

KDS 67 20 20 : 2018

용배수로 시설 설계

2018년 04월 24일 제정

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



건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 코드 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 KDS 67 20 20 : 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)
농지개량사업 계획설계기준 수로공편	• 농지개량사업 계획설계기준 수로공편 제정	제정 (1974. 12)
농지개량사업 계획설계기준 수로터널편	• 농지개량사업 계획설계기준 수로터널편 제정	제정 (1977. 12)
농지개량사업 계획설계기준 수로공편	• 농지개량사업 계획설계기준 수로공편 개정	개정 (1988. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로터널편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로터널편 제정	개정 (1998. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로공편	• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로공편 개정	개정 (2004. 12)
KDS 67 20 20 : 2018	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비 (농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로공편 및 수로터널편 합본) • 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 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 참고 기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 수로시설의 구성	1
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	2
4.1 개수로	2
4.2 터널	18
4.3 암거	25
4.4 잠관	27
4.5 낙차공 및 급류공	35
4.6 조절시설	61
4.7 분수공, 합류공 및 계측시설	83
4.8 보호시설 및 안전시설	94
4.9 관수로	98

용배수로 시설 설계

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 수로시설은 수로조직 전체의 기능 및 경제성을 지배하는 것으로 공종선정이나 수두 배분 등의 수로조직설계에 있어 소요유량을 안전하고 경제적으로 통수할 수 있도록 수로의 이수(利水)조건이나 노선의 입지조건, 수리·구조상의 설계조건, 시공조건 등을 충분히 검토하여 이에 적절한 설계를 해야 한다.

1.2 적용 범위

·내용 없음

1.3 참고 기준

·내용 없음

1.4 용어의 정의

·내용 없음

1.5 기호 정의

·내용 없음

1.6 수로시설의 구성

1.6.1 통수시설

- (1) 물을 송수하기 위한 수로부분을 구성하는 시설이며 개수로 및 관수로, 터널 및 암 거, 잠관 및 수로교, 낙차공 및 급류공 등이 있다.

1.6.2 분수 및 조절시설

- (1) 수로의 분수 및 합류, 필요한 용수량의 조절 배분 기능, 혹은 수로의 안전성을 확보하기 위하여 수로내의 수위, 수압, 유속, 유량을 조절하는 시설로 분수공, 양수시설, 제수공, 방수공, 물넘이, 조압시설 등이 있다.

1.6.3 보호 및 보안시설

용배수로 시설 설계

- (1) 수로시설 자체를 기능적, 구조적으로 보호 및 안전을 확보하기 위한 시설이며, 횡 단 배수구조물, 유입구조물, 배수도랑, 울타리 등이 있다.

1.6.4 관리시설

- (1) 물관리 및 수로 제어시설의 유지관리를 위한 시설로 관리용 도로, 관측시설, 제어 시설, 통신 시설, 제염시설, 관리건물 등이 있다.

2. 조사 및 계획

· 내용 없음

3. 재료

· 내용 없음

4. 설계

4.1 개수로

4.1.1 개수로 형식의 선정

- (1) 개수로 형식선정에 있어서는 공사비가 적게 들고 큰 유량변동에도 대응할 수 있는 용수의 공급 및 관리에 무리가 없는 범위에서 그 형식을 채택함을 원칙으로 하고, 그 구조의 특성에 알맞도록 안전하고 경제적인 설계를 한다.

4.1.1.1 흙수로

- (1) 수로단면이 순전히 굴착 또는 흙쌓기에 의해서 성형되며 수로내면의 통수부분에 특별한 시설을 하지 않은 수로를 말한다. 이 형식의 수로는 침식방지, 침투방지를 위하여 어떠한 처리도 하지 않은 절개수로와 떼붙임 등 식생에 의하여 침식방지공 을 시행한 떼수로, 토질안정제, 자갈부설 등에 의해 침식방지 또는 침투방지를 위 해 시공한 보호수로의 형식으로 분류된다.

