KDS 54 50 00 : 2016

콘크리트 중력댐

2016년 6월 30일 제정
http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복 · 상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 댐 설계 시 콘크리트 중력댐 설계 관련 사항에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제 · 개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제 · 개정 (년.월)
댐 설계기준	• 댐 설계기준 제정	제정 (1979.09)
댐 설계기준	• 댐 시설기준의 설계편을 중점적으로 보강 및 댐 건설에 따른 환경문제에 대응할 수 있도록 환경친화적인 개념을 추가	개정 (2001.02)
댐 설계기준	• 필댐의 여유고 산정 및 관련부분 개정	개정 (2005.01)
댐 설계기준	• 신기술, 신공법, 건설 시 단계별 환경 배려사항 제시, 부속수리구조물 추가	개정 (2011.12)
KDS 54 50 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)

제 정 : 2016년 6월 30일 **개 정 : 년 월 일**

심 의 : 중앙건설기술심의위원회 **자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회**

소관부서 : 국토교통부 수자원개발과

관련단체 (작성기관) : 한국수자원학회(한국수자원학회)

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 해석과 설계원칙 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 5
3. 재료 ····· 5
4. 설계 ····· 5
4.1 설계일반 ····· 5
4.2 설계조건 ····· 6
4.3 세부설계 ····· 10
4.4 시공관련 설계 검토 ····· 17

콘크리트 중력댐

1. 일반사항

1.1 해석과 설계원칙

1.1.1 댐에 작용하는 힘

(1) 일반사항

(2) 콘크리트 중력댐은 안정성을 확보하기 위하여 댐의 자중, 정수압, 동수압, 풍하중, 온도하중, 양압력, 파압, 빙압, 퇴사압, 지진력 등을 고려하여 설계한다.

(3) 댐의 자중

① 댐 콘크리트의 단위중량은 실제에 사용하는 재료의 배합으로 시험을 실시하여 결정한다.

② 예비설계 등에서 미리 실험을 할 수 없을 때는 제체의 단위중량을 23 kN/m^{3}으로 한다.

(4) 정수압

① 댐에 작용하는 정수압을 계산하기 위한 설계수위는 일반적으로 상시만수위(NHWL)에 파압을 고려한 높이를 더한 수위를 기준으로 해도 좋다.

② 그러나 홍수위(FWL)가 상시만수위에 비하여 현저히 높을 때는 이것에 대하여 검토한다.

(5) 동수압

① 동수압은 상시만수위면 이하의 기초지반까지 작용하는 것으로 한다.

② 지진에 의한 퇴사압의 증가는 퇴사면 아래에도 동수압이 작용하는 것으로 하며, 이때 퇴사압은 고려하지 않는다.

③ 지진력이 작용하는 경우에 상시만수위면 아래 임의 점에서 발생하는 동수압은 다음 식 (1.1-1)에 의해서 계산하며, 이것은 댐축 방향으로 1 m 폭을 갖는 연직면에 수평으로 작용한다.

$$P_d = \frac{7}{8} W_w K_1 \sqrt{H\ h} \qquad (1.1\text{-}1)$$

식에서, P_d : 지진 시 저수에 의한 동수압(kN/㎡)

W_w : 물의 단위중량(kN/㎥)

K_1 : 설계 지진계수

H : 상시만수위면에서 기초지반까지의 수심(m)

h : 상시만수위면에서 임의 점까지의 수심(m)

④ 댐축 방향으로 1 m 폭을 갖는 연직면에 수평으로 작용하는 총 동수압은 다음 식 (1.1-2)와 같다.

$$P_t = \frac{7}{12} W_w K_1 H^{1/2} h^{3/2} \qquad (1.1\text{-}2)$$

식에서, P_t : 수심 h까지의 총 동수압(kN/㎡)

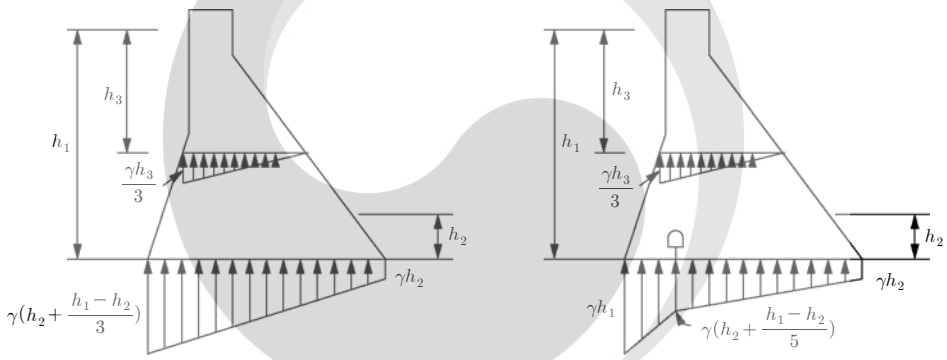
(6) 양압력

① 양압력은 댐 콘크리트와 기초암반의 접촉면, 시공이음이나 공극, 균열 등에서 일어나는 내부수압이며, 임의의 수평단면에 대한 연직방향으로 작용한다.

② 이 양압력은 댐의 안정을 감소시키는 외력이 되므로, 댐체의 양압력을 감소시키기 위해 댐의 상류측에 지수판을 설치하거나 차수 그라우트를 하고 댐 내부의 기초 갤러리에서 천공하여 일정간격(3 m 내외)으로 연직의 배수공(Drainage Curtain)을 설치하기도 한다.

③ 댐을 설계할 때는 내부수압을 측정할 수 있는 장치를 하고 장래의 필요에 따라서 내부수압을 감소시킬 수 있도록 한다.

④ 차수 그라우트와 배수공의 작용에 의한 양압력의 분포는 그림 1.1-1과 같이 분포한다.



(a) 배수공이 없는 단면 (b) 배수공의 효과가 미치는 단면

그림 1.1-1 양압력의 분포형상

(7) 파압

① 대부분의 댐은 산간지역에 건설되므로 풍속 및 저수지의 대안거리와 파고의 관계에 대해서는 Molitor 및 Stevenson 식을 사용한다.

가. Molitor 공식

$$h_w = 0.06\sqrt{VF} + 0.76 - 0.27\sqrt[4]{F} \qquad (1.1\text{-}3)$$

나. Stevenson 공식

$$h_w = 0.75 + \frac{1}{3}\sqrt{F} - \frac{1}{4}\sqrt[4]{F} \qquad (1.1\text{-}4)$$

식에서, h_w : 전파고(m)

V : 풍속(m/s)

F : 대안거리(㎞)

② 수위상승을 정수압 설계에 고려할 경우에는 그림 1.1-2와 같이 파랑에 의하여 상승한 수위만큼을 정수압 계산에 추가하며, 이때 파랑고는 식 (1.1-3)과 같이 산정하는 SMB법에 의한 유의파고를 적용한다.

