

KDS 67 10 45 : 2018

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 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 45 : 2018으로 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 45 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> • 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비 • 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심 의위원회 심의·의결 	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 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호 정의	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	1
4.1 물넘이	1
4.2 취수시설	17
4.3 어도	31

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

1. 일반사항

1.1 목적

- 내용 없음

1.2 적용 범위

- 내용 없음

1.3 참고기준

- (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

2. 조사 및 계획

- 내용 없음

3. 재료

- 내용 없음

4. 설계

4.1 물넘이

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

- (1) 물넘이는 댐의 계획저수량 이상으로 유입되는 설계홍수량을 자연하천으로 안전하게 유하시키는 구조물이다. 물넘이를 유하하는 유수의 수세를 완화시킬 필요가 있는 경우에는 적당한 감세공을 설치하도록 한다. 물넘이는 댐의 제체 및 기초지반에 지장을 주지 않는 구조로 한다.

4.1.1 위치 및 규모

- (1) 물넘이의 위치는 댐과 떨어진 저수지 주변이 가장 적당하나 그렇지 못할 경우에는 물넘이 자체의 안전은 물론 댐 본체의 안전과 경제성 등을 고려하여 위치를 선정해야 한다. 댐 설계 홍수량을 안전하게 유하시킬 방류능력을 갖는 물넘이를 설치해야 한다.

4.1.1.1 물넘이 계획

- (1) 물넘이는 댐의 계획저수량을 초과하는 홍수량을 안전하고 효율적으로 방류할 수 있도록 하는 수로를 말한다. 물넘이는 수리학적으로 유리하고 구조상으로 안전해야 하며, 물넘이 방류수의 높은 에너지에 대한 하류의 침식과 세굴을 방지하는 시설을 물넘이 끝부분에 설치해야 한다.
- (2) 물넘이 월류부는 현지 지형과 암반 추정선을 고려하여 등고 방향으로 설치함으로써 절토량이 최대한 적게 되도록 계획하고, 방수로는 자연경사와 제당 성토경사면을 고려하여 최대한 연장이 짧고 방류수가 하천방향으로 흐르도록 하며, 방수로 끝의 정수지는 홍수 유하에 의한 충격에도 안전하도록 철근콘크리트로 계획한다.
- (3) 특히, 물넘이는 콘크리트 구조물로서 주변경관과의 조화를 고려하는 식재 방안을 검토한다.

4.1.1.2 물넘이 위치

- (1) 필댐의 물넘이 위치 선정에 있어서는 지질적 요인을 우선 고려하고, 그 외에 지형조건, 수리조건, 다른 시설과의 관련 및 재료의 유용 등 종합적인 면에서 고려하도록 한다.

4.1.1.3 설계 홍수량

- (1) 저수지의 물넘이 설계에 사용되는 설계홍수량은 200년도 빈도 홍수량 또는 기왕최대 홍수량 중에서 큰 값을 선택하며 필댐의 경우 이 값에 20 %를 가산한 값을 사용한다.
- (2) 일정규모(유역면적 2,500 ha, 저수용량 500만 m^3 수준) 이상으로 붕괴 시 인명과 재산에 피해가 클 것으로 예상되는 필댐에서는 가능최대홍수량(PMF)을 설계홍수량으로 적용할 수 있다.
- (3) 또한, 홍수조절을 하는 일정규모(설계홍수량 500 m^3/s 수준) 이상 저수지는 필요에 따라 수리모형실험을 통하여 홍수배제능력을 검토한다.

4.1.1.4 물넘이 규모

- (1) 물넘이 규모는 댐 취수시설 등과 관련하여 댐 전체의 계획이 가장 경제적으로 완성 되도록 결정해야 한다. 물넘이의 규모는 물넘이 깊이와 물넘이 폭으로, 공사비와 최고 저수면, 월류 수심의 관계를 이용하여 결정할 수 있다.
- (2) 물넘이 단면은 어느 부분이나 계획홍수량을 안전하게 통과시킬 수 있는 충분한 크기로 설계되어야 한다.
- (3) 물넘이 용량을 결정하려면 유입홍수량곡선, 저수량곡선과 물넘이 유출량곡선이 필요하다. 여기서 유출량곡선은 물넘이 크기와 형식에 따라 다르다. 일반적으로 물넘이 유량은 수심의 증가에 따라 증가하나, 수문조작에 의해서도 유출량이 변화될 수 있다.

4.1.2 물넘이 형식

- (1) 물넘이 형식은 댐의 형식이나 구조 등을 고려한 후에 안전성, 경제성, 유지관리의 방법 등에 따라 결정된다.
- (2) 물넘이 형식은 댐 전체, 물넘이 관련 구조 등 여러 가지의 조합을 고려하여 가장 합리적인 물넘이 제원을 결정하는 방법을 선택하도록 한다. 물넘이 형식, 수리구조적 특성, 위험도등에 따라 문제점이 있는 경우에는 비상 물넘이 설치를 검토한다.

4.1.2.1 물넘이의 구성

- (1) 물넘이는 접근수로, 조절부, 급경사수로(방류부), 감세공 및 출구수로 등으로 구성되며, 각 부분은 설계홍수량을 안전하게 유하시킬수 있는 단면을 가져야 한다. 물넘이 형식은 댐의 형식이나 구조 등을 고려한 후에 안전성, 경제성, 유지관리의 방법 등에 따라 결정된다.

① 접근수로

가. 물넘이에서 접근수로는 저수지로부터 조절부에 이르는 수로를 말한다. 저수지에서 물넘이 조절부까지를 도수해야 하는 지형, 즉 댐접안부, 산등성이 또는 안부(鞍部)에 설치되는 경우에 접근수로가 필요하다. 접근수로에서의 손실수두를 최소로 하기 위하여 유속을 제한해야 하고 수로의 곡률도 완만하게 해야 한다.

② 조절부

가. 조절부는 저수지로부터 방류시 유출을 조절하는 것으로 물넘이의 주요 부분을 형성하며, 일반적으로 유입부에서부터 이행부를 포함한 급경사수로 시점까지를 말한다. 조절수문의 유무에 따라 조절형식과 비조절형식이 있고, 조절부의 수리특성에 따라 월류식, 측수로식, 선굴식 등이 있으며 각각 장단점이 있으므로 저수지의 규모, 목적, 공사비 및 완전한 유지관리의 가능성 등 여러 가지 관련된 요소를 고려하여 조절부의 형식을 결정해야 한다.

③ 급경사수로

가. 급경사수로로는 물넘이 조절부의 끝에서부터 감세공 시점까지를 말하며, 개수로,

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

암거, 터널, 이들의 병용 등이 있다. 방수로가 설치되는 산바닥의 비탈이 완만하고, 깊이 굴착하지 않더라도 경암반이 지표면에서 얇을 경우에는 일반적으로 개수로식이 유리하며, 지형이 약간 불리하여 어려운 점이 있더라도 가능하면 이 형식을 채택하는 것이 수리적 및 구조적으로 바람직하다. 그러나 굴착량이 많아 비경제적인 경우 또는 방수로를 임시배수로의 일부로 이용하는 경우에는 터널식 또는 개수로와 터널병용식을 선택할 수 있다.

④ 감세공

가. 감세공은 급류부의 빠른 유속을 가진 흐름으로부터 댐하류단의 침식과 세굴의 방지와 아울러 인접한 구조물에 손상을 주지 않고 원래 하천에 유하시킬수 있도록 하기 위한 시설로서 현지 상황에 따라 방사식, 정수지식, 롤러버킷식, 플립버킷식 등이 적용된다.

⑤ 출구수로

가. 출구수로는 감세공에서 높은 에너지를 잃어 버린 흐름을 감세공 하류끝에서 자연하천으로 유하시키기 위한 수로를 말한다.

4.1.2.2 물넘이 형식

- (1) 물넘이는 수리학적으로 유리하고 경제적이며 구조상으로 안전한 형식이어야 한다. 따라서, 가능하면 직선개수로형으로 하는 것이 좋으며, 비조절형을 채용하는 것을 원칙으로 한다. 조절형의 물넘이는 계획홍수량이 매우 커서 연장이 길고 수심이 얕은 것으로 인하여 비경제적인 경우에 조절형이 유리하게 된다.
- (2) 물넘이의 형식은 댐 전체, 물넘이 관련 구조 등 여러 가지의 조합을 고려하여 가장 합리적인 물넘이 제원을 결정하는 방법을 선택하도록 한다. 특히, 지형과 지질조건, 다른 시설과의 관련성을 고려하여 제체 월류식과 자유낙하식을 제외한 다른 모든 형식을 검토하고 수리학적으로 가장 안정되고 경제적인 형식을 선정한다.
- (3) 유수가 댐의 제체를 월류하는 것은 절대로 안되므로 물넘이는 대단히 중요한 구조물이다. 따라서, 물넘이의 능력을 검토함에 있어서는 수리모형실험에 의하는 것이 바람직하다. 특히 유입부가 나팔형이거나 오리피스식인 경우 및 도류부가 터널식 경우에는 수리학적으로 충분한 검토가 필요하다.
- (4) 물넘이 형식은 조절형과 비조절형으로 구분하고, 다시 개수로형과 관수로형으로 세분하며, 각각 저수지 규모, 목적, 공사비 및 완전한 유지관리의 가능성 등 여러 가지 관련된 요소를 고려하여 물넘이 형식을 선정해야 한다.
- (5) 보통 물넘이 형식의 종류에는 수문조작에 의한 조절형 물넘이, 자유낙하식, 월류식(ogee), 측수로식, 슈트(chute)식, 나팔형식, 암거식, 터널식, 사이펀(siphon)식 등이 있다.

4.1.2.3 물넘이 마루 수문 (crest gate)

- (1) 물넘이는 댐의 운용상 수문에 의한 조절을 계획하는 경우가 있다. 그러나 이 방식의

채택여부, 형식 및 치수의 결정은 조절시설의 유량특성, 기후, 홍수의 빈도와 특성, 방류에 대한 제약, 유지관리의 체제와 조직, 유지관리비(계측, 기록장치, 예측과 제어장치, 통신연락시설, 정보시설등의 유지와 인건비) 등의 제 조건을 충분히 검토해야 한다. 또한 저수지 조절시설로서의 기능, 신뢰성 및 안전성 등 모든 관계요소를 고려해야 한다. 특히 수문의 동력이 고장난 경우의 예비 동력의 병설을 잊어서는 안된다.

① 물넘이 마루 수문의 설치

가. 물넘이 월류부에 마루 수문을 설치하는 경우에는 유출특성, 댐형식 및 관리체제 등을 충분히 검토해야 한다.

② 물넘이 마루 수문의 규모

가. 물넘이 월류부의 수문 규모는 신중이 검토하여 결정해야 한다.

③ 물넘이 수문과 댐마루 구조물

가. 물넘이 유입부에서의 월류수맥은 공기연행과 저수지 수면의 변동에 의하여 진동이 생기는 것, 부유물에 의한 폐쇄 또는 수문 권양기 불가능 등에 의하여 저수지 수위가 이상 상승하므로써 댐 하류의 범람, 제체의 비월류부에서의 월류, 수문 및 교량 등 댐 마루의 주요구조물이 파괴되는 일이 있다. 이에 대응하기 위하여 월류형 물넘이의 인상식수문의 최대 인상시에 수문의 하단 및 월류형 물넘이에 부속하여 설치하는 교량, 권양기, 그 외의 댐마루 구조물은 설계홍수위로 방류되도록 한 유수의 월류수면에서 1.5 m 이상 거리를 두는 것으로 한다. 다만, 설계홍수량의 유수가 물넘이를 유하하는 경우 월류수심이 2.5 m 이하인 경우는 월류수면에서 1.0 m 이상 떨어져 있으면 된다.

나. 설계홍수위의 부분에 최대인상시의 게이트의 하단 및 월류형 물넘이에 부속되어 설치된 교량, 권양기, 기타 댐마루 구조물이 있어서는 안된다.

④ 비상물넘이

가. 필댐에서 물넘이의 형식, 수리구조특성, 홍수유량 계산의 정밀도중에서 어느 것이나 문제점이 있는 경우에는 비상물넘이의 설치를 검토해야 한다.

나. 비상 물넘이는 물넘이가 어떤 원인으로 소정의 홍수능력을 발휘할 수 없을 경우가 예상되는 때에 정상 물넘이와는 별도로 또는 동시에 작동하여 제체 안전을 확보하기 위하여 설치하는 방류시설로, 물넘이 형식이나 조작방법 등에 의하여 필요에 따라 검토한다.

다. 비상용 물넘이의 방류량 및 월류부의 표고와 설치위치 등은 각각의 댐에 대한 제요소를 검토한 후에 설계하도록 한다.

4.1.3 수리설계

4.1.3.1 접근수로

(1) 접근수로는 수심을 크게 하고 유속을 작게 하며, 유수의 방향으로 유속의 변화를 완만하게 하여 흐름에 교란을 일으키지 않도록 한다. 접근수로의 수리조건은 다음과 같다.

