KDS 67 10 25 : 2018

농업용 콘크리트댐 설계

2018년 04월 24일 제정
http://www.kcsc.re.kr

농림축산식품부

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 기준은 KDS 67 10 25 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년. 월)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 필댐편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 필댐편 제정	제정 (1968. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 댐편	• 콘크리트댐에 관한 사항을 종합하여 댐편으로 개정	개정 (1982. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 콘크리트댐편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 댐편으로부터 분리하여 콘크리트댐편 제정	제정 (1989. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 필댐편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 필댐편 개정	개정 (2002. 12)
KDS 67 10 25 : 2018	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비 • 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의· 의결	제정 (2018. 04)

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호 정의 ····· 1
1.6 댐의 형식에 의한 분류 ····· 1
1.7 댐 위치 및 형식의 선정 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 설계홍수량 ····· 1
2.2 설계홍수위 ····· 3
2.3 저수용량 ····· 3
2.4 퇴사량 추정 ····· 5
2.5 제체의 비월류부 높이 및 여유고 ····· 6
3. 재료 ····· 7
3.1 콘크리트의 배합설계 ····· 7
3.2 콘크리트의 강도 및 설계 기준 ····· 7
3.3 콘크리트의 단위 중량 ····· 7
3.4 물-시멘트비와 단위 시멘트량 ····· 8
3.5 콘크리트의 반죽질기와 단위수량 ····· 8
3.6 AE콘크리트의 공기량 ····· 8
3.7 잔골재율 ····· 8
3.8 콘크리트의 물리계수 ····· 8
4. 설계 ····· 8
4.1 제체 및 기초지반의 설계 ····· 8
4.2 댐에 작용하는 하중 ····· 17
4.3 제체의 세부설계 ····· 18
4.4 온도규정 ····· 25

농업용 콘크리트댐 설계

1. 일반사항

1.1 목적

- 내용 없음

1.2 적용 범위

- 내용 없음

1.3 참고 기준

(1) 농지개량사업계획 설계기준, 1989 : 콘크리트댐편
(2) 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2002 : 필댐편
(3) 댐 설계기준, 2011

1.4 용어의 정의

- 내용 없음

1.5 기호 정의

- 내용 없음

1.6 댐의 형식에 의한 분류

(1) KDS 67 10 05 농업용댐 설계 일반사항을 참조한다.

1.7 댐 위치와 형식의 선정

(1) KDS 67 10 05 농업용댐 설계 일반사항을 참조한다.

2. 조사 및 계획

2.1 설계홍수량

(1) 댐 설계홍수량은 댐의 안전을 위하여 기상 및 수문조사 등에 의하여 적절히 결정한다. 콘크리트댐의 설계홍수량은 확률적으로 200년에 1회 발생하는 것으로 추정된 확률홍수

량, 관측 혹은 홍수흔적 등으로 추정된 기왕 최대홍수량 및 수문, 기상여건이 비슷한 인접지역에 있는 수문, 기상자료로서 추정한 최대홍수량 중에서 큰 값을 설계홍수량으로 한다.

(2) 댐 설계홍수량은 댐 설계상 고려되어야 할 최대홍수량으로서 기술적으로 판단되는 최대규모의 홍수를 원칙으로 한다. 다만, 그 값을 정하는 확정적인 방법이 없으므로 다음 값 중에서 최대값을 채택한다.

2.1.1 200년 확률홍수량

(1) 확률적으로 200년에 1회 발생하는 것으로 기대되는 홍수량의 추정방법으로 장기간의 홍수량자료의 빈도분석에 의하여 직접 추정하는 방법과 장기간의 강우자료로부터 그 유역의 유출특성을 고려하여 간접적으로 추정하는 방법이 있다.

(2) 확률홍수량 추정에서 전자의 방법이 최선의 방법이나 우리나라 현실에서는 거의 고려할 수 없고, 실용상 후자의 방법인 강우자료로부터 간접적으로 추정하는 방법을 채용하는 수가 많다.

(3) 또한 강우관측기간이 짧은 경우 200년 확률홍수량의 추정에 문제가 있을 경우에는 100년 확률홍수량에 1.2배를 하여 200년 확률홍수량으로 할 수도 있다.

2.1.2 기왕최대홍수량

(1) 댐 지점에서 관측된 최대홍수량과 과거의 홍수누적으로부터 추정된 기왕최대홍수량 중에서 큰 값을 댐 지점의 기왕최대홍수량으로 한다.

2.1.3 지역최대홍수량

(1) 호우는 반드시 동일지점에 집중한다고 할 수 없으며 대개 기상조건이 유사한 어느 곳에서도 발생한다. 이는 계획중의 댐 지점에서 과거에 큰 홍수를 경험하지 않았던 곳도 기상조건이 유사한 지역 내에 발생한 최대급의 호우가 장래 발생할 가능성이 있다는 것을 의미한다. 이에 따른 최대급의 유출을 계획 시에 고려하는 것이 지역최대홍수량이며 이는 다음과 같이 추정한다.

① 기상조건 및 홍수유출특성이 비슷한 동일지역 내에서 신뢰할 수 있는 기왕의 최대홍수 비유량 곡선이 얻어지는 경우에는 당해 댐의 유역면적에 대한 홍수 비유량을 구하여 이것에 지역면적을 곱하여 홍수첨두유량을 추정한다.

② 당해 댐 유역과 기상조건이 유사한 동일유역 내 (대략 50km 권내)의 우량 관측 점에서 기왕 최대급의 호우가 당해 댐 유역에서 발생하는 경우의 댐 지점에서 예상되는 홍수첨두유량을 계산에 의하여 추정한다.

③ 상기에서 추정된 홍수첨두유량 중에서 큰 것을 지역최대홍수량으로 한다.

2.2 설계홍수위

(1) 댐 설계홍수위는 댐 설계홍수량이 물넘이로 유하할 때 댐 비월류부의 직상류부에서의 최고수위이다. 이 설계홍수위는 댐의 안정계산, 댐 비월류부의 높이결정 및 물넘이의 방류능력을 결정하기 위하여 사용된다.

(2) 일반적으로 댐에 유입하는 홍수는 저수지에 유입하여 저수위를 높이고, 물넘이를 따라 유하하는 것으로 월류량첨두값은 유입량보다 다소 작은 것이 보통이므로 저류효과를 발생시킨다.

(3) 그러나 게이트식 물넘이가 있는 댐에서 게이트의 조작이 지연되면 저류효과가 현저하게 감소될 수 있으므로 홍수조절을 목적으로 하지 않는 댐에서는 물넘이에 게이트가 없는 것이 좋다. 또한, 유역면적에 비하여 저수면적이 현저히 큰 댐만이 저류효과를 고려하여 설계홍수위를 정하도록 하고 그 밖의 댐에서는 저류효과를 고려하지 않는 것이 좋다.

(4) 설계홍수위는 “KDS 54 10 15 : 2016” 댐설계 계획을 참조한다.

2.3 저수용량

(1) 저수지는 그 저수목적에 따라 필요한 이수용량과 홍수조절용량 즉, 치수용량을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

(2) 저수용량은 “KDS 54 10 15 : 2016” 댐설계 계획을 참조한다.

① 저수용량

가. 총 저수용량

(가) 저수지의 총 저수용량은 유효저수량에 퇴사량을 포함한 사수용량을 더한 양이다.

(나) 이 유효저수량은 농업용수, 생활용수, 공업용수, 발전용수 및 하천의 유지용수 등과 같은 이수용량과 홍수 조절용과 같은 치수용량 등을 합한 저수용량을 말한다. 퇴사량은 저수지 내에 유입토사가 퇴적될 것으로 예측되는 양이다.

(다) 특히 농업용 댐은 농업용수보급과 농업관계피해방지를 위한 홍수조절이 그 대상이 된다.

나. 유효저수량

(가) 이수용량

㉮ 농업용수량

• 이수용량 중 농업용수의 보급을 위한 필요저수량은 일반적으로 10년에 1회 정도의 갈수를 기준으로 하여 취수지점의 누계부족량의 최대용량을 구하고, 여기에 수로 손실량, 저수면의 증발량 및 지체침투 손실량 등을 추가하여 구한다.

㉯ 생・공업용수량

• 농어촌의 이주계획, 공업단지 및 관광단지계획 등을 참작하여 댐 계획시 장래의 필요량을 산정하여 용수량을 확보하는 것도 고려한다.

(나) 사수용량

㉮ 취소시설에 토사나 공기 등의 혼입을 방지하기 위하여 퇴사면상에 사수용량을 취한다. 구조상 퇴사면상에서 취수가 불가능하여 최저이용가능수위가 퇴사면상에 계획될 때 그 사이의 이용할 수 없는 수량을 말한다. 또한 사수용량은 저수지의 유효저수량을 얻는데 수문, 방수관, 발전기의 제작조건으로 수압이 낮고 수위변동폭이 적을수록 경제적이므로, 이와 같은 저수지의 형상문제로부터 사수용량을 설정하는 수도 있다.

(다) 당시만수위

㉮ 당시만수위는 비경수시 댐에 의하여 저류 될 수 있는 유수의 댐 지점에서의 최고 수위이다. 당시만수위는 댐 구조안전을 검토할 때의 기준이 되는 수위의 하나로서 이수댐에서는 그 계획에서 확보할 수 있는 최대저수량을 저류할 때의 수위이며 홍수조절을 목적으로 하는 댐에서는 비 홍수시 저류하는 최고수위 이다.

㉯ 이수를 목적으로 하는 댐에서는 그 사용목적에 따라 각종 용량과 사수용량의 조합으로 결정되는 저수지용량에 대응되는 수위이다.

㉰ 홍수조절을 목적으로 하는 댐의 홍수조절용량은 댐의 저수용량이기는 하나 댐에 일시적으로 저류하는 용량이므로 당시만수위에 대한 용량과는 관계가 없다. 홍수 시에 당시만수위보다 낮은 수위를 유지하는 수도 있으나 수위를 홍수조절 댐에서는 홍수위 제한수위라고 한다.

㉱ “댐에 의하여 저류될 수 있는”이라고 함은 댐의 저수지 운영계획, 홍수유출해석, 구조설계 등을 고려하여 계획적으로 결정된다는 취지이다.