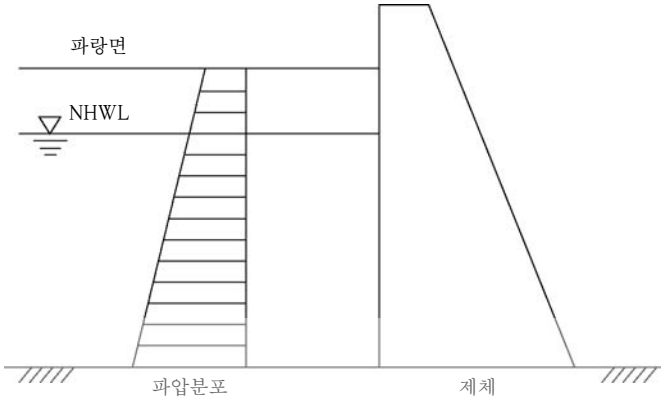


그림 1.1-2 파랑에 의한 수압분포

③ 댐 설계에 적용할 수 있는 파의 작용에 대한 개략적인 형태는 그림 1.1-3과 같다. 최대 단위압력은 정수위상의 약 $\frac{h_w}{8}$에서 일어나며, 그 값은 다음 식 (1.1-5)로 구한다. 이때 전파고는 식 (1.1-3) 및 식 (1.1-4)를 사용하여 산정한다.

$$P_w = 2\ W_w h_w^2 \qquad (1.1\text{-}5)$$

식에서, P_w : 파압(kN/㎡)

h_w : 전파고(m)

W_w : 물의 단위중량(kN/㎥)

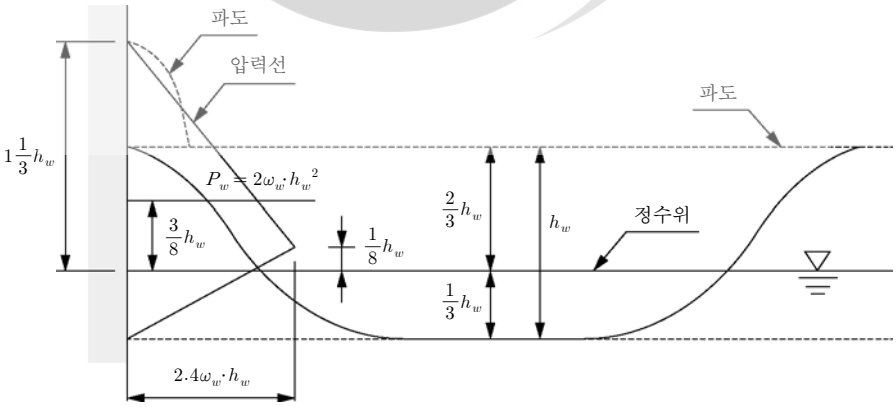


그림 1.1-3 파고에 의한 수압변화

④ 수압분포는 대략 3각형이 되고 그 작용점은 정수위로부터 $\frac{3}{8}h_w$ 지점이다.

⑤ 댐 상류면의 파랑 상승고는 댐 상류면이 연직인 경우에는 정수면에서 $\frac{4}{3}h_w$이고 필댐과 같이 댐 상류면이 경사인 경우에는 정수면에서 1.4 ~ 1.5h_w 정도가 된다.

(8) 퇴사압

① 댐의 안정계산에는 퇴사의 영향을 고려한다. 설계에 사용되는 퇴사의 깊이는 대개 100년간의 퇴사량을 기본으로 해서 결정한다.

② 퇴적토사의 압력은 댐 상류면이 비탈진 경우 비탈면상의 연직토압은 수압과 같은 방법으로 취급하고 수평토압은 Rankine식으로 계산하며 식 (1.1-6)과 같다.

$$P_e = C_e W_s h \qquad (1.1\text{-}6)$$

식에서, P_e : 퇴사압(kN/㎡)

C_e : 토압계수($= \frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}$, 0.4 ~ 0.6)

Φ : 안식각(수중에서 35°, 25°, 15°)

W_s : 퇴사의 수중 단위중량($= W_d - (1-n) W_w$, kN/㎥),

W_d : 퇴사의 단위중량(kN/㎥)

W_w : 물의 단위중량(kN/㎥)

n : 공극율(0.3 ~ 0.45)

h : 퇴사의 깊이(m)

(9) 지진

① 지진은 댐에 가속도를 전달하여 댐에 작용하는 수압과 퇴사압 그리고 댐 내부의 응력을 더해 준다.

② 지진지대에 축조할 콘크리트 중력댐 설계에는 지진력을 반드시 고려하며, 지진력에는 수평지진력과 수직지진력이 있다.

③ 세부내용은 KDS 54 17 00의 기준에 따른다.

(10) 빙압

빙압은 빙판이 열에 의한 팽창에 의해서 발생하므로 빙판의 두께, 온도 상승율, 저수면(貯水面)의 변동, 저수지내의 상태, 댐 상류면의 경사 등을 고려하여 구조물에 작용하는 빙압을 추산하여 설계에 고려한다.

(11) 하중조합

하중은 저수지의 수위에 따라 그 조합을 달리하게 되며, 콘크리트댐의 하중조합은 표 1.1-1과 같다.

표 1.1-1 콘크리트댐의 하중조합

저수지의 수위상태	설계하중						
	자중	정수압	지진시 동수압	빙압	퇴사압	지진 관성력	양압력
설계홍수위	○	○	×	×	○	×	○
상시만수위	○	○	○	(○)	○	○	○
저수위	○	○	○	×	×	○	○
저수지에 물이 없는 경우	○	×	×	×	×	○	×

주 1) 지진의 경우 진도법 채택 시 수평방향만 고려
2) 저수지에 물이 없는 경우는 지진력을 1/2만 적용

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

내용 없음.

4. 설계

4.1 설계일반

4.1.1 설계의 기본

콘크리트 중력댐은 댐으로서 필요한 기능과 안전성을 가져야 하며, 댐 주변지역에 미치는 영향을 고려하여 경제적이면서 환경에 적합하도록 설계한다.

4.1.2 댐 위치와 형식의 선정

(1) 콘크리트 중력댐은 기초암반 등 지질조건이 양호하고 제체의 축조에 사용될 골재(자갈, 모래 등)의 취득이 용이한 곳을 선정한다.

(2) 일반적으로 댐의 형상계수(=길이/높이)가 6 이상이면 아치댐 이외의 모든 댐이 가능하며, 3~6 정도이면 콘크리트 중력댐이 적당하고 3 이하이면 아치댐이 적당하다. 콘크리트 중력댐은 지형적인 면에서 제약이 작은 형식이다.

4.2 설계조건

4.2.1 중력댐 단면설계

(1) 기본삼각형 특성

① 중력댐은 댐의 자중이 댐에 작용하는 외력에 대하여 안정을 유지하도록 단면을 결정한다. 이 경우 경제적인 최소단면은 댐축 방향으로 단위폭을 갖는 기본삼각형 단면으로 하는 것이 일반적이다. 댐의 단면형은 다음 순서에 따라서 결정한다.

가. 댐 지점의 기저 표고를 정한다.

나. 소요 저수량에서 일정한 만수위를 정한다.

다. 방수로의 설계와 관련하여 저수지의 홍수 시에 대한 최대 홍수위를 결정한다.

라. 여유고를 산출하여 댐마루 표고를 정한다.

마. 가, 나, 다에 의해서 정해진 댐 높이에서 기본 단면형을 정한다.

