 예정선의 결정에 있어서 유의할 사항은 다음과 같다. 이들 사항은 주로 필댐의 물넘이에 작용되는 것이지만 기타 댐 부대구조물에 대하여도 적용되는 면이 많다.
  - 가. 물넘이의 굴착으로부터 나오는 재료가 질적으로나 시공상으로 보더라도 제체재료로서 양호한 경우에는 문제가 없지만 근래 축제재료에 대한 기준이 까다로와 굴착된 재료중 상당한 양을 버려야 하는 예가 많다. 이런 경우는 미리 굴착선을 검토하여 사토를 가급적 줄일 수 있는 선형으로 한다.
  - 나. 전체의 굴착량을 줄이고 싶다면가 수리상의 요구에서 물넘이 노선의 전체 또는 일부의 기초가 견고한 암반에 접하지 않는 경우가 있으나 이 때에는 지반의 지지력 특성 또는 변형특성을 충분히 조사한 후에 적절한 설계를 할 필요가 있다. 연약한 층이 극히 부분적인 경우에는 플러그 콘크리트로의 치환 등의 방법이 있다.
  - 다. 다른 구조물과 물넘이 굴착선이 근접하는 경우, 예를 들면 터널 병렬의 경우는 내경의 5 배 이상이 서로 떨어져 있어야 하는 등의 기준을 참고로 한다.

## 3.3.2 굴착

### (1) 터파기

- ① 터파기는 그 지반에 가장 적합한 방법으로 소정의 수밀성 또는 소정의 전단강도 및 소정의 기초처리를 할 수 있는 깊이까지 굴착해야 한다. 또 터파기한 바닥은 잡물이나 이완된 암편

## 농업용 필댐 공사

은 제거하고 큰 요철은 골라 매끈하게 만들고 강수나 용출수를 배제하여 기초와 제체를 완전히 밀착시켜야 한다.

- ② 굴착면은 흠뻑기가 개시된 후에는 육안 관찰이나 추가처리는 곤란하므로 흠뻑기를 시작하기 직전에 공사감독의 검사를 받는 이외에도 반드시 전문가의 의견을 들어 안전성을 확인해야 한다.
- ③ 굴착은 지질에 따라 사용하는 굴착기계나 방법이 다르지만 여하한 방법에 의한 경우에도 굴착 시에는 다른 부분까지 이완되게 해서는 안된다. 토질기초와 같은 경우는 충분한 굴착기울기를 취하든지 또는 웰포인트 공법 등에 의하여 주위를 충분히 안정시킨 후에 굴착하는 것이 바람직하다.
- ④ 암반 특히 경암의 경우는 보통 발파에 의하여 굴진을 하지만 계획심도에 가까워짐에 따라 화약량을 줄여서 암반의 이완을 최대한으로 억제한다.
- ⑤ 발파는 암반의 이완을 적게 하는 외에 가급적 큰 요철면의 형성방지, 착암면의 부석 방지, 끝마무리 천공 또는 발파의 경감, 착암부에 절리가 많은 경암이 있는 경우는 벤치커트 공법이 효과적이다.
- ⑥ 터파기의 종단형상은 양안 접속부에서는 가급적 느린 기울기로 하는 것이 바람직하다. 지형상 느린 기울기가 무리한 경우는 전체를 요형으로 할 것이며 철형의 것은 가급적 피하는 것이 좋다. 접속부가 철형인 경우는 기울기가 만곡점 부근의 축제부분이 부등침하에 따른 균열이 생기기 쉽다.
- ⑦ 산측으로 기울어진 역경사 부분은 절대로 만들어서는 안된다. 이 경우에는 굴착 제거해야 하지만 국부적인 것으로 굴착에 의한 정형이 어려운 경우에는 콘크리트에 의하여 정형하는 것이 좋다.
- ⑧ 돌출한 암석부분은 굴착하여 제거하는 것을 원칙으로 한다. 단, 비교적 규모가 작은 것으로 제거하기 어려운 개소는 콘크리트를 충전하여 정형을 하여도 좋다(그림 5.2.2 참고). 규모가 큰 개구균열에 대해서는 자갈을 충전한 후 그라우팅용 및 배기용 파이프를 삽입하고 그 입구에 콘크리트 캡을 씌워 저압 그라우팅에 의하여 처리하면 좋다.
- ⑨ 횡단방향의 터파기 단면은 저수압에 의한 차수부의 압착효과를 기대하며 여하한 단면에 있어서도 약간 하류측이 높도록 하는 것이 바람직하다.

### (2) 굴착공법

- ① 굴착공법은 댐 지점의 지형, 지질, 기상 등의 제조건 및 굴착량에 따라 효율이며 안전한 굴착공법을 결정해야 한다. 암석굴착에는 보통 벤치커트 공법이 이상적이지만 기타 공법이라도 댐 지점에 따라 가장 효율적이며 안전한 공법을 결정한다. 암석굴착 중 기반이 이완되지 않도록 가급적 집중장약을 피함과 동시에 단발뇌관의 사용이 바람직하다. 갱도발파는 댐 기초굴착에는 원칙적으로 채용되지 않는다.
- ② 최종 기초면은 노출암반을 실제로 검사한 후에 결정하는 것이므로 댐의 설계조건에 따라 견고한 암반에 도달 할 때까지 굴착해야 한다.
- ③ 풍화되거나 이완되기 쉬운 암반에서는 굴착을 완료한 후 가급적 단기간 내에 축제나 콘크리트 치기를 해야 한다. 기초 굴착작업은 매우 위험한 작업이므로 안전관리에 유의해야 한다.

다.

(3) 대발과 제한

- ① 최종 기초면을 이완시키지 않게 제체 기초면에 가까운 곳에서는 화약의 사용 및 사용량을 제한하고 기초에 과대한 충격을 주지 않도록 한다.

(4) 굴착 끝마무리

① 댐터의 처리

가. 댐터는 그 자체를 축제의 제1층으로 생각하며, 표토, 기타의 부적당한 재료를 제거함과 동시에 특히 댐터와 제체의 접촉을 긴밀히 해야 한다. 댐터 처리의 유의사항을 들면 다음과 같다.

(가) 초목뿌리 등 유기물을 함유한 표토, 암반 틈새기나 요부에 있는 모래, 실트의 연약층 등 축제재료로서 적합하지 않은 재료가 댐터를 덮고 있는 경우는 그들을 완전히 제거하여 그 위에 축제재료의 흠쌓기를 하는 것이 원칙이다. 다만, 그 양이 많으면 전부 굴착하는 것이 비경제적이기 때문에 그것을 존치할 수 있게 적절한 설계로 되어 있는 경우는 이의 제한을 받지 않는다.

(나) 댐터와 제체의 접촉면이 누수의 원인이 되어 파이핑을 일으키는 일도 많다. 특히 제체의 불투수 존보다 상류부분으로부터의 누수는 터파기 작업에도 지장을 주므로 배수를 하여 댐터와 제체를 완전히 밀착시킬 필요가 있다.

(다) 록존의 댐터가 되는 부분은 댐 완성 후도 직접 자유수면에 접하여 습윤, 건조가 반복되므로 풍화하기 쉬운 연암의 경우에는 표면에 얇은 아스팔트 코트 등을 하는 것이 좋다.

(라) 지수 트렌치 이외의 구역의 기초는 일반적으로 암굴착 필요가 없다.

② 터파기와 끝마무리면

가. 터파기를 마친 표면은 평활하게 할 필요는 없으나 과도한 요철은 제거해야 하며 한계는 암반 기초인 경우 바닥에서 50 ~ 100 cm 정도로, 양안 접속부에서 30 ~ 50 cm 정도로 한다.

나. 암표면에 부착한 암설면지 등의 잡물은 압축공기나 워터제트 등을 이용하여 완전히 제거하고 암표면의 균열이나 오목한 부분은 그나이트, 모르타르, 사력분을 함유하지 않은 점성토 등으로 메워야 한다.

다. 암반 기초에서도 풍화하기 쉬운 것, 예를 들면 셰일이나 이암 등의 경우는 끝마무리면을 조금 두었다가 되메움을 하기 직전에 최종 끝손질을 한다든지 또는 최종 단면으로 끝손질을 하여 놓고 그나이트나 아스팔트 스프레이 등으로 풍화를 방지한다.

라. 토질기초에서는 표면이 건조되어 경화되어 있거나 미세 균열이 있는 경우에는 되메움 전에 살수하여 충분히 다진 후 시공한다.

마. 기반과 차수부 축제의 접속부에서는 기반 및 흠쌓기의 변형이 생기더라도 확실한 밀착이 되도록 사력분이 함유되지 않고 전단변형에 대하여 팽창하지 않는 소성토를 사용하여 흠쌓기를 하는 것이 좋다. 되메움하려면 흙을 얇게 펴서 램머나 탬퍼 등으로 다진다. 탬핑류 롤러는 그나이트를 떨어지게 한다든지 암모서리에 충돌하여 암모서리를 파괴

## 농업용 필댐 공사

시키기도 하므로 이 단계의 전압에서는 적당하지 않다. 또 플레이트 롤러를 사용하는 경우에도 사용상의 점성이 강하고 펴는 두께가 얇은 때에는 롤러면에 부착하여 흙의 전압이 잘 안되는 일이 있으므로 가급적 인력시공에 의한 전압이 바람직하다.

바. 소성토 두께는 암반의 요철의 정도에 따라 다르다. 일반적으로 10 ~ 20 cm 정도로 한다.

### ③ 양안부 처리

가. 양안 접착부는 가능하면 1 : 6 정도의 완만한 경사로 굴착하여 롤러를 사용하여 다지는 것이 좋다. 되메움할 때 제일층은 점질토의 함수비를 크게 하여 고루 펴고 평롤러 또는 램머로 다진다. 양쪽 롤러(sheep foot roller)는 암석 표면을 거칠게 하거나 암 모서리에 충격을 가하여 기반을 파괴 손상시키기 쉬우므로 이 때의 전압에는 적합치 않다.

나. 평탄한 넓은 부분이 있더라도 절대로 산측으로 경사된 역경사 부분을 만들면 안된다. 단, 국부적인 것으로 굴착에 의한 정형이 곤란할 때는 콘크리트로 정형하는 것도 무방하다. 횡단방향의 단면에 대해서는 어떠한 단면에 있더라도 약간 하류가 높도록 경사를 두도록 한다.

### ④ 배수처리

가. 지하수 처리

(가) 댐터의 굴착 기초처리 및 축조시에는 필요에 따라 지하수위의 저하를 도모할 필요가 있다. 지하수위 저하공법에는 임시적인 경우와 장기적인 경우에 따라 다르지만 공법을 분류하면 ㉠ 중력배수식 지하수위 저하공법(깊은 우물 공법), ㉡ 강제배수식 지하수위 저하공법(웰포인트, 전기침투공법, 진공배수(압기배수)공법) 등이 있다. 또 집수터널 등의 공법도 있다. 공법의 선택에는 사전에 지하수의 용출량, 지하수두, 지반의 투수성 등을 충분히 검토할 필요가 있고 장기적인 목적에서 보면 지하수 관측용 우물은 반드시 설치해야 한다.

나. 용출수, 강수의 처리

(가) 지수 트렌치 내의 용출수는 완전히 막아서 항상 건조상태 또는 습윤상태의 기초면에 불투수성 재료를 깔아야 한다. 콘크리트의 시공에 있어서는 콘크리트 치기도 같은 방법에 의한다.

(나) 지수 트렌치 하상부의 굴착에 있어서는 자주 다량의 용출수를 만나게 된다. 특히 하상 퇴적층이 깊은 경우에는 가물막이 댐의 기초를 침투한 물이 지수 트렌치 안으로 유입하기 때문에 이 수량을 충분히 배제할 수 있는 펌프시설이 필요하다. 이 경우 펌프장은 차수부 밖에 설치해야 한다. 용출수 상황에 따라서는 웰포인트 공법이나 지수벽에 의한 차수공법을 사용할 수도 있다. 동결공법도 있지만 경비면에서 볼 때 특수한 경우 이외는 이용되지 않고 있다.

(다) 지수 트렌치의 양날개부에서는 누수 또는 보링, 그라우팅의 배수 등 지수 트렌치 안으로 유입되는 모든 표면수도 차단해야 한다.

(라) 이를 위해서는 축제 시공면보다 높은 위치에 배수구를 설치하여 양측부로부터의 유입수를 모아서 이를 차수부 밖으로 배제하도록 해야 한다.

(마) 차수부 축제 작업면과 암반과의 접촉부에서 집수시키면서 순차로 성토작업을 해

나가는 것은 가장 중요한 암반과의 접촉면을 항상 습윤상태로 다지는 것이 되므로 이와 같은 방법은 피해야 한다.

- (바) 지수 트렌치안의 기반으로부터의 용출수는 원칙적으로 그라우팅에 의하여 완전히 막아야 한다. 일반적으로 그라우팅은 시멘트를 사용하지만 용출수가 많은 경우에는 쉽게 막을 수 없으므로 급속히 경화하는 약액주입을 실시하는 것도 유효한 때가 있다. 파이프를 용출수를 일시적으로 외부로 모이도록 하고 그 주변을 콘크리트로 고결시키고 어느 정도 제당이 올라간 후에 파이프를 통하여 역으로 그라우팅을 하는 방법도 있다.
- (사) 용출수가 작은 경우에는 적당한 크기(일반적으로 30~50 cm)의 원통을 용출하는 곳에 세워 주위의 차수재료를 잘 다지고 30~50 cm의 두께가 되면 원통을 빼내어 즉시 안의 물을 퍼내고 빨리 차수재료가 되메움한다. 용출수가 좀 많은 경우에는 상기 원통속에  $\phi=12.7\sim 25.4$  mm 정도의 파이프 한 개를 세우고 주위를 작은 자갈 또는 잡석으로 메우면서 원통을 빼내며 주위의 차수부를 다져 나간다.
- (아) 용출량에 따라 적당한 깊이에 달하면 다시 파이프를 한 개 추가하여 세우고 원통을 빼내어 2개의 파이프를 세운 그대로 차수부를 축제하여 간다. 4~5 m의 두께로 차수부가 올라온 후 깊은 쪽의 파이프를 통하여 짙은 농도의 그라우팅을 아주 저압으로 주입한다. 이 경우 다른 한 개의 파이프는 배기공이므로 이 파이프로부터 그라우트재가 나오기 시작하면 주입을 그친다.
- (자) 주입시의 압력은 상재하중의 최대 80 % 이하로 하고 농도는 물-시멘트비로 1 : 1~0.5 : 1(중량비)인 것이 적당하다.
- (차) 지수 트렌치 하상부 전역으로부터 용출하는 경우에는 원칙적으로 그라우팅으로 막아야 한다. 그러나 기초에 대하여 요구되는 수밀성 이상으로 지수할 필요는 없고 임의로 수밀성을 증대하여도 비경제적이다.
- (카) 따라서 기초의 투수성이 허용범위로 개량된다면 다소의 용출수가 있다 하여도 그라우팅을 종료시키는 일이 있다. 이런 경우는 지수 트렌치 양측에 도랑을 설치하여 용출수가 많은 경우와 같이 두 개의 파이프를 설치하여 적당한 높이까지 성토된 시점에서 그라우팅을 한다.
- (타) 이 경우 최초는 배기용 파이프로부터 물이 배출하게 되므로 주입 페이스트와 같은 정도의 주입재가 나올 때까지 주입한 후 본격적인 주입을 실시한다. 또 지수 트렌치의 양측만으로는 충분한 배수가 불가능한 경우가 있는데, 이런 경우는 지수 트렌치의 중앙부에도 도랑을 설치하여 같은 방법으로 그라우팅 처리를 한다.

##### ⑤ 단층처리

- 가. 기초암반에 나타난 단층 또는 파쇄대는 지지력 부족을 초래하여 부등침하를 일어나게 하거나 누수의 원인이 되며, 세립분이 유출되면서 파이핑 현상을 일으키게 하는 등의 위험이 있다. 소규모의 것은 그라우팅으로 처리할 수 있으나 적어도 폭 50 cm 이상의 단층점토를 갖는 것은 특별한 처리가 필요하다. 단층이 존재하는 위치, 방향에 따라 보통 연약한 부분을 가능한 심도까지 굴착하고 콘크리트로 치환하는 방법이 채용되고 있

다.

나. 필댐에서는 지지력 문제는 콘크리트 댐보다는 중요한 요소가 되지 않을 때가 많으나 단층점토 표면의 연약화를 방지하고 그라우트의 누출을 방지하며 코어 접촉면을 주위의 암반과 같은 상태로 하여 전압을 균일하게 하는 목적 등으로 코어 트렌치 안에 나타나는 단층의 전 구간에 걸쳐 콘크리트 캡을 설치하는 것이 좋다.

다. 이상 기술한 콘크리트 캡 외에 침투로 깊이를 길게 하여 유속을 제한하며, 단층점토의 유출을 방지하기 위한 깊은 지수벽이 필요하다. 지수벽 깊이는 단층의 상태, 위치, 각도, 방향 등에 의하여 경험적 판단으로 깊이를 결정하는 것이 보통이다. 지수벽의 시공은 보통 단면에 연한 도갱(shaft)을 파고 이를 수밀성 콘크리트로 충전하고 암반과의 접촉면은 그라우팅에 의하여 보다 수밀성을 높이도록 한다. 도갱을 설치하는 그라우트 커튼과 교차되는 것에 1개를 세우거나 또는 상하류로 나누어 2개를 설치하는 등의 방법을 사용하고 있다. 2개의 경우는 일반적으로 상류측을 깊게 하고 하류측 1/2 정도로 한다. 이러한 지수벽은 콘크리트 댐에서 특히 많이 사용한다.

⑥ 풍화성 암반의 임시 보호대책

가. 대기에 접촉되면 급격히 풍화한다든지 지하수로 팽윤한다든지 하는 암반에서는 흠뻑기 개시전에 충분히 보호하여 두어야 한다. 방법으로서는 다음과 같은 것이 있다.

(가) 최종의 터파기 바닥면까지 도달하기 이전에 지수 트렌치 양측의 배수구를 최종 터파기 바닥면보다 50 cm 이상 파내려서 지하수위를 저하시킨다. 다음에 최종 바닥까지 굴착하여 청소한 후 곧 가열 아스팔트 또는 우레탄 고무 등을 암반에 뿔어 붙여 불투수 피막을 형성한다.

(나) 그라우팅을 사전에 실시하고 터파기 부근의 심도까지 플러그 그라우팅을 한다. 그리고 단기간에 차례로 소성토의 흠뻑기를 개시한다. 더욱이 모르타르의 뿔어붙임 등 흠뻑기 개시 전에 제거해야 하는 공법은 피한다.

나. 또 모래지반의 사면에 있어서는 강우에 의한 도랑형태의 침식이 문제가 된다. 이것은 지표수가 한 개소에 집중되는 일이 제일 큰 원인이고 임시의 배수시설을 충분히 하는 동시에 모래사면에는 가열 아스팔트나 수밀성 우레탄 고무액 등을 뿔어 붙여 불투수 피막을 형성시키는 방법도 있다.

⑦ 사토처리

가. 사토의 적재방법 및 운반방법은 굴착공법, 굴착량, 적하장 및 사토장의 위치 및 넓이와 관련시켜 결정하는 것으로 하고 적재기계와 운반기계와는 잘 균형이 잡히도록 조치한다. 하상부에서의 작업은 출수시, 발파시에 중기가 용이하게 대피할 수 있는 노선을 설치할 필요가 있다. 사토장의 위치는 부근의 지형, 운반거리, 사토량 등에 의하여 정해지지만 그 용량은 굴착에 의한 증가량 또는 감소량을 고려해야 한다.

나. 사토의 붕괴 유출에 의하여 하류에 피해를 끼칠 우려가 있는 경우는 사토장의 기초처리, 지하수 배제, 주위로부터의 지표수의 배제 계통을 확립함과 동시에 사토사면의 보호 또 탁수처리 등 실정에 맞는 적절한 처리를 강구할 필요가 있다. 댐의 상류에 사토하는 경우는 출수시에 가배수로에 퇴적되어 홍수의 유입을 저해하지 않도록 해야 한다.