(라) 서차지 수위

㉮ 서차지 (surcharge)수위는 홍수시에 호수 조절량에 의해 일시적으로 승하는 비월류부의 수위로서 댐 구조의 안전을 검토할 경우에 기준이 되는 수위의 하나이다.

② 홍수조절용량

가. 치수용량이라고도 하는 홍수조절용량은 홍수기에 홍수조절을 목적으로 일정수위(홍수기 제한수위)로서 유지할 때 이 수위에서 설계홍수위 까지의 용량이다. 이 홍수기 제한수위 이하의 양을 홍수조절에도 이용하며 이수와 홍수조절에 모두 이용이 가능한 양으로 홍수기 이수용량이라고도 한다.

나. 또한 홍수조절에 필요한 저수지의 용량확보를 위해서는 조절 전에 홍수 파형을 예상해야 하며 이는 홍수유출해석에 의하여 구한다. 홍수유출해석방법은 표면유출모델, 저류함수법, 탱크모델, 호우강도별 단위도를 전제로 한 단위도법 등이 있으며 적용은 가장 타당한 것을 채용한다.

③ 용량 배분

가. 저수지의 용량배분은 유효용량과 퇴사용량을 포함하고 있는 사수용량으로 구분된다. 이수목적과 홍수조절목적을 동시에 가지고 있는 댐에서는 일반적으로 제한수위

설정방식에 의하는 것이 많다. 게이트를 가진 댐에서 예비방류의 방식이 저수지를 고도로 이용할 수 있게 하므로 효율이 좋은 방식이나 관리상의 검토를 할 필요가 있다.

2.4 퇴사량 추정

(1) 퇴사량은 댐의 저수용량결정, 댐의 안전도검토 및 홍수시 저수지 상류부의 배사검토 등을 고려하여 정하여야 하며 설계 퇴사량은 원칙적으로 100년간의 퇴사량을 추정하여 정한다. 다만 효과가 확실한 퇴사방지시설 등이 있는 경우에는 그 효과를 고려하여도 된다.

(2) 퇴사량 추정은 “KDS 54 10 15 : 2016” 댐설계 계획을 참조한다.

2.4.1 퇴사량에 미치는 여러 가지 요소

2.4.1.1 유역면적

(1) 퇴사의 공급원인 유역의 크기는 퇴사량에 관계가 있다.

2.4.1.2 유역의 토질적 조건

(1) 암석의 종류, 풍화의 정도, 토질구조, 유역의 붕괴상황 등은 퇴사량에 큰 영향이 있다.

2.4.1.3 유역의 지형적 조건

(1) 고도, 기복의 정도, 기울기 등과 같은 지형조건은 유역의 붕괴에 큰 영향이 있다.

2.4.1.4 유역의 식생

(1) 유역내의 산림, 초지, 농경지 등과 같이 토지의 이용상태와 식생의 종류, 피복도 등은 토양침식에 영향이 있다.

2.4.1.5 기상적 조건

(1) 강우량, 강우강도, 강우지속시기, 강우의 분포, 강우빈도 등과 같은 강우특성은 유역의 산지붕괴, 토양침식에 직접적으로 관계되며 하천의 홍수량과 퇴사량에 직접요인이 된다.

2.4.1.6 하천의 수리적 특성

(1) 하안의 침식과 토사의 운송은 하천의 유량, 유속, 수심, 소유력, 수면과 하상의 기울기, 토사의 성질에 따라 좌우되며 저수지퇴사에 대한 지배적인 요인이 된다.

2.4.2 퇴사량의 추정방법

(1) 저수지의 퇴사용량을 정확하게 예상한다는 것은 곤란하므로 기존 댐의 유사량 실측자

료로써 추정하는 것이 바람직하다.

(2) 댐 퇴사의 근원이 되는 하천의 유사량은 기상조건, 지형, 지질, 홍수의 규모, 퇴사의 입도, 댐 상류부의 사방계획 등에 따라 결정된다.

(3) 이 퇴사량의 결정에 대해서는 우리나라에서 부분적인 연구와 기존 댐(소양강댐, 안동댐, 대청댐, 섬진강댐 등)에서 조사를 하였으나 설계기준으로 정리할 종합적인 자료가 없으므로 외국에서 사용 하고 있는 댐 퇴사량 추정방법을 적용, 퇴사량을 비교 분석하여 결정할 수 있다.

2.4.3 퇴사형상

(1) 저수지의 유효저수량 및 제체의 안정성검토를 위하여 고려하는 이압하중의 퇴사량 형상은 원칙적으로 설계 퇴사량을 대상으로 하며, 이것이 저수지의 최심부에 수평으로 퇴사 되는 것으로 설계한다. 그러나 실제의 퇴사는 경사지게 쌓이므로 계획설계에 있어서는 가능한 퇴사분포형상을 예측하여 취수구와 방류설비의 입구 등에 대한 설치위치의 결정, 배수의 검토에 있어서도 적절한 퇴사형상으로 추정하여 설계하는 것이 바람직하다. 또한 건설 후는 당시 퇴사량에 의한 용량감소를 실측하여 합리적인 저수지조작을 할 필요가 있다.

2.5 제체의 비월류부 높이와 여유고

(1) 제체의 비월류부 높이는 당시만수위, 서차지수위 및 설계홍수위에 안정상 필요한 여유고를 더한 높이중 가장 높은 높이로 한다. 콘크리트댐의 댐 마루 높이는 비월류부의 최상면 높이로 한다.

(2) 제체의 비월류부 높이와 여유고 “KDS 54 50 00” 댐설계 계획을 참조한다.

2.5.1 댐 높이

(1) 댐 높이는 기초지반에서 댐 마루 까지의 연직거리 이다. 이 댐 높이는 기준고와 여유고로 나누며, 기준고는 기초지반에서 계획최고수위 까지이고 여유고는 계획최고수위에서 댐 마루까지의 연직거리 이다.

2.5.2 댐 마루 높이

(1) 콘크리트댐의 댐 마루 높이는 물결막이 (parapet), 난간 등을 포함하지 않는 비월류부의 최고면 높이를 말하며, 비월류부 높이는 댐 마루 높이와 같다.

2.5.3 제체의 비월류부 높이

(1) 댐 제체의 비월류부 높이는 댐 마루 높이와 동일하다. 제체의 비월류부 높이 결정은 댐 마루 결정 즉, 최종적인 댐 높이 결정에 주요한 요소가 된다. 제체의 비월류부 높이는 물넘이 게이트의 유무에 따라 당시만수위, 서차지(surcharge)수위, 설계홍수위에 대한

높이를 구하고 안전상 게이트의 조작사고에 의한 수위상승은 홍수량의 크기와 사고의 지속시간에 비례하고, 담수면적에 반비례한다. 일반적으로 물넘이 게이트가 있는 경우의 조작사고에 의한 수위상승고는 게이트가 없는 댐보다 0.5m를 더한다.

(2) 비월류부 높이 산정의 기준이 되는 저수지 수위는 당시만수위, 서차지수위 및 설계홍수위의 저수면에서 파랑의 높이를 가산한다.

(3) 이 파랑은 지진과 바람에 의한 것이 있으며 지진에 의한 것은 당시만수위에 대하여 전파고, 서차지 수위에 대해 1/2 파랑고를 더하는 것으로 하고, 설계홍수위에 대해서는 고려하지 않는 것으로 한다.

(4) 이는 설계홍수위와 지진이 동시에 발생하지 않는다고 가정하기 때문이다.

2.5.4 여유고

(1) 계획최고수면상의 여유고는 예측하지 않는 대홍수, 수문조작상 불의의 사고, 바람 또는 지진에 의한 파랑 등에 예비하여 여유를 피하는 높이로서 비월류부 높이에서 설계최고수위를 뺀 값으로 한다.

3. 재료

(1) 콘크리트 잔골재, 굵은골재 및 그밖의 골재를 시멘트와 물에 의해 굳어진 구성체이며 내구성, 수밀성 및 소요의 강도를 가진 것이라야 한다.

(2) 콘크리트재료에 대한 상세한 내용은 “KCS 14 20 00 구조재료공사”를 참조한다.

(3) 콘크리트 재료는 “KDS 54 50 00” 콘크리트 중력댐 및 “KDS 54 70 00 : 2016” 콘크리트 아치댐 설계기준을 참고한다.

3.1 콘크리트의 배합설계

(1) 댐 콘크리트의 배합은 소요강도, 단위중량, 내구성, 수밀성을 가지고 경화시의 온도상승 및 건조수축이 적고 또한 작업에 적당한 워커빌리티와 수화열을 적게하는 범위내에서 단위수량이 적은 것을 시험으로 정한다.

3.2 콘크리트의 강도 및 설계기준

(1) 콘크리트의 배합강도는 재령 91일의 압축강도 및 인장강도를 기준으로 한다. 다만 필요에 따라서 재령 28일에 있어서의 강도를 기준으로 해도 좋다.

3.3 콘크리트의 단위중량

(1) 콘크리트의 단위중량은 실제로 사용하는 재료 및 배합으로부터 정해야 하며, 일반적으로 $2.3t/m^3$ 이상을 표준으로 한다.

3.4 물-시멘트비와 단위시멘트량

(1) 물-시멘트비는 콘크리트의 서계기준강도와 내구성을 고려하여 결정하여야 하며 단위시멘트량은 소요강도, 내구성, 수밀성 등을 가지는 콘크리트가 되도록 시험에 의해 정해야 한다.

3.5 콘크리트의 반죽질기와 단위수량

(1) 콘크리트의 반죽질기는 작업이 가능한 범위 내에서 될 수 있는 대로 된 비빔을 해야 한다. 단위수량은 작업이 가능한 범위 내에서 될 수 있는 대로 적게 되도록 시험에 의해서 정해야 한다.

3.6 AE콘크리트의 공기량

(1) 댐 콘크리트에는 AE콘크리트를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

3.7 잔골재율

(1) 잔골재율은 소요의 워커빌리티가 얻어지는 범위내에서 단위수량이 최소가 되도록 시험에 의하여 정한다.

3.8 콘크리트의 물리계수

(1) 댐 콘콘리트의 물리계수는 실제로 사용할 재료 및 배합의 콘크리트로 시험을 해서 결정하는 것을 원칙으로 한다.

4. 설계

4.1 제체 및 기초지반의 설계

(1) 제체와 기초지반의 설계는 충분한 안정성을 확보하도록 설계한다.