② 댐의 안정에 관해서는 전도(轉倒), 활동(滑動), 제체 콘크리트와 기초암반의 사용응력(Working Stress)이 이들의 허용응력을 초과하지 않는 등의 3가지 조건을 만족해야 한다. 기본 단면형에 있어서는 전도에 대한 안정조건으로 결정하고 나머지 항목에 대해서는 안전율을 검토하여 결정하며, 만약 필요하면 기본 단면형을 수정한다.

③ 단면의 안정조건은 다음과 같은 3가지 조건을 만족하도록 결정한다.

가. 전도에 대한 안정 : 외력의 합력이 제체 수평단면의 중앙 1/3 내에 들어가야 한다.

나. 활동에 대한 안정 : 전단마찰 안전율이 4 이상을 만족해야 한다.

다. 압축응력이 허용응력을 초과하지 않도록 결정한다. 단, 댐체와 기초가 맞닿은 부위에서의 지반지지력은 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않도록 결정한다.

(2) 비월류부의 높이

① 비월류부의 높이는 예측하지 않은 대홍수, 수문 조작상 불의의 사고, 바람 또는 지진에 의한 파랑 등에 대비하여 충분한 여유를 취한다.

② 댐의 비월류부의 높이는 다음 가와 나의 값 중에서 가장 큰 값을 취한다.

가. 홍수위 기준 : 홍수위(FWL) + H_f

$$H_f \geq h_w + \frac{h_e}{2} + h_a \qquad (4.2\text{-}1)$$

나. 최고수위 기준 : 최고수위(MWL) + H_f

$$H_f \geq h_w + h_a \qquad (4.2\text{-}2)$$

식에서, H_f : 여유고(m, 단 $H_f < 1.0$이면 $H_f = 1.0$)

h_w : 유의파고(m)

h_e : 지진에 의한 파랑고(m)

h_a : 여수로 형식에 의한 안전고(m)

(수문이 있을 경우 0.5 m, 수문이 없을 경우 0 m)

③ 바람에 의한 파랑의 저수지 수면에서의 높이(유의파고)는 댐 제체의 상류면이 연직 또는 연직에 가까운 경우에는 SMB법에 의하여 식 (4.2-3)과 같이 산정한다.

$$h_w = 0.00086\,U^{1.1}F^{0.45} \qquad (4.2\text{-}3)$$

식에서, h_w : 유의파고(m)
F : 대안거리(m)
U : 10분간 지속되는 최대풍속(m/s)

④ 지진에 의한 파랑의 저수지 수면으로부터 높이는 일반적으로 다음 식 (4.2-4)에 의하여 산정한다.

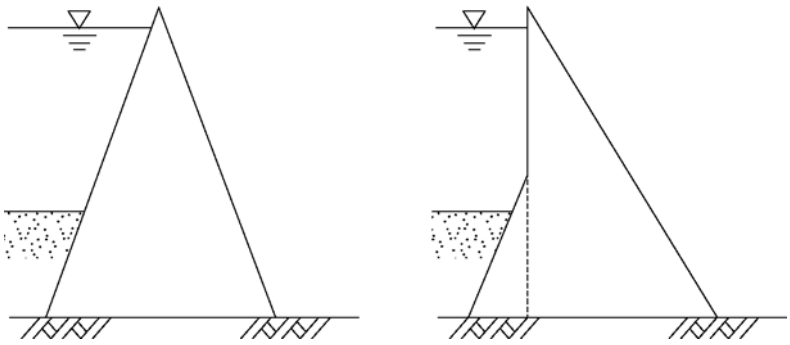
$$h_e = \frac{K_h \cdot \tau}{2\pi}\sqrt{gH_0} \qquad (4.2\text{-}4)$$

식에서, h_e : 지진에 의한 파랑고(m)
K_h : 설계진도(상시만수위시의 수평지진계수)
τ : 지진파의 주기(1sec)
H_0 : 상시만수위시의 저수지 수심(m)
g : 중력가속도(9.8 m/s^2)

(3) 필렛 채용

① 높이가 100 m를 넘는 중력댐이나 기초암반 전단강도가 비교적 작은 경우에 중력댐의 단면형상은 전단에 대한 안정성 조건으로 정하고, 댐 높이가 낮아지는 양안부 단면에서는 상류면에 연직방향 인장응력을 발생시키지 않는 조건으로 정한 단면으로 한다.

② 일반적으로 중력댐의 단면형상은 그림 4.2-1(a)의 단면 대신 그림 4.2-1(b)의 단면을 채용하는 것이 유리하며, 이와 같이 기본삼각형에 부가된 상류측 두께 증가 부위를 필렛이라 한다.



(a) 기본삼각형 단면　　(b) 필렛을 둔 단면

그림 4.2-1 전단마찰 안전율로 정한 단면 예

(4) 댐 콘크리트의 강도 및 응력

① 댐 콘크리트의 배합강도는 재령 91일 강도를 기준으로 하며, 그 소요강도는 설계응력에 대하여 필요한 안전율을 갖도록 결정한다.

② 댐 제체 콘크리트의 거푸집 제거 시기는 상・하류면의 경우 콘크리트의 압축강도가 3.5 MPa에 달한 이후로 하는 것을 표준으로 한다.

(5) 댐의 활동(滑動)에 대한 안정 및 기초암반의 안정

① 댐 콘크리트와 암반의 접촉면 및 기초암반내의 약점으로 나타나는 면에 따라서 마찰저항과 전단력의 비는 4보다 커야 하며, 기초암반에 비하여 과대한 응력이 발생하지 않도록 한다.

② 댐의 활동에 대한 안정은 다음의 Henny식으로 산정되는 전단마찰 안전율로 결정한다.

$$S \cdot F = \frac{fV + \tau l}{H} \geq 4 \qquad (4.2\text{-}5)$$

식에서, $S \cdot F$: 전단마찰 안전율(≥ 4)

f : 댐 제체의 재료 또는 기초암반의 내부마찰계수

τ : 댐 제체의 재료 또는 기초암반의 순 전단강도(Mpa)

V : 전단면에 작용하는 전 연직력(Mpa)

H : 전단면에 작용하는 전 수평력(Mpa)

l : 전단저항의 길이(m)

4.2.2 매트 설계

(1) 중력댐 규모에 비해 하상부 부근에 전단강도가 작은 기초암반이 존재할 때는 매트라 하는 구조물을 설치하는 경우가 있다.

(2) 매트는 응력 전달을 확실하게 하기 위하여 일반적으로 하류측에 설치한다.

(3) 매트 길이는 전단마찰 안전율 4를 확보하기 위해 필요한 전단 저항길이로 설계하며, 특히 매트 선단까지 기본삼각형에서의 하중이 확실하게 전달되어 실질적으로 매트 전체가 전단에 대해 저항하도록 설계한다.

4.2.3 특수블록 설계

(1) 중력댐의 단면을 설계할 때는 통상 단면의 검토 외에 방류관 등의 개구부를 가진 특수 블록에 대한 검토가 필요하다.

(2) 개구부를 가진 블록 단면 설계 시 다음의 2가지 사항을 검토한다.