4.1.1.2 라이닝 수로

- (1) 지반을 굴착 또는 흙쌓기를 하여 수로단면을 성형하고 통수면의 침식방지, 누수손 실의 방지, 수로단면의 축소 및 수초 등으로 인한 통수장애의 방지를 목적으로 표면을 비교적 얇은 라이닝 재료로 피복한 수로를 말한다.

- (2) 지형, 토질, 지하수 등의 입지조건 외에 시공조건이 수로의 안전성에 크게 영향을 주므로 설계 및 시공은 신중을 요한다. 이 형식의 수로는 재료에 따라 시멘트, 아스팔트, 흙 등에 의해 포장한 표면라이닝 수로와 아스팔트 합성고무, 벤토나이트 등의 막을 부설하여 그 위를 자갈, 모래, 흙 등으로 피복한 매설막 라이닝 수로로 나눈다.

4.1.1.3 응벽형 수로

- (1) 수로측면이 내수압 및 배면토압을 지지하는 벽으로 형성되며 구조적으로 측벽과 저판이 일체가 된 플립 수로, 블록이나 견치돌 등을 수로측면에 쌓은 블록쌓기 나 돌쌓기 수로, 배면토압을 지지하는 콘크리트 응벽에 의하여 만들어진 콘크리트 응벽수로 및 패널 등 콘크리트 공장제품으로 조립되는 조립수로가 포함된다.

4.1.2 개수로 설계의 기본사항

4.1.2.1 개수로의 단면형

- (1) 개수로의 단면형을 결정할 때에는 수리구조 및 시공상 유리한 단면에 대하여 충분히 검토하고 가장 경제적인 단면을 선정한다.
- (2) 일반적으로 수리, 침투 및 구조적으로는 비교적 깊은 단면이 유리하고 안정성, 경제성 면에서는 얇은 단면이 유리하나 이들이 원칙상에서 서로 상반되는 점은 수로 의종류, 목적, 지형 등을 고려하여 조정·결정한다.
- ① 수리상 유리한 단면
- 가. 수리상 유리한 단면은 소정의 통수단면적(A)에 대하여 윤변(P)이 최소로 되는 경 우 즉, 경심(R)이 최대가 되어 최대유속능력을 가진 수로단면이다. 또 이는 경제 적으로도 유리한 경우가 많다.
- ② 침투방지상 유리한 단면
- 가. 침투방지상 유리한 단면의 침투손실량은 표토 및 하층토 성질, 지하수의 고저 외에 경 심, 수심 등에 관계된다. 침투손실량은 수심의 평방근에 비례한다고 하면 침투손실이 최소가 되는 단면에 있어서 그 수로치수사이에는 다음 관계가 성립 된다.

용배수로 시설 설계

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot \sin \Theta}{4 - 3 \cos \Theta}}$$

$$b = 4H \cdot \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

상기 식을 조합하면 다음과 같다.

$$b = 4 \sqrt{\frac{A \cdot \sin \Theta}{4 - 3 \cos \Theta}} \cdot \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

여기서,

b : 수로의 저폭 (m)

H : 수심 (m)

Θ : 측벽과 수평면이 이루는 각도 (°)

A : 통수단면적 (m²)

즉, 최소침투단면의 저폭과 수심비는
수리상 유리한 단면일 경우의 2배이다.

③ 구조상 유리한 단면

가. 플룸의 경우 수로의 단면형은 저폭과 수심비가 1:1 ~ 2:1 정도의 것이 유리한 것으로 되어 있어 많이 이용되고 있다. 이 이상의 비가 되는 경우에는 콘크리트 옹벽 또는 블록 쌓기 수로 등의 수로벽이 자립하는 형식과 비교·검토하는 것이 좋다.

나. 콘크리트 옹벽 등에서 좌우안의 하중조건이 크게 다른 경우에는 수로벽 구조가 좌우안에서 달라지는 형식이 되는 수도 있다.