① 접근수로에서 유속이 과대하면 유입손실수두가 커질 뿐만 아니라 충격파가 발생하

여 수면이 동요하고 공기가 혼입하여 통수능력을 저하시키며, 흙모래가 유입하므로 안정적인 수리현상을 위하여 접근수로 유속은 4 m/s 이하로 한다.

- ② 접근수로에서의 평면형은 흐름에 교란이 생기지 않도록 물넘이를 향하여 완만하게 점차적으로 축소시킨다. 접근수로의 흐름상태는 조절부 하류에서의 흐름상태에 영향을 미치는 일이 있으므로 평면형의 결정에는 신중을 기해야 한다. 특히 슈트형 물넘이의 일부 형식에서는 조절부의 정류작용이 약하여 접근수로에서 발생한 편류가 방수로나 감세공까지 계속되어 감세공의 기능을 감소시키는 수가 있다. 따라서 큰 물넘이에 대해서는 수리모형실험 등을 통하여 흐름의 상태를 개선할 필요가 있다.
- ③ 접근수로 수심은 월류수심, 월류계수, 유량 등을 고려하여 결정하며, 물넘이 웨어마루에서 접근수로 바닥까지의 깊이는 적어도 웨어마루에서의 설계수두의 1/5 이상이 되도록 한다. 일반적으로 월류수심은 0.8~1.2 m가 적당하다.

4.1.3.2 조절부

(1) 월류웨어

- ① 물넘이의 배수능력은 접근수로, 조절부, 방수로 등 각부의 능력에 따라서 영향을 받는다. 방수로는 지형상 급경사일 경우가 많기 때문에, 또 물넘이 능력은 조절부의 크기에 지배되는 경우가 많고 조절부 유입구에서 한계수심이 될 때가 많다. 조절부에 곡률반지름이 작거나 하류이행부나 방수로의 형상이 특수한 경우에는 수리모형실험을 하여 능력을 확인해야 한다.

(2) 측수로형 물넘이 설계

① 일반 설계사항

- 가. 측수로형 물넘이는 설계 홍수량에 대하여 웨어의 어느 부분도 수중웨어가 되지 않도록 설계해야 한다. 또한 최대수위에 대하여 측수로내의 수면이 그 최상류단에서 월류수심의 2/3 보다 높지 않도록 설계되어야 한다.
- 나. 물넘이 측수로의 단면으로는 사다리꼴이 가장 보편적이다.

② 수리설계

- 가. 측수로형 물넘이 수리설계에는 Hinds 설계이론이 가장 널리 적용되고 있다.

③ 측수로 단면의 설정

- 가. 측수로의 단면형을 결정하는 경우는 설계조건에서 수리적으로 가장 유리한 단면과 지형을 고려하여 굴착단면을 최소로 하는 방법 등이 고려되어 왔다.
 - (가) 측수로의 월류측 기울기는 1 : 0.7, 대안(보통 원지반측)은 직벽으로 한다. 단, 지형의 상황 등에 의하여 대안을 직벽으로 하는 것이 부적당한 경우는 적당한 기울기를 정한다. 이 경우 모형실험 등에 의하여 제원을 정한다.
 - (나) 측수로의 바닥 경사는 $I \leq 1/13$ 으로 한다.
 - (다) 측수로 말단의 바닥 나비 B와 수심 d와의 비는 $d/B = 0.5$ 정도가 바람직하다.

(라) 측수로 말단의 프루드수(Fr)는 0.5 이하로 한다. 일반적으로 0.44정도가 바람직하다.

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \dots\dots\dots (4.1.1)$$

여기서, D : 수리수심(= A/T), A : 단면적, T : 수면나비

(마) 측수로 상류단 수위(웨어마루 기준)를 월류수심의 1/2.5 이하로 한다.

(바) 측수로에 연속되는 완경사 방수로는 ④의 조건을 만족하도록 충분히 완만한 경사를 준다.

(사) 측수로에 연속되는 완경사 방수로 말단에 월류웨어를 설치하여 급경사 수로에 접속한다.

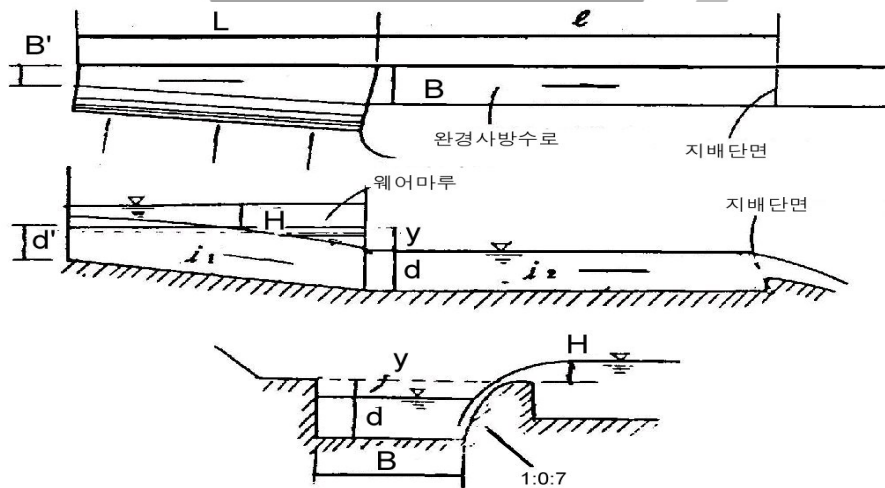
(아) 측수로와 완경사 방수로와의 접속부에서의 월류측의 측벽은 점축, 급축의 어느 것이라도 좋다.

④ 측수로 내 수면형의 계산과 물넘이 치수의 결정

가. 측수로 물넘이의 수면형계산은 운동방정식에 의한다. 지금 측수로 임의의 구간간에 대하여 구간 상류단에 있어서의 운동량에 그 구간내에서의 증가운동량을 더한 것은 구간하류단에서의 운동량과 같아야 한다.

$$\Delta h = \frac{Q_1(v_1 + v_2)}{g(Q_1 + Q_2)} \left(\Delta v + \frac{q \cdot v_2 \Delta x}{Q_1} \right) \dots\dots\dots (4.1.2)$$

여기서, Δh : Δx 구간 수위상승량, Q_1 : 하류단면의 유량, Q_2 : 상류단면의 유량,
 v_1 : 하류단면의 평균유속, v_2 : 상류단면의 평균유속,
 q : 단위폭당의 유입량 (이 때는 월류량), Δv : $v_1 - v_2$, g : 중력가속도



<그림 4.1-1> 측수로형 물넘이

나. 이 식에 의한 계산은 하류에서 상류로 향하여 진행한다. 위 식의 우변에 마찰손실의 항을 더한 계산식도 있으나 측수로내에서의 심한 수면동요를 생각한다면 마찰손실의 항은 그다지 중요하지 않다.

다. 상기 식으로 수면추적을 하려면 시산법에 의한다. 먼저 Δh (식 2)를 가정하고

이로부터 구해지는 상류단면의 수리량 A_2 , V_2 와 Δh 를 산출하여 이 값이 가정한 값과 일치할 때까지 계산을 되풀이한다. 수면형 중 가장 높은 수위에 대하여 물넘이 웨어마루에서의 월류가 완전월류의 조건을 만족시키도록 웨어마루고에서, 측수로 하류단 바닥면표고를 정한다. 현지조건이 이를 만족시키지 못하면 수로 폭 B, 수로장 L, 경사 I 등을 바꾸어 이 조건을 만족하도록 한다.

(3) 나팔형

- ① 유입부 형식에서 나팔형은 저수지속에 수몰되어 있는 기초지반이 양호한 언덕을 이용하여, 여기에 탑을 세우고 이 상부 원주를 월류시키는 것이다.
- ② 이 형식은 탑을 월류한 흐름이 터널 또는 관로를 통하여 댐하류로 방출된다. 이 형식의 흐름의 형상은 월류 바닥의 직경과 관로의 규모 및 유량에 따라 변화한다. 특히 터널 또는 관로가 만류로 되었을 경우에는 관수로의 흐름으로 되어 유량계수는 급격히 감소한다. 또 수리구조의 특성에서 유황은 월류, 오리피스 및 관수로 등의 흐름으로 변화하며, 오리피스에서 관수로의 흐름으로 이행될 때에는 대단히 불안정한 유황을 나타낸다. 따라서 이 형식을 채용하는 경우에는 실험에 의한 확인이 필요하고 홍수시는 유목 등이 유입되지 않도록 하는 시설을 생각해야 한다.

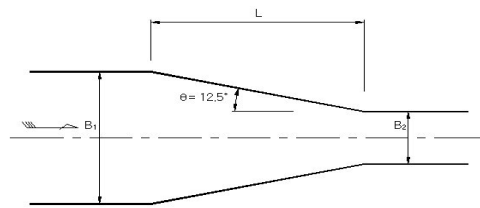
(4) 오리피스식

- ① 오리피스식 유입부에 있어서는 오리피스내의 유황은 상류측수위에 따라 자유 월류 상태에서 관수로흐름 상태로까지 변화하며 양자의 변이구간에서는 관내 흐름이 불안정하여 유량도 안정되지 못하므로 오리피스의 배치와 설계에 는, 상시 사용하는 상태에서 이와 같은 유황이 가급적 일어나지 않도록 고려하는 것이 좋다. 오리피스의 유량계수는 유황에 따라 유출기구도 달라서 일률적으로 표시할 수 없음으로 모형실험 또는 기존의 실례에 의하여 정한다. 오리피스 및 이의 부대 구조물의 설계는 조작수두가 2.5 m 정도 이내인 경우는 월류식 유입부에 준하고 그 이상인 때는 방류관의 취급에 준한다.

(5) 이행부

- ① 물넘이의 이행부는 조절부로부터 유하량으로 인하여 조절부 상류에 불리한 수위상승 또는 저하배수가 생기지 않도록, 또 이행부내에 불리한 수면저하, 심한 난류가 일어나지 않고 유하하도록 설계해야 한다. 예상되는 이상홍수량에 대하여도 수위 유량곡선 등이 현저히 변동하지 않도록 해야 한다.
- ② 급경사 물넘이에서 조절부는 댐과 직접 연결되므로 월류수심이 제한을 받지 않도록 일반적으로 폭을 넓게 한다. 측수로 물넘이의 수로는 보통 비대칭 사다리꼴 단면이기 때문에 급경사수로 단면으로는 적당치 못하다. 따라서 경제적 물넘이를 설계하려면 조절부와 급경사수로 사이에 이행부를 설치한다.
- ③ 이행부 평면의 모양은 급경사수로의 흐름과 물넘이의 방류능력에 큰 영향을 미치므로 편류를 방지하고 안정된 흐름을 유지하도록 조절부, 이행부, 급경사수로가 동일축에 있도록 해야 한다.

- ④ 이행부 흐름이 비교적 급류인 경우는 <그림 4.1.-2> 이행부의 폭변화 와 같이 이행부 시점과 종점의 최외측 유선을 연결하는 직선이 수로중심선과 거의 $12^\circ 30'$ 의 각을 취한다. 지형상 축폭각도를 이 이상 취해야 할 때는 흐름의 개선을 위하여 수리모형실험이 필요하고 설계에서는 이행부에서의 수리능력 변화를 충분히 검토해야 한다. 유량이 변동함에 따라 조절부 이외에 새로운 지배단면이 생겨 이 점의 수리능력이 여수로 전체의 수리능력을 규제할 가능성이 있으므로 이와 같은 평면형을 설계함에 있어서는 종단면형의 결정이 특히 중요하다.



<그림 4.1.-2> 이행부의 폭변화

- ⑤ 수리계산은 평면형의 결정과 함께 이행부 종단형상의 필요한 수리능력을 확보하는 관점에서 중요하므로 전기한 사항들을 고려하여 에너지식에 의하여 결정한다. 이행부에서 수면이 역경사 또는 극단적으로 감소되는 평면 및 종단형상은 피해야 한다. 이행부에서의 종점의 바닥표고 Z_c 는 다음과 같이 결정한다.

$$z_e + y_e + \frac{V_e^2}{2g} = Z_c + y_c + \frac{V_c^2}{2g} + h_L \dots\dots\dots (4.1.3)$$

여기서, y_c : 천이부 말단 한계수심, y_e : 천이부 유입구 수심,

V_c : 천이부 말단 한계유속, V_e : 천이부 유입구 유속,

h_L : 총손실수두(단면변화 + 마찰 + 기타)

4.1.3.3 방수로

- (1) 측수로 및 급경사 방수로는 원활한 홍수배제를 위하여 가급적 직선형으로 계획하며 지형상 부득이하게 만족시켜야 할 경우 또는 특별한 형태의 물넘이 구조는 수리모형 실험을 통하여 홍수배제능력을 검토하도록 한다. 방수로의 기초지반은 반드시 견고한 암반지반에 계획하며 지질조건상 부득이한 경우는 콘크리트 등으로 치환하여 기초지반의 세굴 및 이완이 없도록 한다.

① 방수로 형상

가. 물넘이 방수로는 조절부에서 유입하는 홍수량을 안전하게 유하시키도록 하는 것으로 공사의 경제성과 구조물의 안정성을 유지하기 위하여 다음 사항에 유의해야 한다.