① 개구부를 고려한 블록 전체 안정성 검토

② 개구부 주변의 응력 집중 검토

(3) 개구부 주변의 인장응력 영역은 철근에 의한 보강이 필요하며, 개구부의 크기는 블록 이음부 간격의 1/3 이하로 억제한다.

4.2.4 구부러진 블록

(1) 중력댐의 댐축을 구부러지게 설정할 경우 구부린 블록의 안정성은 보통 횡이음부에 따라 나뉜 블록 전체의 안정성으로 검토한다.

(2) 하류측으로 굽은 블록은 굽힘 각도가 클수록 설계조건이 엄격해지기 때문에 댐축을 굽힐 때는 여러 블록에 걸쳐 순차적으로 굽히는 것이 바람직하다.

4.2.5 기초암반의 설계

(1) 기초암반의 전단마찰 저항력

① 기초암반의 전단마찰 저항력은 원칙적으로 현장시험을 실시하고 그 결과 및 암반의 성상을 고려하여 판정한다.

② 기초의 변형을 고려하여 설계를 실시할 경우에 계수는 원칙적으로 현장시험을 실시하여 결정한다.

(2) 기초암반의 안전율

① 제체와 기초암반의 접촉면 및 기초암반내의 약점 부분에서의 전단마찰 저항력은 활동력에 대하여 필요 안전율을 확보한다.

② 중력댐과 기초암반의 접촉면에서 전단마찰 안전율은 식 (4.2-5)로 구하고, 국소 전단파괴에 대한 안전율은 식 (4.2-6)로 계산하여 전단면의 위치, 방향, 암반의 성상 등을 고려하여 검토한다.

$$S{\cdot}F' = \frac{\tau_o' + f'(\sigma - u)}{\tau'} \qquad (4.2\text{-}6)$$

식에서, $S{\cdot}F'$: 국소 전단마찰 안전율(2.0 이상)

τ'_o : 국소 전단강도(MPa)

f' : 국소 내부마찰계수

u : 국소 전단면에 작용하는 간극수압(MPa)

σ : 국소 전단면에 작용하는 연직응력(지진의 경우를 포함, MPa)

τ' : 국소 전단면에 작용하는 전단응력(지진의 경우를 포함, MPa)

4.2.6 제체의 안정성 검토

(1) 안정계산

① 댐 형상의 설계는 계곡의 형상, 암반의 조건 및 홍수처리 방법 등을 고려하여 댐 및 기초암반의 안전을 유지할 수 있도록 한다.

② 댐의 안정계산은 댐의 단면형상 및 댐과 기초암반의 접촉면에 관하여 외력 및 자중에 대해서 다음 3가지 조건을 만족하도록 한다.

가. 상류면에는 연직방향의 인장응력을 일으키지 않을 것

나. 전단에 대해서 안전할 것

다. 허용 압축응력 및 허용 인장응력을 넘지 않도록 할 것

(2) 응력해석

① 댐에 작용하는 댐의 자중, 정수압, 동수압, 양압력, 파압, 빙압, 퇴사압 및 지진력 등의 크기와 방향에 따라 응력상태를 판단한다.

② 응력해석은 댐축의 직각방향에 대한 2차원적 응력해석을 하는 것이 일반적이며, 저수지의 저수상황을 고려한다.

4.3 세부설계

4.3.1 콘크리트 배합설계

(1) 댐 콘크리트에 요구되는 기본적인 성질

① 소요강도와 질량을 가질 것

② 내구성 및 수밀성이 클 것

③ 온도상승이 적고 균열이 잘 발생하지 않을 것

④ 품질이 균일할 것

(2) 콘크리트는 내구성 규정을 만족시키도록 배합해야 할 뿐만 아니라, 구조물에 사용된 콘크리트의 압축강도가 설계기준 압축강도보다 작아지지 않도록 현장 콘크리트의 품질변동을 고려하여 콘크리트의 배합강도(f_{cr})를 설계기준 압축강도(f_{ck})보다 충분히 크게 정한다.

(3) f_{ck}에 대한 요구조건은 공시체 제작 및 시험 규정에 의해서 시행한 원주 공시체의 시험에 근거를 둔다.

(4) 특별히 다른 규정이 없을 경우 f_{ck}는 재령 91일 강도를 기준으로 한다. 다른 재령에 시험을 했다면 f_{ck}의 시험일자를 설계도나 시방서에 명시한다.

(5) 콘크리트 쪼갬인장강도 f_{sp}에 관한 설계규정을 적용해야 할 경우에는 규정된 f_{ck}값에 해당하는 f_{sp}의 값을 설정하기 위해서는 시험실 시험을 실시한다.

(6) 쪼갬인장강도 시험결과를 현장 콘크리트의 적합성 판단기준으로 사용할 수 없다.

4.3.2 이음(Joint)의 설계

(1) 이음

① 콘크리트댐의 이음은 온도균열의 발생을 방지할 목적으로 설치하는 수축이음과 콘크리트 타설설비의 능력에 따라 필요한 시공이음이 있으나, 대부분의 경우에는 시공이음인 동시에 수축이음이다.

② 시공이음은 댐 콘크리트 타설에 따른 시공계획 및 시공조건에 의한 이음으로서, 1회 콘크리트 타설높이 경계에 수평으로 설치하는 수평 시공이음과 수직방향의 연직 시공이음이 있다.

③ 수축이음은 댐축 방향으로 설치하는 세로이음(Longitudinal Contraction Joint)과 댐축의 직각방향으로 설치하는 가로이음(Transverse Contraction Joint)이 있다. 일반적으로 가로이음의 간격은 15 m로 하고, 세로이음은 30~40 m로 하는 예가 많으며, 최근에는 댐 높이 70 m 정도까지는 세로이음을 설치하지 않는 것이 일반적이다.

④ 중력댐의 가로이음은 일반적으로 치형을 설치하는 경우가 많으며, 가로이음을 콘크리트 타설 후 시공하는 RCD공법과 ELCM에는 치형을 설치하지 않는다. 세로이음은 수직으로 설치하며 수직응력과 전단응력의 전달을 완전하게 하기 위해 응력선에 거의 직각한 면을 갖은 치형을 설치하고 이음부 그라우팅을 시행한다.

(2) 수평 시공이음

① 수평 시공이음의 리프트 높이는 댐 콘크리트 시공에 관한 종합적인 경제성을 검토하여 결정하되, 다른 조건이 허용하는 범위 내에서 가능한 한 두껍게 하는 것이 유리하다.

② 수평이음의 리프트 높이는 Block식 타설방법은 1.5~2.0 m, Layer 타설방법은 0.5~1.0 m, 하상 암착부에는 0.3~0.75 m 정도를 표준으로 하며, 콘크리트 타설능력에 따라 조정할 수 있다.

③ 먼저 친 콘크리트의 리프트 높이가 0.75~1.0 m의 경우에는 재령이 3일이 되기 전에, 리프트 높이가 1.5~2.0 m의 경우에는 재령이 5일이 되기 전에는 새 콘크리트를 이어 쳐서는 안 된다.