(2) 제체 및 기초지반의 설계는 “KDS 54 50 00” 콘크리트 중력댐 및 “KDS 54 70 00 : 2016” 콘크리트 아치댐 설계기준을 참조한다.

4.1.1 제체 및 기초지반의 설계 조건

(1) 제체와 기초지반의 설계조건은 적절한 예상하중과 위험상태를 고려하여 결정한다.

4.1.2 기초지반의 안정성 검토

(1) 기초암반은 원칙적으로 현장시험을 실시하고 그 결과 및 암반의 상태를 고려하여 안전성을 판정한다.

(2) 기초암반의 안전성검토는 기초에 어떤 처리가 필요하다면 기초처리후의 자료를 근거로 검토를 하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

① 각 재료에 대한 전단력, 불연속부분의 전단마찰저항력, 그리고 이질재료사이 접촉면의 전단강도 (기초면과 콘크리트면 사이의 접촉면)

② 각 재료의 투수성

③ 기초의 단성계수 또는 변형계수

4.1.2.1 기초암반의 설계식

(1) 전단강도

① 전단강도는 현장시험(원위치전단시험 등)을 실시하여 종합적으로 판단해서 정한다. 단, 암반이 양호하고 실내시험 및 기타 적절한 방법으로 추정한 전단강도가 분명하게 소요의 안전율을 갖는 것으로 인정되는 경우에는 댐 규모를 고려하여 생략할 수도 있다.

(2) 탄성계수 또는 변형계수

① 기초암반의 탄성계수 또는 변형계수는 기초암반의 변형을 고려하여 해석하는 경우에 필요하나 이 계수는 암의 종류, 성질 외에 풍화, 균열, 심(Seam), 건조 등의 정도에 따라 다르므로 암반이 양호하고 실내시험 및 기타 적절한 방법으로 그 값을 추정할 수 있는 경우를 제외하고는 원칙적으로 현지시험을 실시하고 그 결과와 지질상태를 종합하여 정한다.

(3) 기초지반의 변형

① 중력댐에서 기초의 정확한 변형계수를 알기 위해서는 다음의 사항들을 파악하여야 한다.

가. 수직이나 수평방향으로 기초면을 따라서 물리적인 성질이 다른 곳의 상대변형의 크기 결정

나. 댐 근접지역이나 댐 아래부분기초의 변형계수가 국부적으로 작은 값을 나타낼 때, 이로 인하여 기초나 댐에 일어나는 압력집중에 대한 결정.

다. 세세한 안정해석에 이용되는 압력분석의 결정

라. 변형계수는 탄성 변형율과 비탄성 변형율의 합인 총 변형율과 압력과의 비율이다. 따라서 탄성계수는 압력과 탄성변형율과의 비이다.

마. 기초조사를 통하여 보링 시험표본의 탄성계수, 현장잭킹(Jacking)시험에 의한 탄성계수 또는 변형계수, 단층이나 재료의 변형계수, 보링공 충전시의 접합에 대한 자료 등을 구하여야 한다.

(4) 기초의 강도

① 암반기초의 압축강도는 댐의 두께 결정에 있어 주요한 요소가 된다.

② 암반의 질이 균등하지 않은 곳에서는 많은 시험을 실시하여 하중이 전달되는 부분

의 암반종류에 따른 압축강도를 구하여야 한다. 기초내의 전단저항력과 댐 기초면 사이의 전단저항력은 기초내부재료와 콘크리트와 암반접촉부의 유착력과 내부마찰각으로 계산된다.

③ 이러한 요소들은 시험실에서의 시험과 현지시험으로 결정되며, 전단저항력은 다음의 쿠롬(Coulomb)식으로 결정된다.

$$R = CA + N\,T\,\tan\phi$$

여기서, R : 전단저항력(t)

C : 단위면적당의 점착력(t/m^2)

A : 단면적(m^2)

N : 수직력 (t)

ϕ : 내부마찰각(도)

(5) 이 식에서 전단저항력과 수직하중은 직선관계를 갖고 있다. 대부분의 암반에서는 이러한 직선관계가 성립하나 곡선관계를 갖는 암반도 많이 있다. 암반내의 절리부의 전단강도와 수직하중은 직선관계를 나타내지 않는다. 이런 경우에는 실험관계 OA 곡선과 DE 곡선에서 밀접 된 값을 나타내는 구간 N_1 과 N_2 사이의 수직하중에 대해서만 DE 곡선을 이용한다. 또, 직선 BC 를 이용할 경우에는 실제 값과의 편차가 너무 크므로 적절하지 못하다.

① 전단마찰안전율

가. 중력댐의 제체와 기초암반과의 접속면의 전단마찰안전율은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$n = \frac{\tau_0 l + fv}{H}$$

여기서, n : 전단마찰안전율 (4 이상)

τ_0 : 암반의 전단강도 (t/m^2)

l : 전단저항을 고려한 길이 (m)

f : 암반의 내부마찰 (전단저항) 계수 $(\tan\phi')$

v : 단위폭 당 전단면에 작용하는 수직력 (장압력 및 지진의 경우를 포함) (t/m)

H : 단위폭 당의 전단력 (지진의 경우를 포함) (t/m)

공동중력댐에서는 전단저항을 고려한 단면적으로, 또 v 및 H 를 그 단면적에 대응하는 수직력 및 전단력으로 각각 바꾸어 적용한다.

나. 암반내부의 단층, 관리 등의 약점이라고 생각되어지는 면의 전단마찰안전율에 대해서는 제체로부터 전달되는 힘, 암반의 자중, 간극압 및 지진력을 고려한다.

② 국부 전단마찰안전율

가. 제체와 기초암반의 접촉면 또는 기초암반내의 강도 또는 변형성이 크게 다른 부분이 존재하는 경우에는 압력에 비하여 암반의 강도가 충분하지 않은 많은 영역이 생기는 수가 있으므로 전단파괴에 대한 안전율을 다음 식에 의하여 계산하고 전단면의 위치, 방향, 암반의 성상 등을 고려하여 검토하여야 하며 안전율이 2 이하가 되는 경우에는 진중한 검토가 필요하다.

$$n' = \frac{\tau\ ' + f'(\sigma - u)}{\tau}$$

여기서, n' : 국부전단마찰안전율 (2이상)

$\tau_0{}'$: 국부전단강도 (t/m^2)

f' : 국부의 내부마찰계수

u : 국부의 전단면에 작용하는 간극압 (t/m^2)

σ : 국부의 전단면에 작용하는 수직압력 (지진의 경우를 포함)

τ : 국부의 전단면에 작용하는 전단압력 (지진의 경우를 포함) (t/m^2)

4.1.2.2 기초의 투수성

(1) 중력댐의 기초설계에서는 기초부의 정확한 정수압분포가 필요하며, 댐하류면단 부근의 파이핑현상에 대해서도 고려하여야 한다.

(2) 지질의 특성에 따른 투수성은 현장시험에 의해 가장 정확하게 결정된다.

(3) 설계에 이용되는 압력분포는 지질학적특성과 기초재료의 특성 및 투수성에 대한 영향을 포함하여야 한다. 이러한 결정은 2차원이나 3차원, 모형실험, 유한요소해석 (FEM)과 전기전인 해석방법에 의해 결정될 수도 있다.

4.1.3 기초처리

(1) 댐의 기초는 댐 지점의 지형, 지질, 암반의 역학적 특성 및 기초의 수밀도가 안정조건에 적합한지를 검토하고, 필요에 따라서 기초암반을 적절히 개량해야 한다.

4.1.3.1 제체와 기초지반의 접촉면

(1) 댐의 기초지반은 제체로 부터 전달되는 모든 하중에 대하여 안전하고, 저수지로부터의 침투수에 대하여 수밀성이 있어야 한다. 「기초지반의 안전성 검토」에 규정된 지지력, 전단강도에 대하여 안전한 기초지반까지 굴착해야 한다. 기초굴착 암반 내에 있는 풍화된 암, 부석 등의 제거, 관리, 균열 등이 많은 부분은 암반의 균일화를 위하여 충분한 처리를 해야 한다.

(2) 또 제체의 전단저항에 대한 안정계산 및 양압력은 제체가 기초암반에 충분히 접착되어 있을때의 값을 취한다. 그러므로 제체와 암반과의 접촉면이 안전하고 설계가정조건을 만족하는 상태로 하여야 한다.

(3) 접착면에 현저한 요철이 있는 경우에는 2차원적인 압력집중과 균열발생의 원인이 되므로 기초굴착후의 전체적인 형상 및 이음매의 형상등에 주의해야 한다. 더욱이 하류로 향한 급한 기울기는 설계에 사용한 안정설계의 가정조건에 대하여 위험하게 되므로 일반적으로 하류로 향한 급한 기울기가 약 1/5정도 이상 되지 않도록 할 것이며 필요에 따라서 암반을 포함한 안전성을 검토한다.

(4) 기초암반이 퇴적암과 같은 경우에는 댐 상류면단에서 하류면으로 역경사를 두어 활동에 대한 저항력을 증가시키는 것이 바람직하다.

4.1.3.2 기초암반의 개량방법

4.1.3.2.1 그라우팅

(1) 암반기초에 그라우팅(Grouting)을 하는 주목적은 댐 밑 부분의 침투를 억제하고, 기초의 강도등을 개량하기 위함이다. 그루아트공의 간격과 깊이, 방향 및 그라우팅방법 등은 댐의 높이와 기초면의 지질특성에 따라 결정된다.

4.1.3.2.2 그라우팅 계획

(1) 조사

① 그라우팅계획에 있어 조사검토해야 할 사항은 시공범위, 주입재료, 그라우트공의 매치, 주입압력, 시공방법 등이 있다. 이에 대한 자료를 얻기 위해서는 지질조사, 루전(Lugeon) 시험, 그라우팅시험을 하여야 한다.

(2) 지질조사

① 댐지점의 지하수분포, 지질구조 즉, 지층의 종류, 구조, 분포상황 또한 각 지층마다 풍화상태, 균열의 폭, 간격, 지향성, 연속성, 그리고 지층경계면의 성상 등을 충분히 파악하여야 한다.