### 3.4 그라우트 주입

- (1) 그라우트는 보링작업이나 그라우트 시험의 실적을 기준하여 공사방법을 결정해야 한다.
- (2) 보링은 다이아몬드 비트 또는 메탈 비트 등을 사용하여 회전식으로 실시한다. 보링 굴진중에는 지하수위나 누수량을 관측해야 한다.
- (3) 보링이 끝나면 그라우팅 하기 전에 투수시험을 해야 한다. 수압시험의 압력은 보통 저수압의 1.5배를 5 ~ 10분간 가한다.
- (4) 그라우트 압력은 경암에서 위에 실린 암의 중량의 10배 이상 압력을 가하여도 충분한 때도 있다. 그라우트 주입량이 급격히 증가하기 시작할 때의 극한압력을 초과할 필요는 없다.
- (5) 농도는 1:10 ~ 1:1의 범위 내에서 사용된다. 주입농도는 보통 1:3 ~ 1:5에서 시작하여 주입하나 주입이 되지 않으면 농도를 점차 희박하게 해야 한다.
- (6) 그라우트의 표면누출이 있을 때는 다음 방법을 사용하여 이를 방지해야 한다.
  - ① 콘크리트의 그라우트 캡을 친다.
  - ② 걸레 또는 썰기 등으로 틀어막는다.
  - ③ 두께 18mm 정도의 그나이트층 또는 모르타르로 표면을 덮는다.
  - ④ 시멘트 풀의 농도를 높여 이것을 표면의 유출된 곳에서 그라우팅을 중지하고 고결시킨다.
  - ⑤ 높이 1.5 ~ 6.0m 정도의 흙쌓기를 하고 그 상부에서 그라우팅을 한다.
- (7) 흙쌓기 위에서 그라우팅을 할 때는 반드시 케이싱을 암반까지 삼입하는 패커를 사용해야 한다.
- (8) 그라우팅 공법으로는 일단식, 패커식, 다단식, 중복식 그라우팅이 있다.
- (9) 그라우트 구멍에 사용하는 착공기계는 보통의 보링기계 또는 공기중력 착공기가 적당하다.
- (10) 그라우트 펌프는 계획하는 주입 최고압력에 충분히 견딜 수 있는 성질을 가진 것이어야 하나 펌프의 형식은 어떠한 것이라도 좋다.
- (11) 그라우트 배관은 순환방식(circulating system)과 리턴플로우를 취하지 않는 방식(single line system)이 있다.

#### 3.4.2 찬공 및 공내세척

- (1) 찬공 비트는 설계서에 명기한 규격의 것을 사용하여야 하나 설계보다 더 큰 구경의 비트사용은 허용될 수 있다. 찬공 룯드에는 그리스 또는 기타 윤활유가 도포 또는 점착되어서는 안되며 찬공수는 청수를 써야 하고 이수를 쓸 경우에는 감독원의 지시를 받아야 한다.
- (2) 계획심도까지 찬공이 끝나면 비트를 공저로부터 약간 들어올린 후 펌프로부터 물 공급량을 증가시키면서 파쇄물을 배제 시켜야 한다. 이때 룯드를 30 ~ 60cm 정도 오르내려 파쇄물이 뜨도록 하여 가능한 한 대부분의 파쇄물을 제거 한다.
- (3) 찬공비트, 케이싱, 공경은 4.5.6절의 표를 기준으로 한다. 중심점토 또는 토사층의 찬공 때 굵은 자갈 또는 호박돌이 혼재되어 원활한 찬공이 되지 않을 때 또는 시추공벽과 케이싱 사이의 공간을 주입해야 할 경우에는 드래그 비트(drag bit) 또는 Odex 비트를 사용 할 수 있다.
- (4) 공내세척을 할 때 기초지반 자체에 많은 양의 풍화물이 있거나 분산하는 성질의 점토 성분이

## 농업용 필댐 공사

있어 덩어리가 만들어지는 경우로서 물 사용만으로는 깨끗이 제거되지 않을 때는 압축공기를 함께 사용 할 수도 있다. 이때 플라스틱 호스나 고압호스 끝에 엷비스듬하게 자른 쇠파이프를 달고 이를 위에서부터 아래로 내리면서 공내를 세척한다.

### 3.4.2.1 투수시험

- (1) 암반층에 대하여 주입직전에 실시하는 루전 투수시험은 15분 동안하며 매 5분 마다의 주수량과 압력을 기록한다. 시험압력은 시험공의 수압시험처럼 저압→고압→저압을 적용치 않고 1 bar를 적용한다.
- (2) 암반층에 대하여 주입직전에 실시하는 루전투수시험은 그라우팅 설계단계의 투수시험이나 시험공(pilot hole) 투수시험과는 다소 다르다. 이 시험의 목적은 주입코저하는 구간의 투수성을 파악하여 초기 w/c비 결정에 참고하고 주입예상량을 대략 추정하거나 가까운 위치에서 앞서 주입된 공의 주입영향이 여기까지 미쳤는지를 평가해 보기 위해 즉 내삽법의 효과를 판단해 보고자 함이다. 그리고 주입된 물이 지표로 또는 인접공으로 누출되는지를 확인하므로써 주입재의 누출에 대비함에 있다.
- (3) 후속해서 시행하는 시공주입압력과 같은 압력을 적용코저하는 사람도 있으나 그럴 필요가 없다. 물이 주입재보다 쉽게 들어가며 불필요하게 높은 압력의 물을 보내면 주입때보다 오히려 쉽게 암반이 변위될 위험이 있기 때문이다.

### 3.4.2.2 주입압력

- (1) 주입압력은 지층이 변위하거나 절리계에 탄성이 미치지 않는 범위에서 최대로 가한다. 현장에서 주입시험을 실시하여 파쇄 또는 변위되는 압력을 찾아서 이의 85 %를 적정주입압력으로 채택한다.
- (2) 주입공에 적용하는 압력은 지층이 변위하거나 절리계에 탄성(spring)이 미치지 않는 범위에서 최대로 가한다. 그러나 적정주입압력을 결정하는 확실한 정량적 방법은 없다. 이는 절리의 크기, 형태, 방향, 연속성과 암석의 강도, 주입구간의 길이 및 인근공의 주입효과 등 영향을 미치는 인자가 너무나 많기 때문이다. 층리가 수평상인 퇴적암에서는 상재하중만큼 주입압력을 가할 수 없는 경우가 있는가 하면 괴상인 경암에서는 상재하중의 10배에 달하는 압력을 가할 수 있는 경우도 있다.
- (3) 믿을만한 최대 주입압력 결정은 각 현장의 시험그라우팅 과정에서 압력을 조금씩 증가시키면서 파쇄가 일어날 때까지 시험을 해보는 것이다. 이 시험 때는 빈배합의 묽은 주입재를 계속 보내어 주입재로 인해 틈새가 빨리 막히지 않도록 하면서 파쇄압력을 찾아내야 한다. 이때는 주입구간의 길이와 심도를 다양하게 해보는 것이 좋다. 주입량은 낮은 압력에서보다 압력이 증가하면 비례하여 서서히 더 많아지나 파쇄압력에 달하면 새로이 생겨난 틈새 또는 틈새 확대에 의해 주입량이 급격히 증가한다.
- (4) 주입시험의 결과를 그림 5.2.11 처럼 그려보면 적정한 주입압력을 찾아낼 수 있다. 일반적으로 파쇄압력의 85 % 정도를 적정 주입압력으로 한다. 경험법칙에서 암반의 주입압력은 1 psi/ft로 정하고 있는데, 미터법 단위로 환산하면 0.23 kgf.cm<sup>2</sup>이다. 이는 단순히 주입대상심

도 상부 암반의 중량만을 생각하고(144 l b/ft<sup>3</sup>, 2,300 kgf/m<sup>3</sup>) 암반의 형상, 물리적 조건, 주입재의 농도, 상부구조물의 종류 및 상부지층의 그라우팅 시공여부 등을 고려치 않은 것이다.

### 3.4.2.3 주입공법

#### (1) 단단식(單段式 single stage) 그라우팅 공법

- ① 주입공의 심도에 관계없이 한번에 전심도를 찬공.주입하는 방법으로서 보통 얕은 공일 때 적용한다. 이 방법은 컨솔리데이션.블랭킷 그라우팅에 적용되며 암반표부에 패커를 물려서 주입하며 고품질의 그라우팅이 요구되지 않는 다소 질이 떨어져도 괜찮은 경우에만 적용한다. 기초표면 부근의 암반이 좋지 않으면 표면에서의 누출이 심하므로 주입재의 누출방지에 노력해야 한다.

#### (2) 하향식(down stage or descending) 그라우팅 공법

- ① 주입공이 10 m 이상으로 깊을 경우에는 주입구간을 몇 단계로 나누어서 주입하는데, 이렇게 단계별로 주입을 하면 시멘트의 침하와 블리딩되는 물의 양이 줄어서 양호한 주입효과를 가져오며 주입압력을 단계별로 다양하게 적용할 수 있다. 그리고 주입재의 표면 누출과 절리의 연결로 생기는 누출현상을 쉽게 처리할 수도 있다. 이 공법은 1단계 심도를 찬공주입한 후 주입재가 다소 경화된 후 2단계를 찬공주입하는 것으로 단계(stage)의 길이는 지표에 가까운 곳에서는 짧게 하고 깊은 곳에서는 길게 하는 것이 일반적이다. 1단계의 길이는 일반적으로 5 m 를 잡으나 암질이 좋지 않은 경우에는 3 m 정도로 하는 것이 더 좋다. 그 다음에 2단계 주입을 끝낸후 아래단계로 공사를 계속 진행시키는 방법이다. 다음 단계의 찬공은 앞 단계에서 주입 후 어느 정도 시간이 경과하여 종결 시작단계에서 실시하는데 너무 오래두면 주입재가 경화되어 재찬공 비용이 많이 들기 때문이다. 철저한 시공이 요구되는 경우에는 24시간 경과 후 찬공을 하는 것이 좋다.
- ② 2단계를 찬공 후 주입할 때는 패커를 1단계의 하단부분에 물려야 하는데 이는 2단계 시작부분에 패커를 설치하면 물린 부분의 균열이 주입되지 않고 남아 있을 위험이 있기 때문이다.
- ③ 이 공법은 주입을 완료한 구간에 패커를 설치하기 때문에 주입재가 패커와 공벽사이로 새는 일이 없으며 붕괴되는 층이 있어도 주입.고결후 하부 찬공을 계속하므로 붕괴에 의한 패커 및 주입관의 재밍현상(jamming)이 없는 장점이 있다.

#### (3) 상향식(upstage or ascending) 그라우팅 공법

- ① 전 심도를 찬공하고 나서 깊은 심도부터 몇 단계로 나누어 상부로 올라오면서 주입을 하는 방법이다. 전심도를 찬공하고 나서 단계별로 수압시험을 한 후 단속적(斷續的)인 주입을 하게되므로 미국 공병단에서는 이 공법을 “stop grouting”이라고 한다. 그러나 찬공수가 다량 누수되거나 지하수가 피압되는 구간에서는 예외적으로 찬공을 중단하고 주입을 한 후 계획 심도까지 찬공해야 한다. 상향식으로 찬공주입을 할 때는 내삽법에 의한 인근 공의 찬공주입이 있어서는 안된다. 주입압력은 심도가 깊은 곳에서는 높은 압력을 가할 수 있으나 상부로 올라 갈수록 상재하중이 줄어들어 적용 압력은 줄어든다.
- ② 이 공법은 주입공이 무너지지 않을 경우에만 적용이 가능하다. 찬공장비가 대기하여야할 필요가 없으며 재찬공이 없어 작업이 신속하므로 비용이 적게 드는 장점이 있다. 또한 1회

## 농업용 필댐 공사

찬공으로 지반상태를 모두 파악할 수 있다.

- ③ 패커를 다음의 상부 단계로 옮기는 시간은 방금 끝난 단계의 주입압력이 소멸되고 나면 패커를 위의 단계로 올려 주입을 하는 경우와 최소 6시간이 지난후 다음 단계의 주입을 하는 경우가 있다. 첫째의 경우는 찬반의 의견이 있다. 찬성하는 측은 하부 단계에 주입된 주입재가 위의 단계에서 가해지는 주입압력에 의해 교란되지 않는다는 주장이고 반대하는 측은 높은 지하수 압력으로 인해 주입재가 고결되기 전에 패커를 제거하면 주입재가 공내로 밀려들어 온다는 주장이다. 실제 패커를 고결에 필요한 수 시간 동안 설치한 자리에 두면 나중에 인양하더라도 패커와 주입관에 끼어 있는 주입재를 깨끗하게 청소하기란 불가능하다. 이러한 상황 발생이 상향식의 가장 큰 결점이기도 하다.

### (4) 닛플 (nipple or down stage without packer) 그라우팅 공법

- ① 이 방법은 1단계의 찬공주입을 마친 후 2단계를 찬공주입하는 것으로 하향식과 같은 순서로 지표부터 심부로 그라우팅하는 방법이다. 틀리는 점은 하향식이나 상향식과 같이 단계를 구분하기 위해 패커를 사용하지 않는다는 것이다. 즉 지표에 설치한 닛플에 주입장치를 연결하여 1단계부터 마지막 단계까지 닛플로부터 공내로 주입재가 공급된다는 것이다.
- ② 주입장치는 비교적 단순하며 설치와 제거가 편리하다. 패커를 사용하지 않으므로 위에 주입재가 쌓이는 염려도 없다. 최초 1단계에서는 높은 주입압력을 적용할 수 없으나 높은 주입압력이 적용되는 2단계 이후의 주입압력이 계속하여 1단계를 포함한 지표에 가까운 부분에 적용되므로 앞 단계 주입에서 부실한 부분이 남아있을 때는 계속하여 보강되는 효과가 있다. 결국 1단계에 가해지는 주입압력은 당초보다 점점 더 커지는 효과가 있으며 압력변화는 시공중에 확인이 된다.
- ③ 이 방법은 수두압이 1단계 그라우팅에 가해지는 주입압력보다 더 큰 댐의 커튼 그라우팅에 적용하면 누수의 위험이 가장 큰 최상부단계의 보강이 계속 이루어지므로 높은 댐에서는 이 공법을 적용하면 지반개량의 효과가 크다.
- ④ 주입후 24시간 정도 경과후 다음 단계 그라우팅을 하므로 대단히 번거롭고, 비교적 약한 지반에서는 주입재의 지표누출이 심하여 귀찮은 방법이기도 하나 공내에 패커를 몰려 주입할 때 불가피하게 남을 수 있는 시공불량 구간이 없다는 장점이 있어 고품질의 그라우팅이 요구되는 중요한 댐에서는 이 방법이 가장 많이 적용되고 있다. 패커를 설치하는 불편이 없다는 것도 큰 장점이다. 패커를 닛플에 설치하여 주입하면 똑같은 시공효과를 거양할 수 있을 것으로 생각할 수 있으나 패커에는 브리더발브를 설치할 수 없어 블리딩되는 물 또는 빈배합의 그라우트를 배제시킬 수 없으므로 질 개선에 한계가 있다. 미국 공병단에서는 이 방법을 stage grouting이라고 한다.

### (5) 주입재의 물 : 시멘트비

- ① 포대(40kg 들이)단위를 사용할 때는 용적비를 원칙으로 하며, 이때 양회 1대의 절대용적은 12 l, 흐트러진 상태의 용적은 27 l 를 기준으로 한다.
- ② 기본이 되는 물 : 시멘트비는 5 : 1, 4 : 1, 3 : 1, 2 : 1, 1 : 1, 0.8 : 1, 0.6 : 1, 0.5 : 1 이며 주입재 농도는 이의 순서에 따라 변환시키는 것을 원칙으로 한다. 그러나 균열 틈새가 클 때는 3 : 1 또는 더 부배합으로 시작한다. 특별한 경우 이외에는 부배합에서 다시 빈배합으로 변

환시켜서는 안된다.

- ③ 시멘트량에 대한 물량의 비 즉 물 : 시멘트 표시는 용적비와 중량비 두가지이다. 콘크리트 공사에서는 중량비를 사용하는 것이 일반적이거나 그라우팅 공사에서는 두 가지가 모두 쓰이고 있다. 그러나, 벌크(bulk)를 쓰지 않고 포대에 담긴 양회를 쓰는 그라우팅 현장에서는 용적비가 더 편리하다. 저울을 현장에 비치하여 매 배치당 양회의 무게를 달고 유량계로 물의 양을 계량할 수 있는 현장에서는 중량비가 유용할 수 있다.
- ④ 물론 40kg 단위 양회를 포 단위로 믹서에 집어넣고 이에 맞추어 물을 중량개념으로 집어넣는 중량비 방법이 불가능한 것은 아니지만 용적비에 비해 불편하다.
- ⑤ 용적비 시멘트 1포의 용적은 시멘트 자체의 절대용적이 아니라 흐트러진 상태의 용적이며 흐트러진 상태의 용적에는 공기가 포함되어 있다.
- ⑥ 시멘트의 비중은 3.15정도이므로 시멘트 1포 40 kg의 절대용적은  $40/3.15 = 12.7$  l 이다. 다짐의 상태에 따라 다르나 흐트러진 상태의 환산계수는 대개 2.1이므로 실제의 흐트러진 상태의 용적은  $12.7 \times 2.1 \approx 27$  l 이다. (양회 1 m<sup>3</sup> = 1500 kg = 37.5대 ∴ 양회 1대 ≈ 27 l) 벌크로 반입되는 시멘트일 경우에는 중량비로 하며 이때의 배합비 기준은 표5.2.2와 같다.

#### (6) 주입의 완료

- ① 주입을 언제까지 하여야 할 것이냐 하는 기준, 즉 주입의 완료기준은 미국 개척국에서는 주입압력이  $\circ 3.5$  kg/cm<sup>2</sup>에서 28 l/20min 이하  $\circ 3.5 \sim 7.0$  kg/cm<sup>2</sup>에서 28 l/15min 이하  $\circ 7.0 \sim 14.0$  kg/cm<sup>2</sup>에서 28 l/10min 이하  $\circ 14.0$  kg/cm<sup>2</sup> 이상에서 28 l/5min 이하의 주입량이 될 때까지로 정하고 있다.
- ② 미국 공병단의 기준은 첫째, 15분 간 측정결과 주입재가 전혀 들어가지 않을 때까지 둘째, 최대 주입압력의 3/4(75%)에서 전혀 들어가지 않을 때까지 셋째, 5분 간격으로 2회 10분을 측정하였을 때 28 l (1 ft<sup>3</sup>) 이하가 들어갈 때까지(≈ 30 l/10분) 주입하여야 한다는 등 여러 가지가 제안되고 있다.
- ③ 어떠한 기준이 좋은지는 현장여건에 따라, 즉 적용 주입재의 농도와 압력에 의해 결정하여야 할 문제이나 미국공병단의 세 번째 방법이 시공전의 수압시험 자료와 비교 판단할 수 있어 가장 실용적인 기준으로 생각된다.

#### (7) 재주입

- ① w/c=2 또는 더 빈배합으로 최종 주입을 완료하였을 때 25 l/m 이상의 시멘트가 들어 갔거나, w/c=1 또는 더 부배합으로 최종주입을 마감하였을 때 50 l/m 이상의 시멘트가 들어갔을 때는 재주입한다. 이 경우 1차 주입 완료후 최소한 24시간이 경과한 후에 재주입을 착수한다.
- ② 이는 빈배합 주입재를 사용함으로써 블리딩 통로나 공극이 남아있을 가능성이 크며, 부배합 주입으로 많이 들어간 후자의 경우는 주입재 확산이 한 방향으로만 집중되어 충분히 틈새가 메워지지 않았을 가능성이 있기 때문이다.
- ③ 위의 경우와는 달리 주입재의 누출, 주입공간의 연결, 암석의 변위가 있었던 경우는 응급조치만을 한 상태이므로 균열의 틈새가 양호하게 채워졌을 가능성이 거의 없기에 재주입한다.