④ 콘크리트 타설을 장기간 중지하는 것은 가급적 피하되, 장기간 중지한 후에 콘크리트를 이어 칠 때는 표준 리프트의 반 정도 두께로 여러 층 두는 것이 좋다.

⑤ 인공냉각에 의한 온도조절, 온도조절에 유리한 현장조건 등 균열방지 대책이 있을 때는 균열을 일으키지 않는 범위에서 리프트 높이를 크게 해도 좋다.

(3) 가로이음

① 가로이음의 위치와 간격은 댐 지점의 기온, 높이, 콘크리트의 온도조절과 품질의 정도 등 직접 균열방지에 관계되는 요소와 공사용 플랜트의 능력, 기초의 지형, 지질, 수문의 경간 등 시공과 구조상의 여러 가지 사항에도 관계되므로 종합적으로 검토하여 결정한다.

② 가로이음의 간격은 일반적으로 15 m 정도로 하고 있으나, 공사용 플랜트의 능력을 증가시키고 댐 콘크리트의 품질개선, 온도조절 등에 의하여 간격을 크게 할 수 있으며, 균열방지 대책이 완벽할 경우에는 25 m까지 할 수 있다.

③ 가로이음의 간격은 다음의 조건을 고려하여 결정한다.

가. 온도균열의 발생을 방지하기 위해 필요한 길이

나. 효율적인 타설 작업을 시행하기 위해 필요한 길이

④ 가로줄눈의 간격은 보통 15 m로 하며, 댐 좌우안의 고정블록의 크기는 표준 가로이음 간격의 0.5~1.5배로 한다.

(4) 세로이음

① 세로이음은 댐축 방향으로 설치하는 이음으로 횡단면에 연직으로 설치하는 경우와 경사방향으로 설치하는 경우 또는 연직방향으로 지그재그(Zigzag)로 설치하는 경우가 있다. 연직 세로이음은 댐축 방향의 균열방지를 위해서 높은 댐에 설치되는 이음인데 이때 이음이 벌어진 상태로 두어서는 안 된다.

② 세로이음에는 이음 그라우팅을 하는 것이 원칙이며, 그라우팅을 하지 않는 경우에는 경사방향으로 세로이음을 설치하기도 하나, 이때는 이음을 주응력 방향으로 경사지게 하여 이음면에 생기는 전단응력을 최소로 한다.

③ 경사이음 및 연직방향으로 지그재그로 설치하는 세로이음의 경우 단면의 도중에서 그치므로 반드시 균열방지 대책을 준비한다.

④ 세로이음의 간격은 일반적으로 30~40 m 정도로 하고 있으며, 블록간 상・하류 방향의 길이를 보통 3.0~4.5 m정도 차이가 나도록 하는데 가로이음의 경우와 같이 콘크리트의 품질, 온도조절 등 균열방지 대책이 완벽하게 수립되었을 경우에는 그 간격을 크게 할 수 있다.

(5) 개방이음

댐 지점의 계곡형상, 기초지반의 결함 또는 콘크리트의 온도조절 등을 위하여 필요할 경우에는 비틀림이음, 전단이음, 온도조절이음 등을 설치한다.

(6) 이음의 구조

① 가로이음의 구조

가. 콘크리트댐에서의 가로이음은 일반적으로 치형(톱니)으로 설치하는데 이러한 치형은 소요전단력을 블록 간 확실히 전달하기 위하여 설치된다.

나. 가로이음면 중 상・하류 부근, 착암면 부근, 갤러리 부근 등 각각의 거푸집이 설치되는 구간은 치형을 생략한다.

② 세로이음의 구조

가. 콘크리트 중력댐에 설치하는 세로이음은 댐 제체의 일체성을 손실하기 때문에 댐 제체의 일체화와 안정을 증대시키기 위하여 이음부 그라우팅을 실시한다.

나. 세로이음에서 연직방향으로 작용하는 전단력의 전달을 확실히 하기 위하여 수평치형 이음으로 한다.

4.3.3 지수판 및 배수공

(1) 가로이음의 지수판

가로이음에는 지수판과 이음 배수공을 설치해야 하며, 지수판은 콘크리트의 부착력을 충분히 고려하여 수밀성과 내구성이 좋은 재료를 사용해서 신축작용에 적응할 수 있는 형상으로 한다.

(2) 이음 배수공

이음 배수공은 지수판의 하류측에 설치하여 지수판을 거쳐 흘러 들어온 누수를 모아 제체 내 통로(갤러리)내의 측구로 유도하는 것으로, 지수판에 의한 지수성의 판단과 가로이음 안으로 침입한 누수의 배제를 목적으로 설치한다.

(3) 지수판과 가로이음 배수공의 배치

① 가로이음의 상류면에 설치하는 지수판은 가로이음으로 유입된 누수를 확실히 지수하기 위하여 주, 부 지수판을 2중으로 설치한다.

② 가로이음의 지수판은 암착부에서 기초암반 내부까지 연장하여 지수를 확실하게 하며, 일반적으로 댐에서 사용하는 지수판의 폭은 400 mm를 표준으로 한다.

4.3.4 제체 부속구조물

(1) 일반사항

① 갤러리, 엘리베이터 샤프트, 공도교 등 제체의 부속구조물은 다음 3가지로 분류된다.

가. 일상적인 유지관리 및 점검 상 반드시 제체가 갖추어야 할 구조물

나. 제체 시공의 절차부터 부득이하게 설치하는 공사도중의 구조물

다. 제체의 외관상 설치해야 하는 것.

② 이상의 분류에 의해 제체 내・외 구조물로 분류하면 표 4.3-1과 같다.

표 4.3-1 제체 내·외 부속구조물

기능 / 설치위치	유지관리상 필요한 것	시공단계에서 일시적으로 필요한 것	외관상 필요한 것
제체 내 부속구조물	갤러리(Gallery) 조작실(Chamber) 배수설비 엘리베이터 샤프트 관측시설(플럼라인, 온도계 등)	제체 내 가배수로	
제체 외 부속구조물	풋팅(갤러리 출입구 등) 댐마루 도로 및 교량(공도교) 댐마루 조명설비 댐마루 게이트 개폐장치실 댐마루 배수설비	풋팅(그라우팅 때문에)	댐마루 경관시설

(2) 갤러리(Gallery)

① 댐 제체 내부에 갤러리를 설치하는 목적은 다음과 같다.

가. 댐 제체 내부에는 완성 후 방류설비의 조작

나. 제체 방류설비 등의 점검

다. 각종 기기에 의한 측정

라. 줄눈 등에서의 누수를 제체 안에서 외부로의 배수

마. 공사 중의 그라우팅 작업

바. 게이트 설치작업

사. 기초 배수공의 설치

아. 전기기기의 배선 등

② 갤러리는 그 설치 목적과 위치에 따라 다음과 같은 종류를 설치한다.