(3) 루전시험

① 루전시험은 기초지반의 침투성을 조사하는 것과 그때의 주입압력 P와 주입량 Q와의 관계로부터 암반의 역학적 성질을 파악하는 것이 그 목적이다. 이 루전시험은 보링공의 $5m$ 정도 밑에 패커(Packer)를 설치하고, 거기에 물을 주입하여 주입압력과 송수량으로부터 투수도를 구하는 것이다. 보링공 $1\ m$ 당 $10kg/cm^2$ 의 주입압력으로 $1l/\min$ 의 물이 주입될 때 이 암반의 투수도를 1루전이라 한다.

② 풍화가 발달한 암반에서는 커다란 주입압력을 채용하기 곤란한 경우가 있고, 또 주입압력을 $10kg/cm^2$ 1로 채용하지 않는 경우에는 일반적으로 주입압력비례로 환산하여 루전치를 구한다.

$$Lu = \frac{10\,Q}{P\,l}$$

여기서, Lu : 루전치

Q : 주입량 $(l / \min)$

P : 주입압력 $\left(kg / cm^2\right)$

l : 시험구간의 길이 (m)

일반적으로 루전시험을 실시하는 구간은 보통 커튼그라우팅(Curtain grouting) 예정 구역의 하상부와 좌・우안에서 댐최대수심의 1/2정도 깊이까지 하는것이 필요하며 지질상 문제가 있는 경우에는 댐의 최대수심과 같은 정도의 깊이까지 실시한다.

(4) 그라우팅시험

① 댐기초의 그라우팅은 암반내의 커다란 틈새에 그라우트를 채워넣어 침투류의 억제를 꾀하는 것이다. 그리고 동일 루전치라도 틈이 커다랗게 존재할 경우에는 그라우트가 다량으로 흡수된다. 그러나 틈은 많지 않으나 전체적으로 균열이 발달되어 있는 경우에는 그라우트가 많이 들지 않는다. 이런 상태를 파악하는데는 현장에서 그라우팅시험을 하는 것이 가장 좋다.

② 이 그라우팅시험은 그라우트공의 간격, 방법의 선정, 주입압력, 자료의 배합등과 같은 시공기준을 결정하는 것이다. 처음 시험해야 할 사항은 한계압과 패커를 조사하는 것이며, 루전시험과 마찬가지로 P-Q 곡선장에 전환점이 발생하는데 이는 주로 암반의 부상에 의한 것이다. 따라서, 이 암반의 부상에 대한 계측을 정확히 함으로써 올바른 루전치와 암반의 불량파악에 이용되는 한계압력을 구할 수 있다.

③ 패커주변의 누수가 문제되는 경우에는 공을 확장하여 시멘트로 충전 후 보링하여 그곳에 패커를 설치하여 시험한다.

④ 한계압력과 패커의 선택이 끝나면 가장 중요한 그라우트공의 간격결정을 위한 시험을 한다. 직선으로 실시하는 중앙내압입법도 있으나 가장 대표적인 공의 위치는 간격을 1/2씩 줄여서 배치하는 것이다.

⑤ 그라우팅공비는 수공비의 비율이 크기 때문에 가능한 한 넓게 하는 것이 바람직하나 지층의 종류, 상태에 따라 그라우트의 도달범위가 다양하게 변화되므로 이것을 실제로 확인하기 위해서는 공의 간격이 큰 것에서 점차적으로 축소하여 그 효과를 판정하도록 한다. 이 때의 주입압력은 암반의 토피가 얇은 부분에서는 $2-5kg/cm^2$ 정도의 작은 압력으로도 국부적인 파괴나 부상을 일으킬 수가 있으므로 안전한 주입압력을 조사하여 결정하여야 한다. 이 시험결과는 그림 4.3.6과 같이 그라우트공의 간격에 따른 루전치와 시멘트 주입량의 변화를 설계자료로 한다.

(5) 그라우트공의 배치

① 커튼그라우팅의 위치는 댐의 상류면이나 갤러리 (Gallery)에서 설치되고, 그 면의 경사는 대부분 연직이지만 암반에 현저한 방향성이 있는 경우에는 경사지게 하는 경우도 있다. 배치는 간격이 좁을수록 효과적이지만 공사비와의 관계를 고려하여 상기시험 등을 통해 유효반경을 결정하는 것이 일반적이다. 보통 종횡의 거리는 유효반경 2배 이하로 하여 각 그라우트공으로부터 주입된 그라우트가 반드시 중복

되도록 배치한다. 댐 축방향으로 1열 또는 여러 열로 (2열 이상인 경우에는 서로 엇갈리게 배치) 주입간격은 1~3m정도로 하며, 그라우트공의 밀도가 작아진 장소에는 보충하여 설치한다. 그라우팅에 의해 암반을 3 ~ 5 루전으로 개량이 가능하면 1열로도 충분하며, 5루전 이하로 개량할 수 없는 경우에는 여러 열로 그라우팅한다.

(6) 압밀그라우팅

① 압밀그라우팅(Consolidation grouting)은 암반의 변형성을 개량하고 기초암반의 강도, 긴밀성의 개량과 기초굴착 때문에 발생하는 암반의 이완을 보강하고 개량하기 위하여 실시하는 것이다. 이로 인해 댐과 기초암반 접착부사이의 변형이 적어지고, 상수작용의 효과도 기대할 수 있다.

② 압밀그라우팅은 댐의 형식, 규모등에 따라 시공범위가 달라진다. 즉, 지질구조, 암반의 역학적성상, 압력분포 등을 고려하여 정한다. 또 압밀그라우팅은 기초암반에 틈이 많은 곳, 심 (seam)이 많은 곳에 집중적으로 하는 것이 바람직하다.

③ 압밀그라우팅에 의한 기초암반의 전단강도의 개량은 원칙적으로 기대하지 않는 것으로 하고, 개량된 전단강도를 고려하는 경우에는 현지시험결과를 바탕으로 해야 한다.

④ 압밀그라우트공의 배치, 깊이 및 방향 등은 암반의 상태, 기초에 작용하는 압력의 크기 및 댐의 형식에 따라 정하여야 한다. 제1차 압밀그라우트공의 배치는 격자형태로 배열되는 수가 많으며 간격은 1.5~3.0m 정도이다. 그라우트공의 깊이는 보통 댐의 규모에 따라 결정되며 일반적으로 5.0~10.0m 정도이다. 그라우트공의 방향은 갈라진 틈에 대하여 45~90 °의 각도로 보링하는 것이 바람직하나 균열의 간격, 성질 및 시공조건에 따라 판단되어야 한다.

(7) 커튼그라우팅(Curtain Grouting)

① 저수지로부터 암반내의 간극을 통하여 하류로 유출되는 침투수를 가능한 방지할 목적으로 실시한다. 간극내의 유연은 동일한 동수경사에 대하여 간극치수의 제곱에 비례하므로 그라우팅에 의하여 간극이 없도록 할 필요가 있다. 그러나 커튼그라우팅의 방수효과는 암질에 따라 그라우팅기술상의 한도가 있으며 시공범위도 방수효과로부터 판단해야 하는 한도가 있다. 이 한도는 각 댐의 부지에 따라 다르므로 실 예와 시험 그라우팅의 결과에 따라 판단해야 한다.

② 시공범위, 시공방법에 대하여는 원칙적으로 댐 높이 이상의 심도와 투수도단면도(Lugeon map)를 기준으로 정한다.

③ 그라우트공의 간격을 결정하는데 루전시험만을 실시하여 결정하기에는 곤란한 점도 있다. 따라서 이 시험과 같이 암질, 균열의 간격 등이 비슷한 다름 댐의 그라우팅자료를 참고로 추정하는 것이 필요하다. 보통 커튼그라우팅의 간격은 주로 0.5~1.0m 정도로 1열이나 2열로 시공된다. 커튼그라우팅의 깊이에 대한 경험식은 다음과 같다.

$$d = \frac{H_1}{3} + C\,.$$

여기서, d : 공의 깊이 (m) H_1 : 댐의 최대수심 (m) C : 정수 (8~23)

$$d = \alpha \cdot H_2$$

여기서, d : 공의 깊이 (m) H_2 : 댐의 최대수심 (m) α : 정수 (0.5~1.0)

④ 미국 개척국에서는 공의 깊이에 대하여 α의 값을 기초가 양호한 경우에는 수심의 30~40%, 불량한 경우에는 70%까지 취하고 있다.

⑤ 또 갤러리에서 그라우팅하는 경우에 갤러리가 상류면에 가까우면 연식으로, 떨어져 있는 경우에는 상류측으로 15'정도 기울게 설치한다.

(8) 기초배수공

① 암반내의 지하수위가 상승하면 간극수압의 상승에 의하여 암반의 전단저항각 및 부차력이 감소한다. 그 결과 암반의 안정에 나쁜 영향을 미치므로 암반내의 지하수위를 가능한 한 저하시켜야 한다. 따라서 그라우팅만으로 상기의 목적을 달성하는 것은 곤란하므로 적당한 간격으로 경수공을 설치할 필요가 있다. 경수공의 설계는 다음 사항에 주의해야 한다.

② 그라우트 커튼으로부터 침투되어 나오는 누수를 배제하고 제체의 작용하는 장압력을 경감시키기 위하여 일반적으로 제체기초갤러리에서 기초암반 깊이까지 달하는 경수공을 설치한다. 이들 누수는 갤러리의 배수로 또는 경수정(pit)에 모아서 제외로 배출한다.

③ 경수공의 간격은 3~15m, 직경 55~65m, 암반의 예정깊이는 10~15m로 커튼그라우팅 직하류부에 설치한다. 갤러리에서 주, 보조 그라우팅을 실시할 경우에는 경수공을 갤러리의 하류측에 설치함이 바람직하다.

④ 경수공의 시공은 기초그라우팅 및 커튼그라우팅 완료 후 착공하는 것이 일반적이다. 또 착공할 때 갤러리의 보조철근의 절단을 피하기 위하여 갤러리부분의 콘크리트를 타설 할 때에 암반까지 동관을 세워 둘 필요가 있다.

⑤ 공동중력댐에서는 단면이 얇고, 대본체내가 비어있기 때문에 양압력의 영향이 작다고 생각되나 다이아몬드 헤드내에 중력댐의 경우와 마찬가지로 경수공을 설치하는 경우도 있다.