(가) 방수로의 수리학적 흐름 상태를 좋게 하기 위하여 직사각형 단면과 커브가

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

적은 평면형으로 측벽을 평행하게 하여 수로 단면 내 유수가 균일하게 흐르도록 직선으로 한다.

- (나) 수로 기울기는 상류부에서는 완만하고 하류부에서는 급하게 하는 것을 원칙으로 하고 감세공에 유도되도록 한다.
- (다) 기울기를 변화시키려면 수맥이 수로바닥에서 떨어지지 않게 사류 유로를 설치한다.
- (라) 암거 또는 터널에서의 만류를 피하고 이행부에서는 설계유량에 대한 수면 계산을 터널 또는 암거높이의 1/2 이하로 하는 것을 원칙으로 하고, 등류 또는 이와 비슷한 경우에는 약 0.7배 이하로 유지해야 한다. 부득이 만류시킬 때에는 만류구간을 짧게 한다.
- (마) 수로 바닥의 경사 변환에 있어 철(凸)형인 연직곡선을 삽입할 때는 흐름이 수로바닥에서 분리하는 것을 막기 위하여 단면의 평균유속을 시점의 유속으로 한 포물선으로 한다. 또 철형인 연직곡선을 삽입할 때는 흐름의 원심력에 의한 수로바닥으로의 동수압을 작게 하기 위하여 곡률반경을 충분히 크게 한 곡선으로 해야 한다.

② 수리계산

가. 방수로의 수면추적은 한계수심이 발생하는 방수로 시점 또는 이행부 시점으로 부터 Bernoulli 정리를 적용하여 수면을 계산한다.

나. 개수로의 종단경사의 변환에 있어 철형인 연직곡선을 삽입하는 때는 다음과 같은 포물선 식으로 한다.

$$y = x \tan \theta + \frac{Kx^2}{4h_v \cos^2 \theta} \dots\dots\dots (4.1.4)$$

여기서, y : 종거 (원점은 방사류부 기점으로 한다), x : 횡거,

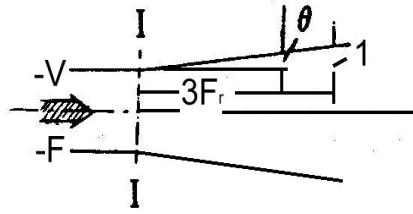
h_v : 방사류로 기점의 속도수두, θ : 방사류 기점에서의 수로의 경사각,

K : 중력에 의한 가속도가 방사류의 운동에 작용하는 비율 (보통 0.5 이하)

다. 방사류부 구간길이는 지형여건을 감안하여 결정하고, 방수로의 확대나비의 각도는 다음의 한계각도 이하로 한다.

$$\tan \theta = 1 / (3F_r) \dots\dots\dots (4.1.5)$$

여기서, θ : 확대나비 각도, F_r : 프루드 수로(= V / \sqrt{gd})



〈그림 4.1.-3〉 사류수로의 확폭

- 라. 급경사수로를 부득이 만족시켜야 할 경우에는 흐름이 상류상태에 있는 부분에서 만족시킨다. 이 경우에 원심력에 기인하는 편수위 상승 및 흐름의 교란은 피할 수 없으므로 그 양을 작게 하기 위하여 될 수 있는 한 큰 곡률반경으로 만족시키는데 수면폭의 10배 보다 작은 곡률반경의 만족은 좋지 않다. 횡단수면이 수평면과 이루는 각을 θ_c , 수로중심선의 곡률반경을 r , 유속을 V 라면 다음과 같으며, 이 수위상승에 대해서 안전한 측벽고로 설계해야 한다.

$$\tan \theta_c = 2V^2 / gr \dots \dots \dots (4.1.6)$$

- 마. 수로만곡부에 있어서 충격파를 소거하는 방법으로는 수로바닥에 다음 식에서 얻어지는 횡단기울기를 준다.

$$\tan \beta = \frac{V^2}{gR} \dots \dots \dots (4.1.7)$$

여기서 θ : 수로바닥의 경사각

- 바. 일반적으로 고속류의 도류부에서는 공기혼입 현상이 발생하고 공기의 혼입에 의하여 수면이 상승함으로 모형실험 및 계산에 의하여 구한 수위를 보정해야 한다. 공기 혼입량은 다음 식과 같이 표시된다.

$$m = \frac{1}{200} \frac{V^2}{gh_{na}} b \dots \dots \dots (4.1.8)$$

여기서, m : 혼입된 공기량과 수량의 비, V : 유속 (m/s),

h_{na} : 수심 (공기가 혼입된 수심), g : 중력가속도

- 사. 급경사수로 여유고에 대하여 제안된 USBR 계산식은 다음과 같다.

$$F_b = 0.6 + 0.037 V d^{1/3} \dots \dots \dots (4.1.9)$$

식에서, F_b : 여유고 (m), V : 유속 (m/s), d : 수심 (m) 이다.

여기서 수심, 여유고는 모두 급경사 수로바닥의 비탈면에 수직으로 취한다. 그러나, 가능최대홍수량으로 설계하지 않은 저수지는 이상 홍수에도 측벽 월류가

발생하지 않도록 USBR 제안식 $F_b = 0.6 + 0.037 Vd^{1/3}$ 으로 구한 값에 0.5m를 가산한다.

③ 터널내의 흐름

가. 터널 또는 암거단면을 채용하는 경우는 만류를 피하고, 이행부에서는 설계홍수량에서의 수심을 터널 또는 암거높이의 1/2 이하를 원칙으로 하며, 등류 또는 이에 가까운 경우에는 대개 3/4 이하로 한다. 도류부의 평면형을 직선형으로 하고 또한 단면을 직사각형으로 하는 이유는 이 부분의 흐름 영역은 당연히 사류이고 사류수로에서 일단 충격파가 발생되면, 도류부 전체에 걸쳐 소멸되지 않고 감세공의 기능에 영향을 끼치기 때문이다. 또한 사류 흐름은 대개 7m/s 이상의 유속이 되면 다량의 공기를 연행하기 때문에 이 흐름은 한층 복잡하게 된다. 이 때문에 터널내의 수류를 사류로 할 때는 실험적으로 충분한 검토를 하는 것이 바람직하다. 그러나 설계의 기본적인 사고 방법은 이와 같은 유황 예측이 곤란하나 경우가 일어나지 않도록 하는 것이 중요하다. 또한 흐름이 개수로에서 관수로로 이행하면 터널은 셀프프라이밍 (self priming)에 의한 파동이나 위험한 압력 변동이 생기기 때문에 좋지 않다. 셀프프라이밍의 발생방지를 위하여 설계홍수위에 대한 최대방류량의 유적 A_w 와 터널 단면적 A_0 의 비는 3/4 정도를 상한으로 한다. 그러나 강한 흐름에 의한 공기 연행 현상과 이에 의하여 발생하는 수면의 상승이나 공기의 압축성 등을 충분히 고려해야 한다. 한편 유입구가 잠기고 흐름이 오리피스로부터 개수로의 흐름으로 되는 경우에도 개수로 흐름의 시점에 공동현상이 발생하기 쉽고 이 부분에 충분한 공기의 공급이 필요하다. 터널내 수류가 한계류 이상의 고속류로 되는 경우에도 평면만곡은 절대로 피해야 한다. 평면만곡이고 또한 고속류인 경우의 터널내 흐름은 이미 보통의 흐름의 개념에서 벗어나 터널 단면의 중심에 공기핵이 폐쇄된 나선류로 된다. 물론 공동현상의 발생, 흐름의 불안정은 피할 수 없다. 터널내의 흐름이 상류라 하여도 프루드수가 0.40보다 큰 경우에는 수면만동이 큰 불안정한 흐름이 되기 쉽다는 것도 유의해야 한다. 이 결과 터널은 직선형으로 하고, 충분한 공기의 유통이 가능한 수리구조로 하는 것이 중요하다.

4.1.3.4 감세공

(1) 감세공은 방수로의 고속사류를 상류화시켜 에너지를 약화시킴으로써 구조물의 침식과 파괴를 막기 위하여 설치하는 구조물을 말한다. 감세공의 형식은 다음과 같은 여러 가지 요소를 고려하여 선정해야 한다.

- ① 선정하고자 하는 감세공의 수리특성
- ② 댐 본체와 감세공의 거리, 표고 등의 위치 관계
- ③ 물넘이 본체의 수리 및 구조특성
- ④ 감세공 부근의 지형, 지질, 수리특성(하류수위, 유황 등)
- ⑤ 하류 하천 부근의 경지, 택지, 제 공작물의 위치 및 중요도

- (2) 한편, 감세공의 형식에는 플립(flip)형, 정수지(stiling basin)형, 롤러버킷(roller bucket)형 등이 있다.

4.1.3.5 방수관

- (1) 방수관은 홍수조절 등의 방류를 위한 관로이므로 수심, 유속이 다 같이 크고 배사는 생각하지 않는 관로이다. 방수관 형식은 유량조건, 압력조건, 제체 및 유량조절구조물의 구조조건, 방수처리상의 제약, 수로형태적 조건 및 유지관리상 문제를 고려하여 선정한다. 방수관 유입구에는 위험한 공동현상이 일어나지 않도록 적당한 나팔모양으로 해야 한다. 나팔모양은 가급적 실험에 의해서 결정하는 것이 좋다. 나팔모양에 실험곡선이 사용될 경우에는 방수관 단면형상에 관계없이 타원곡선을 사용하는 경우가 많다. 공동현상에 대하여 허용부압은 0.03 MPa (0.3kgf/cm²) 이내로 한다. 방수로 형상은 소정의 방류능력을 확보하고 위험한 공동현상이 발생하지 않아야 한다.

4.1.3.6 하류하천 정비

- (1) 물넘이 시설의 설계빈도(보통 200년)와 하류하천의 설계빈도(보통 50 ~ 100년)가 서로 달라 예상되는 피해를 줄이기 위해 정수지와 하류하천 연결부는 이상 홍수에도 제방 세굴이 없도록 견고한 구조로 충분히 연장한다.

4.1.4 수리모형실험

- (1) 측수로 및 급경사 방수로는 원활한 홍수배제를 위하여 가급적 직선형으로 계획하며 지형상 부득이 만곡시켜야 할 경우나 특별한 형태의 물넘이 구조 또는 홍수조절을 하는 일정규모(예 : 설계홍수량 500 m³/s 수준) 이상 저수지는 필요에 따라 수리모형실험을 통하여 홍수배제능력을 검토할 수 있다.
- (2) 물넘이의 방류능력 및 방류수가 구조물이나 하류 하상에 미치는 영향에 대하여 수리공식, 기존 모형실험결과 및 실측자료에 의하여 신뢰할 만한 판단을 할 수 없는 경우에는 수리모형실험을 실시하여 구조물에 대한 각종 수리현상을 실측하여 설계에 대한 검토와 재해를 미리 방지하기 위한 대책을 강구하고 아울러 공사비의 절감을 도모할 필요가 있다.
- (3) 댐에서 물넘이 안전은 대단히 중요하므로, 수리공식으로 물넘이 수리현상을 해석하는 것은 이상적 흐름상태에서 실시한 계산 값으로, 현지조건과의 적용범위를 확인하여 안전상 흐름을 입체적으로 해석할 필요가 있을 경우에는 물넘이 수리모형실험을 실시한다. 즉, 수리모형실험을 통하여 방수로부의 공동현상에 의한 구조물 파손방지와 정수지의 적정규모 결정, 댐 붕괴 시 하류 침수피해를 예측하고 대책을 수립한다.

4.1.5 구조설계

4.1.5.1 구조 일반

(1) 물넘이의 위치 및 구조

- ① 물넘이 설치하는 매우 양호한 기초를 요구한다.
- ② 굴착면은 산사태지대, 유반, 다량의 용출수지반을 피하고 안정된 원지반을 선정함과 동시에 필요에 따라 충분한 처리를 한다. 또한 사면의 붕괴문제는 굴착에 따른 원지반의 안정성의 상실 또는 강우지대에 있어서의 눈사태 등 복잡하므로 이들의 제 문제에 대비하기 위하여 지질조건 등을 충분히 조사할 필요가 있다.
- ③ 유입부 부근은 침투수의 영향을 크게 받으므로 내구성이 있고 차수, 커튼 그라우팅 효과가 발휘될 수 있는 기반을 선정한다.
- ④ 노선전체로서는 직선형상이 바람직하고 또한 하류하천과의 연결이 원활하게 되도록 선정한다.
- ⑤ 댐 본체, 특히 차수부와 평면적 연결은 하류폐쇄 (교각 $70^\circ \sim 80^\circ$ 이하)로 하는 것이 바람직하고 하류로 벌어지는 것은 피하는 것이 좋다.
- ⑥ 필댐에서는 물넘이 굴착에 따라 생기는 굴착재료를 축제용 도로의 전용 및 시공진입로와의 관계를 고려하여 선정하는 것도 중요하다.