## 농업용 필댐 공사

- ④ 1차 주입 완료후 최소한 24시간이 경과한 후에 재주입을 실시하여야 하는데, 주입재가 고결되고 불리당된 물이 빠져 나가기를 기다리기 위해서이다. 그러나  $w/c=2$  정도로 주입완료 하였다면 대기시간은 그리 길지 않다

### (8) 발파영향검토

- ① 그라우팅을 시공하고 있는 현장주변의 발파가 주입재의 고결에 영향을 미치는지 판단한다.
- ② 발파는 고결되지 않은 주입재 특히 압력상태에 있는 주입재에 파동을 미쳐 고결에 나쁜 영향을 미친다. 그러나 댐 공사현장의 공정관리가 모든 발파작업을 끝내고 나서 그라우팅 시공을 할 수 있으면 좋겠지만 대부분의 경우 그렇지 못하다. 따라서 그라우팅 공사관계지는 발파에 의한 진동영향에 대해 많은 걱정을 하게 된다. 화약류의 폭발에 의해 생기는 에너지는 대부분 매질의 파쇄에 소비되고 남은 에너지 일부는 매질을 전파하면서 지반진동을 일으킨다.
- ③ 이처럼 복잡한 지반진동의 영향을 현장에서 손쉽게 측정할 수 있는 방법은 발파현장에서 가까운 곳에 2~3개의 시추공을 간격을 두어(발파현장부터 100, 70, 50 m 등) 찬공하고 단계별로 투수시험을 실시한다. 이를 단계별로 주입하고 나서 1~2일 경과후 재찬공을 하고 나서 투수시험을 실시한다. 그 다음 발파 직후에 투수시험을 실시하여 재찬공 직후에 실시한 투수시험 자료와 비교하여 발파에 의한 지반진동의 영향이 있는지를 판단하고 영향이 있으면 장약량, 발파패턴을 조정토록 한다.
- ④ 이 때 재찬공 직후와 발파직후에 실시하는 투수시험은 패커시험으로 하기도 하나 물이 케이싱 정부를 넘치지 않게끔 밸브를 조절하여 유량계로 단위시간당의 주수량을 측정하면 발파 전후의 영향을 알아 볼 수 있다.

### (9) 공매작업

- ① 철저히 매우지 않은 시추공이나 주입공에 저수압이 작용하면 압력감소정(relief well)의 역할을 하게 되어 누수나 파이핑이 일어나기 쉽다. 따라서 주입이 완료된 공은 4% 정도의 벤토나이트를 첨가한  $w/c$ 비 0.5 : 1 정도의 부배합의 그라우트로 메워야 한다. 주입호스 끝에 1" 정도의 철재파이프를 붙여 공 밑바닥까지 내린 후 주입펌프를 가동하여 주입재를 공내로 보내고 서서히 주입호스를 인양하면서 공 정부까지 채우는 방법이 좋으며, 만일 침하가 일어나 공 정부까지 채워지지 않으면 재충전한다.
- ② 분말 시멘트를 공내에 집어 넣으면서 긴 막대기로 밀어 넣는 방법은 절대로 하지 말아야 한다. 기대와는 달리 공벽에 분말이 달라 붙어 브리지 현상이 일어나 공저까지 채워지지 않는다.

### (10) 주입효과분석

#### ① 시공중의 효과분석

가. 압반의 공극, 절리, 파쇄대 등에 들어가는 주입재는 눈으로 확인 할 수 없다. 따라서 부실 시공으로 인한 경제적 손실과 구조물의 훼손을 고려하여 시공 효과를 평가하지 않을 수 없다. 평가는 시공 중에 하는 방법과 시공 후에 하는 방법이 있다. 시공 중에 하는 평가는 경험이 많은 기술자가 작업의 각 단계마다 하는 것이다. 따라서, 주기적인 주입량 검측자료를 근거로 투수성, 지질적인 상황, 연결성, 누출가능성 등을 판단하면서 주입

- 재의 농도변경을 하여 적절하게 시공하는 것이 가장 훌륭한 주입효과를 거둘 수 있다.
- 나. 중간 내삽법으로 시공하면서 기시공된 주입공 사이를 찬공.주입해야 하는지는 연결한 주입공의 시공전 Lu값, 주입압력, 주입회수별 시멘트주입량, 누출 또는 연결성여부, 암반의 변위 여부 등 시공자료를 중단도에 매일 기록하여 검토한다. 기록된 자료를 자세히 검토하여 어느 부분이 만족스럽지 못하거나 의심이 생기는 부분이 나오기 마련이다.
- 다. 2열 이상으로 설계시공될 경우에는 각 열별로 작성하여야 하며 동일한 축적으로하며 가능한 한 투명용지에 작성하면 중첩시켜 대비할 수 있다.
- 라. 블랭킷 또는 컨솔리데이션 그라우팅 때는 평면도에 공별로 원을 그리고 그 안에 각종 시공자료를 기록한다. 만약에 2단계 이상일 때는 단계별로 그리는 것이 좋다. 평가는 1 단계부터 하며 그 공에 대해서 뿐만 아니라 연결공과 연결성에 대해서 검토하는데 가장 최근에 시공된 주입공의 자료를 깊이 검토해야 한다. 특히 최근에 시공된 공의 주입직 전에 실시한 수압시험 자료에 주목하고 Lu값이 지반개선 목표치에 근접하였는지를 검토하는데, 내삽법으로 시공하면서 1, 2차공의 Lu값이 검토공에서 어느 정도 감소되었는지에 대해 면밀히 평가해야 한다.
- ② 공사완료 후의 주입효과 판단

가. 물리탐사

- (가) 시공전후에 실시한 쌍극자배열 전기비저항탐사 또는 솔렘버저배열 전기비저항 탐사 자료의 비저항값 변화를 비교하여 그라우팅에 의한 시공효과를 분석한다. 필요시에는 쌍극자배열 전기비저항탐사 뿐만 아니라 자연전위탐사를 실시하여 복합적인 해석을 해야 한다. 컨솔리데이션 그라우팅에서는 투수시험이나 탄성과 탐사를 실시하여 시공전후의 효과를 분석한다.

나. 투수시험

- (가) 커튼 그라우팅 시공으로 지수벽이 목표한 만큼의 투수도로 개선되었는지를 확인 하기 위하여 시공전후의 투수시험 자료를 비교하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 검사공의 위치는 지수벽의 중앙부에 선정하며 물리탐사 자료와 시공중의 여러 평가과정에서 주입효과에 의심이 되는 부분과 잘 되었다고 판단이 가는 부분 등 골고루 검사공을 배치하여야 전체적인 평가가 될 수 있다.
- (나) 투수시험에 적용하는 시험압력은 시험구간에 시공당시 적용한 주입압력의 80% 를 적용하는 것이 합리적이다. 댐 수두압의 1.5~2.0배 압력을 적용해야 한다는 주장도 있으나, 이 기준압력이 시공당시의 주입압력보다 더 높을 때는 잘 만들어진 커튼 지수벽을 파괴할 수 있기 때문에 좋은 기준이 될 수 없다. 시공후의 지반 개선 값이 얼마가 되어야 잘 되었다고 판정하느냐 하는 문제는 오랫동안 논란되어 왔다. 최고의 기술과 최고의 장비로 훌륭한 시공관리를 하였더라도 주입대상 암반의 조건이 천차만별이고 같은 댐터라도 구간별로 틀리며, 암반의 틈새크기와 주입재료의 입경범위도 넓어서 결과치가 다양하다.
- (다) 암반층의 지반개선은 1종 포틀랜드시멘트를 주입재료로 사용할 때는 개선목표를 3~7 Lu 범위로 정하는 것이 좋다. 그러나 그라우팅 본 공사에 앞서 시험그라우

## 농업용 필댐 공사

팅 과정에서 지반개선 목표를 정하는 것이 가장 합리적이다.

### 3.4.3 재료의 취토계획

#### 3.4.3.1 축제재료

(1) 필댐의 축제재료는 선정된 취토장, 석산 등을 개발하여 굴착, 운반하는 재료와 댐공사에 관련된 물넘이 등의 굴착으로 발생하는 굴착재료가 있다.

##### ① 취토장(석산 포함)에서 운반한 재료

가. 취토장은 제체 축조공정에 맞추어 취토와 운반이 가능한 곳에 있어야 한다. 재료의 분포상태와 축제공정에 따라서 취토장의 심층부 흙을 먼저 반출해야 할 때는 부득이 상층부의 일부를 가적치 또는 사토를 해야 하는 경우가 있으므로 이를 충분히 고려한다.

나. 석산이나 취토장에서는 설계조건에 적합한 양질의 재료를 얻기 위하여 상당량의 표토를 굴착해야 하는 경우가 많으므로 석산이나 취토장을 결정할 때는 지질, 지층 및 부존상태 등을 충분히 조사한다. 또 설계에 적합한 재료를 얻기 위하여 복수의 채취장 재료를 혼합할 필요가 있을 경우는 가적치장을 마련하여 쌓아 놓아야 한다.

##### ② 유용재료

가. 제체, 물넘이, 가배수로 및 기타 부대구조물 시공을 위한 굴착시에 발생하는 재료는 취토장에서 채취하는 것보다 굴착비용이 저렴하므로 설계조건에 적합한 재질인지를 파악하여 축제공사 때 유용하여야 한다. 발생시기는 댐축조 공정과 일치하고 바로 운반이 가능하면 좋으며, 그렇지 못할 경우는 사토하거나 가적치 후에 유용한다.

#### 3.4.3.2 유용계획

(1) 재료의 채취지점과 부존량이 판명되면 유용계획을 세우는데 이 때 재료의 유용률, 토랑환산계수 등을 고려한다.

(2) 재료의 채취

① 재료채취장에서 별채 및 표토처리를 한 후 채취한 축제재료는 적절한 함수비와 입도조성을 가진 것이어야 한다.

##### ② 토질재료 채취

가. 별채 및 표토처리

(가) 재료채취장에서는 별채 및 표토처리 범위를 전반적으로 할 것인가 부분적으로 할 것인가는 시공공정, 재료의 분포상태, 성질 등에 따라 판단하여 정한다. 재료가 젖어있는 경우는 미리 표토처리를 하면 일광이나 통기로 재료를 건조시킬 수 있으며, 필댐공사에서는 시공이 몇 년이 걸리는 경우가 많아 표토처리 후 재차 잡목이나 잡초가 나오기도 하므로 주의한다.

나. 토질재료의 조정

(가) 축제재료는 적절한 함수비와 입도조성을 가져야 하므로 자연상태에서 소요조건을 만족시키지 못하면 조정이 필요하며, 함수비조정시에 유의할 사항을 들면 다

음과 같다.

- ㉓ 습윤재료의 경우는 취토장 주변에 측구를 설치하여 표면수의 유입을 방지하고, 아울러 배수구를 설치하여 지하수위를 저하시키며, 레이크 도저 등으로 긁어 일으켜 일광이나 통기를 하여 건조시킨다. 한냉지에서는 흙속에 서릿발이 생기는 수가 있으므로 이를 방지하기 위하여 미리 성토면에 시트나 토사를 피복하고 성토하기 전에 이를 제거하는 경우도 있다.
- ㉔ 건조재료는 살수를 하여 함수비를 증가시켜야 하므로 이 방법은 적재장, 운반도중 및 성토현장에서 하는 방법이 있다. 살수방법은 호스에 의한 분사, 스프링클러, 살수차 등이 이용된다.
- ㉕ 취토장의 토질재료가 세립분 또는 조립분이 과다하여 사용할 수 없는 경우는 다른 취토장의 적절한 재료를 혼합하여 설계에 적합한 입도조성으로 조정한다. 일반적으로 그림 5.3.1와 같이 세립토와 화강토를 가적치장에 호층으로 얹게 펴 쌓고 함수비가 최적함수비보다 약간 습윤측에 있으면 트럭쇼벨로 혼합하여 소요의 입도가 되도록 조정을 한다.

(나) 이 때 가적치장에서 층두께는 세립재료를 펴 고를 수 있는 최소두께를 한도로 가 급적 얹게 펴 고르는 것이 좋다. 이는 입도조정의 확실성, 배수촉진, 유기불순물이나 과대입경 재료의 제거를 확실히 할 수 있기 때문이다. 가적치장의 기초 및 바닥면은 배수를 고려하여 경사지게 하고 쌓는 높이는 사용하는 트럭쇼벨의 적정한 굴착 높이인 3~5 m로 한다.

### ③ 사력재료 채취

가. 일반적으로 사력재료는 대부분 하천에 퇴적되어있기 때문에 실트질이 많은 것은 함수비가 많아 그대로 사용할 수 없는 경우는 물길을 돌리거나 수위를 저하시킨 후 채취하거나 가적치하여 수분을 배출시켜야 한다. 한편 입도조성이 설계조건에 일치하지 않을 경우는 그리즐리(grizely)나 체가름 플랜트를 설치하여 입도를 조정한다.

### ④ 암석재료 채취

가. 발파하지 않는 암석채취

(가) 리퍼에 의한 채취

- ㉗ 리퍼로 작업할 수 있는 암질의 분류는 리퍼 및 불도저의 능력과 암질에 의하여 결정되는데 원지반의 탄성과속도에 의한 분류가 하나의 기준이 되고 있다.

(나) 기타 기계에 의한 채취

- ㉘ 최근 기계의 대형화로 로프식 파워 쇼벨은 그 충격력에 의하여 연암 영역의 압도 굴착할 수 있게 되므로 축제시공능력에 따라 이들 대형기계 사용을 검토한다. 또한 중경암부터 경암 영역까지의 굴착에 대형 록 블레이커가 출현하여 시공능력으로 보아 댐의 암재료 채취용으로 단독 투입은 어려우나 작게 파쇄하는 일에는 사용되고 있다.

나. 발파에 의한 암석채취

(가) 발파에 의한 굴착공법으로는 벤치컷공법, 갱도발파공법, 기타공법으로 크게 분류

## 농업용 필댐 공사

할 수 있다.

### ㉓ 갱도식 발파

· 갱도식 발파는 석산에 작은 단면의 갱도를 굴착하고 약실을 설치하여 집중발파법으로 발파하여 대량의 암석을 채취할 때 사용되는 방법이다. 사전굴착이나 두터운 풍화대의 제거, 중기계의 반입이 불가능한 지형 등에 사용된다. 갱도약실은 T자형이 원칙이며, 단면형상은 높이 1.5 ~ 1.6 m, 폭 0.9 ~ 1.3 m 를 표준으로 한다.

### ㉔ 벤치컷 발파

· 벤치를 만들어서 일반적으로 평탄하게 시공된 벤치 위에서 비트 지름 7.6 cm 정도 이상의 날을 장착한 대형굴착기로 수직(또는 70°)으로 천공하고 2자유면 발파를 실시하여 시공벤치를 점차 아래쪽으로 옮겨가면서 진행되는 공법인데 일정량을 공정에 맞추어 굴착하면 노동력을 절약할 수 있어 가장 많이 사용되고 있다.

### (3) 발파시험

- ① 암석재료나 트랜지션 재료를 석산에서 채취할 경우에는 효과적인 재료채취 방법을 검토하기 위하여 발파시험을 실시한다.
- ② 발파시험은 암석재료나 트랜지션 재료를 석산에서 채취할 경우 더욱 경제적인 채취방법, 이상적인 입도분포를 가진 재료를 채취하는 방법을 검토하기 위하여 실시하며, 시험은 발파방법, 사용 장약량 및 종류에 따라 몇 회를 실시한다. 이 시험은 암석, 트랜지션 재료의 필요량에 따라 시행하며, 일반적으로 10만 m<sup>3</sup> 이상이 필요할 경우에 한다. 따라서 소요량이 적을 경우는 시험시에 간편하게 예를 들면 암의 노두를 이용하여 단순히 발파에 의한 암의 파쇄경향을 알고 폭약량 등을 조사하는 정도에서 그치고 있다. 한편 다량의 암석과 트랜지션 재료가 필요할 경우는 원칙적으로 석산을 이용하여 상세한 시험을 하여야 한다.

### 3.4.3.3 운반시설의 선정

- (1) 운반시설을 선정할 때는 현장조건, 설계조건, 공정계획, 경제성 및 범용성을 고려하고 또한 과거의 시공자료도 참고로 하여 종합적으로 검토하여 가장 유리한 것을 선정한다.
- (2) 필댐에서 운반시설은 ① 도로(공사용도로 포함) ② 벨트컨베이어 ③ 전용 궤도(專用軌道) ④ 가공색도(架空索道) ⑤ 특별 장비차 등이 있다.
- (3) 필댐에 있어서 운반시설로는 도로가 가장 많이 이용되며, 운반시설로서 상기의 2), 3), 4)는 적재나 하치지점에 상당한 제약을 받으며, 5)는 소규모운반에 적합한 주행차로서 발판이 나쁜 현장에서 능력이 좋으며, 휠형(4륜 또는 6륜)과 크롤러형이 있다. 크롤러형 덤프트레일러는 불도저로 견인하는 4.5 m<sup>3</sup>, 7.0 m<sup>3</sup>의 것이 있다.

### 3.4.3.4 재료채취 및 운반기계의 선정

- (1) 재료채취 및 운반기계를 선정할 때는 취토장과 댐 사이의 지형적 특성, 시공계획을 고려하여 선정한다.
- (2) 필댐의 시공조건은 동일한 것이 없다고 해도 과언이 아니므로 기계선정을 할 때는 각각의 시공조건에 적합한 기계의 대체적인 경향과 개요를 파악해야 하며, 기계 선정시 일반적인 주의

사항을 들면 다음과 같다.

- ① 일반적인 토공기계는 대형기종일수록 능력이 커서 1 m당 단가가 싸다.
- ② 1일 계획량(시간당 계획량)이 정해져 있을 경우는 그 양과 같은 능력을 발휘하는 기계를 조합하는 것이 일반적으로 싸다.
- ③ 운반기계는 동일계통의 것으로 통일하는 것이 좋다. 특히 같은 축제재료를 동시에 덤프계와 스크레이퍼계로 운반하는 일이라든지 속도가 매우 다른 트랙터 스크레이퍼와 덤프계가 교차하는 것과 같은 기계조합계획은 작업효율이 저하하므로 가급적 피한다.
- ④ 특수기계를 도입할 경우는 충분히 검토한다. 특정작업에만 한정되는 기계는 연간가동률이 나쁘면 기계손료가 늘어나서 오히려 비경제로 될 경우가 있다. 특히 기계의 반입, 반출이 쉽지 않은 현장은 이 점을 유의해야 한다.
- ⑤ 1대의 기계가 다른 다수의 기계(적재기계나 전압기계)에 영향을 줄 경우는 그 1대의 고장으로 모든 작업이 중지되는 일이 없도록 대책을 세우거나 위험분산을 고려해 두어야 한다
- ⑥ 운반 단가가 싼 대규모 적재기계와 이와 비슷한 운반기계의 조합이라도 덤핑거리가 부족하여 실제로 적재할 수 없거나 기계적으로 불가능한 조합이 되지 않도록 주의한다.
- ⑦ 설계상으로 기종이 한정될 경우가 있으므로 주의한다.

### 3.4.4 화약 발파

- (1) 발파는 공사감독자(또는 감리자)가 허가한 시간과 장소 및 방법에 따라 실시해야 하며, 발파로 인하여 발생한 손상이나 피해는 계약대상자가 책임져야 한다.
- (2) 계약대상자가 발파를 실시할 경우 자격증을 소지한 경험 있는 발파취급자를 배치시켜야 한다.
- (3) 발파작업은 터파기 계획선 외측 암반에 손상을 주지 않도록 주의를 기울여야 한다.
- (4) 암발파로 인하여 인근 구조물이나 그라우팅에 나쁜 영향을 주지 않도록 공정 계획을 수립해야 한다.