⑥ 갤러리의 경수로에 모인 누수는 자연유하로서 제외로 배출하는 것이 가장 좋다. 그러나 하류수위가 높은 경우에는 펌프로 배출하며, 펌프는 설계홍수위 이상에 설치하는 것이 바람직하다.

⑦ 아치댐의 어버트먼트와 같이 그 안전이 극히 중요한 경우에 하는 경우가 있다. 이들은 내부수압을 저하시킴으로서 기초의 전단에 대한 안정을 향상시킬 수 있기 때문이다.

⑧ 기초경수공에는 제압력을 판정할 수 있도록 압력계를 설치하는 구조로 한다. 또 이음경수, 기초경수로부터 누수량을 측정하기 위하여 갤러리의 경수로에 삼각위어

등의 측정장치를 설치할 필요가 있다.

4.1.3.2.3 특수공법에 의한 개량

(1) 댐 기초지반의 안전성에 대하여 필요한 경우에는 보강을 하여 안정조건을 만족시켜야 한다. 이들 보강공법은 단독으로 사용될 수도 있으나 2가지 이상을 조합하여 사용할 수도 있다.

① 보강철근

가. 기초자체의 안전이나 투수성, 압력집중의 정도등이 그다지 큰 문제가 되지 않는 경우에 제체측에 배근하는 것으로 기초로서의 처리를 실시하는 것이다.

② 콘크리트 플러그(Plug)

가.「어버트먼트 보조구조물 」 참조.

③ 상수벽

가. 상・하류에 연속된 단층으로서, 침투수에 의해 단층자료가 씻겨 나오는 문제가 있는 경우에 단층의 일부분을 적절한 심도까지 굴착하여 콘크리트로 치환하고 침투로의 길이를 증가시킴으로서 단층자료가 씻겨내려 가는 것을 막는 방법

④ 콘크리트치환

가. 단층(연약부) 재료의 변형에 의한 압력집중이 문제가 되는 경우에 단층을 어느 정도의 깊이까지 굴착하고, 콘크리트로 치환하여 단층부분의 변위를 막고, 또 단층의 양측에 하중을 전달하는 방법

⑤ 전달벽 (strut)

가. 단층이나 연약대에 의하여 기초심부로의 유효한 하중전달이 되지 않을 경우에 제체로부터의 하중을 지중에 축조된 콘크리트기둥 또는 벽을 통하여 하중을 견고한 기초암반에 전달하는 방법

⑥ 차수벽

가. 기초의 표면 가까운 부분에 투수의 문제가 되는 부분이 있는 경우, 지중에 콘크리트벽을 만들어 차수하는 방법

⑦ 다우얼링(Doweling)

가. 단층이 기초의 안정에 약점이 되는 경우, 그 일부를 콘크리트로 치환하여 단층상의 활동에 대한 저항을 증대 시키는 방법

⑧ 암반프레스트레싱(Prestressing) 공법

가. 기초암반은 하중에 의해 탄성체에 가깝게 거동하나 계곡쪽으로 많은 변위가 발생하는데, 이와 같은 변위를 방지하고 기초를 보강하는 방법으로서, 기초 암반내를 강재로 보완시켜 기초내의 약한 부분을 프리스트레싱으로 보강하여 활동에 대한 저항력을 증대 시키는 공법이다. 이용되는 강대로는 강봉, 강선, 와이어 로우프(wire rope)등이 있으며, 이 강재의 배치와 프리스트레싱의 규모는 지반의 지질조건, 압력분포, 변형성상 등을 파악하여 결정한다.

4.2 댐에 작용하는 하중

4.2.1 제체의 자중

(1) 중력댐의 안전성을 검토하기 위하여 하중조합에서 고려해야 할 하중은 제체의 자중, 정수압 등이 있다.

(2) 댐에 작용하는 하중은 “KDS 54 50 00” 콘크리트 중력댐의 규정을 참고한다.

4.2.2 정수압

(1) 댐에 작용하는 정수압계산을 위한 설계수위를 결정하는 것은 일반적으로 당시만수위에 파도높이를 더한 수위를 기준으로 해도 좋으나 홍수위가 당시 만수위에 비하여 현저히 높을 때는 이것에 대하여도 검토해야 한다. 댐에 작용하는 정수압은 댐 상류면에 수직으로 작용하고 수압은 수심에 정비례한다.

4.2.3 퇴사압

(1) 댐의 안전계산에는 퇴사의 영향을 고려하여야 한다. 퇴사의 깊이는 일반적으로 하상, 저수지면적의 광협, 수심에 따라 현저하게 다르다.

(2) 퇴사의 깊이는 일반적으로 하상, 저수지면적의 광협, 수심에 따라 현저하게 다르다. 설계에 사용되는 퇴사의 깊이는 대략 100년간의 퇴사량을 기준으로 하여 저수지내에 수평으로 퇴적한 것으로 계산한다.

4.2.4 지진시 관성력

(1) 댐에 작용하는 지진력은 최대예상지진에 대해서 검토하여야 한다.

(2) 콘크리트댐과 같이 탄성변형이 적은 강체에 가까운 구조물에 대한 지진력은 동력학적으로 취급하기가 복잡하므로 간단히 강체로 생각해서 관성력을 도입하여 정역학적으로 취급한다.

4.2.5 지진시 동수압

(1) 지진시 제체에 작용되는 외력은 지진력 외에 동수압을 고려하여야 한다.

(2) 지진시 저수에 의한 동수압계산의 수위는 당시만수위 및 서차지 수위로 하고, 제체와 저수와의 접촉면에 대하여 수직으로 작용하는 것으로 한다.

4.2.6 제압력

(1) 제압력은 제체콘크리트와 기초지반의 접촉면, 제체내의 이음매, 기초지반의 간극 및 균열 등에서 발생하는 내부수압으로서, 제체 및 기초지반에서 제압력을 구하고자 하는 단면에 대하여 수직방향‘으로 작용하는 것으로 한다.

4.2.7 수압

(1) 한랭지에서 대안거리가 짧고, 큰 수압이 예상되는 경우에 제체와 게이트에 수압을 고려하여야 한다.

(2) 저수지의 표면이 결수하는 경우, 얼음의 온도가 상승하면 수압이 발생하지만 얼음의 하면에 저수와 접하고 있는 부근에서는 생기지 않는다. 수압은 상승기온차, 얼음두께, 저수지 양안의 구속정도, 결수면에 대한 직사일광의 정도에 따라 변한다.

4.2.8 파압

(1) 댐의 안전을 위하여 풍속 및 대안거리와 파고의 관계를 고려한 파압에 대하여도 검토되어야 한다.

(2) 수위상승을 정수압계산에 고려하는 방법은 파랑에 의하여 상승한 수위만큼을 정수압계산에 추가하여 계산한다.

4.3 제체의 세부설계

4.3.1 댐의 불록분할

(1) 콘크리트댐에서는 균열의 방지와 시공 및 구조상의 이유로 댐 축에 직각인 횡단이음과 이에 평행한 종단이음에 의한 블록을 분할하여 콘크리트를 타설하여야 한다.

(2) 콘크리트댐의 횡단이음 또는 종단이음의 위치 및 간격의 결정에는 댐의 높이, 댐의 형식, 콘크리트의 품질, 리프트(lift)의 높이, 온도규정의 정도 등, 균열의 발생방지에 직접 관계되는 사항과 콘크리트의 타설능력, 물넘이나 기타 부속구조물 등의 구조에 관련되는 사항 등을 종합적으로 고려해야 한다.

4.3.2 수평(시공) 이음

(1) 시공상 설치하는 수평수축이음의 간격은 1.5m이상, 2.0m이하를 표준으로 하고, 암반 및 기성콘크리트에 접하는 부분은 표준두께의 1/2(0.75~1.0m)정도로 한다.

(2) 수평이음내의 리프트의 높이는 균열발생의 방지를 위하여 블록의 크기, 콘크리트의 품질 및 온도규정의 정도에 따라 다르며, 주로 콘크리트의 타설능력, 타설속도, 거푸집의 공비 등 댐시공의 경제성에 크게 영향을 미치므로 종합적인 검토를 하여 타설높이를 정해야 한다. 일반적으로 1.5m 이상 2.0m 이하를 표준으로 하고, 암반 및 기성콘크리트에 접하는 부분은 표준두께의 1/2인 0.75~1.0m 정도로 한다.

(3) 구속이 큰 암반접착부 또는 오랫동안 타설이 중지된 콘크리트에 이어치기를 할 경우에는 온도경사에 의한 균열이 발생하지 않도록 0.75~1.0m정도로 여러 개의 리프트(4~6 리프트)로 이어치기 하는 것이 좋다. 또 타설리프트의 높이가 0.75~1.0m인 경우에는 타설간격을 3일, 0.75~2.0m인 경우에는 5일정도 지나서 새로운 콘크리트를 이어치기 하는 것이 표준이다. 그리고 인공냉각에 의해 온도조절을 하거나 콘크리트의 노출상태가 온

도규정에 유리한 경우에는 리프트의 높이를 균열이 발생하지 않는 범위에서 표준높이 이상으로 할 수 있다.

4.3.3 횡단이음

(1) 횡단이음은 댐 축에 직각인 방향으로 발생하는 균열을 방지하기 위하여 댐 축에 직각방향으로 설치한다.

(2) 중력댐에서 횡단이음 (Transverse Joints) 의 간격은 「블록분할」에 의하여 결정하여야 하나 일반적으로 10～15m정도로 하는 수가 많다. 이 경우 댐의 양안부에서는 균열이 암반사면에 직각으로 발생하는 수가 많으므로 이 부분에서는 간격을 좁히는 것이 바람직하다. 또한 콘크리트의 품질이나 온도규정을 세밀하게 관리하고, 콘크리트의 타설능력 등의 조건이 구비된 경우에는 횡단이음의 간격을 25m 정도까지 할 수 있다.

(3) 이 이음에는 제체가 되도록이면 일체로 작용되고 안전성을 높이기 위해 치형이음을 설치하는 것이 보통이다. 이 경위 댐의 단면이 2차원적인 작용만에 의하여 설계되어 있는 경우에는 횡단이음에 반드시 치형 이음이 필요치는 않으나, 실제로는 안전성을 높이기 위해 설치하는 일이 많다. 또한 3차원적인 응력작용에 대해 설계하는 경우에는 비틀림 저항만을 기대하는 경우를 제외하고 일반적으로 횡단이음에 치형 이음 및 이음그라우팅을 하는 것으로 설계한다.