④ 시공상 유리한 단면

가. 굴착 심도, 성토 높이 등 지형조건이 시공상 제약조건으로 작용할 경우에는 이를 고려하여 단면을 검토하고, 주변입지 조건, 지상·지하 보상조건, 수로 구조의 시공성·경제성, 완성후 유지관리 등도 검토하여 개수로 단면형을 결정한다.

4.1.2.2 기초지반의 처리

(1) 조사에 의해 파악된 기초지반의 상태에 따라 수로구조물의 안전성을 검토하여 적절한 설계를 해야 한다. 연약한 지반이 수로의 기초에 존재하는 경우 이를 피하여 계획하는 것이 바람직하나 수로의 선형상에서 경제성, 시공성 등의 제반조건상 부득이 계획하는 경우에는 적절한 지반개량공법 또는 기초공법을 선정하여 부등침하 등에 대한 방지대책을 강구하여 설계해야 한다.

① 연약지반

가. 지반이 연약하기 때문에 침하·활동이 일어나는 것은 상재하중에 의한 접지압의증가, 지반의 압밀현상에 기인하는 외에 지하수의 양수나 유기물의 분해작용 등에 의한 경우도 있으므로 침하, 활동에 대한 장기적인 안전성을 검토한 후 그 처리방법을 결정해야 한다. 특히 연약지반과 그렇지 않은 지반과의 경계부근에서는 기초처리는 물론, 개수

로의 구조자체에도 주의하여 설계해야 한다.

② 팽창성 점토

가. 라이닝의 지면에 고결된 점토가 있는 경우에는 일반적으로 통수후 점토가 흡수 팽윤되고 라이닝에 과잉압력이 작용하여 부상에 의한 손상을 받을 위험성이 있다. 또 팽윤에 의해 점토의 전단강도가 현저히 저하하여 비탈면이 활동하는 수도 있다. 이와 같이 극단적으로 건조고결한 점토를 만나는 일은 많지 않지만 대절토의 경우에 심층에 있는 점토에 대하여는 충분한 주의를 해야 한다. 팽창성 점토의 처리방법으로 라이닝을 하기에 앞서 살수하여 팽창시키는 방법과 양질재료로치환하는 방법이 있지만 어떤 경우에 있어서도 팽창성 점토의 성질을 충분히 파악하여 구조물의 안전성에 대하여 검토해야 한다.

③ 전석, 암반

가. 기초지반이 전석이나 부분적으로 암반이 형성되어 있는 경우에는 수로구조물의 하중이 이 부분에 집중함으로써 구조물에 균열 등을 일으키는 원인이 되는 경우가 많아 전석의 제거, 치환공법 등 적당한 조치를 강구하는 일이 필요하다. 또 암반이 연속되어 있는 경우 특히 압축성 지반과의 경계부근에서는 용수로의 구조, 이음매 등에 대하여 신중히 설계해야 한다.

4.1.2.3 토공

(1) 토공은 절·성토량의 평형, 흙막기량의 유·용 및 사토 등에 대한 검토를 하여 적절한 토량배분을 함과 동시에 구조물의 종류, 공사규모, 시공조건 등을 감안하여 토공계획을 세운다.

① 흙막기

가. 절개한 안비탈면 기울기는 지질, 흙막기의 높이, 용출수(湧出水) 상황, 강우량, 풍화도, 균열, 성층상황, 함수량 등을 고려하여 판단하지만 일반적으로 비탈면의 기울기는 아래 <표 4.1-1>의 값을 표준으로 한다. 특히 필요한 경우에는 토질시험 등을 거쳐 안정계산에 의하여 결정한다.

나. 흙의 내부 마찰각(ϕ)과 점착력(c)을 토질시험으로 알고 있으면 비탈기울기(β)에 의해서 안정계수 N_s 를 구할 수 있으며 비탈면의 안전율(F)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F = \frac{N_s \cdot c}{r_t \cdot H} \quad (4.1-1)$$

여기서, r_t 는 흙의 습윤밀도(kN/m^3)이며 H 는 성토고이다.

F 값이 1.2 이상이면 활동이 발생하지 않고 안전하다고 생각한다.