표 4.3-2 갤러리의 종류와 목적

명칭	목적	
	공사 중	완공 후
기초 갤러리 (Foundation Gallery)	• 기초 그라우팅 시공 • 기초 배수공 설치 • 시공관리	• 배수공의 설치 • 누수 배수설비의 설치 • 제체 내 구조물의 육안 점검 • 각종 기기의 조작 등
상단 갤러리 (Crest Gallery)		• 점검, 조작용, 기기설치, 배선
중단 갤러리 (Inspection Gallery, Gate Gallery)		• 조작용, 점검
상·하류 갤러리 (Cross Gallery)	• 시공관리	• 배수공 점검(양압력 측정 포함), 조작용, 배수

③ 갤러리를 설치할 경우에는 다음과 같은 사항을 고려하여 상류면에서의 거리를 결정하되, 적어도 상류면에서 3 m 이상 떨어져야 한다.

가. 하중에 의한 응력

나. 기초배수공의 상류면에서의 거리

다. 커튼 그라우팅과의 관계

라. 콘크리트 타설을 위한 시공 공간

④ 갤러리의 기초암반에서의 거리는 기준으로 정하기는 어려우나, 거리를 결정할 때는 기초암반의 성질과 상태, 시공법 등에 유의해야 하며 기초암반에서 갤러리의 바닥면까지의 최소거리는 1.5 m~2 m로 한다.

⑤ 갤러리의 단면 형상 중 천정부분은 반원형 또는 사다리꼴형이 가장 많이 사용되어지며, 단면은 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.

가. 보행 및 점검의 용이성

나. 보링작업을 위한 공간

다. 발생한 인장응력의 정도

라. 설치를 위한 시공성 등

⑥ 갤러리 주변의 응력 해석법은 유공무한판(有孔無限板)의 응력해석법과 2차원 유한 요소법으로 해석한다.

⑦ 갤러리 주변의 콘크리트에 대해서는 인장응력에 의해 발생하는 균열이 발생하는 것을 방지하기 위하여 통상 철근에 의한 보강을 실시한다. 철근량은 통상의 철근콘크리트 설계와 마찬가지로, 발생하는 인장을 모두 철근으로 담당하는 것으로 계산한다. 갤러리 주변의 배근은 계단부 콘크리트의 굵은 골재 최대치수와 콘크리트 타설 등을 고려하여 철근간격을 결정한다.

⑧ 갤러리내 계단의 최대 경사는 안전관리상 1 : 1.25 정도로 하나, 기초암반의 굴착형상에 의해 보다 급한 경사를 취해야 할 경우에는 1 : 1로 한다.

⑨ 갤러리에는 배수를 위해 측구를 설치하며 그 위치는 갤러리 상류측으로 한다.단면은 수량이 많아지는 기초 갤러리에서는 폭 30 cm, 깊이 30 cm, 상・중단 갤러리에서는 폭 30 cm, 깊이 20 cm로 하는 것을 표준으로 한다. 누수된 물은 기초 갤러리 중심부에 집수 피트(Pit)를 설치하여 제체 밖으로 배수한다.

⑩ 갤러리내의 조명기구는 누수, 습기, 결로에 대응할 수 있는 방수형의 절전형 형광등을 설치한다. 조명기구의 설치 위치는 사람 손이 닿을 수 있도록 2 m 정도로 하고, 편측(片側) 배열로 수리가 용이하도록 노출형으로 하며, 기구 및 배선은 간편하게 교환이 가능한 구조로 한다.

⑪ 갤러리의 출입구 구조는 풍우, 폭설 등이 들어오지 않는 구조로 하고 출입문의 재질은 내구성 등을 고려하여 설치한다.

⑫ 갤러리내의 기타 설비로는 비상시 안전 확보를 위하여 안내판, 전화 Outlet, 긴급 부저 등을 설치하고 높은 습도에 대한 대책을 마련한다. 또한 계측설비로 Plum Line을 설치하는 댐에는 측정실을 설치한다.

(3) 엘리베이터 샤프트(Elevator Shaft)

① 엘리베이터는 완성 후 제체 내 시설물 등의 유지관리를 목적으로 보통 높이 50 m 이상의 댐에 설치하나, 50 m 미만인 댐에도 필요시 설치할 수 있다.

② 엘리베이터는 기본적으로 제체 내 갤러리, 방류설비, 조작실, 관측실 등으로 연결이 편리하며, 방류설비 등의 주요 구조물에 지장을 주지 않고 기초 갤러리로의 접근이 쉬운 블록에 가능한 한 중앙부에 설치한다. 가로이음에 가까운 곳에 설치할 경우에는 시공성 및 응력집중을 고려하여 가로이음에서 3 m 이상 떨어지게 한다.

③ 엘리베이터의 적재량은 제체 안으로 반입이 예상되는 보수용 기구류, 보링 그라우트 기계류 등의 분해 가능한 중량과 크기를 고려하여 결정하며, 적재량은 750 kgf 정도, 승강속도는 60 m/min 정도가 표준이다.

④ 엘리베이터 샤프트는 방습이 되게 하고 샤프트 벽면은 이중구조로 한다.

⑤ 엘리베이터는 어느 층에서 멈추어도 습기가 적은 최상층으로 되돌아오게 한다. 또한 비상시에는 외부와 연락이 가능하도록 통신설비를 설치한다.

(4) 댐마루 구조물

댐마루 구조물은 일반적으로 다음과 같은 기능을 모두 갖추어야 한다.

① 댐의 관리상 필요한 기능

② 일반도로(지방도, 군도 이상)로 겸용될 때는 도로로서 요구되는 기능

③ 일반도로로 사용되지 않지만 개방될 때는 통로로서 요구되는 기능 등

(5) 풋팅(Footing)

① 풋팅은 댐 본체(기본 삼각형+필렛(Fillet)) 이외의 구조물로서 본체와 지반 법면과의 접점부에 수 미터의 두께로 시공되는 콘크리트 블록을 말하며, 풋팅의 설치 목적은 다음과 같다.

가. 암반보호

나. 그라우팅용의 공간 또는 거푸집 설치 등의 시공

다. 유지관리 점검을 위한 갤러리, 배수로 등 관리

라. 미관 등

② 풋팅은 설계상 하중을 분담시키는 단면이 아니기 때문에 그 크기는 계산이 아니라 설치 목적에 따라 결정한다.

③ 단, 풋팅에서 그라우팅을 할 경우에 풋팅과 본체 연결부의 균열 및 구조적 불안전은 댐체의 안정성에 영향을 주게 되므로 이에 대하여 검토한다.

4.3.5 계측설비

(1) 일반사항

콘크리트 중력댐의 계측설비에 대한 일반사항 및 기타 세부적인 사항은 KDS 54 30 00을 준용한다.

(2) 계측항목

① 콘크리트댐의 계측항목은 댐체의 온도, 변형, 응력, 침투량, 지진, 기초의 간극수압과 양압력 측정 등으로 계측기기별 세부사항은 표 4.3-3과 같다.

② 계측기기는 온도계, 개도계, 플럼라인, 응력계, 무응력계, 침투량계, 지진계, 간극수압계, 양압력계 등으로 댐의 규모, 기초지반, 안정해석 결과 등에 따라 조정할 수 있다.