(4) 공동중력댐의 횡단이음은 인접 다이어몬드헤드의 중간에 설치하며 치형이음 및 이음그라우팅을 하지 않는 것이 보통이다.

4.3.4 종단이음

(1) 종단이음은 댐축방향의 균열을 방지하기 위해 또는 시공상 필요한 경우에는 종단이음을 댐축방향에 설치한다.

(2) 종단이음의 간격은 횡단이음의 간격에 준하나 일반적으로 15～20m로 한다. 그러나 종단이음은 댐의 일체화란 점에서는 될 수 있는 한 적게 하는 것이 오늘날의 경향이다. 균열발생 방지에 관한 처리를 극단적으로 하고 프리쿨링, 파이프쿨링 등을 실시하여 이 간격이 60～100m정도에 까지 달하는 것도 있으나 댐의 구조상, 시공상, 경제성의 문제, 콘크리트의 품질, 온도규정, 타설능력 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

(3) 종단이음에는 댐횡단면에 연식방향으로 설치하는 경우, 하류로 기울어지는 경사방향으로 설치하는 경우, 연식방향으로 지그재그 (Zigzag)로 설치하는 경우가 있다. 연식방향으로 종단이음을 설치하는 경우는 높은 댐에서 실시하는 괘상실시법에서 볼 수 있으며 이것은 균열발생방지를 목적으로 하는 신축이음으로서의 종단이음이다. 이때 댐 콘크리트의 수욱후 벌어진 상태로 두는 것은 댐의 안전에 좋지 않으므로 이음그라우팅을 한다.

(4) 하류로 기울어지는 경사방향으로 설치하는 경우에는 이음을 댐의 주응력방향으로 경사시켜 이음면에 발생하는 전단응력을 최소로 되게 하는 것으로서 이음그라우팅을 하지 않아도 된다. 이 이음은 일반적으로 단면의 도중에서 끝나므로 균열의 방지대책을 구연

해야 한다. 연식방향으로 지그재그로 설치하는 경우에도 단면의 도중에서 균열이 발생할 염려가 있으므로 균열의 방지대책을 구연한다.

(5) 공동중력댐에서 댐이 높으면 블록이 길어지기 때문에 종단이음을 설치해야 하며 특히 그 위치에 대해서는 수평단면의 형상, 시공면을 고려하여 신중히 결정한다. 일반적으로 하류로 기울어지는 종단이음을 설치하고, 횡단면의 형상도 저부하류단 부근을 중심으로 하는 원호에 가까운 종단이음이 사용된다. 이 이음에는 치형이음 및 이음그라우팅을 하여야 한다.

4.3.5 개방이음

(1) 댐지점의 계곡형상, 기초암반의 불연속성과 같은 결함이나 콘크리트의 온도조절 등을 위해 필요에 따라서 수축에 의한 균열, 비틀림 또는 전단응력을 완화하기 위하여 개방이음을 설치하는 경우가 있다.

(2) 수축에 의한 균열방지이음은 콘크리트의 내부온도를 조속히 저하시켜서 콘크리트의 수축을 빨리 시키며, 완성한 댐에서 발생하는 응력을 분산할 수 있도록 공사중 블록사이에 0.5~1.5㎝ 정도의 개방이음을 설치하는 것으로서 완성후 개방이음을 충전해야 한다.

(3) 비틀림이음은 높은 댐이 수평하중을 받고, 비틀림작용에 의하여 댐의 양단부근에 생기는 인장응력을 감소시키기 위하여 댐의 어버트먼트(Abutment) 부근에 설치하는 개방이음이다.

(4) 전단이음은 댐이 단층위에 있거나 기초의 거동이 예상될 때 이로 인해 댐에 전단응력이 발생되지 않도록 단면에 설치한 개방이음이다. 이 경우 댐의 상류면에는 치형이음과 수밀장치를 설치하여 누수를 방지해야 한다.

4.3.6 치형이음

(1) 이음에 치형을 두는 경우 그 형상, 크기 및 간격은 다음 사항을 고려하여 결정해야 한다.

(2) 이음에 작용하는 전단응력을 전달할 수 있을 것.

(3) 이음 그라우팅을 실시할 경우, 주입재료의 흐름을 방해하지 않을 것.

(4) 응력집중이나 표면의 온도경사에 의한 균열이 발생하지 않을 것.

(5) 시공중에 파손되지 않을 것.

(6) 종단이음에는 반드시 수평치형을 두고, 그 형상 등에 대해서는 상기에 준하여 결정한다.

4.3.6.1 횡단이음매의 연식치형이음

(1) 연식치형이음을 사용하는 목적은 블록사이에 전단저항력을 증가시키며 댐의 안전성을 높임과 동시에 투수거리를 길게하여 누수방지의 목적도 달성한다. 즉, 한 블록에서 다른 블록으로 치형을 통하여 하중이 전달되므로 더욱 강성과 안전성을 크게 할 수 가 있다. 또한 이음매의 결합을 빨리 진행시켜 누수방지의 효과를 증진시킨다.

4.3.6.2 종단이음매의 수평치형이음

(1) 수평치형이음은 제체단면의 일체성을 확보하고, 연식전단력에 대한 저항력을 증가시켜 댐의 안전을 도모한다. 치형의 면은 만수시 전수압에 대한 주응력방향과 대략 일치되도록 설치한다. 수평치형이음에 대한 형과 크기는 연식치형이음에 준해서 결정한다.

4.3.7 이음의 지수장치

(1) 이음의 누수를 방지하기 위하여 지수장치를 설치한다. 지수장치는 콘크리트의 부착력을 충분히 고려하여 수밀성과 내구성이 양호한 재료를 사용하여 이음의 신축에 적응할 수 있는 형상으로 한다.

(2) 콘크리트의 경화, 냉각으로 이음에 틈이 생기므로 상류면 가까이에 지수장치를 설치한다.

(3) 지수장치에는 동판, 스테인레스동판, 또는 고무지수판 및 플라스틱지수판을 사용한다. 제체내에 갤러리가 있는 경우에는 지수판의 하류측에 횡단이음경수공을 설치하고, 지수판을 통과한 누수를 갤러리로 유도하면 누수부의 파악 등 관리상의 이점도 많다. 공동중력댐과 같이 수밀부의 길이가 짧은 경우나 이음부터 그라우팅을 실시하지 않는 경우에는 지수판과 경수공의 사이에 아스팔트 지수장치를 넣어 이음이 벌어진 상태에서 전열선이나 스팀파이프로 가열하여 아스팔트를 용식밀입시켜 지수의 안전을 기한다.

(4) 또한 지수장치가 효과적으로 이용되기 위해서는 설치방법이 재료나 형태보다 더욱 중요하다. 그리고 설치전에 외력에 의하여 손상되지 않도록 하고, 지수장치조절에 콘크리트를 타설할 때에서 주의하여야 한다. 높은 수압이 걸리는 댐에서는 상류면의 이음부분을 잘라내고 실(Seal)재를 채워서 철근콘크리트 지수쐐기를 시공할 수도 있다.

(5) 동판으로 된 지수판은 지금까지 가장 많이 사용된 것으로서 이음의 작용에 대하여 파단되지 않고, 변형하도록 Z형, M 형으로 표준화하고 있다. Z,형은 간단하며 쉽게 설치할 수 있고 용접도 용이하므로 그라우팅으로 어떤 거동에 제한적인 역할을 해주는 이음부에 적당하다. M형은 재료를 연결하는데 약간의 어려운 점이 있으나 이음부에 다소 큰 거동이 있는 곳에 적당하다. 따라서 M형은 그라우팅되지 않은 이음부에 사용될 수 있다.

(6) 동판으로 된 지수판의 두께는 수압을 고려하여 1~3mm정도의 것이 사용된다. 양측 블록으로의 매입은 판의 치수를 고려하는 외에 지수효과가 있도록 충분치 길게 한다. 또 외부에 구멍을 뚫든지 절곡시키든지 하여 정착을 확실하게 한다. 동판은 사용실적이 많고 부식에 대한 저항도 강하며 시공성이 좋다는 등의 장점이 있으나, 용접시 이음시공이 어렵고, 또 그곳이 약점이 되기 쉬우며 재료비가 고가인 단점이 있다.

(7) 스테인레스동판은 취급이 쉽고 동판보다 저렴하며, 용접이 용이하기 때문에 최근 많이 사용되고 있다. 현상은 동판의 경우와 마찬가지로 강도가 커서 1~2mm 두께로 충분하다. 이 스테인레스동판은 시공성이 좋지않아 미리 공장에서 가공한 것을 절곡하지 않고 그대로 시공해야 하며 거푸집의 작업이 어려운 반면, 콘크리트 타설시에 변형이 작다는

장점이 있다.

(8) 플라스틱제 지수판은 취급이 쉽고 가격도 저렴하기 때문에 최근 많이 사용하게 되었으며, 변형성이 좋아서 이음의 움직임에 유연하게 대응하여 파손될 우려가 적고, 절곡시공도 용이하나, 콘크리트 타설지 변형에 주의하여 고정시켜야 한다. 일반적으로는 두께 6~12mm인 것이 사용된다. 지수판이 인장되든가 큰 압력을 받으면 판두께가 변화하여 투수록을 형성하기 쉬우므로 사용실적이 풍부하고, 신뢰성이 있는 것을 선정하도록 주의해야 한다. 접속은 가열용접하는 것이 보통이다.

(9) 어떤 지수판을 사용하는 경우에도 접촉부가 약점이 되기 쉬움으로 접속가공부에 비누물을 바르고 내부에 압축공기를 불어 넣어서 새는 것이 없는지를 검증할 필요가 있다.

(10) 지수의 위치는 상류면에 너무 가까우면 판과 상류면사이의 콘크리트 시공이 불확실하게 되든가, 상류면의 가는 균열과 연결하여 누수의 원인이 되는 것도 고려하여 상류면에서 50~100cm정도 떨어져서 설치하는 것이 일반적이다. 또 지수판의 하부는 50cm정도 기초암반에 매입할 필요가 있다.

(11) 공사 중 횡단이음 경수공에 이물질이 떨어져서 막히는 수가 있으므로 다음 블록을 타설할 경우에는 파이프모양의 거푸집의 길이를 충분히 길게 하든가, 갤러리보다 하부의 표고에서부터 경수공을 설치하고 갤러리에는 T형으로 분기하여 도수하는 구조로 하는 것이 바람직하다.