## 3.5 흙쌓기

### 3.5.1 일반 흙쌓기

- (1) 흙쌓기는 터파기 검사가 완료된 후에 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라 시공해야 한다.
- (2) 흙쌓기를 하기 전에 계약대상자는 시공계획을 작성하여 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.
- (3) 흙쌓기 펴고르기는 전면을 수평이 되도록 해야 하며 시공 전 재료의 현장함수비, 적당한 다짐기종, 다짐횟수, 펴고르기 두께, 불투수성 재료의 함수비 조절방법 등을 결정하기 위하여 쌓기 시험을 실시해야 한다.
- (4) 흙쌓기는 댐 축방향에 따라 시행하되 각 단면별 재료는 동질이어야 하며 재료에 섞여 있는 나무뿌리 등 최대입경 이상의 재료는 제거해야 한다.
- (5) 별도로 규정하지 않는 한 각 단면의 각층은 연속해서 수평하게 시공되도록 해야 한다.

## 농업용 필댐 공사

- (6) 다짐장비는 토질에 따라 소요의 밀도를 얻을 수 있는 적정 장비를 선정해야 하며, 코너부의 다짐은 밀도나 불투수성에 대하여 만족하는 장비이어야 한다.
- (7) 롤러가 들어갈 수 없는 암접합부나 구조물 주위는 래머나 탬퍼로 충분히 다짐해야 한다.
- (8) 롤러에 의하여 이미 다져진 면적은 새로 다져질 면적과 0.3m 이상 나비로 중복되어야 한다.
- (9) 롤러의 최대속도는 45km/h로 한다.
- (10) 부득이 쌓기 구간에 배수 또는 기타 목적으로 일시적으로 중단된 곳(gap)이 생길 때는 사전에 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아 시공해야 하며, 기 시공된 부분과 접합부의 기울기는 1:4보다 급해서는 안 되며 이 때 횡단토에 키트렌치를 설치해야 한다.
- (11) 재료 채취장의 조건, 재료의 품질, 기타 상황의 변동으로 시공방법의 변경이 필요한 때는 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.
- (12) 쌓기는 반드시 완전배수상태에서 시공되어야 하며 기초에서의 용출수 및 유해물질은 제거해야 한다.
- (13) 제체의 더쌓기는 설계도서 또는 공사시방서 규정에 따라 시행하되 특별히 규정되지 않은 경우 그 단면 및 형상은 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라야 한다.
- (14) 공사가 일시 중단되었을 때 쌓기면의 포화, 건조, 동결 등을 방지하기 위하여 적절한 조치를 취해야 하며 포화, 동결 및 건조된 부분은 제거하고 재시공해야 한다.
- (15) 투수성 재료의 전압은 물을 뿌려 진동하는 것이 최선의 방법이지만 4% 정도의 실트분을 함유하면 시공이 곤란해지고 투수성을 잃는 일이 있으므로 주의해야 한다.

### 3.5.2 록필

- (1) 록필이라 함은 투수성부의 평균입경이 150mm 이상의 큰 록(rock)재료의 시공을 말한다.
- (2) 발파법에는 계단식 굴착법과 갱도법이 있으며 지형, 암질, 굴착기 등에 따라 가장 경제적인 방법을 채택해야 한다.
- (3) 채석장으로서의 착공 발파시 시공기계에 의해서 처리할 수 있는 정도의 크기와 정면폭 및 적당한 높이를 가져야 한다.
- (4) 대암에 대하여는 펌프기 전압법 또는 쏟아놓기법과 소암에 대하여는 펌프기 전압법이 일반적으로 쓰인다.
- (5) 층의 두께, 리프트 두께, 살수방법, 다짐방법 등은 암석의 종류와 강도 및 댐 안에 있어서의 층 위치에 따라 결정한다.
- (6) 동기 적설지에서는 원칙적으로 투석해서는 안 된다.
- (7) 록재료의 일층당 펌프기 두께는 다짐방식에 따를 경우 최대입경의 1.1 ~ 2.0배가 적당하며, 1.3배 정도가 일반적으로 채택되고 있다. 투석(dump)방식에 따를 경우일지라도 단일 리프트(lift)의 시공은 좋지 못하며 최대 입경의 5배 정도를 1리프트로 해야 한다.
- (8) 록재료는 다진 상태에서 소정의 전단강도와 투수계수가  $1 \times 10^{-2}$ mm/sec보다 커야 하고 화학적 작용에 의한 유해량의 물질이 나오지 않아야 하며 굳고 단단해서 내구적이고 변형이 적은 것이어야 한다.

### 3.5.3 불투수성존

- (1) 펴고르기는 불도저 등 승인된 장비로 댐축에 평행하게 계획된 축제 시공구간 전면에서 걸쳐 수평하게 해야 한다.
- (2) 다짐면이 평활한 경우는 다음 층 펴고르기 하기 전에 굽어서 밀착이 잘 되도록 해야 한다.
- (3) 재료의 함수비는 어떠한 축제 층에서도 같아야 한다.
- (4) 다짐 후 다짐시험이 완료되기 전에 다음 층을 시공해서는 안 된다.
- (5) 펴고르기 작업 중 입경 150mm 이상의 최대입경의 암과 불량토 및 유기물질을 제거해야 한다.
- (6) 다짐장비는 탬핑(tamping) 롤러를 사용해야 하며 규격은 공사시방서에 따른다.
- (7) 펴고르기 두께 및 다짐횟수는 다짐시험 결과에 다르나 최소 다짐횟수 10회 이상이어야 한다.
- (8) 시공 중 간극수압이 비정상적으로 높아졌을 때는 시공속도를 적절히 조절한다.
- (9) 공사를 일시 중단할 때 불투수성존의 다짐면은 평활하게 다져 우수로부터 보호해야 한다.
- (10) 불투수성 재료의 표준다짐률은 95% 이상으로 해야 한다.
- (11) 암반 상에 불투수성존을 시공할 때 다음 사항에 주의해야 한다.
  - ① 암반과 점토가 밀착되어야 하므로 불투수성 재료의 함수비는 최적함수비에서 2 ~ 3% 습윤한 상태로 한다.
  - ② 암반 상의 최초 펴고르기 재료는 세립의 양질토로 No.4번 체(4.76mm)에 잔류하는 돌을 포함해서는 안 된다.
  - ③ 암반접합부에는 롤러 다짐이 어려우므로 래머나 탬퍼로 다져야 하며 이때 펴고르기 두께는 50 ~ 100mm를 원칙적으로 한다.
  - ④ 래머나 탬퍼로 다져야 할 두께는 탬핑(tamping) 롤러 다짐으로 기초암반에 손상이 가지 않는 두께까지로 한다.

### 3.5.4 필터

- (1) 필터의 펴고르기 중 재료의 분리가 일어나지 않도록 해야 한다.
- (2) 시공 중 필터층에 타 존의 재료가 혼입되어 필터 기능을 저해해서는 안 된다.
- (3) 필터의 시공은 인접 존과 동시에 수평이 되도록 시공해야 한다. (4) 수직 또는 경사 필터의 시공 폭, 포설 및 다짐 방법에 대하여는 사전 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.

### 3.5.5 트랜지션 존

- (1) 트랜지션 존의 입도 배치는 채취장에서부터 입경 및 투수성을 고려하여 제체 중심 부근에서 외측으로 감에 따라 투수성 재료를 사용하여 재료가 급변하는 일이 없도록 해야 한다.
- (2) 트랜지션의 살포두께는 보통 사용재료의 최대입경의 1.1 ~ 1.2배정도가 적당하며, 일반적으로 1.3배정도로 해야 한다.
- (3) 트랜지션은 필터에 비하여 폭이 넓으므로 제체의 역학적 안정에 충분한 전단강도를 가진 재료이어야 한다.

## 농업용 필댐 공사

### 3.5.6 비탈면 보호공

- (1) 비탈면 포장은 지수목적에 안전하게 하기 위하여 그 재료에 가장 적당한 방법으로 시공해야 한다. 그러기 위해서는 포장기반의 침하변경을 최소한으로 억제하도록 면밀한 시공을 해야 한다.
- (2) 아스팔트 포장은 아스팔트의 적정배분과 충분한 다짐(공극률 3 ~ 5%)이 필요하다. 다짐기계로서는 진동식 평활 롤러가 효과적이다.
- (3) 콘크리트 포장의 경우 포장의 기반이 되는 막돌 쌓기의 시공은 본체 록필의 초기침하가 끝난 다음 약 2개월 후에 시작하는 것이 좋다.
- (4) 콘크리트 포장에 앞서 막돌 쌓기의 표면에 틈 메움용 콘크리트를 평균두께 0.1m 이하로 바른다.
- (5) 콘크리트 포장은 막돌 쌓기 한 후 2개월 후에 치는 것이 좋다. 칸막이 높이는 1회 0.4m 정도로 하고 다짐은 충분히 해야 한다.
- (6) 사석 비탈보호공은 표면에 입경이 큰 재료를 사용하고 내측에는 작은 입경의 재료를 사용하여 축재 재료가 흡출되지 않도록 해야 한다.
- (7) 사석은 입도 관계에 주의하여 저수위의 급격한 저하 또는 파랑에 대하여 흠쌓기부를 충분히 보호할 수 있도록 시공한다.
- (8) 흠쌓기 비탈면은 흠조각이 떨어지지 않도록 충분히 전압하여 끝손질을 잘 해야 한다.
- (9) 줄 때, 평때 및 풀씨 뿌리기 등은 “제3장 공통공사” 규정에 따른다.
- (10) 이상 시방규정에 명시되어 있지 않은 사항은 공사시방서에 따른다.

### 3.6 물넘이공

- (1) 물넘이 방수로 시행계획은 사전에 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아 시행해야 한다.
- (2) 물넘이 방수로 기초 터파기 중 지질상태가 변화되었을 경우 공사감독자(또는 감리자)에게 보고하고 지시에 따라야 한다.
- (3) 터파기한 재료가 댐체에 유용될 경우 댐 시공계획을 고려하여 터파기계획을 수립해야 한다.
- (4) 구조물에 접하는 부분의 암이 기준면보다 더파진 부분은 계약대상자 부담으로 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라 콘크리트로 채워야 한다.
- (5) 월류웨어의 1회 콘크리트 타설 높이는 공사시방서와 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따른다.
- (6) 물넘이 접근수로의 바닥과 비탈면이 접근유속에 대해서 불안정할 경우 또는 접근수로로부터 투수에 의해서 댐과 여수로가 위험하게 될 경우는 라이닝을 해야 한다.
- (7) 물넘이 조절부의 기초는 그라우팅 또는 기타 방식에 의해서 완전한 지수를 도모해야 한다.
- (8) 조절부 동마루 상류부의 수축이음매에는 모두 지수판을 사용한다.
- (9) 물넘이와 방수로의 측벽은 그 자체로서 안정된 구조로 하거나 또는 안정되고 견고한 기초암반에 밀착시켜야 한다.
- (10) 물넘이 방수로에는 횡단방향에 지수벽 및 수축이음매를 설치해야 한다.
- (11) 물넘이의 조절부 그라우트 커튼의 하류부 및 방수로 측벽의 내부에는 배수구를 설치해서 침

투수를 안전한 위치까지 도수하여 방류시켜야 한다.

- (12) 문비 권양기에는 비상용으로 예비동력 설비를 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (13) 댐의 문비는 확실히 개폐되고, 또한 필요한 수밀성 및 내구성을 갖는 기능이 있는 것으로 한다.

### 3.7 취수 시설공

- (1) 취수시설은 도면에 따라 지정된 위치에 시공해야 되며 터파기 결과 토질의 변동이 있을 때는 공사감독자(또는 감리자)의 지시에 따라야 한다.
- (2) 사통의 관체 횡단방향의 깔기 비탈면은 저수위가 급강하는 경우라도 사면붕괴가 일어나지 않는 기울기이거나 보호공을 설치하여 토사붕괴로 인한 취수공의 매몰을 방지해야 한다.
- (3) 복통은 누수 및 파이프 방지를 위하여 지수벽을 설치해야 하며 토질 변동으로 인하여 구조가 변경될 시에는 공사감독자(또는 감리자)의 승인을 받아야 한다.
- (4) 취수시설에 설치되는 부대시설(screen, gate, valve 등)은 토목 구조물 시공에 지장이 없도록 제작사항을 점검하여 상호 협의해야 한다.
- (5) 콘크리트 구조물에 매몰되는 철물은 1차 콘크리트 타설 시 정확하게 매설되어야 하며 설치 후 공사감독자(또는 감리자)의 검사를 받아야 한다.
- (6) 문비, 스피들, 권양기 등 철강구조물은 공사시방서에 따른다.
- (7) 이상 시방규정에 명시되지 않은 사항은 공사시방서에 따른다.

### 3.8 축제공사

#### 3.8.1 시공기계

- (1) 시공기간, 재료의 성질, 공사물량, 설계조건, 공사현장의 입지조건, 공정 및 시공법을 고려하여 굴착기계, 적재기계, 운반기계, 다짐기계 등의 시공기계 종류와 대수를 결정하고 운영관리를 한다.

##### ① 굴착기계

가. 불도저(bulldozer), 쇼벨(shovel)계 굴착기계. 스크레이퍼(scraper), 휠엑스캐베이터(wheel excavator) 등이 있다. 굴착기계 중에서는 불도저가 굴착은 물론 벌채, 벌근, 단거리 흙운반, 스크레이퍼의 견인, 성토전압, 도로정비 및 작업장 정리 등에도 이용되고 있으므로 기종을 결정할 때는 굴착공사 이외에 사용할 불도저를 고려하여 선정한다.

나. 쇼벨계 굴착기계는 굴착의 초기단계 및 작업상 제약이 있는 좁은 장소 등에 불도저의 보조기계로 이용되며, 스크레이퍼는 큰 댐에서는 별로 사용되지 않으나 지형, 지질에 따라서는 적용이 가능하다. 휠엑스캐베이터는 벨트컨베이어와 병용하여 계속 굴착을 할 수 있는 기계로서 이를 선정할 때는 공사하는 곳의 지형, 지질을 고려한 후에 운반을 포함한 전면적으로 검토한다.

##### ② 적재기계

가. 트랙터 쇼벨 및 쇼벨계 굴착기계가 있다. 트랙터 쇼벨은 순수한 적재기계이며, 쇼벨계

## 농업용 필댐 공사

굴착기계는 굴착작업이 주용도이나 적재용으로도 이용된다. 종래에 체체의 굴착, 댐성토재료의 적재에는 일반적으로 쇼벨계 굴착기계인 0.6 ~ 2.0 m<sup>3</sup>의 파워쇼벨(power shovel)이 사용되고 있다. 트랙터 쇼벨은 쇼벨계 굴착기계보다 범용성과 기동성이 훨씬 뛰어나지만 돌진력은 부족하므로 경압발파 후 이를 실을 때는 보조기계로서 불도저를 병용하면 좋다.

### (가) 트랙터쇼벨

- ㉞ 주행방식에 따라 캐터필러식과 차륜식으로 분류된다. 캐터필러식은 차륜식보다 주행속도와 기동성이 느리지만 돌진력이 뛰어나므로 토사를 떠내는 힘이 크고 지반이 고르지 못한 곳에서도 사용할 수 있다. 차륜식은 작업장소가 산재해 있거나 이동이 빈번하여 주행속도가 빨라야 할 경우에 효과적이다. 캐

### (나) 쇼벨계 굴착기계

- ㉞ 굴착이나 적재기계로 이용되는 경우가 많다. 작업공간이 다른 기계보다 적고 굴착기계 본체는 각종 장착장치의 교체로 파워쇼벨, 백호, 드래그라인, 크랩셀 등 각종 작업에 적합한 기계로 전용할 수 있으므로 용도가 다양하여 체체 기초지반의 굴착, 적재, 하상사력의 굴착, 적재, 가적치한 성토재료의 적재 및 기타 공사용 도로공사나 경사면 공사에 많이 이용되고 있다.

## ③ 운반기계

가. 덤프트럭, 스크레이퍼, 벨트컨베이어 등이 있는데 필댐 시공에는 덤프트럭이 많이 이용되고 있다.

### (가) 덤프트럭

근래 필댐공사의 대형화로 덤프트럭이 많이 이용되고 있으며, 일반적으로 덤프트럭을 11t이하의 보통덤프트럭과 11t이상의 중덤프트럭으로 나누어 장단점을 열거하면 다음과 같다.

#### ㉞ 보통덤프트럭(11 t 이하)

- 장점은 수송에 제약이 없고 쉽게 구할 수 있으며, 사용대수를 쉽게 조정할 수 있고 고장이 났을 때 대응하기 쉽다. 단점으로는 많이 실지 못하므로 많은 대수를 투입하면 운반로, 작업장이 혼잡하여 전체적으로 시간적인 손실이 많아지며, 중덤프트럭보다 운전기사가 많으므로 노무관리가 어렵고 운반재질에 따라 적재함을 보장한다.

#### ㉞ 중덤프트럭(11 t 이상)

- 장점은 적은 대수로 운반을 많이 할 수 있으므로 전체의 시간적인 손실이 적고 운반로나 작업장의 안정성이 높으며, 운전기사의 수가 적다. 적재함이 크기 때문에 적재가 쉽고 대형적재기계를 사용할 수 있다. 단점으로는 일반도로를 통행할 수 없고 공사용 도로의 건설비 및 유지보수비가 많이 들고 부품조달이 쉽지 않다. 차량이 고장 날 경우 운반량에 미치는 영향이 크다.

### (나) 스크레이퍼(scraper)

- ㉞ 굴착, 운반, 포설 기능이 있으며, 일반적으로 트랙터로 견인하여 작업하는 캐리

올 스크레이퍼(carryall scraper)와 트랙터를 일체로 한 모터 스크레이퍼로 구분된다. 캐리올 스크레이퍼는 단거리의 굴착, 적재, 운반기계로서 모터 스크레이퍼보다 험한 도로 주행을 할 수 있고 연약한 지반이나 급경사지에서 사용하는데 적합하다. 모터 스크레이퍼는 캐리올 스크레이퍼보다 굴착력은 뒤지나 장거리에는 우수하다. 스크레이퍼의 특징은 굴착에서 포설에 이르기까지 일관하여 공사를 할 수 있고 주행로의 건설과 유지보수가 덤프트럭을 사용할 때보다 쉽다. 경암이나 전석이 혼입된 경우는 부적당하다.

(다) 벨트컨베이어(belt conveyer)

- ㉓ 재료 채취지와 성토사이의 고저차가 크고 공사용 도로 조성이 어려운 경우에 적합하며, 일단 설치하면 연속적으로 재료를 운반할 수 있고 운반에 소요되는 노동력을 줄일 수 있는 이점이 있으나 공사량 변화에 대응이 어려운 결점이 있다.

④ 다짐기계

가. 대형으로 탬핑롤러, 진동롤러, 타이어롤러 등이 있고 소형으로는 컴팩터, 래머, 에어탬퍼 등이 있으며, 이외에 덤프트럭, 불도저 등도 이용할 수 있다. 기계의 종류를 선정할 때는 성토재료의 성질에 적합하고 시공성이 뛰어나며, 설계조건이나 성토기준 등을 만족시키는 성능을 가진 기계를 선정한다. 대형다짐기계의 제원은 표 5.3.5와 같다.

(가) 탬핑롤러(tamping roller)

- ㉓ 가운데 탬핑 푸트(tamping foot)의 형상이 원추형 또는 이와 유사한 것을 보통 양족(羊足, sheep's foot)이라 하며, 가장 많이 사용되고 있다. 이것이 각추형(角錐形)에 가까운 것을 테이퍼 푸트(taper foot)라 하여 자주식 탬핑롤러에 많이 이용되고 있으며, 자주식 탬핑롤러는 컴팩터 도저라고도 한다.
- ㉔ 롤러의 중량은 5 ~ 30 t 정도의 범위로서 드럼(drum)은 단동식(單胴式), 복동식(復胴式) 및 4동식(胴式)이 있는데 여기에 물이나 모래 등을 넣어 중량을 조절할 수 있다. 이 롤러는 사력재 등 큰 자갈이 많이 섞인 재료의 다짐에는 부적합하므로 주로 불투수층 재료를 다지는데 사용된다.