다. 흙막기면의 소단은 원칙적으로 흙막기 높이 5m마다 설치하며 그 나비는 토사의 경우 0.5 ~ 1.0m를 표준으로 한다.

라. 그리고 빗물에 의하여 비탈면이 세굴 또는 붕괴의 우려가 있는 경우에는 비탈면 어깨 소단에 집·배수구를 설치하여 지표수처리를 할 필요가 있다.

용배수로 시설 설계

〈표 4.1-1〉 흙쌓기 사면 기울기

토질 구분	사면높이	임시시공을 위한 사면깎기 기울기	영구노출에 대한 사면깎기 기울기
토 사	5m 이상	1:1.0	1:1.5
	0~5m		1:1.2
풍 화 압 (리핑암)	5m 이상	1:0.8	1:1.0
	0~5m		1:1.0
경 압 (발파암)	5m 이상	1:0.3	1:0.5
	0~5m		1:0.5

② 흙쌓기

- 가. 개수로의 흙쌓기 독은 구조물의 일부가 되어 계획수위를 보전하는 역할을 가지며 동시에 관리용 도로로 이용되는 경우가 많으므로 침하, 변형 등에 대해 안전해야 한다.
- 나. 흙쌓기 재료는 그 우열성이 시공의 난이, 완성 후 흙쌓기의 안전성을 좌우한다. 따라서 경제적으로 가능한 범위에서 양질의 재료를 선택할 필요가 있고 수로공사에 있어서는 흙깎기를 유용하여 흙쌓기 재료로 하는 경우가 많으므로 토공계획에 있어서는 흙깎기에서 나온 재료를 어떻게 잘 이용할 것인가에 대하여 검토할 필요가 있다.
- 다. 흙쌓기 재료는 흙쌓기 높이, 흙쌓기 형식, 사용개소, 시공방법 등에 따라 그 적부를 결정하지만 (가) 시공기계의 주행성이 확보 될 수 있을 것, (나) 흙쌓기의 비탈면 안정에 필요한 전단강도를 가질 것, (다) 흙쌓기의 압밀침하가 완성후의 수로에 나쁜 영향을 미치지 않을 것, (라) 라이닝을 하지 않은 수로에서 누수방지 필요시는 필요한 불투수성을 확보할 것 등의 조건을 만족하는 재료를 사용하여야 한다. 흙쌓기의 비탈면기울기는 일반적으로 1:1.5를 표준으로 한다.

③ 둑마루폭

- 가. 통수단면 양안의 둑마루폭은 수로의 안전성의 확보는 물론, 수로의 유지관리 및 보수공사를 위해서 필요한 폭과 경제성 등을 고려하여 결정한다. 또 둑마루는 수로의 순시용, 게이트 조작용 등 관리용 도로로서의 기능을 갖도록 설계할 때도 있다. 일반적으로 지선급은 1.0m, 소규모 수로(지거급)에서는 0.5m, 부설도로가 있는 경우 4.0m이상으로 계획하고 필요한 경우 관리용 도로 4.0m를 둘 수도 있다.
- 나. 수로에 방책, 배수측구 등을 설치하는 경우에는 그 설치폭을 감안한 것으로 설계 해야 한다.

4.1.3 구조설계

4.1.3.1 플룸

(1) 적용개요

- ① 플룸은 측벽과 저판이 구조적으로 일체가 되어 토압, 수압 등의 하중을 지지하는 형식의 수로이며, 일반적으로 철근콘크리트 직사각형 단면수로로 되어 있다.

- ② 지형이 종단적으로 급한 경우에는 수로에 낙차공, 급류공을 설치하여 적정한 수로 기울기가 되게 공중배치를 한다.
- ③ 기초기반이 연약한 경우에는 침하, 활동 등에 대한 플룸의 안전성을 검토하고 이에 필요한 침하방지대책을 강구하여야 한다. 연약지반과 그렇지 않은 지반과의 경계부지에서는 이음매의 설계 및 시공에 대하여 충분한 주의를 하여야 한다.