(2) 측벽의 안정

- ① 물넘이의 측벽은 그 자체로서 안정한 구조로 하던가 또는 안정된 견고한 암반 지반에 완전하게 밀착시켜야 한다.
가. 캔틸레버로 한 높은 측벽에서는 구조 단면을 취하는 방법에 따라서는 큰 처짐이 예상된다. 신축이음매 또는 수축 이음매에서 측벽의 처짐으로 인하여 이음매를 경계로 하여 측벽표면상에 단차가 생긴 경우는 유수를 저해하고 미관상도 좋지 않기 때문에 이음부에는 반드시 타월 바(towel bar)를 배치하고, 또 최대처짐은 예상한 하중이 작용하였을 때 측벽고의 1/1,000이하로 되는 구조단면을 채용한다.

나. 측벽을 옹벽구조로 하는 경우에는 다음 조건을 만족시켜야 한다.

(가) 전도에 대한 안전성

- ㉠ 상시 $e \leq B/6$, 지진시 $e \leq B/3$

여기서, e : 편심거리(m), B : 바닥판 폭(m)

(나) 활동에 대한 안정성

- ㉠ 상시의 안전율 1.5 이상, 지진시의 안전율 1.2 이상

(다) 측벽을 앵커로 원지반에 고정하는 때는 앵커의 극한 내력은 원칙적으로 인장실험을 하여 결정해야 한다.

(3) 측벽구조 형식

- ① 측벽 구조계산은 옹벽계산에 준하여 현지여건에 따라 L형 옹벽, 앵커형 옹벽, 역T형 옹벽, 부벽식 옹벽 중에서 가장 경제적인 측벽형태로 설계한다.

(4) 드레인

- ① 물받이 유입부 그라우트 커튼의 하류에 있어 도수로 측벽의 배면이나 수로저하부에는 필요에 따라 드레인을 설치하고, 침투수를 안전한 위치까지 도수한 후에 방류한다. 또 도수로 굴착 비탈면의 우수가 측벽 마루의 뒤측에 침입하지 않도록 배수로를 설치하는 것이 바람직하다. 드레인의 설계에 있어 일반적 사항을 들면 다음과 같다.
 - 가. 유입부로의 원지반 침투수를 방지함과 동시에 저수지내로부터의 침투를 방지하기 위해서는 그라우트 커튼을 시공하여 유입부 하류의 구조물에 유해한 양압력을 최소한으로 한다. 또 그라우트 커튼 이후의 침투수를 드레인에 의하여 안전하게 배제하여 양압력이 생기지 않도록 설계하는 것이 중요하다.
 - 나. 도수로 측벽에는 원칙적으로 횡단 드레인을, 바닥부에는 언더드레인(underdrain)을 설치하여 양압력의 경감을 도모한다.
 - 다. 간선 드레인이 한 줄이면 폐쇄되는 일이 있고, 이때 침투수가 이곳에 집중하여 드레인이 없을 때 보다도 피해를 크게 받을 염려가 있으므로 간선드레인 파이프는 적어도 두줄 이상으로 하여 서로 연결시키는 것이 바람직하다.
 - 라. 드레인 파이프의 유출구는 고속류의 콘크리트면에 직접 나오지 않도록 하며, 도수로 말단의 유속이 느린 위치, 체사(滯砂)에 의한 배수의 장애가 일어나지 않는 위치, 또는 배수로 측벽의 계획수면보다 높은 위치로 한다.
 - 마. 측벽의 배수공(weep hole)의 능력은 보통 작으므로 우수가 침입하면 측벽에 예상하지 않았던 수압이 걸리므로 인하여 파괴의 원인이 된다. 측벽말단의 소단은 반드시 점토, 콘크리트, 아스팔트 등으로 우수가 침입하지 않도록 보호해야 한다.

4.1.5.2 유입부의 구조설계

(1) 접근수로

① 접근수로의 라이닝

- 가. 물넘이 유입수로의 바닥면 및 사면의 지질이 불량한 경우 또는 이 부분이 유수에 의한 세굴등이 생길 염려가 있는 경우에는 라이닝을 해야 한다. 라이닝에는 콘크리트 라이닝, 사석공, 블랭킷 등이 있으나 현지 조건에 적합한 방법을 선택한다. 다량의 흙깎기를 하여 물넘이를 설치하는 경우는 유수가 접하는 부분뿐만 아니라 상부절토 사면에 대하여도 사면의 안정도를 확인하며, 원지반 붕괴에 의하여 물넘이가 폐쇄되지 않도록 처리해야 한다. 누수를 방지하기 위하여 콘크리트라이닝을 하는 경우에는 이음부에 적당한 동지수판을 설치한다.

② 유목제거

- 가. 유목, 토사 등 유입에 의하여 물넘이가 손상하거나 폐쇄될 염려가 있는 경우에는 이들의 침입을 확실히 방지하기 위하여 유입수로 또는 상류에 적절한 시설을 해야 한다. 게이트가 있는 물넘이 유입부가 오리피스식이고 도류부가 터널

식인 물넘이 일 때에는 특히 이와 같은 위험성이 많으므로 이에 대비할 수 있는 보호책이 필요하다. 터널의 경우, 유목이 유입했을 때에도 피해를 작게 하기 위하여 가능한 평면적으로는 직선으로 하고 종단방면의 만곡도 되도록 완만하게 하는 것이 바람직하다. 보호책의 종류로서는 월류면에서 조금 떨어진 곳에 스크린을 세우거나, 훨씬 상류에 플로트(float)를 단 것을 횡단시키므로써 방지하는 방법 등이 있다. 그러나 이들이 불확실하면 오히려 재해를 크게 하는 수도 있다. 스크린바의 간격이 너무 작으면 소정의 통수능력을 얻지 못할 수 있음을 유의해야 한다.

(2) 조절부

① 조절부 기초의 지수

가. 물넘이와 제체의 접합부 및 물넘이 조절부의 기초는 그라우팅 또는 기타의 방법에 의하여 완전한 지수를 도모해야 한다. 원지반에 설치한 물넘이의 기초는 완전하게 지수하고 불필요한 양압력이나 유입부하류에 과대한 누수가 생기지 않도록 한다. 방법으로는 그라우팅이 가장 많이 채용된다. 측수로형 물넘이, 월류식 물넘이, 슈트식 물넘이의 조절부 기초는 완전하게 지수하고, 조절부 하류에 불필요한 양압력을 일으키지 않도록 설계한다. 이 방법으로는 그라우팅이 가장 보통이나 기초지반에 따라서는 표면 브랑켓 등에 의한 방법이 효과적인 경우도 있다.

② 조절부의 수축이음

가. 물넘이 조절부 바닥부의 이음에는 모두 동지수판을 설치하여 누수를 방지한다. 지수판은 그라우팅 커튼의 최상단부에서 최상면(crest) 또는 문틀홈의 철물에 견고하게 연결시켜야 한다. 조절부의 지수를 완전히 하기 위하여 수축이음매에 동지수판을 설치하여 누수를 방지하고 동마루 하류의 양압력을 최소한으로 억제한다. 이때 수축이음이 문받이의 철물과 교차하는 경우에는 교차점의 문받이 철물도 반드시 수축 가능한 구조이어야 한다.

③ 월류웨어의 안정

가. 조절형 물넘이에서 웨어의 구조계산은 ① 만수위, 수문 폐쇄, ② 만수위, 수문 폐쇄, 임시수문 설치시, ③ 만수위, 수문 폐쇄, 인접수문 개방 등 각 항에 대하여 안정을 확인해야 한다.

④ 방수로 측벽의 안정

가. 물넘이와 방수로의 측벽은 그 자체로서 안정된 구조로 하던가 또는 안정된 기초지반에 견고하게 밀착시켜야 한다.

⑤ 안정성의 검토

가. 유입부의 구조는 댐 제체 및 기초지반과 저수지의 지장을 끼치지 않는 구조로 하고 또 고려되는 하중에 대하여 안정된 구조이어야 한다. 게이트가 있는 물넘이는 게이트를 설치하기 위한 문받이의 철물, 앵커, 상부조작교 등으로 인하여 상기의 기준에 의하여 계산한 단면보다 최종적으로는 큰 단면을 필요로 하는

경우가 많다. 또 구조물은 단순한 모양이 설계상 편리한 경우가 많다. 이는 하중조건이 단순하게 되기 때문에 실제에 가까운 응력상태로 설계된다는 이점이 있다.

4.1.5.3 도류부의 구조설계

(1) 슈트식

① 도수로의 라이닝

가. 물넘이 도수로의 바닥면 및 측벽은 장기간 평활한 면을 유지하도록 콘크리트라이닝을 하고 수류에 의한 내구성을 고려하여 수밀성 구조로 하고 최소두께는 30 ~ 50 cm로 한다.

② 수로터

가. 도수로는 일반적으로 급경사임으로 콘크리트라이닝이 하류에 이동하지 않도록 적당한 간격으로 지수벽이나 앵커 등을 설치한다. 이 간격은 시공속도, 경사각도 등에 따라 결정해야 하지만 지수벽인 경우는 보통 30 m 전후로 한다.

4.1.5.4 감세공

(1) 감세공의 구조

① 감세공내에 물이 흐르지 않을 경우에는 수로바닥에는 하류측 수위의 수두 또는 이보다도 높은 수압원에서 수압을 받는 경우는 이에 알맞는 수두와 같은 양압력이 작용한다. 물이 흐르고 있는 경우에는 도수에 의한 수면형과 같은 물의 중량과 하류측수위의 수두와 같은 양압이 작용한다. 이 경우 감세공의 상류측에서는 양압력이 물의 중량보다도 훨씬 크게 되기 때문에 충분한 배수시설을 설치함과 동시에 감세공의 바닥은 이 수압의 불균형에 대해서도 충분히 저항되도록 무겁게 하여둘 필요가 있다.

(2) 호안 및 바닥보호공

① 하천의 상황에 따라서는 감세공에 있어 유수의 수세를 어느 정도 완화한 후에도 종전의 하상에 있어서의 유수의 수세상태로 회복되지 않는다고 생각되는 구간에는 적당한 호안이나 바닥보호공 등의 시설을 설치한다.

4.2 취수시설

4.2.1 일반사항

(1) 취수시설 및 물넘이 이외의 방류시설은 최대취수량 이하의 유수를 안전하게 취수 또는 방류할 수 있는 구조로 한다. 유수의 수세를 완화할 필요가 있을 경우에는 적당한 감세공을 설치하도록 한다. 이들 시설은 제체 및 기초지반과 더불어 저수지에 지장을 주지 않는 구조로 한다.

(2) 취수시설은 저수지로부터 물을 취수하기 위한 제반 시설을 말하며, 저류수를 관개용수

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

등에 이용하려면 적합한 취수시설을 설치한다. 특히, 관개용 댐은 수량 및 수질은 물론 온수취수를 위하여 저수지 표층의 온수를 취수할 수 있도록 적당한 취수방법 등을 고려해야 한다. 또한, 취수탑 및 연결교량 등은 주변경관과 지역의 문화적 특성을 고려하여 주변환경과의 조화를 도모하고 경관훼손을 최소화하도록 한다.

4.2.1.1 설계시 유의 사항

- (1) 원칙적으로 저수지의 표면 온수의 취수가 가능할 것
- (2) 취수기구가 복잡하지 않을 것
- (3) 유지관리가 편리할 것
- (4) 유수 때문에 진동 또는 진공 등이 발생하지 않는 구조로 할 것

4.2.1.2 취수시설의 선정

- (1) 취수시설을 설계함에 있어 우선 취수탑과 사통을 먼저 결정한 후 지형여건을 고려하여 배수로를 선택하고 취수목적 및 경제성과 취수량에 의해 위치와 형식을 선정한다.
 - ① 일반적으로 취수탑은 댐 높이(H)가 30 m 이상인 경우, 사통은 30 m 이하의 낮은 댐의 경우에 적용되지만, 가급적 취수탑을 선택하는 것을 우선으로 고려한다. 또한, 사통은 제체와 분리시켜 설치하고, 복통은 가능하면 터널로 하는 것이 바람직하다.
 - ② 취수시설의 조합
 - 가. 취수부와 방류부의 조합 유형을 결정할 때에는 지형, 지질, 이용수심, 취수의 목적 및 규모, 향후 유지관리, 시공성, 경제성 등을 검토해야 한다.
 - (가) 댐 높이가 30 m 이상인 경우에는 취수탑과 가배수로로 이용한 취수터널과의 조합을 원칙으로 한다.
 - (나) 취수탑과 복통, 또는 사통과 취수터널을 조합하는 것은 소규모 댐의 경우에 적용될 수 있다.
 - (다) 댐 높이가 30 m 이하인 경우에는 제반여건에 따라 사통과 복통을 고려할 수 있다. 그러나, 가능하면 ①의 경우를 선택하도록 한다.

4.2.1.3 설계순서

- (1) 사통 및 취수탑의 설계절차는 수리설계와 구조설계로 구분된다.
 - ① 취수시설의 구성 및 형식 결정
 - 가. 취수시설의 위치와 형식을 선정한다.
 - 나. 취수의 규모를 결정한다.
 - 다. 취수형식별 장점과 단점을 비교한다.
 - ② 취수공의 수리 계산
 - 가. 취수공을 배치하고, 취수공의 유량을 계산한다.