(나) 진동롤러(vibration roller)

- ㉓ 진동에너지에 의하여 다짐을 하는 기계로서 소형이고 가볍더라도 보통 3 ~ 4배의 자중을 가진 정적 롤러에 상당하는 선압(線壓)을 가지고 있어 다짐효과가 크다. 진동수는 다짐효과에 영향을 주며, 기계에 따라서는 진동수 또는 진폭을 바꿀 수 있는 것도 있다. 대형 진동롤러에는 머캐덤(macadam)형과 탠덤(tandem)형이 있으며, 또한 후륜이 타이어인 복합형도 있다. 드럼은 평활드럼이 일반적이며, 주행방식은 자주식과 피견인식이 있다.
- ㉔ 사력 및 암재료를 사용하는 반투수층, 투수층에 이용하는 경우가 많으며, 불투수층에서는 점성이 비교적 적은 화강암질 풍화토 등의 재료를 전압하는데 이용된다.

(다) 타이어 롤러(tire roller)

## 농업용 필댐 공사

㉞ 1축식과 2축식이 있으며, 주행방식은 자주식과 피견인식이 있다. 다짐을 잘 하려면 각 타이어가 평지가 아닌 곳을 지날 때라도 일정한 하중으로 주행하는 것이 좋다. 롤러의 중량은 보통 20~50 t 정도가 많이 사용되는데 모래나 자갈을 이용하여 중량을 가감할 수 있다.

### (라) 소형다짐기계

㉞ 소형진동컴팩터, 래머, 탬퍼 등은 대형 롤러로서는 다지기 어려운 부위 즉, 불투수층의 착암부(着岩部)나 구조물 주변, 각종 계측기 매설위치를 다지는데 사용된다.

## ⑤ 천공기계

가. 원석채취, 제체기초굴착 등을 위한 발파공 굴착에 많이 이용된다. 벤치컷(bench cut)공법에 이용되는 천공기는 보통 회전식, 회전-충격식, 충격식의 3종이 있다. 회전식은 회전력과 추진력을 비트(bit)에 가하여 구멍을 뚫는 기계로서 연암에 구멍을 뚫는데 적합하다. 비트 지름은 보통 150~230 mm가 이용된다.

나. 회전-충격식은 비트에 타격과 회전력을 주어 구멍을 뚫는 것인데 타격력은 로드를 매개로 하는 것과 직접 비트에 전해지는 것이 있다. 보통 사용되는 비트의 지름은 85~165 mm이며 연암, 중경암의 구멍을 뚫는데 적합하다.

다. 충격식은 압축공기에 의한 타격력으로 구멍을 뚫는 것인데 보통 사용되는 비트의 지름은 65~100 mm가 많다.

## ⑥ 기타 기계

가. 성토재료의 입도나 함수량을 조절, 스톡 파일(stock pile)장과 성토면의 과대입경 재료의 제거 등을 할 때는 레이크 도저(rake dozer), 리퍼(ripper), 디스크 해로우(disk harrow) 등의 기계를 이용한다.

### (가) 레이크 도저(rake dozer)

㉞ 스톡파일장과 성토면에서 과대입경 재료의 제거, 성토면 긁어 일으키기, 사석 재료의 부설작업에 이용된다. 레이크는 30 t 급 불도저에 사용할 수 있는 것이 제작되고 있으나 보통 10~20 t 급 불도저가 많이 이용된다. 톱니의 간격은 용도에 따라 다르며 과대입경의 불투수성 재료를 제거하는 데는 150 mm 정도의 것이 이용되고 있다.

### (나) 리퍼(ripper)

㉞ 연암의 리핑(ripping)에 의한 굴착, 성토면 긁기, 과대입경 재료의 제거에 이용된다. 연암의 리핑에는 보통 20~40 t 급 불도저가 이용되며, 최근에는 80 t 급 불도저가 등장하고 있다. 성토면을 긁어 일으키는데는 10~30 t 급 불도저, 과대입경 재료제거에는 하상의 사력, 발파암 등 재질에 따라 다르나 보통 15 t 급 이상의 불도저가 사용된다. 굴착이나 전압작업을 하는 불도저에 리퍼를 장착하여 리퍼작업을 겸하는 것이 일반적이다.

### (다) 디스크 해로우(disk harrow)

㉞ 비가 온 후 불투수층의 표면을 긁어 일으키고 통기(通氣)를 시켜 함수비를 조절

하고, 성토면에 운반된 습윤토를 긁어 일으켜 통기시키고 건조토에 살수를 할 때의 혼합작업에 이용된다.

(라) 살수차

㉔ 불투수준 성토면의 건조방지와 공사용 도로에 물을 뿌리는데 사용된다. 살수차의 용량이나 대수는 공사규모에 따라 다르나 보통 5~10 m<sup>3</sup> 급이 많이 이용된다.

(마) 모터 그레이더(motor grader)

㉕ 공사용도로의 유지관리에 주로 이용되며, 사용기종, 대수 등은 공사규모, 공사용도로의 폭, 연장에 따라 다르나 공사가 대형화됨에 따라 공사용 도로폭이 커지는 추세이므로 사용되는 그레이더도 대형화하는 추세이며, 현재는 3~5 m급이 많이 사용된다.

(바) 진공차(vacuum car)

㉖ 용출수나 강우 후의 불투수준 표면에 고인 물을 배수하는데 이용된다. 용량은 1~10 m<sup>3</sup>급이 이용된다.

⑦ 성토재료 입도조정시설

가. 소요의 품질을 갖는 성토재료를 얻을 수 없는 경우는 성토재료의 입도조정시설이 있어야 한다. 성토재료 중에 불투수준 및 필터재료로서 자연상태재료를 그대로 이용할 수 없는 경우는 인공적으로 선별하여 사용해야 하며, 이의 제조설비에는 그리즐리(grizzly)와 필터플랜트(filter plant)가 있다.

(가) 그리즐리(grizzly)

㉗ 이 시설은 불투수준이나 필터재료를 만드는데 이용되는 재료의 과대입경을 제거하기 위한 것인데 눈 간격은 재료의 최대입경에 따라 한정되며, 일반적으로는 150~200 mm가 많다.

(나) 필터플랜트(filter plant)

㉘ 그리즐리만으로는 소요의 재료를 얻을 수 없는 경우에 사용되는 설비로서 기계 규모는 재료의 필요량이나 입도에 따라 결정되며, 일반적으로는 파쇄능력 80~390 tf/h인 것이 많다.

## 3.8.2 축제성토

### 3.8.2.1 기종의 선정

(1) 시공기종은 시공기간, 재료의 성질, 공사물량, 설계조건, 공사현장의 입지조건, 공정 및 시공법을 고려하여 선정한다.

① 펄 고르기 기계

가. 펄 고르기 기계로는 일반적으로 불도저를 사용되며, 성토면 요철부의 정지 등에는 보조적으로 그레이더도 사용된다. 운반시에 스크레이퍼나 저개(底開)식 덤프트럭을 사용할 경우는 직접 펄 고르기를 하게 되는데 이때도 일반적으로 펄 고르용 기계로 한다. 불도저 규격 및 대수는 성토속도, 성토치수에 의하여 결정되며, 재료의 종류나 성토면의

## 농업용 필댐 공사

면적도 고려하여 적당한 것을 선정한다.

### ② 다짐 기계

가. 토질재료의 다짐용 기계로는 타이어 롤러, 웨이브 롤러, 탬핑 롤러, 진동 롤러, 진동 컴팩터, 래머, 에어 탬퍼 등이 사용되며, 이외에 불도저, 덤프트럭, 휠 로더 등도 사용하는 경우가 있다. 또한 압재료는 다짐을 하지 않고 덤핑으로 축제하는 방법이 있다. 어느 것이나 소요설계수치를 만족시키는 다짐기계는 펴 고르기 두께, 다짐회수 등에 따라 다르므로 일반적으로 시험성토를 하여 이 수치를 결정한다.

나. 토질에 대한 적성기종 혹은 표준다짐방법 등에 따라 2~3종의 적성기계를 선정하여 시험성토를 하여 최종 결정을 하면 좋으며, 다짐기계는 경우에 따라서 운행속도를 규제한다.

### ③ 함수비조절 및 입도조정용 기계

가. 토질재료의 함수비조절이나 입도조정, 과잉전압부를 긁어내는 데는 레이크 도저와 함수비조절에는 살수차가 이용되며, 해로우(harrow)나 플라우(plow) 등도 사용되는 경우도 있다. 함수비조절에 건조기를 사용한 특수 예도 있다. 또한 투수준의 성토면을 긁어 일으키는 데는 리퍼가 사용되고 살수에 모니터(monitor)가 사용된다. 레이크 및 리퍼는 보통 펴 고르기용 불도저의 뒤에 장착하여 사용한다. 축제재료 중에서 과대입경을 제거할 경우는 불도저의 앞면에 레이크를 장착한 전용 레이크도저가 이용된다.

## 3.8.2.2 시험성토

(1) 소요의 성토를 경제적으로 시공하는 방법과 시공관리기준을 결정하기 위하여 축제작업을 하기 전에 시험성토를 한다.

### ① 일반사항

가. 설계단계에서 토질재료의 특성, 설계수치 및 성토시방서 등은 주로 취토예정지에서 채취한 대표적인 시료의 실내시험결과를 검토하여 정하고 있다. 그러나 성토에서 펴 고르기 두께, 다짐회수, 다짐하중 등의 상세한 시방은 실내시험으로는 결정하기 어려우므로 축제작업을 개시하기 전에 소요설계수치를 만족시키는 가장 경제적인 시공방법을 찾아내어 시공관리기준을 결정하고 동시에 현장감독원 및 시공담당자에게 축제공 및 축제재료에 대한 예비지식을 깊이 인식시켜 적절한 축제공사가 이루어질 수 있도록 시험성토를 한다. 시험은 실제의 시공에 준해서 재료의 취토에서 운반, 펴 고르기, 다짐에 이르기까지 모두 본 공사와 같이 실시한다.

### ② 시험구 및 시료채취

가. 시험구

(가) 시험구 위치는 가급적 평탄하며, 배수조건이 좋은 장소에 선정한다. 크기는 시험수량, 사용기종, 기계의 선회반경 등을 고려하여 결정하며, 지형조건이 허용하는 한 시험구는 많은 것이 좋다. 시험구의 원지반은 표토를 제거한 다음 시험에 사용할 기계를 이용하여 지지력이 충분한 기반으로 조성한다. 이 경우에 미리 기반의 현장밀도, 함수비를 측정해두어야 한다.

- 나. 시료채취
- (가) 시험용 흙은 각 시험항목에 대하여 동일재료를 얻을 수 있는 방법으로 채취한다. 구덩이를 파는 것과 같은 취토는 좋은 재료를 얻을 수 없으므로 피해야 한다.
- ③ 시험계획
- 가. 다짐기종 선정
- (가) 다짐기종은 공사규모, 토질에 따라 과거의 실적을 고려하여 가급적 표준적인 기계를 선정하며, 원칙적으로 2기종 이상을 선정하여 시험을 한다. 동일기종을 사용할 경우는 접지압을 다르게 하는 방법도 있다. 필댐에 가장 널리 쓰이고 있는 기계는 타이어 롤러, 탬핑 롤러 및 진동 롤러 등이며, 코어부는 일반적으로 탬핑 롤러가 사용된다.
- (나) 대표적인 다짐기계는 타이어 롤러, 탬핑 롤러 및 진동 롤러 3종이 있다.
- 나. 시료의 선정
- (가) 시료는 축제량, 취토장의 시료 분포, 시료채취방법 등을 고려하여 선정하며, 너무 세분화하여 시험수를 많이 하는 것은 좋지 않으므로 대표적인 시료로 시험을 하면 좋다.
- 다. 다짐함수비
- (가) 토질재료의 다짐함수비는 자연함수비, 현장의 기상조건, 재료의 다짐특성을 고려하여 자연함수비와 건조축 또는 습윤축 함수비(예를 들면 최적함수비 부근 또는 최대건조밀도의 95 % 에 대한 습윤축 함수비)에 대하여 시험성토를 하는 것이 좋다.
- 라. 펄 고르기 두께
- (가) 펄 고르기 두께는 사용기계, 시공능력, 재료에 함유된 자갈크기 등을 고려하여 3가지 정도를 선정한다. 일반적으로 차수재료의 경우는 15 ~ 40 cm, 랜덤, 트랜지션 재료는 20 ~ 60 cm, 암재료는 50 ~ 100 cm의 범위에서 선정되고있다.
- 마. 다짐회수와 속도
- (가) 사용기계와 재료의 토성을 고려하여 4가지 정도를 선정한다. 일반적으로 2 ~ 14회 범위에서 선정하는데 함수비가 많은 재료는 과전압에 의한 강도저하를 고려한다. 일반적으로 다짐속도는 표준속도로 시험을 한다.
- ④ 시험 및 측정
- 가. 인원배치
- (가) 시험 및 측정은 실내재료시험과 현장측정시험 두 가지가 있는데 여기에 필요한 인원은 시험수량, 시험기간 등을 고려하여 결정한다.
- 나. 시험 및 시험항목
- (가) 이 시험 외에 필요에 따라 전단시험, 입밀시험을 실시한다. 특수시료에는 간극수 압계 등을 성토 내에 매설하는 경우도 있다. 그리고 롤러 전압작업 중에 육안관찰(사진촬영)을 한다.
- ⑤ 시험결과의 정리와 해석

## 농업용 필댐 공사

### 가. 시험결과의 정리

(가) 시험결과는 설계의 기본조건을 충분히 고려하여 정리하고 해석해야 하며, 목적과 내용에 따라 정리 및 해석방법이 다르나 시험결과를 정리할 때의 주요한 사항은 다음과 같다.

- ㉠ 시험 중의 기상조건
- ㉡ 다짐회수와 침하량 관계
- ㉢ 다짐회수와 밀도, 다짐도 관계도
- ㉣ 다짐회수와 강도 및 투수계수의 관계
- ㉤ 다짐작업에 따른 입도분포의 변화
- ㉥ 함수비와 밀도, 강도 및 투수계수의 관계
- ㉦ 포화도 또는 간극비와 투수계수의 관계
- ㉧ 최적함수비와 최대건조밀도의 관계
- ㉨ 입도와 밀도의 관계

### 나. 시험결과의 해석

(가) 시험결과에 대한 주요 해석 항목은 다음과 같다.

- ㉠ 축제재료로서 시료의 적부
- ㉡ 축제시방(다짐기종, 다짐하중, 펴고르기두께, 다짐회수, 다짐속도) 결정
- ㉢ 토량환산계수

(나) 시공관리기준결정

- ㉠ 시공함수비 범위
- ㉡ 다짐율(도) 또는 다짐밀도
- ㉢ 포화도와 투수계수
- ㉣ 입도, 자갈함유율 및 재료의 혼합
- ㉤ 강도
- ㉥ 급속시공관리도 작성

(다) 설계조건을 감안한 시공상의 주의사항

- ㉠ 상기의 해석을 한 결과 필요에 따라 제체의 침투수 및 활동에 대한 안전성에 대하여 검토하고 설계에 반영하는 것이 좋다.

### 3.8.2.3 토질재료의 시공

(1) 토질재료를 시공할 경우는 펴 고르기 두께의 검사, 과대입경의 제거 및 소요 품질의 성토가 얻어지도록 다짐을 하고 다짐종료 후 다음 층의 펴고르기를 하기 전에는 반드시 검사해야 한다.

#### ① 일반사항

##### 가. 펴 고르기 두께의 검사

(가) 평상시 펴 고르기 두께의 검사는 시공블록의 시공면적과 차량의 대수로 점검하며, 월별 성토고는 수준측량으로 점검하고 그 달(月)의 성토층수로 일층당 펴 고르기 두께를 검사한다.

#### 나. 펄 고르기 방향

(가) 축제재료의 펄 고르기는 원칙적으로 댐축과 평행하게 시공하며, 투수성인 랜덤부 등에서는 방향을 설정할 필요가 없다.

#### 다. 과대입경 제거

(가) 과대입경의 규정은 펄 고르기 두께의 1/2정도가 표준인데 각 댐의 사정에 따라 1/3 ~ 2/3까지 규정하고 있다. 과대입경의 제거방법은 취토장에서 레이كد저, 스크린플랜트로 제거하고 연암재료는 세립화하여 성토면 위에 산포하고 성토면 위에서는 작업인이 제거한다.

#### 라. 다짐

(가) 다짐장비의 주행속도를 미리 정하고 다짐회수 검사는 시공블록의 면적과 다짐차량의 다짐폭, 주행속도 등을 고려하여 다짐시간수로 전체적인 검사를 한다. 다짐작업은 먼저 다져진 부분과 새로 다질 부분은 30 ~ 50 cm가 중복되게 한다. 존의 경계부는 양쪽 존의 다짐기계가 인접하는 존을 20 cm 정도 겹치게 다진다. 또 원지반과의 접합부는 원지반까지 다지도록 다짐차량을 진입시켜 다짐을 충분히 해야 하며, 다짐방향은 원칙적으로 펄 고른 방향과 같게 한다.

#### 마. 다짐종료후의 검사

(가) 다짐종료 후 다음 층의 펄고르기를 하기 전에 반드시 검사해야 한다. 이 검사는 정기적으로 하는 관리시험과 공사감독원이 다짐구역을 관찰하여 다짐의 양부를 확인한다. 이때 주의해야 할 것은 원지반과의 접합부, 인접 존과의 경계부, 운반장비의 주행로 등이다. 차수부에서는 다음 층을 펄 고르기 전에 운반차량에 의하여 만들어진 바퀴자국이나 표면이 판판하게 된 부분을 긁어 일으켜 다음 층과 접합이 잘 되도록 한다.

#### 바. 강우 대책

(가) 필댐에서 기상조건에 따른 성토작업 가능일수는 매우 중요한 사항이며, 강우대책으로는 다음과 같은 방법이 있다.

- ㉠ 가설도로의 정비(아스팔트포장 또는 생석회나 쇄석 등으로 노면정비를 하여 강우 직전에도 주행할 수 있도록 한다.)
- ㉡ 취토장 정비(교란된 부분은 플레이트 롤러, 타이어 롤러 등으로 다짐을 하여 빗물이 침투하지 않도록 한다.)
- ㉢ 성토면 위는 플레이트 롤러 등을 사용하여 표면을 평활하게 다짐하여 배수가 잘 되게 하고 또한 강수의 침투를 방지한다.
- ㉣ 함수비가 많은 재료가 생산되는 지구는 사질계 재료와 혼합하기 위한 가적치장 설치도 검토한다.

#### 사. 동계성토

(가) -4 ~ -6 °C 정도까지 성토작업을 할 수 있으나(-12 °C까지 작업을 한 예도 있다) 0 °C에서의 건조밀도와 24 °C에서의 건조밀도를 비교하면 0.1 tf/m<sup>3</sup>나 낮으므로 사용토가 동결되지 않도록 1일 24시간, 1주 7일간을 계속하여 성토하는 방식이 좋

## 농업용 필댐 공사

다. 캐나다의 Kenny댐에서는 소금을 1 % 혼입하여 빙점을 내려 시공을 한 예도 있다.

### 아. 건조기의 시공

(가) 소요의 함수비보다 더 건조되는 시기에는 성토재료의 투수계수가 커지므로 야간 작업으로 바꾸거나 살수를 하고 다짐차량의 중량을 증가시키는 등의 조치를 취한다.

## ② 차수부의 시공

### 가. 댐 양안부의 다짐

(가) 차수부의 다짐은 댐축에 평행히 다짐용 롤러를 운행시키는 것이 원칙이며, 일반적으로 댐 양안부는 다짐용 롤러에 의한 다짐이 곤란하고 또한 기초암반이 파괴될 우려가 있으므로 양안부 다짐은 소형다짐기계를 사용한다.

(나) 그러나 소형다짐기계는 다짐능률이 나쁘고 일반적으로 다짐효과도 적어서 보통 양안부 성토를 선행시켜 경사를 붙여 시공해 두면 이 경사에 의하여 암반이 손상되는 일이 없어 기초에 더욱 가까이 접근한 부분까지 롤러로 다짐을 할 수 있다.