4.3.8 갤러리

(1) 댐에는 커튼그라우팅, 기초경수공의 시공, 제체의 점검 등 관리를 위하여 필요에 따라 갤러리를 설치한다. 갤러리는 그 목적에 적합한 위치에 설치하는 것이 필요하며 일반적으로 주된 목적은 다음과 같다.

(2) 갤러리는 그 목적에 적합한 위치에 설치하는 것이 필요하며 일반적으로 주된 목적은 다음과 같다.

① 댐에 갤러리를 설치함으로써 댐 내부의 점검, 수리 등을 정확히 하고, 댐완성 후에 여러가지 변화를 측정한다. 즉, 갤러리내에서 균열, 제압력, 누수, 제체의 수축 등을 알아내는 외에 제체내부에 이설된 측정기를 통하여 관리상 필요한 자료를 수집한다.

② 갤러리에 경수로를 설치하여 상류면의 누수, 기초부의 침투수, 제체내부의 경수 등을 제외로 경수한다.

③ 댐내부점검 등의 목적외에 커튼그라우팅 및 밸브조작실 등의 갤러리로 이용된다.

④ 이음부의 그라우팅과 콘크리트의 쿨링에 사용되는 장치의 공간을 확보한다.

⑤ 게이트의 조작이나 방수관의 조작에 이동되는 전기기계장치에 필요한 공간을 확보한다.

⑥ 각종 케이블에 이르는 접근로를 제공한다.

⑦ 방문객을 위한 통로를 제공한다.

⑧ 커튼그라우팅의 시공 및 이음경수와 기초경수공에서의 경수를 목적으로 하는 경우에는 가능한 한 상류측과 하상에 가까운 것이 바람직하다. 그러나 공하부에 의한 제체 응력분포의 변화나 응력집중을 고려하면 상류면에서의 거리는 수심의 5~10%정도가

표준이며, 기초암반의 성상이 좋지 않을 경우에는 약간 크게 한다. 댐 높이가 낮을 경우라도 최소 3m정도는 필요하다.

⑨ 기초암반과의 거리는 2m이상으로 하고, 시공성을 고려하면 리프트면에 맞추는 것이 좋으며, 갤러리를 횡단이음 및 종단이음에 평행하게 설치할 경우의 간격은 2m이상이 바람직하다.

⑩ 경우에 따라 특별한 목적을 수행하기 위한 갤러리가 댐에 설치되기도 한다. 이 갤러리는 댐에 이용되는 목적과 설치되는 장소에 따라 분류하는 것이 일반적이다.

4.3.8.1 갤러리의 종류

(1) 기초갤러리

① 기초갤러리(Foundation gallery)는 일반적으로 기초암반부근에 설치되며 댐 상류면 근처에 댐축방향으로 설치한다. 기초암반과 기초갤러리의 바닥과는 최소한 2.0m이상의 차이가 있어야 하고, 폭 1.5～2.0m,높이 2.0～.2.5m정도의 크기가 많이 이용되고 있다. 이 갤러리에서 주 커튼그라우팅을 위한 작업을 할 수 있으며 기초경수공 작업도 한다.

(2) 경수갤러리

① 높은 댐에서는 추가적으로 기초하류부의 경수를 목적으로 상류면으로부터 단면의 2/3정도의 위치에 경수갤러리(Drainagegallery)를 설치할 수도 있다. 이 갤러리는 댐의 가장 깊은 부분에 설치되며 이곳에서 경수공을 뚫기도 한다.

(3) 게이트갤러리와 챔버

① 게이트갤러리(Gate gallery)와 챔버(Chamber)는 방류구, 수압관이나 물넘이의 게이트조작에 필요한 기계장비와 발전기장비를 위한 공간과 그곳에 이르는 갤러리를 제공하기 위해 댐에 설치된다. 이 갤러리의 크기는 일반적으로 게이트의 크기에 따라 결정된다.

(4) 그라우팅갤러리

① 그라우팅갤러리(Grouting gallery)는 댐표면에서 수축이음매의 그라우팅시공이 불가능하면 각 그라우트 리프트의 정상부근에 설치되는 갤러리에 그라우팅 파이프구조를 설치하여야 한다. 블록의 파이프쿨링도 이 갤러리에서 끝나도록 정리한다. 횡방향갤러리나 출구는 기초의 압밀그라우팅에 필요한 경우도 있다.

(5) 방문객을 위한 갤러리

① 방문객을 위한 갤러리(Visitor gallery)는 방문객에게 관람시키기 위한 것이며 그 크기는 예상방문객의 수에 따라 결정된다.

(6) 케이블갤러리

① 케이블갤러리(Cable gallery)는 터널과 연결하는데 이용하기도 하며 발전소에서 기타 다른 장소로 연결되는 발전이나 통제용 케이블을 설치하는 수단으로 이용하며 그 크기는 케이블의 수와 크기에 따라 결정된다.

(7) 검사갤러리

① 검사갤러리(Inspection gallery)는 구조물을 검사하고 완성 후 댐의 구조적변동을 측정하기 위해 댐 내부에 설치한다. 또한 상기한 모든 통로들도 검사 갤러리로 이용된다.

4.3.8.2 갤러리의 위치와 기타구조물

(1) 갤러리는 일반적으로 댐축방향으로 설치하고, 가능하면 상류면에 가까운 것이 바람직하나 투수와 응력집중의 영향을 소감시키기 위하여 갤러리높이의 2배정도의 간격이 필요하다. 갤러리에는 명암시설, 계단, 난간 등을 설치하여 작업에 지장이 없도록 하여야 한다. 또 모든 갤러리에 흘러 들어온 침투수의 경수를 위하여 측구를 설치하여야 한다.

4.3.8.3 갤러리의 보강

(1) 높은 댐에서 갤러리의 주변은 댐내부응력, 온도응력, 그라우팅응력 등에 의한 응력집중이 일어나고 균열이 발생되기 쉬우므로 철근에 의한 보강이 필요하다. 일반적으로 보강용 철근은 직경 16~25㎜가 사용되고 있다. 직경 12㎜이하는 콘크리트를 타설할 때에 구부러질 염려가 있으므로 거의 사용되지 않는다.

(2) 일반적으로 철근에 의한 보강은 인장응력에 대하여 시공하며, 인장응력이 최대가 되는 것은 저수전의 자중에 의한 응력과 온도의 불균형분포에 의한 응력이 중복할 경우로서 자중에 의한 인장응력에 대하여 철근을 넣는 외에 시공 중 외기의 영향을 받기 쉬운 갤러리내면 등에 대해서는 거푸집의 제거시기와 착생방법에 대하여 충분히 배려해야 한다.

(3) 갤러리주변의 인장응력에 의한 균열은 댐내부에서의 구속 및 온도의 불균형분포에 의한 인장응력에 의해서 점차 발달할 가능성이 있으며 축방향 균열의 원인이 되므로 유의할 필요가 있다. 중력댐에서 특히 크지 않은 갤러리의 보강철근배치에 대해서는 동일한 규모의 댐 예를 참고로 할 수 있다. 그러나 종래에 경험한 일이 없는 대단면, 대공동을 설치하는 경우에는 검토가 필요하다.

4.3.9 경수공

(1) 횡단이음 및 수령이음 등으로부터 제체내로 들어오는 침투수의 경수를 위하여 경수공을 설치할 필요가 있다.

4.3.9.1 이음경수

(1) 횡단이음의 침투수는 지수장치에 의하여 지수 되나 지수장치를 통과하는 물은 다시 경수공을 설치하여 갤러리로 경수할 필요가 있다. 경수공은 일반적으로 직경 200㎜ 정도로서 선행블록에 반원관을 만들고 후행블록에서는 철판을 사용하여 반원형으로 성형하고 그 말단을 갤러리의 경수로에 도입한다. 이음경수공의 위치는 지수장치인 아

스팔트월(Wall)로부터 0.5~1.0m 정도 하류측에 설치하는 것이 보통이다.

4.3.9.2 제체내부경수

(1) 수평이음 등으로부터 제체내부로 들어오는 침투수는 콘크리트의 유리석회를 유출하고 제압력을 증대시키므로, 이를 통제하기 위하여 경수할 필요가 있다. 이 경수공은 일반적으로 댐 상류면에서 2~3m정도의 거리를 두고 한블록에 2개정도의 연직한 경수관(직경 100~150㎜)을 설치하고, 제내 갤러리로 유도하여 경수한다. 이 연직경수관의 설치는 철관(직경 100~150㎜)을 한 개의 앵커 철선으로 세워 콘크리트를 타설하고, 콘크리트가 경화되기 전에 이것을 빼내어 경수공을 설치하는 방법이 잘 이용되고 있다.

4.3.10 제내 냉각설비

(1) 냉각파이프는 일반적으로 직경 25.4mm 구조용철관 (KSD 3518규격)을 사용하고, 배관형식은 냉각효율이 좋고, 또한 가능한 한 누수가 되지 않도록 한다. 또 관이음은 신축 커플링(Coupling)을 표준으로 한다.

4.4 온도규정

(1) 온도규정은 “KDS 54 50 00” 콘크리트 중력댐 설계기준을 참고한다.
(2) 콘크리트댐에서는 특히 내구성, 수밀성 및 일체성이 중요하므로 필요에 따라서 온도규정을 한다.
(3) 콘크리트온도는 시멘트의 수화열작용에 의하여 타설후 급속히 상승하고 최도온도에 도달한 후 강하하기 시작하여 최종적으로는 댐의 최종안정온도에 이른다.
(4) 온도상승의 크기는 시멘트의 사용량, 종류, 콘크리트의 열특성, 외기온도 등에 따라 다르다.
(5) 콘크리트는 그 온도변화에 따라서 파장, 수축이라는 체적변화를 일으키며 특히 온도강하량이 클 경우에는 수축량이 크게 되어 댐콘트리트에 균열이 발생하게 된다. 콘크리트의 온도규제를 하는 목적은 균열을 방지하며 제체내에 설치된 종단이음 및 횡단이음의 그라우팅을 담수전에 시행하기 위하여 콘크리트온도를 인위적으로 비교적 급속히 최종안정온도까지 낮추어 이음의 벌어짐을 그라우팅전에 최대로 하는 것이다.
(6) 그 방법이나 시방은 댐의 종류, 시공법, 기상조건 등에 따라 다르다.
(7) 암반면 및 재령이 오래된 콘크리트에 이어 타설한 콘크리트는 체적변화가 구속을 받아 시공이음과 거의 직각으로 타설한 콘크리트측에 균열이 발생하는 수가 있으므로 주의해야 한다.
(8) 매스(mass) 콘크리트에 생기는 균열의 주원인은 다음과 같으며 이들에 의한 인장응력이 콘크리트의 인장강도를 넘는 경우에 균열이 발생하는 것으로 생각된다.
  ① 콘크리트 내부의 불균일온도분포
  ② 암반 또는 재령이 오래된 콘크리트의 구속
  ③ 콘크리트의 건조수축

(9) 균열의 장지책에 대해서는 건조수축에 의한 것을 제외한 것은 어느 것이나 콘크리트의 온도상태가 원인이므로 그 온도변화를 적게하는 것이 좋으며 이를 위해서 온도규정이 필요하다.