③ 구조 설계

가. 사통 또는 취수탑에 대한 구조를 설계한다.

나. 스크린, 공기구멍(air-vent), 게이트 등 부대시설에 대한 설계를 한다.

4.2.2 취수계획

4.2.2.1 온수 취수

- (1) 댐을 신설하는 경우 온수 취수에 대하여 충분히 고려해야 하며, 온수취수시설의 형을 결정함에 있어서는 효과, 가능성, 공비 등을 검토할 필요가 있다. 댐의 수심·수온곡선의 추정은 지리적, 시기적 조건, 유입하천의 유입량, 댐으로부터의 유출량과 수온, 일조, 기온, 바람, 저수지의 규모 형식 등을 고려하면서 부근의 유사한 댐으로부터 추정하는 것이 보통이다. 온수 취수의 방법으로서 표층취수가 있으며, 이를 위해서 플로우팅 게이트, 실린더 게이트, 다단 게이트, 다공 오리피스 등이 이용되고 있다.

4.2.2.2 탁수대책

- (1) 댐을 설치한 경우 일반적으로 홍수시의 저수지내에는 물이나 토사와 함께 미세점토 입자 등에 의한 탁수가 장시간 저장되기 때문에 댐에서 방류수의 탁수현상이 장기화하는 경향이 있다. 이런 경우 홍수시 및 그 이후의 방류시에 될 수 있는 한 고농도의 탁수를 방류하여 빨리 탁수를 저수지 외로 내보냄과 동시에 필요한 경우에는 선택 취수를 한다.

4.2.3 취수시설의 위치 및 형식

- (1) 취수시설은 지형, 지질, 취수의 목적, 취수규모, 경제성 등을 검토하여 위치와 형식을 선정한다.

4.2.3.1 취수시설의 구성

- (1) 취수시설은 취수부, 조절부, 도수부로 구성되며, 적시 적량의 취수를 용이하게 할 수 있도록 가장 적절한 조합이 되도록 선정해야 한다. 취수시설의 형식에는 무압식과 유압식이 있고, 설치하는 장소에 따라 분리형과 제체부속형으로 구분된다. 또한, 취수방식에 의하여 일반취수방식과 선택취수방식으로 분류하기도 한다. 취수설비는 취수구 본체와 각종 게이트류, 개폐장치, 스크린 등의 부속설비, 수위계, 각종 경보 및 보안장치에 의하여 구성된다. 각 부별 구성요소는 다음과 같다.

- ① 취수부는 저수지의 유수를 취수하기 위한 사통 또는 취수탑을 말한다. 취수탑은 취수목적에 따라 농업관계, 발전, 상수도, 공업용수 등의 단일 또는 복합 공용인 것이 있고 목적에 따라 구조형식이 달라진다. 보통 취수탑은 원형철근 콘크리트 탑에 여러 개의 밸브 또는 수문을 붙인 형식이 많으며, 관개용의 온수취수 형식으로는 부표형과 같은 특수한 방법이 이용되고 있다. 사통의 주요부는 관체와 부속

물인 밸브 및 게이트, 조작장치, 스크린, 관리용 계단 등으로 구성된다.

- ② 조절부는 취수량을 조절하기 위한 게이트 및 밸브류이며, 조절위치는 취수공부, 취수터널 또는 플러그(plug)부 압력관로의 입구, 중간 또는 출구부를 말한다.
- ③ 도수부는 취수를 제외로 도수하기 위한 취수터널, 복통 및 감세공이다 여기서 취수터널이란 제체외 원지반을 관통한 수로터널을 말하며, 또 복통이란 제체하의 기초지반내에 매설한 통관을 말한다. 댐 부대터널 외 댐축과의 교점부근에는 플러그, 지수벽을 설치하고, 또 커튼 그라우팅을 하여 댐내의 물이 터널을 따라서 유출하는 것을 방지하는 공법을 취하고 있다. 이 플러그부는 압력관로로 도수하게 된다. 도수부는 취수부와 연결부에서 압력관로로 하여 그대로 제외까지 도수하고, 제외의 감세공에서 감세해서 도수로로 도수하는 방식과 압력관로로 플러그 직하류까지 도수하고 터널내로 방류하여 개수로의 흐름으로 해서 취수터널, 제외 도수로로 도수하는 방식이 있다.
- ④ 필댐은 제체의 점검, 수리 등으로 인하여 방류 시설을 해야 하나 이를 위해서 방류 시설을 취수시설이 겸할 때에는 계획통수량이 커지고 터널 내의 감세가 곤란해지는 경우도 생각할 수 있다.

4.2.3.2 취수시설의 위치

- (1) 지형과 지질면에서 댐의 계획평면도, 댐 부근의 지질도와 현지조사를 통하여 사통, 취수탑, 복통, 터널 등의 형식을 선정하고, 설치 위치를 정한 후 예정된 위치에 대해서는 시굴, 보링, 기타 적당한 방법으로 지질을 확인한다. 주요 구조물의 기초 조건은 어느 경우이던 암반이어야 하며, 사통이나 연결박스의 경우에는 물에 의해 세굴되지 않은 경우라면 치밀한 토질도 가능하다.

① 취수탑

가. 취수탑은 충분한 지지력과 내구성이 견고한 암반에 건설되어야 한다.

② 사통

가. 사통은 양호한 원지반에 설치해야 한다. 낮은 댐의 경우 부득이 제체 비탈면에 설치해야 할 경우에는 압밀침하로 인한 고장이 생기지 않도록 설계해야 한다. 또한 사통 주변의 토사가 취수공 및 슬루스 밸브에 영향을 주지 않는 구조로 설계한다.

③ 복통

가. 복통은 취수탑 또는 사통, 그리고 임시배수로와 연결하기에 적합하고 지반이 좋은 위치에 설치하여야 하며, 높은 필댐에서는 댐 밑에 복통을 설치하지 않는 것이 좋다. 특히 복통을 통한 누수를 방지하기 위한 지수대책에 유의하여야 한다.

④ 취수터널

가. 취수터널은 취수탑, 임시배수로와 연결하기에 적합하고 지반이 좋은 위치에 설치해야 한다. 터널은 뿔수록 산에 직각으로 통하도록 들어가서 충분한 덮이에

달한 지점에서 하류쪽으로 만족시키는 것이 좋으며, 길이를 짧게 하기 위하여 댐에 너무 접근시키는 것은 누수방지를 위해 좋지 않다. 터널 단면의 크기는 계획최대 취수량 또는 임시배수로 가운데 큰 것을 택해야 되나 시공과 유지관리상 지름은 1.8 m 이상으로 한다. 터널의 댐 상류쪽에는 반드시 수밀 그라우팅을 하여야 한다.

4.2.3.3 취수시설의 형식 선정

(1) 취수의 목적 및 규모

① 취수설비를 설치하는 목적으로는 ① 관개, ② 발전, ③ 상수도 등을 위한 취수, ④ 홍수의 방류, ⑤ 홍수조절, ⑥ 하천의 정상적 기능유지를 위한 방류, ⑦ 점검·수리 및 유지관리를 위한 방류, ⑧ 공사중의 가배수, ⑨ 저수지 저위부의 냉수를 방류하여 온수층을 두껍게 하는 등의 목적을 가지고 있다. 취수시설은 이와 같은 목적에 알맞고, 그 중에서 최대의 취수량을 안전하게 취수 및 방류할 수 있어야 한다.

(2) 형식에 의한 특징

① 지형, 지질, 취수목적, 규모 등이 정해지면, 구조물의 위치, 형식은 저절로 정해지는 경우가 많은데 보통은 저수의 침투에 대해서 위험한 요소가 많으므로 대규모의 댐에서는 가급적 피하도록 한다. 그리고 사통은 소규모의 댐에 많이 사용되어 왔으나 대규모의 댐에서도 경우에 따라 취수탑에 비해서 유리한 요소가 많으므로 적용을 고려하기도 한다.

(3) 가배수로와의 겸용

① 취수터널 또는 보통은 경제적인 면을 고려하여 공사중의 가배수로와 겸용할 수 있도록 설계한다. 가배수 터널은 물넘이 방수로로 이용되는 경우도 있으므로 이런 점을 종합하여 계획단계에서 비교해 둘 필요가 있다. 취수터널 또는 보통에 부대되는 연결 박스, 토사토 수문, 조절 수문 등은 가 배수로로서 사용하기 전에 완전히 시공하여 두는 것이 바람직하지만 계획 최대취수량에 비해서 가배수량이 과대할 경우에는 댐을 완성한 후에 단면을 축소하여 이용하는 편이 유리한 경우가 있다.

4.2.4 취수부의 수리설계

4.2.4.1 취수공의 수리 계산

(1) 취수공 배치 시 고려사항

① 취수공에 수문을 달아서 취수량을 조절할 경우에는 수문조작의 안전을 위하여 조작수심을 가능하면 10m 이하, 특히 상부는 5m 이하가 되도록 취수공을 배치하는 것이 좋다. 농업용수댐에서 온수취수가 필요한 경우에는 온수층을 고려하여 취수공을 배치하여야 하며 저수지의 수위-저수량곡선을 참고로 하여 취수공의 간격을 하부로 내려 갈수록 크게 하는 것이 합리적이다.

(2) 취수공의 표고 결정

- ① 온수취수 및 원할한 관개를 위하여 취수공의 간격을 하부로 내려 갈수록 크게 하고, 최하부의 취수구멍은 가급적 배사구를 겸하도록 하는 것이 좋다. 제1 취수공은 만수위에서 2 ~ 3 m 아래에 설치하고 내용적 곡선에 의하여 일정량의 수량을 등분하여 결정한다.
- (3) 취수공의 유량 계산순서
 - ① 취수공의 취수게이트의 형식을 결정하고, 이에 따른 완전월류와 수중월류, 오리피스 등의 수리현상을 파악하여 해당 수리공식을 적용하여 계산한다. 유량 계산은 작은 오리피스, 큰 오리피스 및 원형 오리피스로 나누어 계산한다. 그러나, 실제 설계에서는 구멍이 벽면의 수평면과 이룬 각도에 의하여 보정해야 하고, 취수의 조절을 위하여 2 ~ 3개 구멍을 동시에 개방하여 최대 소요수량이 유출되도록 구멍의 지름, 간격 및 구멍 수를 결정하는 일이 많다.

4.2.4.2 설계취수량의 결정

- (1) 댐의 저수위와 취수량의 관계에서 가장 엄격한 조건을 만족하는 취수조건을 결정한다. 이때 하천의 정상적인 기능유지를 위하여 방류량을 포함하는 경우도 있다. 취수부에 있어서 전수두를 H , 각종 손실계수를 f_i (고수위시는 취수부 스크린손실, 웨어손실, 취수탑내 마찰손실, 취수터널 입구손실, 마찰손실, 출구손실, 게이트손실 등, 저수위시는 고수위시의 손실중 웨어손실, 취수탑내 마찰손실을 제외함)라 하면 식 (4.2.1)의 관계를 얻는다. 여기서, 마찰손실은 $f = \lambda \frac{\ell}{D}$ 로 나타내며, λ : 마찰손실계수, ℓ : 관로장, D : 직경이다.

$$H = \sum f_i V_i^2 / 2g \dots\dots\dots (4.2.1)$$

여기서, V_i : 각 부분의 평균유속, a_i : 각 부분의 단면적

또, $\sqrt{\sum (\frac{f_i}{a_i^2})} = \frac{1}{K}$ 로 놓으면 식 (10)은 식 (4.2.2)과 같이 표현된다. 여기서 K 는 각 구조물의 크기, 배치에 의해서 정해지는 양이며, 유량에 관계가 없는 양이다.

$$K = Q / \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (4.2.2)$$

과거 자료에서 K 가 최대가 되는 Q , H 의 조합을 구하면, 이것이 설계조건이 된다. 갈수년에 대하여 과거의 자료에서 Q , H 의 조합, 즉 K 의 연간 변화곡선을 구하고, K 의 최대치 K_{\max} 을 결정한다. 최저수위 H_{\min} 로 K_{\max} 를 만족하도록 설계유량 Q_a 를 결정한다.

$$Q_a = K_{\max} \sqrt{2gH_{\min}} \dots\dots\dots (4.2.3)$$

$$K_{\max} = 1 / \sqrt{\sum (f_i / a_i^2)} \dots\dots\dots (4.2.4)$$

식 (13)을 만족하도록 각부의 단면적, 길이 등의 치수를 결정한다.