가. 사용조건

- (가) 일반적으로 플룸의 사용을 생각할 수 있는 것은 ㉠ 통수단면의 규모가 작은 경우, ㉡ 수로가 급경사지 또는 흙짜기 높이가 큰 곳을 통과하는 경우로서 토공량이 많을 경우, ㉢ 용수로 부지폭이 한정되어 있는 경우, ㉣ 지하수위가 높은 경우 등이다.

나. 수로단면

- (가) 플룸은 가급적 직벽으로 하는 것이 바람직하다. 직사각형 단면에서 수리적으로 가장 유리한 저폭, 수심비는 2:1이지만, 현장조건에 따라서는 수리적으로 유리한 단면이 반드시 구조적, 경제적으로 우월하다고는 할 수 없으므로 플룸의 특징, 입지조건 등을 충분히 고려하여 경제성, 안전성, 시공성을 비교검토하여 단면을 결정하는 것이 바람직하다. 일반적으로 구조상 유리한 저폭, 수심비는 1:1 ~ 3:1 이다.

- (나) 여유고는 다음 식으로 정한다. 홍수유입시의 최소여유고는 0.1m로 한다.

$$F_b = 0.07d + h_v + (0.05 \sim 0.15)$$

(4.1-2)

여기서, F_b : 여유고 (m), d : 계획최대유량에 대한 수심 (m), h_v : 유속수두 (m)

다. 흙쌓기

- (가) 흙쌓기의 최저 높이에 대한 제한은 없지만 흙쌓기 높이가 플룸의 상단부보다 아래에 있는 경우에는 세굴방지나 플룸의 횡이동에 대한 방지대책 등을 검토해야 한다.

- (나) 수로의 노선이 현지반보다 고위부를 통과하는 경우에는 월류하면 큰 재해를 일으킬 위험성이 있으므로 이를 충분히 고려하여 설계해야 한다.

(2) 구조

① 단면구조

- 가. 플룸의 각 부재의 두께, 철근량은 구조계획에 의하여 결정되지만 일반적으로 부재의 가정두께는 높이 또는 스패(span)의 1/8 ~ 1/12로 한다. 소규모의 수로에서는 시공을 고려한 최소의 부재두께로 하는 경우가 많다.

- 나. 주어진 하중은 토압, 수압, 활하중, 자중, 기초반력 등에 대하여 고려한다. 측벽은 이들의 하중이 작용하는 경우의 외팔보로 단면 및 철근량을 산정하고 저판은 지반반력, 측벽의 고정단 모멘트 및 축방향력을 받는 보로 설계한다.

② 부상(浮上)에 대한 검토

- 가. 양압력에 대한 검토도 하여야 하며 양압력에 대한 안전율은 1.2를 표준으로 하고 위험

용배수로 시설 설계

한 경우에는 부재두께를 증대시켜 자중을 증가시키거나 푸팅(footing)을 설치하여 그 위의 흙중량에 의하여 부상에 저항시키고 또는 배수공(weep hole), 언더드레인(under drain)을 설치한다. 부상에 대한 안전율은 다음 식에 의하여 구한다.

$$F_s \leq \frac{\{(T_1 + T_2)H + T_3(2T_2 + B) + T_4^2\} \gamma_c + P_v}{H_1 \cdot \gamma_w(2T_2 + B)} \quad (4.1-3)$$

여기서, γ_w : 물의 단위중량 (kN/m^3) B: 수로의 내폭 (m)

H1: 수로저판 바닥으로부터 외수위까지의 높이 (m) H: 벽높이 (m)

T 1, T 2, T 3: 수로단면부재 두께 (m), T4: 현치의 크기 (m)

γ_c : 플룸의 단위중량 (kN/m^3)

Pv: 토압의 벽면마찰에 의한 연직성분 (kN/m)

Fs: 안전율, 일반적으로 1.1 ~ 1.2

부상에 대한 저항을 높이기 위하여 필요한 푸팅의 폭은 다음 식에 의해 구한다.