### 나. 피 고르기

(가) 차수부를 시공할 때 코어재료의 피 고르기는 댐축에 평행하게 하여 고르는 것을 원칙으로 하며, 댐축에 대하여 직각방향(상하류방향)으로 재료를 피 고르기를 하여 시공하는 것은 좋지 않다.

### 다. 다짐(전압)

(가) 롤러에 의한 다짐은 피 고르기와 같이 댐축에 평행히 다지는 것을 원칙이다. 특히 타이어 롤러를 사용할 경우 댐의 상하류방향의 다짐은 피한다. 그러나 기초에 접하는 부분은 댐 상하류 방향으로 다짐하게 되는 경우도 있으므로 이 때는 다음 층을 피 고르기 전에 다짐면을 충분히 교란하여 층상호간에 접촉이 잘 되도록 한다.

(나) 소요 폭의 다짐이 끝나면 인접한 다음 폭의 다짐부로 옮길 경우는 다짐완료부분과 30~50 cm 정도 중복되게 폭을 넓게 잡아 전압이 안된 부분이 남지 않도록 한다. 성토 모양은 거의 수평이거나 또는 배수가 잘 되게 상하류로 약간 경사지게 하면서 시공을 한다.

(다) 다짐에 의하여 그 면의 전단강도가 극단적으로 저하하는 경우(예를 들면 풍화된 운모편암 등을 함유한 흙의 경우)는 전단저항이 저하하는 면을 통과하는 활동을 방지하기 위하여 중앙부를 약간 낮추어 성토하는 경우가 있는데 이 때는 배수에 유의한다.

(라) 기초의 굴착이나 그라우팅 또는 재료운반을 위하여 차수부를 횡단하는 통로를 설치하는 경우 종단기울기는 보통 3할보다 느리게 한다. 작업상 뒤떨어진 부분에 성토를 할 경우는 선행성토부를 1 m 이상 단절(段切)하여 양자를 밀착시킨다.

### 라. 고풍수비 토질재료의 다짐

#### (가) 복합다짐법

㉞ 토질재료의 다짐에는 주로 탬핑 롤러나 타이어 롤러가 사용된다. 재료의 함수

비가 비교적 많을 경우는 탬핑 롤러 잇발 사이에 흙이 끼어서 다짐이 곤란한 경우는 타이어 롤러를 사용한다. 이 때 다짐면이 반질반질하게 되어 층의 상호간에 접착이 나쁘게 되고 또한 깊이 방향의 밀도가 고르지 못하게 되는 등의 문제가 발생한다. 이들의 단점은 탬핑 롤러를 조합하여 사용하면 해결할 수 있다. 즉, 먼저 타이어 롤러를 사용하여 충분히 다져서 토층의 지지력을 증가시킨 후 탬핑 롤러를 사용하여 다지면 밀도가 균일하게 되고 층상호간의 접착성도 향상된다.

#### (나) 습윤다짐법

- ㉔ 함수비가 많은 재료는 접지압이 낮은 불도저, 트랙터 등의 다짐기계를 사용하여 다진다. 이 경우는 기초의 형상, 차수부의 폭, 공기 등을 충분히 검토하여 침하 등이 발생하지 않도록 대책을 강구한다.

### 3.8.2.4 투수성재료의 시공

#### (1) 드레인 시공

- ① 드레인은 다른 성토층과 평행하게 쌓는 방법과 성토를 먼저 한 다음 굴착을 하고 드레인재를 메우는 방법으로 시공한다.

##### 가. 일반사항

- (가) 드레인은 배수를 주목적으로 하는 것이므로 보통 필터와 드레인을 병용하는 경우가 많다. 이 때는 필터에 대한 주의사항도 고려해야 하며, 드레인의 시공상 주의해야 할 사항은 다음과 같다.
- ㉔ 강우 후에 반드시 드레인 시공면을 점검하여 표면에 점토입자, 피복물 등이 퇴적되어있으면 제거한다.
- ㉔ 시공중에는 드레인재료 내부로 인접한 재료가 혼입되지 않도록 한다.
- ㉔ 1층의 성토가 완료되면 주수(注水)검사를 하여 통수능력을 검사한다.
- ㉔ 드레인의 경계부가 느슨하게 되기 쉬우므로 경계부근은 과다짐이 될 정도로 충분히 다진다.

##### 나. 단일 드레인 시공

- (가) 드레인은 다른 성토층과 평행하게 쌓아올리는 방법과 성토를 먼저 한 다음 굴착을 하고 드레인재를 메우는 방법으로 시공을 한다. 굴착에 의한 방법은 성토면이 1.5 m 정도 올라간 시점에서 보통 백호우 등으로 드레인용 트렌치를 굴착하여 소요의 재료를 퍼 고르고 다짐을 한다.
- (나) 이 작업에서 트렌치 굴착 때 성토 내부에 과대한 인장응력이 작용하여 점토재에 균열이 생기는 경우는 굴착높이를 1 m 이하로 설계하는 등의 배려를 해야 한다. 또한 앞서 시공한 드레인 붕괴를 방지하기 위하여 드레인 표면을 철판이나 거석으로 피복하는 것은 좋지 않다.
- (다) 드레인을 성토와 평행하게 시공할 경우는 거푸집을 이용하거나 성토와 드레인을 번갈아 쌓아올리는 2가지 방법이 있다.

## 농업용 필댐 공사

(라) 거푸집을 사용하는 방법은 성토작업 중 성토면과 수평을 유지하지 않으면 경계부근의 성토다짐이 잘 되지 않거나 거푸집을 뽑아 올릴 때 경계면이 느슨하게 되는 등의 결점이 있어 이 시공법은 일상의 공정관리가 까다롭다. 성토와 드레인재를 번갈아 쌓아올리는 방법은 그 경계가 지그재그형으로 되어 드레인 재료의 사용량은 증가하지만 기계시공이 가능하고 경계면이 잘 형성되지 않으며, 또한 다짐이 잘 되는 등의 이점이 있다. 그러나 드레인면 위에 성토재료가 살포되어 불투수 피막이 형성될 우려가 있으므로 항상 작업원을 2인 정도 배치하여 이를 방지해야 한다

다. 다층형 드레인의 시공

(가) 다층형 드레인의 시공방법에는 거푸집을 사용하는 굴착방법과 동시에 성토 끌어올리기(거푸집 없이) 2가지 방법이 있다.

### (2) 필터의 시공

① 흙댐에서는 대부분 드레인과 필터의 양 목적을 겸하는 준으로 시공되기 때문에 이 경우는 전술한 드레인 시공에 준한다.

가. 일반사항

(가) 필터는 재료가 다른 투수준과 불투수준의 중간 재료로 사용되는 것으로서 경우에 따라서는 준형으로 만드는 경우도 있다. 설계조건에 따른 입도배합의 필터를 시공할 때는 필터의 기능을 잃지 않도록 계속 관리해야 한다.

나. 단일 필터의 시공

(가) 흙댐에서는 대부분 드레인과 필터의 양 목적을 겸하는 준으로 시공되는 경우는 전술한 드레인 시공에 준한다. 여기서는 록필댐의 차수부와 트랜지션 사이에 설치하는 필터와 같이 폭이 넓어서 하나의 준으로 취급되는 필터에 대하여 기술한다. 재료는 사력이므로 재료의 실편고 부리거나 살포 등의 작업 중에 재료의 분리가 생기기 때문에 이점을 유의해야 하며, 단일 필터의 시공은 다음 방법에 따르는 것이 좋다.

㉞ 재료를 차수부 쪽을 향하여 부린다.

㉟ 트랜지션 쪽으로 향하여 퍼 고르기를 한다.

㊱ 살수를 하면서 다진다.

(나) 이렇게 하면 차수부 쪽에 세립재료, 트랜지션 쪽에 조립재료가 시공되어 급격한 입도변화를 막을 수 있다. 살수는 저수 후 재료의 이동을 방지하기 위한 것이므로 트랜지션과의 경계부에서는 특히 필터재료가 트랜지션 쪽으로 유출되는 일이 있으므로 주의한다.

다. 준형 필터의 시공

(가) 전술한 “다층형 드레인의 시공” 참조.

### (3) 트랜지션의 시공

① 트랜지션의 살포두께는 재료 최대입경의 1.1 ~ 2.0배가 적당하며, 다짐은 타이어 롤러나 진동 롤러를 사용한다. 밀도는 모래치환법, 물 치환법으로 측정하여 관리한다.

## 가. 살포두께

(가) 트랜지션의 살포두께는 사용재료 최대입경의 1.1 ~ 2.0배가 적당하며, 일반적으로 1.3배 정도가 채용되고 있다.

## 나. 다짐

(가) 트랜지션의 다짐에는 타이어 롤러나 진동 롤러를 사용하며, 최근의 경향은 진동 롤러가 많이 쓰이고 있다. 트랜지션은 살수 후 다짐하거나 다짐 후 살수하는 것이 저수시의 침하가 적다고 한다.

## 다. 밀도관리

(가) 작은 입경재료의 트랜지션재료는 모래치환법, 입경이 큰 재료는 물치환법으로 밀도를 측정하는데 다음 방법을 병용하면 좋다.

(나) 먼저 운반차량 10대(m대) 정도를 검량(檢量)하여 1대당 재로운반량  $W(t/대)$ 를 평균치로 산출하고, 3 ~ 5층을 살포, 다짐할 때마다 수준측량을 하여 성토고  $H(m)$ 를 산출한 후 평면도로 시공면적  $A(m^2)$ 를 구한다.

## 라. 시공

(가) 비교적 세립을 많이 함유한 트랜지션 재료의 성토는 장래 침하를 방지하기 위하여 펄 고르고 다짐을 하면서 쌓아 올려야 한다. 펄 고르기를 할 때는 필터와 같이 재료분리가 일어나므로 이를 방지하기 위하여 적당한 간격으로 덤프 하여 펄 고르기를 한다. 그러나 석산에서 암재료와 트랜지션 재료를 구분할 수 없는 경우는 상기의 성질을 이용하여 차수부 쪽에서 제체의 외측을 향하여 펄 고르기를 하여 트랜지션의 과대입경재료를 록존으로 밀어낸다. 이 때 펄 고르기 기계는 레이크 도저를 사용한다.

## (4) 록존의 시공

① 암재료를 시공할 때는 운반차량의 운행을 쉽게 하기 위하여 불도저로 노면을 고르고, 쌓아 올릴 때 기초지반이나 트랜지션 존과의 경계부는 재료를 급변시켜서는 안 된다

## 가. 일반사항

(가) 시공 중 각 리프트의 표면

㉞ 암재료 운반차량의 운행을 쉽게 하기 위하여 불도저로 노면을 고르며, 경우에 따라서는 암부스러기로 고르게 하여 평활하게 하기도 한다. 때로는 다짐작업이나 기계의 주행에 의하여 살포층의 표면이 세립화되는 경우도 있다. 이러한 경우는 투수성, 저수후의 침하, 필요한 전단강도 확보에 지장이 있으므로 사수(射水)를 하여 세립분을 암재료 간극 안으로 혼입시키거나 리퍼로 표면을 긁어 일으켜야 한다.

(나) 트랜지션 등과의 경계부 시공

㉞ 암재료를 쌓아 올릴 때 기초지반이나 트랜지션 존과의 경계부는 재료를 급변시켜서는 안 된다. 즉, 기초지반이 토질재료로 구성된 경우는 필터층을 설치하거나 가급적 세립의 암을 덮는 등의 배려를 해야 하고 트랜지션과의 경계도 이 재료가 암재료 속으로 혼입되지 않도록 가꿈 시험하여 검사한다.

## 농업용 필댐 공사

### (다) 겨울철 시공

- ㉞ 기온이 빙점 이하로 내려가면 살수하는 물이 얼어서 처리가 불완전하게 되고 또한 눈이 쌓여 있을 때의 작업도 불완전하게 되기 쉽다. 따라서 이는 침하요인이 되기 때문에 눈이 많이 오는 추운 지방에서는 원칙적으로 겨울철에 시공을 해서는 안 된다.

### (라) 시공관리

- ㉞ 뜬돌 형태로 된 재료의 안정 및 각 존 경계부에 대해서 관리해야 하며, 밀도는 트랜지션의 밀도측정법과 같은 방법으로 한다.

### 나. 피 고르기 두께

- (가) 암재료의 한 층당 피 고르기 두께는 다짐을 할 경우 최대입경의 1.1~2.0배가 적당하며, 일반적으로 1.3배 정도가 채용되고 있다. 투석방식에 의한 경우도 최대입경의 5배 정도를 1리프트로 한다.

### 다. 쌓기

- (가) 록을 쌓는 방법에는 ①투석방법, ②피 고르기 다짐방법, ③양자의 중간으로 투석자연다짐방법이 있다. 편의상 ①은 높은 리프트공법(리프트 4 m를 넘는 투석쌓기), ②는 피 고르기 다짐공법, ③은 낮은 리프트공법(리프트 1~4 m의 투석쌓기)라 한다. 최근 암재료는 입자가 견경(堅硬)하고 큰 것이 적어서 높은 리프트공법보다 피 고르기 다짐공법이 많이 채용되고 있다.

#### ㉞ 높은 리프트공법

- 이 공법은 리프트가 높으면 높을수록 좋다. 운반도구가 적어도 되며, 다음과 같은 사유로 치밀한 다짐을 얻을 수 있다고 보기 때문이다.
- 투석을 하여 쌓으면 재료분리가 일어나 침하되기 쉬운 세립분이 리프트 상층에 집중 된다.
- 리프트가 높을수록 투석에너지가 크다.
- 암재료가 긴 사면을 굴러 떨어질 때 장차 재하량에 의하여 파괴되어 침하요인이 될 모난 것이 파괴된다.
- 이러한 사항을 전제조건으로 재료가 견경(堅硬)하고 세립분이 적어야 한다.

#### ㉞ 낮은 리프트공법

- 이 공법은 투석에너지와 피 고르기 작업 및 운반 차량의 통과에 의하여 다짐을 하는 것이므로 재료가 세립일수록 투석효과가 적기 때문에 기계다짐효과를 기대해야 할 경우에 이 공법을 채용한다. 이 공법에서는 일반적으로 살수를 하지 않고 쌓아올리는 경우가 많으나 경우에 따라서는 살수를 하기도 한다.
- 운반차량의 다짐효과를 위하여 차량의 진입로를 가끔 바꾸고 먼저 쌓아올린 리프트면을 요철 없이 평평하게 하여 주행할 수 있게 해야 하며, 차량을 통과시키면 상면이 평활하게 되어 다음 층과 접촉시킬 때는 반드시 리퍼 등으로 긁어 일으켜야 한다.
- 이 공법과 피 고르기 다짐공법은 먼저 쌓은 부분과 현재 쌓고있는 부분 사이에 공

정에 따라 1층 또는 몇 층의 고저차가 생기는 수가 있다. 또한 먼저 쌓은 부분에서도 사면은 다져지지 않으며, 또 비탈면에는 분리된 조립자가 모여있는 것이 보통이다. 이러한 조립자는 제거하고 사면은 잘 다져진 곳까지 잘라 무너트려서 쌓고 있는 리프트와 일체로 그 위에 쌓아 올려서 체체가 고르게 시공한다.

#### ㊤ 펴고르기 다짐공법

- 이 공법은 효과가 미치는 깊이 이내의 두께로 재료를 펴 고르고 20 t 정도 이상의 중불도저, 50 t 정도의 타이어 롤러 및 5 ~ 13 t 정도의 평동형(平胴型) 진동 롤러 또는 진동형 타이어 롤러가 등으로 다짐을 하는 방법이다. 타이어 롤러는 비교적 세립재료에 적합하고 효과가 미치는 범위는 비교적 얇다. 진동 롤러는 큰 덩이를 함유하는 조립재료에도 효과가 있으며, 그 효과가 미치는 깊이는 2.0 m 정도에 달한다.
- 다만, 세립분이 많은 재료를 진동 롤러로 다지면 세립분이 위로 떠올라와 오히려 약한 층을 만들므로 주의한다. 층두께는 재료 및 기계에 따라 다르나 최대입경의 1 ~ 2배로 정하고 있다. 다짐장비에 따른 펴 고르기 두께는 일반적으로 타이어 롤러가 60 cm 이하, 중불도저가 1 m 전후, 그리고 진동 롤러의 경우는 중량에 따라 0.5 ~ 2 m 정도의 범위이다.
- 앞서 말한바와 같이 다짐면이 평활하게 되므로 다음 층을 쌓기 전에 먼저 긁어 일구어야 하는데 진동롤러로 50 cm 정도의 얇은 층을 채용할 경우는 아래층과 상부의 밀착 다짐이 가능하므로 긁을 필요가 없다. 펴 고르기 다짐공법에서는 다지기 전에 무압수(無壓水)를 살수하거나 사수(射水)를 하는 경우도 있다.

### 3.8.3 사면마무리와 사석

- (1) 축제사면은 표면이 붕락되지 않도록 충분히 다져서 마무리한다.
- (2) 축제사면은 규정된 사면치수보다 조금 바깥까지 축제하고 롤러로 충분히 다짐을 한 다음 불도저 또는 인력으로 규정된 면까지 깎아 내는 것이 좋다. 사석은 저수위의 급저하 또는 파랑에 대해서 축제사면이 충분히 보호되도록 시공한다. 표면사석재료의 입도는 채석장에서 미리 조정을 하고 시공은 축제보다 조금 늦게 시공을 하며, 윈치가 붙은 트럭으로 운반하여 내리거나 아래에서 불도저로 밀어 올리거나 또는 평행높이로 토운차 레일을 설치하고 점차 레일을 높여 가면서 운반을 한다.

### 3.8.4 아스팔트 포장

- (1) 배합설계, 구조, 시공방법을 최종적으로 결정하기 위하여 현장에서 포장시험하고 다짐을 할 때는 차수벽 포설을 동시에 하며, 일반적으로 세로마무리 및 가로마무리로 다짐시공을 한다.

#### ① 다짐

가. 다짐을 할 때는 차수벽 포설을 동시에 하는 것이 좋으며, 일반적 다짐 시공방법은 다음의 2가지가 있다.

(가) 세로마무리

## 농업용 필댐 공사

㉞ 사면방향으로 상하로 다져 마무리하는 공법이다. 일반적으로 다지는 작업이 가능한 단면 반경은 곡률반경으로 25 m 정도까지이며, 곡선부는 이어 붙여 시공한다.

(나) 가로마무리

㉟ 사면방향에 직각으로 다져 마무리하는 공법이다. 일반적으로 다지는 작업이 가능한 평면 반경은 곡률반경으로 15 m 정도까지이며, 곡면부는 곡면 그대로 시공이 가능하다.

### ② 구조물과의 접합

가. 일반사항

(가) 콘크리트 구조물과 아스팔트 콘크리트는 기본적으로 완전히 접착되지 않는다는 것을 충분히 고려하여 시공한다.

나. 검사로와의 접착

(가) 검사로와 차수벽하단 및 지수벽의 접합부는 가급적 직선 또는 느린 곡선이 되도록 접합시켜야 한다.

## 3.9 시공관리

- (1) 댐 시공은 관계법령, 시방서, 기준 등 제반 법규를 준수하고 합리적 이고 효과적인 방법으로 관리한다.
- (2) 댐 공사는 완벽한 시공준비와 치밀한 시공계획, 철저한 시공관리에 의해서만 설계에서 정한 품질의 댐을 소정의 공사기간 내에 경제적으로 시공할 수 있게 된다. 시공관리는 시공계획, 시공준비와 밀접하게 연결되어 있으므로 이들(시공계획, 시공준비)에 의하여 시공관리가 가능해지고 또 이들에 의해 시공을 관리해야 한다고 할 수 있다.
- (3) 시공관리는 일차적으로 품질관리, 공정관리, 원가관리로 구분되며 일차적 구분을 전문화하고 효율적으로 보완하기 위하여, 자재관리, 노무관리, 장비관리, 시설관리, 안전관리, 환경관리, 기술관리, 재무관리 등으로 세분된 이차적 관리구분을 사용하기도 한다.
- (4) 시공관리를 위하여 사전에 시공준비 상황을 점검하여 준비가 안되었거나 미흡한 사항이 있을 때에는 촉구, 유도하여 완벽한 준비가 되도록 해야 하며, 시공계획을 분석 숙지하여 계획상의 모순이나 무리한 부분이 있을 시에는 수정, 보완하도록 해야 한다. 다시 말하면 시공준비, 시공계획, 시공관리는 상호 유기적으로 작용하여 보완 추진되는 것이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 관련법령과 KSF 규정, 그리고 시방서를 준수하고 이에 따라 관리해야 한다.