4.2.4.3 취수탑 및 사통의 유량식

(1) 월류형 취수게이트의 유량

① 완전월류인 경우 (측벽에 의한 축류가 없는 경우)

$$Q = CBh^{3/2} \dots\dots\dots (4.2.5)$$

여기서, Q : 월류량(m³/s) C : 유량계수로 후란시스(Francis) 공식 C = 1.84,
레복 공식 C = 1.785 + 0.237(h/D), B = 게이트의 폭(m), h : 월류수심(m),
D : 월류웨어마루에서 저수지바닥까지의 깊이(m)

② 수중월류인 경우

$$\text{빌몬트 공식 } Q = Q_1 \left\{ 1 - \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n \right\}^{0.385} \dots\dots\dots (4.2.6)$$

여기서, Q : 월류량, Q_1 : 월류수심 h_1 에서 완전 월류시의 유량,
 h_1 : 웨어마루기준의 상류수심, h_2 : 웨어마루기준의 하류수심,
n : 계수로 측벽에 의한 축류가 없을 때 n = 1.50, 축류가 있을 때 n = 1.45

(2) 오리피스형 취수게이트의 유량

① 작은 오리피스인 경우

$$Q = CA\sqrt{2gH} \dots\dots\dots (4.2.7)$$

여기서, Q = 유입량(m³/s), C : 유량계수 대략 0.62, A : 구멍의 단면적(m²),
g : 중력가속도(9.8 m/s²), H : 수면에서 구멍 중심까지의 깊이(m)이다.

② 큰 오리피스인 경우

가. 원형 오리피스

$$Q = C\pi r^2\sqrt{2gH} \dots\dots\dots (4.2.8)$$

나. 직사각형 오리피스

$$Q = \frac{2}{3} Cb\sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2}) \dots\dots\dots (4.2.9)$$

여기서, r : 구멍의 반지름(m), b : 구멍의 나비(m),
H1 : 구멍 상단까지의 수심(m),
H2 : 구멍 상단까지의 수심(m)이다.

4.2.5 구조설계

4.2.5.1 취수부

(1) 취수시설의 취수부 구조는 입지조건이나, 규모, 목적에 따라 사통방식, 철근콘크리트

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 설계

취수탑방식, 철골취수탑방식, 플로트방식 등 많은 종류가 있다.

① 사통

가. 사통 기초

- (가) 관체의 지반 조건은 양호한 원지반에 설치해야 한다.
- (나) 관체 종단방향의 기울기가 급한 경우에는 활동방지를 위하여 5 ~ 10 m 마다 활동방지 층파기를 실시한다.
- (다) 기초 기울기가 60° 를 넘는 것은 장시간에 걸쳐 원지반이 붕괴할 우려가 있으므로 특히 양질 암반일 경우를 제외하고는 피하도록 한다.
- (라) 기초지반의 상황에 따라 부득이 직선으로 할 수 없을 때에는 유압식 개폐 장치를 사용하도록 한다.
- (마) 사통을 지지하는 기초형식은 기둥 또는 벽체기초를 원지반에 설치하여 지지하는 방법과 원지반을 기초로 하여 원지반에 직접 관체를 설치하는 방법이 있으나, 제체 비탈면위에 사통은 될 수 있는 한 피하도록 한다.

나. 관체 단면

- (가) 사통 관체는 규모가 큰 것은 현장타설 철근콘크리트구조 또는 원형관구조로 하고, 관내부 전체 또는 굴곡부를 철제로 하는 경우도 있으나 보통의 경우는 흙관을 철근콘크리트로 보강하여 사용한다.
- (나) 관체에 작용하는 외력은 계획 최대 저수위에서의 수심에 상당하는 수압, 관체를 되메운 토압, 게이트, 권양기, 스크린 등의 중량 및 조작력, 유수의 동수압, 기초면에 100 %의 양압력이 작용할 경우는 관체적에 상당하는 부력, 관내에 진공이 생길 때의 부압, 빙압, 관의 경사에 의한 추력, 지지력 등이 있으나 이 중에서 특히 주의할 것은 동수압, 부력, 부압이다.
- (다) 동수압에 대한 대책으로는 관의 굴곡부 또는 기초 층파기 등에 앵커를 설치한다.
- (라) 부력에 대해서는 덧씌움 콘크리트를 하여 중량을 키우거나 ③의 방법을 사용한다.
- (마) 부압 발생을 방지하기 위해서는 필요한 개소에 공기구멍(air-vent)을 설치한다.
- (바) 관체의 통수단면적은 취수공 단면의 2배 정도를 표준으로 한다.

② 취수탑

가. 취수탑의 구조 형식은 취수 목적과 규모, 경제성, 안정성을 고려하고 향후의 유지관리에 편리한 것으로 한다. 취수탑의 구조는 철근콘크리트와 철골구조로 대별할 수 있으며, 어느 것이나 저수지내에서 자립 또는 반자립하여 각종 게이트, 밸브나 도수부의 일부를 유지하고 있다. 취수탑의 수리 및 구조설계 방법은 「취수탑설계자동화시스템 개발보고서(농어촌진흥공사, 1999)」의 매뉴얼을 참고로 하고 지진에 대한 안전도를 검토한다.

(가) 구조설계 조건

- ㉔ 취수탑의 설계에서는 먼저 각 부의 크기를 적당하게 정하고 그것이 안정한가를 계산한다. 만일, 안정되지 않은 경우 다시 그 크기 또는 두께를 변경하고 철근량을 증가시키는 등의 방법을 강구하며, 그 후 다시 취수탑의 몸체 및 각부의 안정에 대한 검토를 하여 크기, 두께, 철근량 등을 확정한다.

(나) 철근콘크리트 취수탑의 경우 벽 두께는 하위부에서는 수심에 따라 1~2 m 이상, 최상부는 0.5 m 이상, 기초의 푸팅두께는 균열이 없는 암반상에서도 60 cm 이상이 바람직하다. 취수탑 안지름은 시공상 최소 2.0 m 이상으로 한다.

(다) 취수탑의 안정도 검토

- ㉕ 기초지반은 탑체의 중량 즉 압력에 대하여 충분히 전달 수 있어야 한다. 편심하중, 파압, 풍압 등의 전도에 대한 안정한계 내에서 최대압축응력이 지반의 허용내압강도보다 작으면 기초지반은 안전하다.
- ㉖ 탑체가 외력의 활동에 대하여 안전하여야 한다. 탑체 및 기타 수직하중에 대한 푸팅(footing) 하부의 마찰력이 수압, 풍압 등 수평방향의 외력보다 커야 한다.

$$n = \frac{\mu \sum V}{\sum H} \dots\dots\dots (4.2.10)$$

식에서, n = 마찰안전율(≥ 2), μ = 마찰계수,
 $\sum V$ = 푸팅접촉면에 작용하는 총연직력(tf), $\sum H$ = 총수평압력(tf)

- ㉗ 탑체의 전체가 외력의 전도에 대하여 안전하여야 한다. 전도에 대한 취수탑의 자중 및 기타 수직력에 의한 저항모멘트와 풍압, 파압, 교량의 편심하중 등에 의한 전도모멘트와의 비가 1.5 이상의 안전율을 확보하여야 한다.

$$n = \frac{\sum VL_v}{\sum HL_h} \dots\dots\dots (4.2.11)$$

식에서, n = 전도에 대한 안전율(≥ 1.5), V = 취수탑의 자중과 교량의 편심하중(tf),
 L_v = 각 하중의 작용선에 사용하는 풍압, 파압 등을 받는 쪽과 반대쪽의 푸팅 하단에 이르는 수직거리(m), H = 풍압, 파압 및 교량의 편심하중(tf),
 L_h = 각 압력 및 편심하중의 작용선에 사용하는 푸팅 밑변 및 취수탑의 중심선에 이르는 거리(m)

(라) 취수탑 전체에 대한 안정 검토외에 탑체 각부에서도 풍압, 파압, 교량의 편심하중 등에 의한 전도모멘트 때문에 일어나는 압축응력 및 인장응력에 대한 안정검토를 실시하고, 아울러 저관돌출부분, 탑마루, 슬라브, 연락교량의 단면 등에 대해서도 검토한다.

4.2.5.2 조절부

(1) 게이트와 밸브

① 지형적으로 하천이 낮고 사수위가 높은 경우(30 m 이상)에 용수로 표고를 낮추지 못하고 취수관을 취수터널로 겸용하면 부득이 압력을 받기 때문에 밸브를 설치하여야 한다. 게이트와 밸브는 해당 취수시설의 입지조건이나 규모, 목적에 따라 가장 적합한 것을 선택하도록 한다.

② 게이트 설계시 고려사항

가. 게이트 설계시에는 ① 하중에 대하여 안전할 것, ② 개폐가 용이할 것, ③ 閉止 시수밀성이 확보될 것, ④ 유량조절이 사용목적에 따라 가능할 것, ⑤ 내구성이 있을 것, ⑥ 보수 점검이 용이할 것 등을 고려해야 한다.

(2) 감세공

① 감세공의 구조상 유의할 점은 고속방류수에 대한 콘크리트부재 등의 수압과 더불어 마모침식의 문제이다. 일반적으로 댐의 방류에는 방류설비에서나 취수설비에서도 상당한 고속류가 나타나므로 이에 대한 유지관리를 위하여 구조설계 및 재료 선택면에서 고려할 필요가 있다.

가. 수류에 의한 동수압

(가) 사출수가 충돌하는 판의 경우

$$P = C W_o \frac{V^2}{2g} A \dots\dots\dots (4.2.12)$$

여기서, P : 동수압의 총량 (판의 항력)(t),

C : 항력계수로 사출수가 판에 충돌하여 직각으로 유향을 바꾸는 경우 0.5, 역방향으로 튕겨서 되돌아 오는 경우 1.0, 임팩트 박스(impact box)의 충격판과 같은 경우도 안전 측을 채택하여 C = 1.0. W_o : 물의 단위중량 (tf/m³), V : 사출수의 유속 (m/s),

g : 중력 가속도 (m/s²), A : 사출수가 충돌하는 면적(m²)

(나) 정수지의 배플피어의 경우 : 식 21에서 P : 배플피어 (baffle pier)에 가하는 항력(t), C : 항력계수, V : 도수직전의 유속(m/s), A : 배플피어의 상류면 면적(m²)

나. 고속류에 의한 마모침식

(가) 일반적으로 콘크리트 수로의 허용 최대유속은 3 m/s이고, 방수로 등에서 일시적 유수인 경우는 이것의 1.5배 (4.5 m/s) 이내로 되어 있다. 그러나 댐 수리 시설에서는 이것보다 훨씬 유속이 크게 되므로 콘크리트의 두께를 늘리거나 철근, 기타의 방법으로 보강할 필요가 있다. 특히 취수시설에서는 기능상으로도 토사류를 동반하는 예도 있으므로 주의를 요한다. 수로구조물의 마모, 충격대 책으로는 다음과 같은 것이 있다.

㉠ 진공처리나 숏크리트 등의 공법으로 콘크리트의 물-시멘트비를 낮게 한다.

㉡ 콘크리트의 유제와 같은 합성수지 등의 약품을 주입한다.

㉔ 콘크리트에 짧은 섬유를 분산시킨 보강 콘크리트를 사용한다.(유리 섬유 콘크리트 등)

㉕ 콘크리트 표면에 내마모층을 만든다.(합성수지라이닝, 스틸라이닝 등)

(3) 조절부의 위치와 주변 구조물의 설계

- ① 조절부의 형식 및 위치는 취수터널 등의 주변 구조물과 댐본체의 지수벽의 일연성을 확보하도록 결정해야 한다. 또 주변 구조물의 구조는 지수벽과의 위치관계에 따라 하중조건을 고려해야 한다. 여기서 주변 구조물이란 특히 필댐의 취수터널이 대표적인 것이다. 이것은 또한 가배수터널을 전용하는 경우가 대부분이고, 이 터널은 댐 공사용 뿐만 아니라 댐 담수후의 상태도 고려하여 설계시공할 필요가 있다. 사업상 부득이 가배수터널의 완성후에 취수조건이 변경되는 경우가 있는데, 이런 경우에 개조나 보강은 상당히 곤란하므로 유의할 필요가 있다.

4.2.5.3 도수부

(1) 구조의 기준

- ① 취수시설의 도수부는 철관로 또는 콘크리트 관로(터널의 경우도 포함)로 성립되며, 유수는 관로류 또는 자유 수면류로서 유하하게 한다. 만류시키지 않는 단면에서는 Manning 공식 등을 이용하고, 만류된 경우에는 관로의 공식에 의하여 유속을 결정하여 통수단면을 산정한다. 종단기울기는 수로의 허용유속에 따라 제한을 받지만, 보통에서는 대략 1/50~1/100, 취수터널에서는 1/100~1/200의 범위가 적당하다. 그리고, 용수절약 및 소수력 발전을 고려한 콘벨브를 반영하여 설계한다.