$$T_B > \frac{F_s \cdot \gamma_w \cdot H_1(B + 2T_2) - \{(T_1 + T_2)H + T_3(2T_2 + B) + T_4^2\} \gamma_c - P_v}{2\{T_3(\gamma_c - F_s \cdot \gamma_w) + \gamma(H + T_3 - H_1) + \gamma'(H_1 - T_3)\}} \quad (4.1-4)$$

여기서, H1: 수로저판 바닥면으로부터 외수위까지의 높이 (m)

T 1, T 2, T 3: 수로단면부재의 두께 (m) T4: 현치의 크기 (m)

TB: 푸팅의 나비 (m), γ_c : 플룸의 단위중량 (kN/m^3)

γ : 습윤에서 흙의 단위중량 (kN/m^3)

γ' : 수중에서의 흙의 단위중량 (kN/m^3)

γ_w : 물의 단위중량 (kN/m^3)

Pv: 토압의 연직성분 (kN/m)

Fs: 안전율, 일반적으로 1.1 ~ 1.2

나. 배수공(weep hole) 및 언더드레인(under drain)은 플룸의 측벽 및 저판에 작용하는 외수압을 저감시켜 수로의 부상방지를 목적으로 설치하는 것이다. 배수공 등으로부터의 누수가 원인이 되어 수로구조물의 안정을 해치는 등의 염려가 있다고 생각되는 높은 흙쌓기 구간 또는 외수를 개수로 내에 유입시킴으로써 주변에 악영향을 미치게 될 염려가 있는 수로구간에서는 그 설치에 대하여 충분한 검토를 해야 한다.

다. 배수공 및 언더드레인 은 플룸의 기초지반 및 배면의 토질상황에 따라 필터재료를 적절하게 선정하여 토립자 유출을 막고 외수만을 안전하게 투과할 수 있게 선정하여야 한다. 필터재료는 자연산의 모래, 자갈과 같이 구형에 가까운 것이 좋다.

(가) 배수공에는 원칙적으로 수평 드레인을 병설한다. 투수성 지반에서는 생략할 수도 있다.

(나) 언더드레인 은 종단방향의 경우 수로밑나비 5m마다 최소 1열을 설치한다.

③ 기초지반의 검토

가. 플룸의 기초지반의 지지력은 아래 식에 의해 검토한다.

$$q_{\max} \leq q_a$$

$$q_{\max} = \frac{\{(T_1 + T_2)H + T_3(2T_2 + B) + T_4^2\} \gamma_c + B \cdot H \cdot \gamma_w + 2 P_v}{B + 2T_2} \quad (4.1-5)$$

여기서, $q_{\max}$: 최대지반반력 (kN/m^2)
 q_a : 허용지반지력 (kN/m^2)
 H : 벽높이 (m) B : 수로의 내폭 (m)
 γ_w : 물의 단위중량 (kN/m^3)
 T_1, T_2, T_3 : 수로단면부재 두께 (m)
 T_4 : 현치의 크기(m)
 P_v : 토압의 벽면마찰에 의한 연직성분(kN/m)

- 나. 지반의 허용지력역은 평판재하시험, 토질시험의 결과에 따라 구하기도 하지만 Terzaghi의 수정지력공식을 사용하여 산정한다.
- 다. 단기허용지력역은 장기허용지력역의 2배를 취할 수 있다.
- 라. 급경사지를 통과하기 때문에 비대칭단면형상이 되는 수로에 있어서는 플룸을 포함한 전체의 활동에 대한 안전성을 검토하고 필요에 따라 그 대책을 고려한 다. 또 기초의 지지조건이 동일단면 또는 한 스패 앞에서 서로 다른 경우에는 지지조건이 같게 되도록 적절한 처리를 해야 한다.