표 4.3-3 콘크리트댐의 계측항목 및 목적

구분	계측 항목	계측기기명	측정되는 물리량	단위	계측목적
댐체	온도	온도계	콘크리트의 내부수화열	℃	콘크리트의 품질관리
	변형	개도계	이음부의 수축 변위량	mm	저수위 변동 등에 시공이음부의 상태 파악
		플럼라인	댐의 휨 변위량	mm	저수위 변동에 따른 댐체의 휨거동 파악
	응력	응력계	콘크리트의 내부응력	kN/㎡	저수위 변동 등에 따른 댐체의 응력분포 및 거동상태 파악
		무응력계	수화열에 의한 콘크리트 응력	kN/㎡	응력계 측정결과의 보정
	침투량	침투량계	댐체 및 기초를 통과한 침투수의 양	l /min	침투수에 대한 제체의 안정성 파악
	지 진	지진계	댐 높이별 응답가속도	cm/s^2	지진 시 댐의 거동파악
기초	간극 수압	간극수압계	댐 기초암반의 간극수압	kN/㎡	커튼 그라우팅의 차수효과 파악
	양압력	양압력계	댐체에 작용하는 양압력	kN/㎡	댐체의 안정성 검토

4.4 시공관련 설계 검토

4.4.1 온도규제

(1) 댐 콘크리트의 인공냉각의 주목적은 콘크리트의 온도상승을 억제하여 온도균열을 방지하는데 있다.

(2) 댐 콘크리트의 온도균열 발생에 대한 검토는 온도균열지수에 의해 평가하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 냉각방법은 댐의 규모, 댐 지점의 온도조건, 칠 때의 콘크리트 온도 등을 고려하여 결정하며, 보통 파이프 쿨링(Pipe-Cooling)과 프리 쿨링(Pre-Cooling)을 많이 이용한다.

4.4.2 기초굴착 및 처리

(1) 기초암반의 조사

① 댐 공사 착공 전 저수(貯水) 지역과 댐 지점 등에 대한 지질조사를 수행하여 정밀도가 높은 지질도를 작성한다.

② 기초암반의 상태와 성질을 확인하기 위하여 단층, 풍화정도, 표토 등의 상황을 다음과 같은 방법으로 조사한다.
가. 시추에 의한 조사
나. 시험갱에 의한 조사
다. 물리탐사에 의한 조사
라. 기타 방법에 의한 조사

(2) 굴착계획
① 댐 기초의 굴착범위와 심도를 나타내는 굴착계획면은 댐 형식과 규모에 따른 소요 강도 및 차수성 등을 고려하여 결정한다.
② 굴착계획은 기상, 지형, 지질, 계획토량, 굴착토의 처리 및 운반로, 타 공종과의 관계, 마무리 굴착, 공사환경, 안정성 등과 함께 관련 공종 상호간의 공정조정과 영향을 검토하여 수립한다.

(3) 굴착공법
① 기초굴착공법은 댐 지점의 지형, 지질, 기상 등의 조건 및 굴착량에 따라 달라지므로 효율적이고 안전한 굴착공법을 결정한다.
② 굴착 중에 최종 기초면을 해치지 않도록 천공(穿孔) 심도와 화약을 조정하여 제한발파를 실시하고, 최종 계획면은 브레이커 및 인력에 등에 의해 면고르기를 한다.

(4) 사토장
① 사토장의 위치는 부근의 지형, 운반거리, 버려야할 토량 등에 따라 결정하며, 사토량은 굴착에 의한 증가 용량도 포함한다.
② 버럭의 붕괴 유실로 인한 하류의 피해 유무도 검토하여 피해가 없도록 사토장의 비탈보호 등에 만전을 기한다.
③ 댐 상류에 버릴 때는 우기 시 가배수로에 유입되어 홍수소통에 지장이 없도록 한다.

(5) 댐 기초면의 정리
① 굴착 발파는 댐 기초면에 가까울수록 폭약량을 줄여서 암반을 손상시키지 않도록 한다.
② 기초암반은 하류가 다소 높은 완만한 톱니형으로 기초면을 정리한다.
③ 기초암반의 표면은 암반과 콘크리트가 완전히 밀착하도록 고압의 분사수 등으로 부석, 흙 등 유해물을 완전히 씻어내고 암반에 고여 있는 물도 없앤다.
④ 정리된 암반면은 장기간 방치해두면 풍화 등에 의하여 손실되므로 콘크리트 타설 공정에 맞추어 면고르기와 마무리를 한다.

(6) 기초 그라우트
① 천공기계는 그라우트공의 천공속도에 큰 영향을 미치므로 천공의 깊이 및 작업조건에 따라 적절한 형의 기계를 선정한다.

② 주입압력의 최대치는 상부암반의 중량, 암반의 물리적 성질, 시멘트 풀의 농도, 설치구조물의 중량 등에 따라 결정한다.

③ 그라우트의 농도는 암반의 균열상태, 공동의 크기에 따라 결정한다.

④ 그라우트 재료는 다음과 같은 성질이 필요하다.

가. 유동성이 좋고 압력을 가하면 작은 균열을 통과할 수 있도록 미세할 것

나. 응고한 후에 압축강도가 클 것

다. 응고할 때 수축량이 적을 것

⑤ 압밀 그라우트(Consolidation Grout)

가. 압밀 그라우트는 일반적으로 다음과 같은 암반에 시공한다.

(가) 댐 암착부에 차수성의 개량이 필요한 곳

(나) 균열이 심한 암반 또는 시임이 많은 곳

(다) 댐의 규모 및 구조의 특성상 큰 하중을 받는 기초 등

나. 주입공의 배치는 기초전면을 그라우트 시공구역으로 하며, 계획 주입압력으로 시멘트 풀이 사실상 주입되지 않을 때까지 시공한다.

다. 주입공의 깊이는 5 m를 표준으로 하지만, 연약한 부위의 깊이와 방향의 분포 등을 고려하여 적절한 깊이로 정한다.

라. 주입압력은 일반적으로 0.5 MPa 이하로써 암반이나 상부구조물의 변위를 가져오지 않도록 충분히 고려하여 결정한다.

⑥ 차수 그라우트(Curtain Grout)

가. 주입공은 댐 상류면에 가깝게 가능한 한 치밀한 간격으로 배치하되, 연속된 차수막이 형성되도록 1열 혹은 수열로 배치한다.

나. 예정 심도까지 천공하고 공중의 적당한 위치에 팩커를 설치하여 팩커에서 밑부분을 국부적으로 주입하고, 그라우트가 끝나면 팩커를 예정 위치까지 끌어 올려서 새로운 부분에 처음보다 낮은 압력으로 주입한다.

다. 주입공의 깊이는 수심을 기준으로 암반의 상태, 균열 및 시임의 정도 등을 고려하여 결정하고 보통 수심의 2/3 정도로 한다.

(7) 단층 및 시임(Seam)의 처리

① 기초암반의 단층, 현저한 시임 혹은 불량한 암반이 존재할 경우에는 누수의 원인이 되므로 연약부분을 제거하고 콘크리트로 치환하거나 또는 그 상태에 따라 적당한 공법으로 처리한다.

② 단층처리는 그림 4.4-1과 같이 보통 콘크리트 치환공법으로 하며, 치환의 규모와 심도는 약층의 위치, 방향, 규모, 강도, 변형성 등 댐과 기초의 안정성을 검토하여 결정한다.