(10) 타설한 콘크리트에 대한 온도규정의 필요성은 콘크리트의 내부온도와 외기온의 차로부터 온도응력을 산정하고 이 값이 재령시의 콘크리트 인장강도를 넘지 않도록 하여야 한다. 콘크리트의 온도응력은 인장응력으로서 다음 식에 의하여 산정한다.

$$\sigma^t = \Delta t \times \cdot \quad \alpha \cdot \quad E \cdot \quad R$$

여기서, σ_t : 콘크리트의 온도응력 (kg/㎠)

Δt : 콘크리트의 온도변화 (℃)

α : 콘크리트의 열파장계수 ($1x10^{-5}$/℃로 한다)

E : 콘크리트의 재령에 따른 탄성계수 (kg/㎠)

R : 구속도 ($R \leq 1.0$)

구속도는 암반 또는 재령이 오래된 콘크리트에 의한 외부구속과 단면내의 불균등한 체적변화에 의한 내부구속이 있으며 양자의 영향은 대체적으로 가산되며 (kg/㎠)이다. 또 콘크리트의 인장강도는 압축강도의 10%정도로 해도 좋다.

온도규정은 보통 다음과 같은 3가지 방법으로 수행한다.

자연냉각방법 : 기본적 방법 (타설 싸이클 조절)

인고냉각방법 : 프리쿨링법 (pre cooling)

파이프프쿨링법 (pipe cooling)

(11) 자연냉각방법

① 콘크리트의 온도상승을 억제하는 기본적 방법으로는 다음과 같은 것이 있다.

가. 시멘트의 종류와 침화재의 선정

나. 시멘트 사용량의 제한

다. 타설속도와 타설량의 제한

라. 타설블록의 크기와 두께의 제한

마. 어느 블록의 콘크리트를 타설시부터 그 위의 블록을 타설하기 전까지의 시간의 제한

바. 거푸집 제거 및 타설후의 착생에 의한 제한

(12) 인공냉각 방법

① 프리쿨링법

가. 콘크리트를 침합하기 전에 침합재료인 잔골재 및 굵은골재, 물, 시멘트의 일부 또는 전부를 냉각하여 콘크리트 타설시 콘크리트의 온도를 외부의 온도보다 낮게하고, 그 후에 생기는 콘크리트의 온도상승을 억제하는 것으로 다음과 같은 방법이 있다.

(가) 침합용수의 일부를 얼음으로 치환하는 방법

(나) 굵은 골재를 냉수에 담그는 방법
(다) 굵은 골재중에 찬공기를 순환시키는 방법
(라) 잔골재, 시멘트를 특수한 스큐류콘베이어로 냉각하는 방법

② 파이프쿨링법

가. 콘크리트를 타설하고 그 속에 적당한 간격의 가는 철제파이프를 수평으로 이설하고, 이 파이프에 하천수 혹은 냉각수를 순환시켜 콘크리트에서 발생하는 열을 억제시키는 방법이다. 이 방법은 타설층의 높이에 따른 여러가지 변수등을 고려하여야 한다. 이 변수는 코일의 크기, 간격, 길이, 물의 순환율 및 콘크리트와 냉각수와의 온도차 등이다. 온도규정은 이상의 방법을 각각의 댐 형식에 따라 병용 함으로서 더욱 효과가 있다. 또 온도규정을 하는데 필요한 콘크리트의 열특성 (열확산율, 열전달율, 비열 등) 및 재료역학적 제수치는 실험에 의하여 정하는 것이 바람직하다.

4.4.1 제체의 최종안정온도의 결정

(1) 온도응력의 검토 및 이음그라우팅 계획을 위하여 제체의 최종 안정온도를 결정하여야 한다.

(2) 제체의 최종안정온도는 온도응력을 검토할 경우 및 이음그라우팅을 계획할 경우에 필요하며 콘크리트의 열특성 등에 의하여 구해진다.

(3) 콘크리트는 타설 후 시멘트의 수화작용에 의하여 그 온도가 상승한다. 이것은 물, 침화재, 타설온도 등의 영향도 있지만 가장 큰 영향을 주는 것은 시멘트이다. 그러므로 콘크리트와 침합과 동시에 그 열특성을 파악하여 수화작용에 의한 콘크리트의 단열온도상승을 고려해야 한다.

4.4.1.1 콘크리트의 열특성

(1) 콘크리트의 열특성으로는 밀도, 열전달율, 열확산율, 비열 등이 있으며 실험으로 구하는 것이 바람직하다. 그러나 현실적으로는 이상의 제 정수를 전부 실험에 의하여 구하기는 어려우므로 여러 댐의 예를 참고로 정하고 있는 경우가 많다.

4.4.1.2 콘크리트의 단열온도상승

(1) 콘크리트 타설 후 어느 시간에 대한 콘크리트의 단열온도상승은 근사적으로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T = K(1 - e^{-mt})$$

여기서, T : 재령 t일의 콘크리트의 단열온도상승 (℃)

K : 콘크리트의 최고단열온도상승 (℃)$(\frac{W_t \cdot H}{W_c \cdot C_c})$

W_t : 콘크리트의 단위시멘트량 (kg/㎥)

W_c : 시멘트의 총발열량 (kcal/kg)

W_c : 콘크리트의 단위중량 (kg/㎥)

C_c : 콘크리트의 비열 (kcal/kg℃)

m : 시멘트의 종류, 배합온도 등에 달리하는 정수

t : 재령일수 (일)

e : 자연대수

총산의 다름 실험에 의하면 K 값은 타설온도가 높을수록 감소하고, m 값은 타설온도가 높을수록 증가한다. 또 m 값은 시멘트의 수화작용에 관한 반응속도를 나타내는 실험정수라 할 수 있다.

(2) 이상과 같이 단열온도상승은 정수를 이용하여 추정할 수 있으나 실험으로 정해야 한다.

4.4.1.3 제체의 최종안정온도

(1) 댐 콘크리트의 온도규제계획을 검토할 경우에는 콘크리트댐의 내부온도가 최후에 도달하는 값 즉, 최종안정온도를 구하여야 한다.

(2) 중력댐의 최종안정온도를 산정하는데는 상•하류면의 온도를 외부의 조건에 따라 결정하고, 그 사이는 거의 균등비례로 온도가 분포한다고 보아도 가능하다.

(3) 중력댐의 콘크리트의 최종안정온도는 다음과 같은 가정을 기초로 구하는 것이 일반적이다.

① 저수지는 항상 만수되어 있다.

② 수면의 연평균수온은 연평균기온보다 $0.4^{\circ}C$ 낮다.

③ 수면으로부터 $50m$ 이하인 곳에서는 수온이 $4^{\circ}C$ 로 안정되어 있다.

④ 수면으로부터 $50m$ 까지의 사이는 연평균수온이 직선적으로 변화한다.

⑤ 하류면의 물에 접하지 않는 부분의 온도는 연평균기온과 비슷하다.

⑥ 하류면의 콘크리트온도는 태양직선의 영향을 받는다.

⑦ 암반의 온도는 최종안정상태에서 상류의 저수지수온, 하류의 외기온 만의 영향을 받으며 그 자체는 발열원을 갖지 않는다.

4.4.2 온도응력의 검토

(1) 콘크리트의 온도규제를 위해서는 온도응력을 검토하고 균열이 발생하지 않도록 온도규제계획을 수립하여야 한다.

(2) 온도규제계획을 수립하기 위해서는 제체에 균열이 발생하지 않도록 적절한 온도응력을 검토할 필요가 있다. 온도응력의 검토로서는 외부구속 (암반과 콘크리트면의 구속)과 내부구속(콘크리트 표면과 내부콘크리트의 온도차)으로 대별된다.

(3) 현재의 온도규제계획의 기본적인 것은 Bonneville 댐 (미국의 중력댐, 1938년 완공)의 실험결과를 기초로 한 것으로서 간편하고 실용적이나 초기재령시에 콘크리트의 배탄성적인 성질이 고려되지 않고 있다. 그러나 근래에는 유한요소법으로 종래까지 불명확하

였던 암반구속도와 크기의 관계에 대해서도 해석할 수 있게 되어 실용화되어 가고 있다.

4.4.3 온도규제계획

(1) 온도응력의 검토 및 이음그라우팅 계획에 따라 적절한 온도규제계획을 수립하여야 한다.

4.4.4 냉각시방의 결정

(1) 콘크리트의 온도를 계산하여 온도규제계획을 만족시키는 냉각시방을 정하여야 한다.

4.4.5 냉동용량의 산정

(1) 콘크리트의 온도계산으로 구해진 냉각시방에 의해 냉동용량을 구하여야 한다. 냉동용량은 골재나 물 등을 소정온도까지 낮출 경우에 냉동기의 능력을 나타내는 것으로 통상, 냉동 ton(이하 J.R.T라 함)이라는 단위로 나타낸다. 1 .J.R.T란 0℃의 물 1t을 24시간에 0℃의 얼음으로 하는 이론적인 능력을 말한다.

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
	농업용댐	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
	농업용댐	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산컨설턴트
	농지보전	박종화	충북대학교
	농업용댐	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희억	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통신기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	아주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준
KDS 67 10 25 : 2018

농업용 콘크리트댐 설계

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.