## 3.10 품질관리

- (1) 필댐 시공에 있어서의 품질관리는 설계에서 정한 품질의 댐이 시공 되도록 통제 관리하는 것이며, 품질규정 방법과 공법규정 방법이 있고 이 두 방법을 병행하여 관리하는 복합규정 방법이 있다. 이 방법들은 각기 장단점이 있으므로 공사의 성격, 규모, 토질조건 등 현장상황과 방법의 장단점을 고려하여 채택 관리한다.

- (2) 필댐의 품질은 축제재료와 시공방법에 의하여 대부분 결정되며 시공 전에 시공결과 얻어지는 품질의 기준 값을 정하여 놓고 시공후의 품질이 정해진 품질기준치에 부합여부에 의하여 관리하는 것을 “품질규정방법”이라 하며, 일반적으로 많이 이용되는 방법이며 “공법 규정방법”은 설계에서 정한 품질기준을 얻기 위한 시공방법 (전압기종, 전압회수, 전압속도, 성토부설 두께 등)을 정하여 엄격히 준수함으로서 시공을 관리하는 방법이며 토질의 함수비 변화가 없는 경우에 유효한 방법이고 자갈, 호박돌 등 품질검사가 어렵고 공정이 늦어졌을 때 등 제한적으로 이용되는 방법이다.
- (3) 이상 각각의 품질관리방법은 장단점이 있으므로 각 방법의 장점을 살려 공사의 성격, 시공규모, 토질조건 등 현장상황을 고려하여 선택하도록 한다.

### 3.10.1 품질규정 방법

- (1) 품질규정방법에는 다짐율 규정방법, 포화도 규정방법, 공기공극율 규정방법, 강도규정방법 등이 있으며, 각기 특성과 장단점이 있으므로 2 ~ 3개의 표준값을 규정하여 관리하는 것이 바람직하다.

#### ① 건조밀도 규정방법

가. 이 방법은 일반적으로 많이 이용되는 방법으로서 성토의 건조밀도와 다짐 최대건조밀도의 비율(다짐률)이 규정치 이상이고, 허용함수비가 최적 함수비를 기준으로 규정치 범위 안에 있도록 규정하는 방법이다. 즉, 다짐율과 허용함수비를 규정하는 방법이다.

#### ② 포화도 또는 공기공극율 규정방법

가. 이 방법은 모든 흙의 함수 비에 적용할 수 있는 장점이 있으나 함수비가 낮으면 낮을수록 큰 다짐에너지가 필요하며, 반대로 함수비가 높으면 적은 에너지로도 허용한계에 들게되어 강도면에서는 약한 상태에서 규정치에 합격하게 되므로 성토의 안전과 시공에 필요한 강도가 얻어지는 것을 확인할 수 없다. 그러므로 이 방법을 규정할 때는 소요의 강도를 얻을 수 있는 허용 함수비를 동시에 규정하는 것이 바람직하다.

#### ③ 강도규정방법

가. 이 방법은 물의 투수에 의한 팽창 및 강도저하가 적은 필(fill)재료(모래, 자갈, 호박돌 등)에 적합하다. 특히 자갈, 호박돌 등은 건조밀도의 측정이 곤란할 때가 많으므로 이 방법이 편리하다. 이 방법은 일반적인 강도의 기준치가 없으므로 현장에서 정해야 한다.

### 3.10.2 공법 규정방법

전항의 품질규정 방법 중 어느 한 규정치를 기준으로 성토의 전압시험을 하여 기준에 합격한 방법, 즉 성토부설두께, 전압기종, 전압회수, 전압속도 등을 규정하고, 이 규정을 엄격히 준수하도록 관리하는 방법으로서 특히 자갈, 호박돌 등의 다짐에 적합하다.

### 3.10.3 복합규정방법

## 농업용 필댐 공사

전항의 각 방법의 장점을 살려서 품질규정방법과 공법 규정방법을 효율적으로 이용하는 방법으로서 공법규정에 따라 시공을 하고, 성토품질은 품질규정으로 관리하는 방법이다. 필댐의 축제 품질관리는 이 방법으로 관리하는 것이 가장 바람직하다. 위와 같이 품질관리방법에 대하여 설명하였고, 실제 위의 방법으로 관리하더라도 공사현장에서 현실적인 관리방법은 관찰과 시험에 의하여 관리한다고 말할 수 있다.

### 3.10.4 관찰관리

필댐 시공에 있어 가장 중요하고 일차적인 관리는 관찰관리이다. 제체시공 작업의 출발점인 토취장의 상태, 즉 흙의 균질성, 공학적 성질, 함수비, 이물질 포함여부 등 중요한 사항의 일차적인 관리는 육안관찰에 의하여 이루어진다. 토취장에서의 주요 관찰항목을 ① 흙의 용도별 (중심점토용, 일반성토용, 포토용 등) 공학적 성질의 분별과 적합성 여부, 균질성, ② 흙의 함수상태 (허용함수비 이내 또는 과다), ③ 나무뿌리 등 유기물질 포함여부와 자갈, 호박돌 등의 포함정도 등을 관찰한다. 일차적으로 현 상태에서 사용가능여부를 판단하여 조치(사용가능 할 경우 굴착, 적재, 운반작업 허용조치, 불가능 할 경우 작업중지 등 조치)하고 시료를 채취, 시험하여 관리하게 된다. 축제 현장에서는 운반된 흙의 허용함수비, 펴고르기 두께, 다짐 상태 등을 관찰하고, 이에 따라 일차적으로 관리하고 시료를 채취, 시험하여 후속 관리하게 된다.

### 3.10.5 시험에 의한 관리

(1) 품질관리를 위한 토질시험은 재료시험과 관리시험으로 구분한다. 재료시험은 설계시에 성토 재료 선정을 위하여 실시하고, 시공시에는 자료를 그대로 사용하므로 실시하지 않는 것이 일반적이나 토취장의 변경 또는 동일 토취장에서도 전혀 다른 흙이 나타날 때는 재료시험을 하여 품질을 관리해야 한다. 품질관리시험은 함수비 측정, 다짐시험, 현장밀도 측정, 투수시험을 실시하며, 시험은 시험규정(KSF), 시방서, 시험기준에 따라 종목별 빈도로 실시한다.

#### ① 함수비 측정

가. 흙의 함수비 측정은 KSF 2306 규정에 의하여 온도  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 건조로에서 시료를 건조시켜 습윤토로부터 증발된 수분중량과 그 흙의 건조중량과의 비를 백분율로 표시하는 것으로 건조시간은 일반적으로 16시간이다.

#### ② 다짐시험

가. 표준다짐시험

(가) 다짐시험은 KSF 2312에서 규정한 시험방법으로 용적 1,000 cc 몰드에 시료를 삼층으로 나누어 넣으면서 각층마다 2.5 kg의 래머(rammer)로 25회씩 낙하(낙하높이 30 cm)시켜 다지고, 다져진 시료의 무게와 함수비를 측정하여 건조밀도를 구하는 시험이다.

(나) 시험방법은 시료의 함수비를 건조측에서 습윤측으로 변화시켜 가면서 4~7회 정도의 다짐시험을 실시하여 다짐곡선(함수비-건조밀도 곡선)을 그리고 최적함수비와 최대건조밀도를 구한다. 허용함수비는 최적함수비의  $\pm 5\%$  이내로 하는 것이 일반적이다.

## 나. 급속다짐시험

(가) 표준 다짐시험으로 다짐한 성토층의 최대건조밀도 및 최적함수비의 측정치를 현장 건조밀도 및 현장함수비와 비교하려면 최소한 24시간이 소요된다. 그러나 급속 다짐시험은 시공현장에서 불과 1시간 내외로 현장함수비를 직접 측정하기 전에 현장밀도와 시험실 최대밀도의 비율(%)를 알 수 있으며, 같은 시간대에 현장함수비와 최적함수비의 차를 구할 수 있으므로 성토의 품질관리를 신속히 할 수 있다. 시험방법은 다음과 같다.

## ㉠ 시료의 조제

- 현장 시험공에서 파낸 시료는 No. 4 체로 쳐서 통과분(-No. 4)을 다짐시험에 사용한다. 1회의 현장시험에서 다짐시험을 2 ~ 4회 해야하므로 1회분 시료를 3.5 kg으로 하면 약 14 kg 이상의 시료가 필요하다.
- 시료에 물을 가할 때는 신속하게 시료표면에 고루 뿌리고, 5분 이내에 물기가 완전히 퍼질 때까지 손으로 잘 혼합한다. 또한 시료를 말릴 때는 난로 건조 또는 자연 건조를 시키며 시료를 자주 저어서 고르게 마르게 한다.

## ㉡ 급속다짐(rapid compaction)

- 4번체 통과시료를 현장함수비 상태로 표준다짐방법에 의하여 다진 다음 그 시료에서 습윤밀도를 측정한다.
- 4번체 통과시료 3.5 kg에 물 70 cc (2%)를 가하여 잘 혼합하고 표준다짐 방법으로 다진다. 이때 습윤밀도를 1.02로 나누어 환산 습윤밀도를 구한다. 이때 도표를 이용하면 계산을 하지 않고 환산습윤밀도를 구할 수 있다. 이렇게 하여 얻은 결과로 포물선법에 의한 다짐곡선을 그린다.

## ㉢ 품질관리 시험치

- 현장 건조밀도와 시험실 최대 건조밀도의 비율, 즉 다짐율 D(%)는 다음식으로 구할 수 있다.

$$D = \frac{\text{현장습윤밀도}}{\text{시험실 최대 건조밀도}} \times 100 \quad (3.10-1)$$

- 현장 시험에서 함수비를 알기 전에 D를 구하려면 현장습윤밀도를 다짐곡선의 정점에 해당하는 습윤밀도로 나누면 된다.

$$D = \frac{\text{현장습윤밀도}}{\text{다짐곡선 정점의 습윤밀도}} \times 100 \quad (3.10-2)$$

- 현장 건조밀도와 현장 함수비 상태의 시료로서 표준다짐한 건조밀도의 비율인 C값은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$C = \frac{\text{현장 건조밀도}}{\text{현장 함수비로 표준다짐한 건조밀도}} \times 100 \quad (3.10-3)$$

- 위의 C값은 현장 함수비로 다질 수 있는 최대밀도에 대한 현장밀도의 비율을 말하는 것이며, 함수비를 알기 전에 이 C값을 구하려면 현장 습윤밀도를 함수율 0%의 습윤밀도로 나누면 된다.

$$C = \frac{\text{현장습윤밀도}}{\text{다짐곡선상0\%의습윤밀도}} \times 100 \quad (3.10-4)$$

- 시험실 최적함수비(Wo)와 현장함수비(Wf)의 차 (Wo - Wf)를 함수비 측정전에 구하려면 좌표의 0% 축과 곡선정점을 통과하는 수직축의 수평거리에 수정치를 더하면 된다.
- 이상으로 산출한 D값, C값 및 Wo - Wf 값은 성토의 품질을 관리하는데 충분한 자료가 되며, 현장밀도 측정 및 다짐한 시료의 함수비를 측정하면 다음과 같은 값을 구할 수 있다.

$$\text{현장건조밀도} = \frac{\text{현장습윤밀도}}{a + (W_f/100)} \quad (3.10-5)$$

$$\text{시험실최대건조밀도} = \frac{\text{다짐곡선정점(0점)의습윤밀도}}{1 + (W_f/100)} \quad (3.10-6)$$

$$\text{현장함수비로 다짐한 건조밀도} = \frac{\text{다짐곡선상0\%시의습윤밀도}}{1 + (W_f/100)} \quad (3.10-7)$$

$$\text{최적함수비} = W_f + (1 + \frac{W_f}{100}) \times (W_o - W_f) \quad (3.10-8)$$

### ③ 현장밀도측정

가. 품질을 관리하기 위한 성토의 밀도측정법은 물치환법, 코어커터(core cutter)법, 모래치환법, RI법 등이 있다. 모래치환법은 점성토, 사질토에 적합하며 최대입경 5 cm이하인 흙에 대해서도 측정이 가능하다. 보루메저(volumeasure)에 의한 물치환법은 사질이 많으면 고무 박막이 잘 터지므로 조립질이 적은 점성토에 적합하며 팽창성이 있는 흙에서는 시험공의 용적이 적게 측정되어 밀도가 커지므로 주의해야 한다. 코어커터(core cutter)법은 자갈을 함유하는 흙이나 비점성질토에서는 몰드가 잘 들어가지 않고 시료가 교란되므로 부적당하며, 점성토에 유효하다. 각 측정법에 대하여 설명하면 다음과 같다.

#### (가) 물 치환법(KSF 2347 참조)

이 방법은 “보루메저”를 사용하여 밀도를 측정하며 이 시험기는 몸체와 밀도측정판으로 분리된다. 밀도측정은 다음 순서로 한다.

- ㉠ “보루메저” 몸체를 분해하고 시린더에 물을 가득 넣은 후 조립한다.
- ㉡ 성토표면의 느슨한 흙을 제거하고 평탄하게 고른 후 밀도측정판을 설치하고 그 위에 몸체를 올려 놓는다.
- ㉢ 몸체가 떠오르지 않도록 누르고 몸체에 있는 밸브를 열고서 고무밸브를 눌렀다. 놓는 동작을 반복하여 고무주머니를 흙바닥면에 밀착시켜 시린더의 수위가 최저점에 도달하도록 한 후 시린더에 나타난 눈금(용적)을 읽어 최초 읽은(Rs) 값을 기록한다.
- ㉣ 고무밸브를 빼서 반대로 끼우고 고무밸브를 조작하여 시린더 안의 공기를 빼내서 고무박막이 시린더 안으로 되돌아오게 하고 밸브를 잠근다.

- ㉓ 몸체를 치우고 밀도측정판의 구멍을 통하여 소요의 심도로 시험공을 파고 파낸 흙을 전부 모아 흙의 무게( $W_s$ )와 함수비를 측정한다.
- ㉔ 밀도측정판 위에 몸체를 올려놓고 고무밸브를 반대로 끼우고 밸브를 연다.
- ㉕ 몸체가 떠오르지 않게 잡고 고무밸브를 조작하여 고무박막이 시험공 안으로 들어가 밀착되어 수위가 최저점에 도달되도록 하고 이때의 눈금을 읽어 최종 읽음( $Re$ )을 기록한다.
- ㉖ 고무밸브를 빼서 반대로 끼우고 고무밸브를 조작하여 고무박막이 시린더 안으로 들어가게 한 후 밸브를 잠그고 다음 측정장소로 옮겨 이와 같은 작업을 반복하여 밀도를 측정한다.
- ㉗ 밀도계산은 다음과 같이 한다.

$$V = Re - R_s, \gamma_t = \frac{W_s}{V}, \gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)} \quad (3.10-9)$$

여기서  $V$  : 시험공의 용적( $cm^3$ ),  $Re$  : 보루메저 수위의 최초 읽음( $cm^3$ )  
 $R_s$  : 보루메저 수위의 최종 읽음( $cm^3$ ),  $\gamma_t$  : 성토의 습윤 단위중량( $g/cm^3$ )  
 $W_s$  : 시험공에서 파낸 흙의 무게( $g$ ),  $\gamma_d$  : 성토의 건조단위중량( $g/cm^3$ ),  
 $\omega$  : 성토의 함수비(%)

#### (나) 코어커터법

이 방법은 코어커터를 사용하여 밀도를 측정하며, 측정순서는 다음과 같다.

- ㉘ 성토표면의 느슨한 흙을 제거하고 평탄하게 고른 후 코어커터를 올려놓고 코어커터 주변을 파내려 가면서 코어커터를 천천히 압입한다. 이 때 충격하중을 주면 안되며 불가피 할 때는 햄머나 각목으로 가볍게 타입한다.
- ㉙ 코어커터의 카라까지 성토 중에 압입하고 코어커터의 외측과 밑을 파서 코어커터를 들어 올린다. 이때 코어가 교란되지 않도록 조심해야 한다.
- ㉚ 코어커터에서 카라와 선단 날을 빼고 시료의 상.하면을 곧은 날로 원통 중심부에서 가장자리를 향하여 깎아서 평평하게 정형한다.
- ㉛ 정형한 시료가 들어 있는 원통의 무게( $W_{s+c}$ )를 측정하고 아울러 시료의 함수비도 측정한다.

#### (다) 모래치환법(KSF 2311 참조)

이 방법은 모래밀도측정기를 이용하여 성토의 단위중량을 측정하는 방법으로서 측정순서는 다음과 같다.

- ㉜ 병과 연결부의 부피검정
- 모래밀도 측정기를 조립하여 측정기의 무게를 단다.
  - 측정기를 세우고 밸브를 연다.
  - 밸브의 구멍이 넘칠 때까지 측정기의 깔대기 위로 물을 넣는다. 이때 연결부에 공기가 남지 않도록 해야한다.
  - 밸브를 닫고 깔때기에 고인 물을 버린 후 마른 걸레로 측정기의 외측 및 깔때기의

내면을 잘 닦고 말린다.

- 물로 채운 측정기의 무게(W2)를 달고 측정기내 물 온도를 측정한다.
- 위의 조작을 3회 이상 되풀이하여 다음과 같이 병과 연결부의 부피(V1)를 구한다.

$$V_1 = \frac{W_2 - W_1}{Y_{wt}} (\text{cm}^3) \quad (3.10-10)$$

여기서 V1 : 밀도측정기 중 연결부와 밸브구멍의 부피를 포함한 병 부피(cm<sup>3</sup>)  
 W2 : 병과 연결부분에 물이 찼을 때 무게(g), W1 : 측정기 전체 무게(g)  
 Ywt : t°C 일 때의 물의 단위중량(g/cm<sup>3</sup>)

㉔ 시험용 모래의 단위중량 검정

- 내부를 잘 말린 측정기를 수평한 면 위에 세우고 밸브를 잠근다.
- 시험용 모래를 깔때기의 상단까지 넣은 후 밸브를 열고 모래를 병과 연결부에 찰 때까지 넣는다. 이 때 깔때기 안의 모래는 하부로 내려가기 때문에 모래면이 깔때기 높이의 1/2 이상이 항상 유지되도록 모래를 보충한다.
- 모래의 움직임이 멈추고 병과 연결부가 모래로 찬 것이 확인되면 밸브를 잠그고 남은 모래를 제거한 후 모래로 찬 측정기의 무게(W4)를 단다.
- 모래를 채운 측정기의 무게(W4)에서 측정기 자체무게(W1)을 빼서 측정기 속의 모래무게(W5)를 구하고 다음과 같이 모래의 단위중량을 계산한다.

$$Y_{ts} = \frac{W_4 - W_5}{V_1} (\text{g/cm}^3) \quad (3.10-11)$$

여기서 Yts : 시험용 모래의 단위중량(g/cm<sup>3</sup>),  
 W4 : 병과 연결부분에 모래를 채웠을 때의 무게(g),  
 W1 : 측정기의 무게(g)  
 V1 : 밀도측정기의 연결부와 밸브구멍의 부피를 포함한 병 부피(cm<sup>3</sup>)

㉕ 깔때기를 채우는데 필요한 모래의 무게 검정

- 깔때기를 채우기에 충분한 양의 모래를 병에 넣은 후 밸브를 잠그고 무게(W6)를 단다. ㉔의 측정으로 검정할 경우는 나) 측정의 W4를 그대로 사용한다.
- 편편한 나무판을 수평으로 놓고 그 위에 깔때기가 나무판과 밀접하게 되도록 측정기를 세운다.
- 밸브를 열고 병안의 모래가 깔때기 안으로 내려가게 한다. 이 때 모래의 이동이 멈추면 밸브를 잠근다.
- 깔때기에 이동한 모래를 제거하고 측정기와 남은 모래의 무게(W7)를 달고 (W4-W7)로 깔때기를 채우는데 필요한 모래무게(W8)를 구한다.(표 4.3.2 참조)

㉖ 현장밀도측정

- 시험 할 장소의 지표면을 수평으로 고른다.
- 편편히 고른 지표면에 밀판을 밀착시킨다.
- 밀판구멍안의 흙을 오거, 끌, 숟가락으로 파서 전부 용기에 담는다.