콘크리트 중력댐

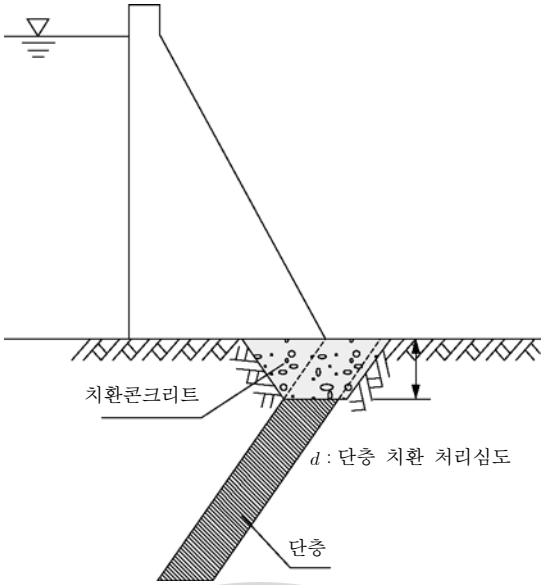


그림 4.4-1 제체 하류단 부근의 단층을
콘크리트에 의한 치환처리

③ 콘크리트 중력댐에서 하류단 부근의 단층 치환처리 심도는 다음 식 (4.4-1)으로 계산한다.

$$d = \frac{n \cdot H - f \cdot V}{2\sqrt{l+m^2} \cdot \tau_0 \cdot l} \qquad (4.4\text{-}1)$$

식에서, n : 전단마찰 안전율

H : $(B+2md+2b)$의 구간에 작용하는 수평력(kN)

V : $(B+2md+2b)$의 구간에 작용하는 수직력(kN)

B, b : 그림 4.4-2에 표시한 각각의 길이(m, b는 통상 0.5 ~ 1.0 m)

f : 내부마찰계수(암반의 f와 콘크리트의 f 중 작은 값)

τ_0 : 전단강도(kN, 암반의 τ_0와 콘크리트의 τ_0 중 작은 값)

l : 콘크리트 치환길이(m, 통상 댐 하류 기초단부 폭)

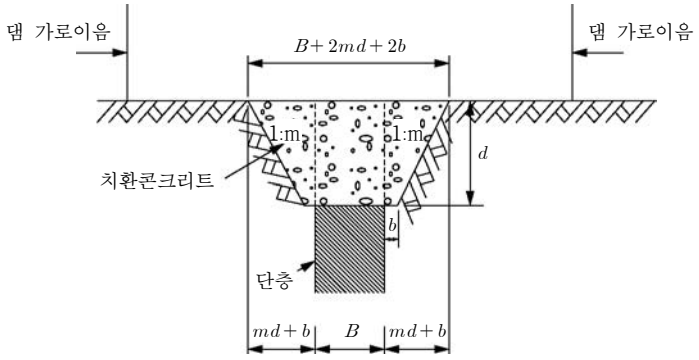


그림 4.4-2 댐축과 직각에 가까운 각도의 단층을
콘크리트에 의한 치환처리

4.4.3 시공설비

(1) 시공설비 계획

① 시공설비는 댐 축조라는 목적을 달성하기 위한 수단이며, 투자효과를 충분히 고려한 후 가장 합리적이고 경제적인 방법을 채용한다.

② 시공설비 계획은 댐 지점의 지형, 지질, 기상조건, 댐의 규모, 공기, 공사비 등에 의하여 많이 달라지며, 시공 중에도 연구 검토하여 경제적이고 능률적인 시공이 가능하도록 설비계획을 수정해 나가야 한다.

(2) 시공설비 용량 결정기준

① 시공설비 용량은 예정된 공기 내에 콘크리트 타설이 완료될 수 있도록 그 규모를 정한다.

② 골재관련 설비

가. 사용하는 골재가 천연골재 또는 쇄석일 때 그 채취장은 댐 지점에서 가깝고 운반에 편리한 곳이라야 하며, 채취량은 채취, 운반, 파쇄 및 제조 작업에 따른 손실 등을 고려하여 정한다.

나. 골재를 채취장에서 댐 지점까지 운반하는 방법은 그 거리, 고저차, 운반량 등에 따라 정해지며, 수송능력은 충분한 여유가 있어야 한다.

다. 골재 제조설비의 능력과 배치는 콘크리트의 시방배합과 콘크리트 타설 공정계획을 근거로 하며, 원석의 성질을 참고로 하여 결정한다.

라. 댐 공사 중에 발생하는 탁수는 모두 처리를 하여 규제 기준치 이하로 세정하여 재사용하거나 방류한다.

마. 골재 저장설비의 용량은 콘크리트 타설공정에 지장을 주지 않도록 여유있게 한다.

③ 시멘트관련 설비

시멘트 Silo의 용량은 시멘트 공장에서 댐 지점까지의 수송의 신뢰도에 의해 결정되지만, 일반적으로 최대 타설 월의 일평균 타설량의 2~4일분을 확보해 둔다.

④ 콘크리트 혼합설비

콘크리트의 혼합은 배치플랜트(Batcher Plant)로 실시하며, 배치플랜트는 개별 계량, 전자동형을 이용한다. 배치플랜트의 설비능력은 댐의 규모 및 기타 조건 등을 기초로 전체 공정과 타설 공정을 충분히 검토하여 콘크리트 운반・타설설비에 대하여 여유가 있게 한다.

⑤ 콘크리트 운반설비

콘크리트 운반설비는 지형, 지질, 운반거리, 댐 규모에 대한 타설능력, 환경성, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

⑥ 콘크리트 냉각설비

콘크리트를 타설할 때 콘크리트 혼합 및 양생 중 외기 온도의 영향 및 콘크리트 자체에 발행하는 열을 냉각시키기 위하여 냉각설비를 설치한다.

콘크리트 중력댐

집필위원	분야	성명	소속	직급
	하천댐	이재웅	아주대학교	교수
	하천댐	윤용진	㈜도화엔지니어링	부사장
	하천댐	차대욱	㈜다산컨설턴트	부사장
	하천댐	장석환	대진대학교	교수

자문위원	분야	성명	소속
	하천댐	이경기	㈜도화엔지니어링
	하천댐	양현모	㈜도화엔지니어링
	하천댐	신희범	㈜삼안
	하천댐	노진수	제일엔지니어링

건설기준위원회	분야	성명	소속
	하천댐	전세진	㈜도화엔지니어링
	하천댐	장봉석	한국수자원공사
	하천댐	김형수	인하대학교
	하천댐	오규창	㈜이산
	하천댐	이상렬	㈜이산
	하천댐	이상만	동부엔지니어링(주)
	하천댐	최성욱	연세대학교
	하천댐	이준근	한국수자원공사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	김영환	한국시설안전공단
	이지원	㈜한국종합기술
	조경준	㈜대경이앤씨
	윤여승	평화엔지니어링
	신영호	한국수자원공사
	임건묵	한국수자원공사
	심명섭	그룹K

국토교통부	성명	소속	직책
	우정훈	국토교통부 수자원개발과	서기관
	오세찬	국토교통부 수자원개발과	사무관

설계기준
KDS 54 50 00 : 2016

콘크리트 중력댐

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

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

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