(2) 취수터널

- ① 취수터널은 취수탑에 연결되므로 기초지반의 지질이 양호해야 하며, 단면은 표준 마제형을 원칙으로 한다. 그리고 시공단면은 안전성과 경제성을 고려하여 시공상 필요한 최소 단면을 확보해야 한다.
- ② 취수터널을 가배수로로 이용할 경우에 파이프라인은 압력을 받을 경우 설치하는 방향을 검토한다.
- ③ 취수터널은 임시 배수로와 겸용하는 경우가 많으므로 양호한 지반위에 설치하며, 댐터와 가능한 근접시키지 않는 것이 좋다. 지형에 따라서는 반 배수를 타유역에 방류하는 것이 유리하기 때문에 취수터널과는 별도로 가배수터널을 설치하는 경우도 있다. 터널은 되도록 양호한 원지반에 직각방향으로 내고, 충분히 피복한 후부터 하류로 곡선을 주는 것이 좋으며 연장을 짧게 하려고 댐 부지에 너무 접근시키는 것은 덧씌움을 두껍게 하거나 누수방지에 다액의 공사비가 소요되는 등 결국 비경제적인 결과를 초래하는 경우가 많으므로 주의를 요한다.
- ④ 터널 단면의 크기는 계획최대취수량 또는 가배수량중에서 큰 것으로 계획하는데, 터널공사, 그라우트공사의 시공 및 유지관리 측면에서 최소 단면은 내경(D)을 1.8 m 이상으로 하는 것이 좋고, 보통 표준 마제형을 사용한다. 원형단면의 터널은 내압에 대해서나 외압에 대해서도 적당하고, 수리상으로도 효율이 양호하여 대규모

의 압력터널에 적합한데, 소규모의 터널에서는 시공이 약간 곤란하다. 외압을 주로 받는 터널 및 소규모터널에서는 보통 표준말발굽형 단면으로 하는데, 특히 소규모의 터널인 경우에는 인버트(invert)가 공사중의 토사 때문에 중앙부가 극단적으로 마모되는 경우가 있고 사람의 보행에도 불편하며 공사의 시공도 불완전하게 되기 쉬우므로 인버트에 철근을 넣거나 반경을 적당히 크게 하거나 내측을 평탄하게 시공하는 방법도 있다. 또 과도하게 굴착된 단면은 반드시 콘크리트를 쳐서 충전하고 덧 씌우는 콘크리트의 배면에는 간극이 생기지 않도록 주의한다.

- ⑤ 댐축의 상류측에는 터널을 따라 흐르는 투수방지와 감아쌓기 콘크리트의 누구수지를 위하여 상류측에 반드시 수밀 그라우팅을 하여야 한다.

(3) 복통

- ① 댐의 신축과 개축에 있어서 방류 또는 취수시설로서 원칙적으로 복통은 피한다. 단, 소규모의 댐에 한하여 대부분을 기초지반내에 묻고, 제체와 복통구조물과를 원할하게 접촉시켜 외력 및 투수에 대하여 안전한 구조인 경우에 한하여 설치할 수 있다. 그러나 이의 설계·시공에 대해서는 세심한 주의를 해야 한다.

② 기초

- 가. 유효 저수량을 증대시키기 위하여 될수록 낮고, 지지력이 충분한 불투수성의 산바닥을 깎아 내어서 설치해야 한다.
- 나. 일부분이라도 흠쌓기를 기초로 하는 일은 절대로 피해야 한다.
- 다. 완제품(흙관, 철관 등)을 사용할 경우 그 기초에는 모래바닥이 아니고 반드시 콘크리트 기초로 한다.

③ 복통 관체

- 가. 복통은 보통 토압, 수압 등에 견디도록 작은 단면에서는 완제품관은 철근콘크리트로서 전체를 감아 싼 구조로 하나 큰 단면인 경우에는 원형, 반원형, 말굽형 등의 철근콘크리트구조로 한다.
- 나. 관 단면의 크기 결정은 취수터널과 마찬가지로 장래의 유지관리를 고려하여 안지름은 80 cm 이상으로 내구성이 크고 방청된 재료의 관이 좋다.

④ 복통의 지수벽

- 가. 특히 지수성에 유의하여 복통을 따라서 생기는 침투수를 방지하기 위해서 관체에 지느러미 모양의 지수벽을 설치하고 누수나 파이프 등이 생기지 않도록 해야 한다.
- 나. 지수벽높이는 통관표면에서 50~100cm, 두께는 30cm, 간격은 지수벽 높이의 7~10배 정도로 하고 댐 불투수성부를 중심으로 상류쪽에 설치한다.

⑤ 관체의 이음

- 가. 기초가 암반이어서 부등침하가 일어나지 않을 경우에는 현장치기 철근콘크리트관은 단체구조로 하고, 약 10m 이내에 시공이음을 설치한다.
- 나. 수밀성을 확보하기 위하여 동지수판을 넣는다.
- 다. 완제품관을 사용할 경우에는 기초상태에 관계없이 신축이음을 설치하고 철관

등 내구성이 큰 것을 사용한다.

⑥ 복통 지수공법

가. 복통설계는 누수를 방지하고 구조물의 수명을 증대시킬 수 있도록 지수대책을 설계에 반영한다. 지수대책은 방수 모르타르법을 원칙으로 하고 시트 방수법은 내구성, 경제성 등을 검토하여 지구여건에 따라 적용한다.

4.2.5.4 부대시설

(1) 스크린

① 스크린의 주요 형식

가. 스크린은 저수지내의 먼지, 유목, 기타 수면 부유물이 취수구멍에 유입되지 않도록 설치하는 것으로, 구조는 먼지의 종류와 양, 취수구조 및 취수목적에 따라 다르다. 보통은 로프를 댐의 상류에 걸고 플로트에 의해서 방진용 스크린을 매달리게 한 구조이다. 특수한 것으로는 취수공의 전면에 반원형으로 뜨도록 고안된 것도 있다. 이와 같이 형식은 대규모의 댐에서 표본취수를 할 때에 제 1단계의 방진에 사용되며 취수공에는 다시 제2의 스크린을 설치하는 것이 보통이다.

나. 스크린 구조는 취수공 전면에 환강, 평강재를 사용하여 격자형으로 하는 것이 보통이며, 고정식의 것과 청소하기 위해서 떼어낼 수 있게된 것 또는 방진장치를 붙인 것 등 여러 가지로 고안되어 있는데 격자의 간격과 크기 등도 사용목적과 먼지의 상황에 따라 여러 가지가 있으나 일반적으로 격자의 간격은 10~20 cm이다. 먼지의 양이 특히 많은 경우나 먼지를 제거하기 위하여 저수위를 내릴 수 없는 경우에는 집진장치를 수면상에 두고 먼지를 제거할 수 있게 한다. 취수공 하류에 먼지 때문에 지장을 줄만큼 시설이 미비된 경우에는 방진은 취수공을 막히지 않게 하고 문짝을 유목으로부터 보호하면 되므로 되도록 눈이 큰 것이 유리하다.

다. 공사중에 가배수호가 유수 등으로 폐쇄되지 않도록 임시로 가설한 것으로 보통 현 레일 등을 써서 격자간격을 20~30 cm정도로 하다. 소규모 취수터널, 복통 등을 가배수로로 사용하는 때는 홍수시 입구가 폐쇄되어 중대한 사고가 발생되는 경우가 있으므로 스크린을 반드시 설치해야 한다.

② 스크린에 걸리는 하중

가. 스크린이 받는 하중은 먼지가 없을 경우에는 극히 적지만 눈이 막혀서 통수되지 않는 경우에는 수량이 상당히 수압을 받게 되므로 안전을 유지하기 위해서는 이수압에 견디도록 설계해야 한다. 미국 개척국에 의하면 스크린 위의 수두의 1/2에 해당하는 수압 또는 스크린이 완전히 수중에 있을 경우 및 스크린의 통수단면적이 작을 경우에는 최대 12.5 m 의 수두(12.5 tf/m²)의 하중에 견디도록 하고 또한 스크린의 통수단면적에 여유가 있을 경우나 스크린 틀이 물위에 노출되어 있을 경우에는 최대 6 m 수두의 하중에 견디도록 설계한다.

③ 스크린에 의한 손실수두

가. 物部 공식에 의하면,

$$h_r = B \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^{3/4} \cdot \frac{V_o^3}{2g} \dots\dots\dots (4.2.13)$$

여기서, B : 스크린 격자가 원형인 경우 1.79, 장방형 2.42, 유선형 0.76,

Vo : 유입속도(m/s), α : 스크린 경사도, t : 스크린 두께, b : 격자간격이다.

(2) 공기구멍

① 공기구멍 설계는 계산에 의해서 정하기도 하지만 되도록 모형실험에 의해서 결정하는 것이 바람직하다. 모형실험을 하지 않는 경우에는 다음과 같은 요령으로 설계한다.

가. 공기구멍의 효과

(가) 게이트 또는 밸브가 열려 있을 때 (공기의 배제) : 게이트에서 유로 내로 들어간 물이 고압류이기 때문에 일부 유로 내에서 만류되고 그 곳에서 도수가 상류 쪽으로 이동하는 과도적인 기간 중에는 게이트 직하류위 압축된 공기를 유로 외로 배제할 수 있다.

(나) 게이트 또는 밸브가 닫혀 있을 때 (공기의 공급) : ①항과 반대되는 현상으로 도수가 하류쪽으로 이동하는 순간 게이트 직하류부에 진공이 되는 것을 공기를 공급할 수 있게 된다.

(다) 게이트 또는 밸브가 반쯤 열려 있을 때 (공기의 공급) : 게이트 또는 밸브가 반개상태에 있어서 하류부가 수류로 만류되고 게이트 직하류 부근이 만류되어 있지 않은 경우 그 곳의 압력이 대기압 이하로 내려가지 않도록 공기를 공급하여 공동현상이 생기지 않도록 할 수 있다.

나. 공기구멍 설계 시 고려사항

(가) 공기구멍의 최소직경은 10 cm 이상이 되도록 한다

(나) 게이트 직하류 부근에 설치하는 공기구멍 위치는 모형실험에 의해서 결정하는 경우 이외에는 게이트 높이에 상당하는 거리만큼 하류로 정한다.

(다) 게이트 하류의 방수로 중에 상류부 및 하류부에서 각각 만류하고 중간부에 간극단면을 일으키는 경우에는 그 부분에도 공기구멍을 설치한다.

(라) 소단면의 유로에서 더 큰 단면의 터널 등에 고압류를 방류할 경우도 고압류에 의해서 터널의 일부가 만류되려고 할 때는 만류점보다 상류에 공기구멍을 설치한다.

(마) 사통에서의 공기구멍은 종래에는 사통관체의 상부에만 개구할 정도의 설계예가 많은데 사통과 취수터널과의 연결부에서는 난류로 인한 공동현상을 일으키는 경우가 있으므로 이때에는 이곳에도 공기구멍을 설치한다.

(바) 공기관을 취수탑에 설치할 경우 소규모의 것은 철관을 사용하여 탑체벽에

매설하나 대구경의 것은 탑체벽의 외측에 설치하게 되므로 이 경우에는 지진, 수압, 온도차로 인한 신축 등을 고려한 이음매로 해야 한다.

(사) 공기구멍은 조작실에 개구해서는 안된다.

다. 공기구멍의 크기 결정

(가) 공기구멍의 크기는 원칙적으로 다음 식에 의해서 소요공기량을 산출하여 결정한다. 단, 소규모 또는 간이적인 것은 계획최대취수량의 15 %에 해당하는 공기량을 소요 공기량으로 결정해도 된다.

㉑ 소요공기량 산정식

$$Q_a / Q_w = 0.04(F - 1)^{0.85} \dots\dots\dots (4.2.14)$$

여기서, Q_a : 소요공기량, Q_w : 게이트를 80 % 개방하였을 때의 유량

F : 게이트 직후방 수축단면에서의 사류의 프루드수

한편, 공기량의 최고수요는 게이트가 약 80 % 열렸을 때 또는 극히 적게 열렸을 때 일어난다.

㉒ 공기구멍 규모의 결정 : 산정한 소요공기량에서 공기구멍 내의 풍속은 45 m/s를 기준으로 하고 90 m/s를 초과하지 않는 범위내에서 공단면을 산정하고 이에 해당하는 관제품 규격에 맞추어 관내경을 정한다. 공기구멍의 재료도 강관, 주철관 등을 사용하는데 규모, 설치공법에 따라서 관종을 결정한다.

4.3 어도

4.3.1 일반사항

- (1) 하천개발에 따라 부수적으로 나타날 수 있는 하천생태계 교란과 파괴를 최소화하거나 폭포나 급류와 같이 어류의 이동에 대한 장애물을 극복하게 하여 하천에서 어종의 보존이나 어류분포의 확산을 조장할 수 있도록 어류의 이동통로를 인위적으로 설치한 하천 수리시설물을 어도 라고 한다. 필댐의 경우 농업용 저수지의 본래 기능인 관개용수 확보 및 홍수조절, 그리고 안정성 확보에 기초하여 어도 설치를 고려한다.

4.3.2 어도 설계 시 고려사항

- (1) 어도 설계는 하천의 특성이 일정하지 않고 시간적으로나 공간적으로 변하기 때문에 매우 어려운 문제이다. 따라서 하천에 서식하는 다양한 어류가 이용할 수 있는 어도를 설계하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려한다.
 - ① 어도 설치로 인하여 치수상의 문제가 있어서는 안된다. 어떤 경우의 어도를 설치하더라도 수문 및 지형적 제약, 법적인 조건을 만족시켜야 하며, 특히 홍수시 안전문제가 발생되지 않는 시설이 되어야 한다.
 - ② 어류가 어도를 따라 이동할 때에는 안전하게 빨리 통과할 수 있게 한다.