- 시험공에서 파낸 흙과 용기의 무게( $W_{sc}$ )를 달고 흙을 잘 혼합한 후 시료일부는 취하여(함수량 시험용 시료) 함수량( $W$ )을 측정한다.
- 모래로 찬 측정기의 무게( $W_4$ )를 단다.
- 밀판 구멍에 측정기를 세워서 깔때기를 맞춘 후 밸브를 열고 병속의 모래가 구멍 안에 차서 모래의 이동이 중지되면 밸브를 잠근다.
- 측정기와 남은 모래의 무게( $W_9$ )를 달고  $W_4 - W_9$ 로부터 시험공 및 깔때기에 들어간 모래의 무게( $W_{10}$ )을 구한다.
- $W_{10}$ 에서 깔때기를 채우는데 필요한 모래무게( $W_8$ )를 빼서 시험공을 채우는데 필요한 모래의 무게( $W_{11}$ )를 구한다.
- 시험공의 부피를 다음과 같이 구한다.

$$V = \frac{W_{10} - W_8}{\gamma_s} = \frac{W_{11}}{\gamma_s} \quad (3.10-12)$$

여기서  $V$  : 시험공의 부피( $\text{cm}^3$ ),

$W_8$  : 깔때기를 채우는데 필요한 모래무게( $\text{g}$ )

$W_{10}$  : 시험공 및 깔때기속 모래무게( $\text{g}$ ),

$W_{11}$  : 시험공을 채우는데 필요한 모래무게( $\text{g}$ )

#### (라) RI법

㉞ 이 방법은 방사성동위원소를 이용하여 성토의 함수비와 밀도를 측정하는 방법이다. 현재 사용되고 있는 것이 중성자 수분계와  $\gamma$ 선 밀도계이며 현장에서 직접 측정하여 결과를 구할 수 있으므로 성토의 시공에 지장을 주지 않는다. 또한 조작이 간편하고 숙련을 필요로 하지 않으며, 개인 오차가 없다. 그러나 이 것은 과학기술처의 방사능 동위원소 취급 면허가 있어야 사용할 수 있으며, 운반 및 보관 시에는 특별한 주의가 요망된다. 미국에서 이 방법으로 측정한 결과와 재래법에 의한 결과를 비교한 바 함수비는 2%, 건조밀도는  $0.08 \text{ g/cm}^3$ 의 오차를 나타내었으나 측정속도가 빠른 것을 고려하면 실용성은 충분히 있으며, 여기서는 측정원리를 생략하기로 한다.

#### ④ 현장투수시험

가. 현장 투수시험법은 여러 가지가 있으나, 불투수성 재료일 때는 모래 밀도측정 시험공을 이용하여 다음과 같이 간단히 측정할 수 있다.

(가) 시험공을 지름 10 ~ 40 cm 정도의 수직공(깊이 > 20 cm)으로 정형한다.

(나) 수직공 안에 깨끗한 쇠석 또는 자갈을 수직공 깊이의 1/2 ~ 2/3 정도 채우고 그 위에 파이프 2개(지름 약 5 cm)를 세운 다음 나머지 부분에 깨끗한 자갈을 채운다.

(다) 수조에 연결된 파이프를 통하여 일정한 수위를 유지시키면서 물을 주입하고 침투량이 일정하게 될 때 수위측정관과 유량계를 이용하여 수직공 안의 수위와 주수량 및 주수시간을 측정한다. 수위측정관을 통하여 수위를 측정할 때는 부자(浮子)를 띄워서 하며 이것이 곤란할 때는 나무 판자에 못을 박아서 못끝이 항상 수면과 닿도록 일정한 수위를 유지시켜서 수직공 안의 수심( $H$ )를 계산한다.

(라) 측정한 수위로 수직공 안의 수심( $H$ )를 구하고 주수량을 주수시간으로 나누어 단

## 농업용 필댐 공사

위시간당 주수량(Q)을 계산하여 다음식으로 현장투수계수를 구한다.

$$k = \frac{Q}{2\pi H^3} \left( H \log_e \left\{ \frac{H}{Y} + \sqrt{1 + \left( \frac{H}{Y} \right)^2} \right\} - \sqrt{Y^2 + H^2} + Y \right) \quad (3.10-13)$$

여기서 Q : 단위시간당 주수량(cm<sup>3</sup>/s), Y : 수직공의 반경(cm)  
H : 수직공 안의 수심(cm)

나. 현장투수시험을 할 때에는 직선광선이나 바람에 의한 증발을 막기 위하여 수위 측정관을 제외하고는 얇은 비닐로 덮는 것이 좋다.

### ⑤ 시험결과의 판정과 활용

가. 품질관리시험으로 구한 각 측정결과를 시방서에 규정된 규격치와 비교하여 부족하면 재시공을 하도록 조치한다. 공사감독원은 이러한 조치 이외에도 다짐부족 현상이 생기게 된 원인의 제거에 중점을 두어 관리해야 한다.

나. 재발방지를 위하여 결과를 검토할 때는 구해진 측정치가 어느 범위의 상태를 나타내는 것인가를 파악하고 이와 같은 결과를 가져오게 한 과정으로 추적해 가야한다. 즉 성토 함수비가 과다하면 취토장의 관리로서 굴착계획을 세울 때 취토장의 용수처리, 빗물 배수처리 등을 해야하며 성토의 함수비가 허용함수비 이내이면 전압회수를 증가시키도록 시공회사의 토공기술자에게 지시하여 작업과정을 시정해야 한다.

## 3.11 공정관리

- (1) 공정관리는 댐시공의 종합적 관리개념에서 공종별 공사내용을 분석 하고 시공순서, 시공시기, 시공량, 시공기간이 포함된 공종별 공정계획을 수립하고 각종 공종별 계획을 시공순서, 시공계통에 맞추어 유기적으로 종합조립하여 종합공정계획을 수립하며, 이에 의거 시행함으로써 소정의 품질을 확보한 댐을 소정의 공사기간내에 완성하도록 관리해야 한다.
- (2) 댐 시공의 공정은 여러 공종과 종류의 공사가 복합되고 연결된 복합공정이며, 일부공사의 지연으로 전체 공사에 큰 영향을 줄 수 있으므로 공사기간중의 기상, 하천, 유량의 증감 등 공사에 영향이 미치는 자연현상을 파악 예측하고 각종시설, 장비, 자재, 인력, 시공방법 등 모든 요소를 밀접하게 유기적으로 운영 관리해야 되며, 품질 또한 시공과정에서 결정되며 공사원가에도 큰 영향을 미치게 되므로 종합관리 개념에서 관리해야 한다.
- (3) 공정관리는 단위작업을 유효 적절히 조합하여 각 단위 공정을 구성하고 그러한 공정계획에 따라 자재, 노무, 건설장비 및 예산을 합리적으로 운영하여 소정 품질의 댐을 소정기한 내에 완성하도록 효율적으로 관리하는 것을 말하며, 공정계획의 수립과 공정계획의 관리로 구분할 수 있다.

### 3.11.1 공정계획의 수립

- (1) 공정계획은 댐 건설의 모든 공사를 소정의 공사기간 내에 완성시키기 위하여 각 단위공사의 시공순서 및 시공속도를 규정하는 것이고, 이것을 도표화한 것이 공정도(표)이다.
- (2) 공정도(표)는 공종별 공정도인 기본공정도와 각종 공정도 전체를 종합한 종합공정도로 크게

- 구분되며, 종합공정도는 기본공정도를 기본으로 하고, 기준으로 하여 작성한다.
- (3) 시공계획을 수립함에 있어서는 먼저 개별공종의 공사내용을 분석하고 다음 단위작업을 순서적으로 정리하여 공사 계통도를 만들어 공종별 단위공정 상호간의 관련성을 표시하여 공종의 흐름을 명확히 한 공정도(표)를 작성한다. 여기에 사용자재, 인력, 건설장비를 넣어서 표준작업량의 검토를 한다. 그리고 휴일, 우천, 준비, 기타 장애일수를 고려하여 공정을 계획한다.
  - (4) 공정표의 작성양식은 횡선식, 그래프식 등이 있으나 어느 경우든지 계획과 실적을 비교할 수 있게 해야 한다. 막대 그림표는 계획과 실적을 기입할 수 있도록 이단으로 만들고 계획은 흑선, 실적은 적선으로 표시하도록 하는 것이 일반적이다. 종합공정에서는 각각의 단위 공종의 공정을 집계한 전체적인 진도를 표시해야 하므로 각 공종의 공사량을 금액으로 환산하여 표시하는 기성고 표시법이 일반적이거나 때에 따라서는 %로 표시하기도 한다.

### 3.11.2 공정계획의 관리

#### (1) 시공량 관리

- ① 계획된 표준작업량을 일정에 맞추어 시공하도록 하는 관리로서 여기에는 PERT (Program Evaluation and Review Technique)식과 CPM(Critical Path Method) 등의 네트워크(network) 법이 유효하게 사용될 수 있다.
- ② 작업량 관리의 주요관리 사항은 가. 기후변동 등 공사장애 일수에 의한 작업량 변동과 만회 대책, 나. 기계, 장비의 고장, 수리에 따른 작업능률 저하, 다. 자재, 인력 등의 적기 조달, 라. 기타 작업방해(민원 등), 작업능률 저하 등이다.

#### (2) 진도관리

- ① 공사 진척사항을 파악하기 위한 기성고 측정시기를 일률적으로 규정하기는 어려우나 최소한 매월 1회 이상 측정해야 하며, 그 결과를 기본공정 및 종합공정계획과 대비 점검하여 계획 대 실적의 차이 유무를 파악해야 하며, 계획공정에 미달할 경우 이를 조기 발견하여 원인을 분석 대처해야 한다.
- ② 계획과 실적의 차가 크고 원인이 불가피 하였을 경우에는 작업시간의 연장, 장비, 인력의 증대 등 공정계획을 재 작성하여 추진해야 한다.

## 3.12 원가관리

- (1) 원가관리는 최소의 공사비 투입으로 소정의 공사기간 내에 소정의 품질을 확보한 담 공사를 완료하기 위하여 최소단위의 노임, 자재비 등에서부터 기타 제 경비에 이르기까지 모든 비용을 유효 적절하게 운영하는 재무관리이며, 공정관리, 품질관리와도 밀접하게 연관되어 있으므로 상호 유기적으로 관리해야 한다.
- (2) 공사원가는 사전원가와 실적원가로 구분되며 사전원가는 실행예산으로서 설계원가, 도급공사의 경우 입찰시의 견적원가(낙찰가)를 말하고, 실적원가는 공사중에 실제로 투입된 비용을 말하며, 일정기간 또는 기성고별로 실적원가가 사전원가를 초과하지 않도록 관리통제하는 것을 원가관리라고 할 수 있으며, 각 공종별, 작업별 최소단위의 공사에 소요되는 직종별 노임, 자재비, 시설, 장비사용료 등 경비에서부터 제세공과금, 기타 비용에 이르기까지 모든 비용을

## 농업용 필댐 공사

적정 관리해야 하며 공중 관리, 품질관리와도 연계하여 관리해야 한다.

- (3) 공사 원가관리는 사전원가(설계원가 또는 입찰시의 견적원가)와 실제공사에 투입된 실적원가로 구분되며, 원가관리는 실적원가를 사전원가와 비교하면서 실적원가가 사전원가를 초과하지 않도록 관리하는 것을 말하며, 공정관리에서 비용면을 따진 것으로 생각할 수 있다.
- (4) 공사비 내역의 분류는 사전원가와 실적원가가 같아야 하며, 각 단위 공종별로 재료비, 노무비, 건설기계비, 기타 경비 등으로 직접 비용을 산출하고, 일반관리비 및 제세공과금 등 간접비용을 산출하며, 이를 합친 금액을 각 단위 공종의 공사원가로 계산하고 이를 집계하여 총 공사원가를 산출한다.
- (5) 공사원가관리는 공정관리시의 기성고 측정시기와 같이 하는 것이 일반적이며 이는 공사의 진척도를 금액으로 환산하여 표시하는 공정관리의 표시방법과도 관련이 있으나 기성고 측정 자체가 원가관리의 한 방법이기 때문이다.
- (6) 그러므로 원가관리는 품질관리, 공정관리와 밀접히 연계하여 유기적으로 관리해야 한다. 이는 가장 적은 비용을 투입하는 원가관리의 특성과 가장 좋은 품질을 만들려는 품질관리 목적의 특이성을 적절히 조화해야 하기 때문이다.

### 3.13 안전관리

- (1) 댐 공사기간중 공사현장에서의 안전시공은 물론 여타 안전사고 방지를 위하여 관계법규, 지방에서 규정한 사항 등을 이행하고, 기타 안전을 위하여 필요한 조치, 계획, 훈련, 점검 및 제반안전 시설을 설치하는 등의 안전관리를 해야 한다.
- (2) 댐 공사에는 위험물(화약, 유류, 가스, 전기 등)을 사용하게 되고, 공사를 위하여 임시로 설치한 시설물들이 있으며, 여러 종류의 중장비를 고르지 않은 지형에서 가동하게 되므로 많은 위험요소를 내포하고 있으므로 안전관리에 특별히 주의해야 한다. 그러므로 제반 법규를 충실히 이행하고 필요한 조치와 시설을 해야 되며, 안전관리 계획을 수립하여 훈련, 점검을 시행해야 한다. 불의의 사고 발생 시에 대한 대책도 마련되어야 하고 호우, 홍수, 태풍, 지진 등 자연재해에 대한 대비도 있어야 한다.

#### 3.13.1 일반사항

- (1) 댐 공사현장 책임자는 관련법규, 지방서, 기준 등에 따라 관련기관에 신고(인,허가 포함)하고 안전관리 조직의 편성과 안전관리 계획을 수립하여 필요한 조치, 점검, 훈련 등을 실시해야 한다.
- (2) 공사현장 출입구 등 필요한 곳에 안전표지판을 설치하여 경고, 주의를 환기시키고 안전을 위하여 일반인의 출입을 제한해야 할 경우에는 그 구역을 정하여 “출입금지” 표지판, 철책, 철조망 등 필요한 시설을 해야 한다.
- (3) 공사현장에서는 공사근로자 및 관련 출입자에게 안전모 등 필요한 안전보호용구를 착용하도록 해야 하며, 준비없이 출입하게 되는 자를 위하여 일정량의 안전모 등 안전보호구를 준비해 놓아야 한다.
- (4) 공사 시공중 안전사고가 발생하였거나 발생할 우려가 있을 때는 즉시 적절한 응급조치를 취

하고 상황을 상급기관 및 관련기관에 보고 또는 통보해야 한다.

- (5) 화약, 유류, 가스, 전기 등 위험물의 보관, 관리, 사용은 관계 법령이 정하는 바에 따르며, 사용 시에는 사전에 관계 감독자의 지시를 받아야 한다.
- (6) 기타 안전에 필요한 시설과 조치 등을 취해야 한다.

### 3.13.2 안전시설

- (1) 공사현장의 필요한 곳에 각종 안내표지판 및 위험표지판을 설치한다.
- (2) 화약, 유류, 가스 등 위험물은 관계법령에 따라 보관시설을 하여 보관하고 출입 또는 접근방지 시설을 해야 한다.
- (3) 기타 추락 등 위험지역의 출입제한 및 접근방지를 위한 난간, 철책 등 필요한 시설을 한다.
- (4) 낙하물 방지망을 필요한 곳에 설치한다.
- (5) 기타 안전을 위하여 필요한 시설을 설치한다.

## 3.14 환경관리

- (1) 댐 공사를 위하여 일하는 사람들의 보건위생관리와 댐 공사기간 중 공사로 인한 환경에의 영향을 최소화하고 인근 부락주민의 환경피해를 방지하기 위하여 관련 법규를 준수하고 필요한 조치와 시설을 해야 하며, 훼손된 환경을 복원하는 등 성실하게 환경관리를 해야 한다.
- (2) 댐 공사기간중 공사현장과 인근지역 주민과 근로자의 보건위생을 위한 조치와 시설의 설치 및 유지관리를 해야 하며, 공사로 인한 환경에의 영향(생태환경, 대기, 수질, 소음진동, 폐기물 처리)을 최소화하기 위하여 관련법규를 준수하며 필요한 시설을 설치하고 조치하는 등 성실하게 환경관리를 해야 한다.

### 3.14.1 생태환경관리

댐 건설을 위한 수림제거를 최소화하고, 하천수 배제를 위한 가배수 터널 등 임시배수시설을 통하여 가급적 어류 등의 이동이 가능하도록 조치한다. 또한 상하류의 늪지 등을 가능한 한 보존 또는 피해를 최소화하여 하천 및 인근에 서식하고 있는 어류, 곤충류, 양서류 등의 보호 및 영향 저감에 노력한다.

### 3.14.2 대기관리

댐 건설은 화약의 발파, 지표의 굴착 이동 및 각종 중장비의 가동으로 대기환경에 영향을 주게 되므로 대기환경보전법 제28조와 같은 법 시행규칙 제62조2항 및 별표 16에 따라 시, 도지사 및 지방환경관리청장에게 “비산먼지사업장 신고”를 해야 하며, 비산먼지의 발생을 억제하기 위한 시설을 하거나 필요한 조치를 취해야 한다. 비산먼지 억제시설로는 분진덮개, 분진망, 방진벽, 집진 시설, 세륜시설 등이 있으며 살수차 운행 등의 조치를 취해야 한다.

### 3.14.3 수질관리

강우시 굴착지, 성토지로부터의 토사유출, 배처 플랜트(batcher plant)에서의 폐수, 굴착, 매립으로 인한 오탉 부유물질의 발생, 생활오수 등 공사로 인한 수질오염 방지 및 영향 최소화를 위하여 임시배수로, 물막이공, 침사지, 응집침전 분리 처리시설, 오탉 방지막, 간이여과지 등 필요한 시설을 한다.

#### **3.14.4 소음, 진동관리**

사업장 및 인근의 소음 진동 피해를 줄이기 위하여 발파 등의 사전통보, 중장비의 야간가동 억제 등 필요한 관리를 실시한다.

#### **3.14.5 폐기물 관리**

중장비 등의 폐유, 사용재료의 잔재, 기타 생활 폐기물 등을 관계 법령에 따라 처리함으로써 토양 오염, 수질오염 등을 방지한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	관개배수	김선주	한국농공학회	교수
	농업환경	박종화	한국농공학회	교수
	토질공학	유 찬	한국농공학회	교수
	구조재료	박찬기	한국농공학회	교수
	수자원정보	권형중	한국농공학회	책임연구원

자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용담	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상옥	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설티브
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희익	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	이주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

표준시방서  
KCS 67 10 10 : 2018

## 농업용 필댐 공사

---

2018년 04월 24일 발행

농림축산식품부

관련단체 한국농어촌공사

58217 전라남도 나주시 그린로 20(빛가람동 358) 한국농어촌공사

☎ 061-338-5114 E-mail : webmaster@ekr.or.kr

<http://www.ekr.or.kr>

(작성기관) 한국농공학회

06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 365-4) 과학기술회관 본관 205호

☎ 02-562-3627 E-mail : j6348h@hanmail.net

<http://www.ksae.re.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>

※ 이 책의 내용을 무단전재하거나 복제할 경우 저작권법의 규제를 받게 됩니다.