- ③ 어도설계를 위해서는 어도 형태에 따른 수리학적인 특성과 이를 이용할 어류의 유영특성 및 하천의 거동을 잘 파악해야 한다. 어도의 수리학적인 특성은 최종 수리모형실험을 통하여 확인되어야 하고, 어류의 유영특성으로는 하천에 서식하는 회유성 어류의 종류와 회유시기, 어도내의 선호하는 흐름조건, 어류의 크기 등과 같은 어류의 생태학적 특성을 파악해야 한다.
- ④ 어도내 유속과 소상어의 휴식공간은 어종에 따라 돌진속도나 순항속도 같은 유영력이 달라지므로 다양한 형태의 유속분포와 소상중에 있는 어류가 완전한 휴식을 취할 수 있는 공간이 어도설계에 충분히 반영되어야 한다.
- ⑤ 어도 설계시에 어도 설치로 인한 하상 저하를 예상하여 고려해야 하고 어도내의 구조가 너무 복잡하여 홍수 후에 유목이나 토사가 쉽게 퇴적되지 않도록 해야 한다.

4.3.3 어도의 설계조건

4.3.3.1 소상어의 조건

- (1) 어도를 이용할 어류의 생태는 하천에 서식하는 회유성 어류의 종류, 회유시기와 조건, 회유시기 어류의 크기 및 유영력, 선호하는 소상방법, 성장과 산란조건 등과 같은 특성을 잘 파악하여야 한다. 이는 어도의 형식선정과 설계유량 결정에 큰 영향을 미친다.

4.3.3.2 소상경로의 조건

- (1) 어류의 소상경로 구간에서 고려해야 할 조건은 다음과 같다.

- ① 수심

- 가. 새에게 잡혀 먹이지 않도록 충분한 수심을 가져야 한다.
- 나. 최소 수심은 소상어류 체고의 1.2배 이상이어야 한다.

- ② 유속

- 가. 물거품이 생기지 않고 난류가 발생하지 않아야 한다.
- 나. 소상통로의 최소폭은 체장의 1/2 보다 큰 폭이어야 한다.
- 다. 유영길이는 체장의 2~4배 이상이어야 한다.
- 라. 유속은 소상어의 순항속도 이하이어야 한다.

- ③ 낙차

- 가. 사면길이는 소상어의 점프력, 사면 소상력을 초과해서는 안된다.

- ④ 유폍

- 가. 소상통로의 최소폭은 소상어류 체장의 1/2 보다 큰 폭이어야 한다.

- ⑤ 기타

- 가. 수온을 포함한 수질, 일광조건, 물 흐르는 소리, 하천 가장자리의 수초와 같이 어류가 긴급시에 피난할 수 있는 장소, 수중 색채와 탁도 등 어류 이동에 영향을 미칠 수 있는 중요한 환경요인 등도 어도의 설계에 반영하도록 한다.

4.3.3.3 어도의 수리조건

- (1) 어도의 수리 조건중 가장 중요한 것은 대상 어종인데 우라 나라 하천에 가장 많은 피라미의 소상능력을 기준으로 하여 설계하는 것이 바람직하다.
- ① 어류의 소상에 필요한 최소유량은 소상촉진 최소유량으로 한다.
 - ② 어도내 최소 수심은 소상어류 체고의 1.2배 이상이어야 한다.
 - ③ 어도폭 전체에 유속이 1.0 m/s를 넘는 곳이 있어서는 안되고 수표면은 새의 공격을 받을 가능성이 있으므로 깊은 곳의 유속의 작은 것이 중요하다. 어도의 유속은 소상의욕을 상실할 정도로 작아서는 안된다. 유속이 너무 작으면 올라가지 않고 머무른다. 어도내에서 거품이 나지 않고 안전하게 쉴 수 있는 장소를 만들어 주는 것이 필요하다.
 - ④ 어도의 폭은 댐에서의 방류량과 소상 어류의 종류 및 크기를 고려하여 결정한다.
 - ⑤ 어도의 길이는 댐의 높이와 경사길이에 따라 결정되지만, 너무 긴 경우에는 중간에 휴식장소를 고려한다.
 - ⑥ 어도의 높이는 댐의 높이에 따라 결정된다.
 - ⑦ 어도의 경사는 어도의 높이와 어도의 길이의 비로 계산한다.
 - ⑧ 어도의 위치는 하천의 양안에 설치하는 것을 우선으로 한다.

4.3.3.4 설치비

- (1) 어도는 저수지 시설 중 지속적인 유지관리가 필요한 시설이므로 시공 후 유지관리를 포함하여야 한다.

4.3.4 어도의 형식

4.3.4.1 어도의 분류

- (1) 하천에서 보나 댐과 같은 어류의 이동에 대한 장애물이 있는 경우에도 이동할 수 있도록 설치한 인공 수리시설물을 어도라 하며, 어도의 목적, 어도의 수리학적 기구, 어도의 형상, 어도 설치장소에 따라 어도의 종류를 분류한다.
- ① 어도의 목적 : 소상용 어도, 강하용 어도, 채포용 어도, 선별용 어도, 관찰용 어도
 - ② 수리학적 기구 : pool식, 수로식, 갑문식, 엘리베이터식, 기타 어도
 - ③ 어도형상 : 선형 또는 나선형으로 어도가 배치되었는지에 따른 것
 - ④ 장소별 : 사방댐, 보, 댐, 하구언 등 하천횡단 수공구조물의 종류에 따른 것이다.

4.3.4.2 어도의 형식

- (1) 풀(pool)식 어도
- ① 풀식 어도는 풀이 계단식으로 연결된 형태의 어도를 말하며, 전면월류형, 부분월류형, vertical slot식, 잠공식 어도가 있으며, 부분월류형 어도는 Ice harbor형과 노르웨이형이 있다. 한편, 풀식 어도는 설치가 비교적 쉽고 공사비도 적게 들지만 유속

이 빠르고, 낙차가 있으므로 유영력(遊泳力), 도약력(跳躍力)이 좋은 일부 어종만이 이용할 수 있는 단점이 있다. 풀식 어도는 격벽 부분에서 유속이 크고 수심이 최소이기 때문에 이 부분이 소상(遡上)하기 가장 어려운 곳이므로 이 부분의 설계가 중요하다. 풀식 어도는 풀이 있어 소상중인 어류가 수시로 쉴 수 있고, 어도로 보낼 물이 적을 때도 운영이 가능하며, 댐의 높이가 높고 경사가 급한 곳에서도 설치할 수 있는 장점이 있다.

가. 계단식 : 물고기가 주로 격벽을 월류하는 흐름을 뛰어넘어 올라가는 형식을 말하며, 격벽 전체로 물이 넘는 것을 전면월류형, 노치가 양측에 있는 것을 Ice harbor식이라 한다.

나. 버티칼슬롯식 : 격벽에 설치된 수직의 틈새(vertical slot)를 통하여 이동하는 형식을 말한다.

다. 잠공식 : 격벽에 뚫어놓은 잠공(orifice)을 통하여 이동하는 형식을 말한다.

(2) 수로식 어도

- ① 수로식 어도는 어도 수로내의 유속을 줄여 물고기를 소상(遡上)하도록 하는 방법으로 유속을 줄이는 방법에 따라 Denil식 어도, 조석불임 경사곡면식 어도, 도류벽식 어도, 인공하도식 어도가 있다.

(3) 조작식 어도

- ① 고기가 소상하려면 항상 인위적인 조작을 해야만 되는 것을 조작식 어도라 하며, 이 형식은 댐의 높이가 높아 수로식으로 충분한 소상효과를 낼 수 없을 때 사용하는 방법이다. 운영조작식 어도에는 리프트(lift)식, 엘리베이터(elevator)식, 갑문식, 펌프식 등이 있다. 갑문식은 순수한 갑문식 어도와 Borland식 어도가 있다.
- ② 조작형 어도는 이용할 어종의 유영력, 도약력에 상관없이 다양한 어종이 이용 가능하고, 댐에서 방류할 물이 적을 때도 적용 가능하며, 하구에서는 조차(潮差)에 상관없이 적용이 가능하다. 댐의 높이가 높고, 저수지의 수위변동이 클 때도 편리하게 적용할 수 있다. 그러나 인위적으로 조작을 해야 물고기가 올라갈 수 있고, 운영비가 많이 드는 단점이 있다.

가. 리프트식 : 물고기가 든 용기를 제방 사면을 따라 설치한 궤도로 끌어 올려 저수지에 붓는 형식을 리프트식이라 한다.

나. 엘리베이터식 : 수직으로 설치한 엘리베이터로 물고기를 끌어올리는 것을 엘리베이터식이라 한다.

다. 갑문식 : 통선문에 배가 드나드는 것과 마찬가지로 원리로 어도 갑실(閘室)을 만들고 내외측 갑문을 만들어 갑문조작으로 물고기가 올라갈 수 있는 어도를 갑문식이라 하고, 낙차가 큰 댐에서는 갑문의 높이를 무한정 키울 수 없으므로 댐의 진수지 부근에 하부풀을 만들고 댐위에 상부풀을 만들어 각 풀을 샤프트(Shaft)로 연결하고 갑문을 만들어 갑문식과 마찬가지로 물고기를 올라가게 하는 방법을 Borland식이라 한다.

(4) 기타 어도 : 병용식과 혼합식(hybrid)식 등의 어도가 있다.

4.3.4.3 어도 형식의 선정

- (1) 어도 형식을 선정할 때에는 지형적 여건과 어도 형식에 따른 특징을 충분히 검토하고
 ① 대상 하천유량 및 수위의 변화, ② 어도의 설계유량, ③ 어종의 다양성 및 어류의 생태, ④ 현장조건 및 설치비용, ⑤ 하천과의 조화 및 설치대상 댐의 특수성, ⑥ 유지관리 등을 고려하여 선정한다. 댐의 경우 상하류의 수위차가 커서 수로식 어도나 조작식 어도의 갑문식, 피시펌프식 어도와 혼합식 어도 등은 실제로 댐에 적용하기가 어렵다.

4.3.5 어도의 설계 절차

- (1) 어도 설계는 댐자료, 어류자료, 수리조건 등을 충분히 고려하여 합리적인 설계가 되도록 하며, 일반적으로 설계의 주요 절차를 정리하면 다음과 같다.

4.3.5.1 기초자료의 수집 및 파악

- (1) 기초 자료의 수집은 기존 문헌조사, 설문조사, 하천 현지에서의 직접조사 등의 방법을 통하여 수집한다.
- ① 댐 관련자료 : 위치, 지형, 구조 및 제원, 취수조건
 - ② 하천의 수리·수문학적 자료 : 하천의 수위, 유량, 유사량, 하상 구성재료, 취수 및 하천개발 등
 - ③ 하천의 생태학적 특성 : 하천에 서식하는 회유성 수생동물의 종류와 크기, 회유의 시기와 조건, 성장과 산란조건 등
 - ④ 기타 운영 및 유지관리

4.3.5.2 설계조건 설정

- (1) 어종의 선정 : 대표 어종, 소상시기, 소상능력
- (2) 하천 수위 및 유량
- (3) 어도의 설계유량
- (4) 상·하류측의 수위조건
- (5) 어도의 설치 위치 및 규모 확인
- (6) 어도 설치비용

4.3.5.3 개략 설계

- (1) 어도의 위치 및 기본형식 선정
- (2) 어도의 평면배치 설정
- (3) 어도의 본체 개략설계

(4) 대안설계 및 비교 검토

4.3.5.4 세부설계

- (1) 세부설계에서는 홍수시 어도의 안정성과 하천의 흐름 변동, 어도내 유속분포 등을 충분히 고려해야 한다.
 - ① 어도의 폭과 깊이 산정
 - ② 입구부 및 출구부 설계
 - ③ 어도길이, 풀의 위치와 크기
 - ④ 슬롯간격 및 월류격벽의 제원
 - ⑤ 비월류격벽에 의한 풀 규모
 - ⑥ 설계유량에 대한 어도내 수면계산
 - ⑦ 최대유속 및 월류수심 추정
 - ⑧ 월류격벽이나 비월류격벽의 물과 접촉하는 모서리는 흐름의 박리현상이 일어나지 않도록 유선형 등으로 처리
 - ⑨ 등류흐름조건 만족 여부 판단
 - ⑩ 하류부 하상저하에 대한 저수로 풀의 제원


4.3.5.5 어도시설의 유지관리계획

- (1) 홍수전후의 어도관리
- (2) 주요 회유성 어류 이동시기의 유지관리
- (3) 어도의 효과관정을 위한 계획

4.3.6 어도의 부대시설

- (1) 어도 형식과 필요에 따라서 게이트 등의 통수량 조절장치, 집어를 위한 유인수 장치, 어도 폐쇄방지를 위한 찌꺼기제거용 스크린, 입구 보호공, 어도의 효과 및 기능 등의 조사를 위한 계수관찰장치, 유지관리설비(토사·유목 제거, 조류피해 방지, 경계시설, 방호책) 등의 부대시설을 설치하도록 한다.

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	다산건설턴트
	농지보전	박종화	충북대학교
	농업용댐	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	아주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준

KDS 67 10 45 : 2018

농업용댐 물넘이 및 부속구조물 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.