④ 이음매

- 가. 이음매는 플룸의 구조상 및 시공상 필요에 따라 설치하는 것으로 신축이음매, 수축이음매, 시공이음매가 있으며 이들 이음매는 겸용되는 경우가 많다.
- 나. 신축이음매는 콘크리트의 신축에 의한 균열방지를 위하여 설치하는 것으로 가 소성구조로 해야 한다. 이음매의 간격은 온도변화 및 시공성을 고려하여 일반 적으로 27m 전후를 표준으로 하며 구조물의 변화점에는 반드시 설치한다. 이음매의 두께는 20mm 내외이다. 구조물이 하중조건 등에 의하여 집중응력이 발생하기 쉬운 개소 또는 부등침하나 지진시에 구조물의 이동이 일어나기 쉬운 개소에는 받침대 등을 설치한다.
- 다. 특히 기초지반이 불안정한 경우 또는 플룸의 규모가 특히 큰 경우에는 반드시 받침대를 설치하는 것으로 한다.
- 라. 수축이음매는 콘크리트의 수축에 의한 불규칙적인 균열을 방지하기 위하여 설치하는 것이며 이음매 간격은 9m 전후를 표준으로 한다. 이음매는 타설된 콘크리트와 접촉되지 않게 접촉면에 유성페인트 등을 바른다. 부등침하 또는 지진시의 구조물의 이동을 방지하기 위하여 부재 두께에 따라서는 다우웰바(dowel-bar) 등을 설치한다.
- 마. 시공이음매는 콘크리트를 치는데 있어 시공상 필요해서 설치하는 것이며 먼저 친콘크리트와 일체가 되게 시공해야 한다. 일반적으로 타설 후는 레이탄스를 제거하고 모르타르를 까는 일을 하는 등 충분한 시공이 요구된다.

4.1.3.2 콘크리트 옹벽수로

용배수로 시설 설계

(1) 적용개요

- ① 벽체가 수로저판으로부터 독립하고 그 자체가 배면으로부터의 토압, 수압 및 내수압 등에 대해 안정을 유지시키는 형식의 수로이며, 배수로 등 폭이 넓은 수로에서 채용되는 일이 많다. 이 형식은 대규모수로의 경우에 유리하다. 기초지반이 연약한 경우에는 말뚝기초 등이 필요하게 되며 플룸과 비교할 때 비경제적인 경우가 있다.
- ② 콘크리트 옹벽수로에는 ① 중력식 옹벽수로, ② 역T형 옹벽수로 등의 형식이 있다.
- ③ 중력식 옹벽수로는 일반적으로 무근콘크리트 구조이며 흙막이공을 겸하는 동시에 벽 높이가 2m 정도까지의 배수로 및 용배수로 겸용수로에서 채용되는 경우가 많다.
- ④ 또 반중력식의 옹벽수로는 중력식에 비하여 콘크리트의 양을 경감시키고 인장응력이 발생하는 개소는 철근으로 보강한 것인데 높이 2~3m 정도의 것이 많다.
- ⑤ 역T형 옹벽수로는 측벽과 저판이 강결된 구조로서 측벽과 저판이 각각 외팔보로 설계되는 수로이며 측벽이 2~5m 정도의 비교적 높은 수로 또는 교량의 하부공과 일체가 되는 수로에서 채용되는 경우가 많다.
- ⑥ 수로단면의 여유고는 플룸에 준하고 저폭과 수심비는 플룸에 비하여 큰 경우가 경제적이다.

(2) 구조설계

- ① 콘크리트 옹벽수로의 설계에서는 주어져야 할 하중을 결정하고 수로구조물의 각부를 검토한다. 구체적인 검토내용으로는 전도, 활동, 지지력에 대한 검토를 들 수 있다.

가. 전도에 대한 검토

구조물의 전도에 대한 안정조건은 다음 값을 만족시키는 것이어야 한다.

$$\left. \begin{array}{ll} \text{평상시:} & e \leq \frac{L}{6} \\ \text{지진시:} & e \leq \frac{L}{3} \end{array} \right\} \quad (4.1-6)$$

여기서, e : 합력의 작용선이 밑면과 만나는 점과 밑면의 중심과의 거리 (m),

L : 밑면의 길이 (m)

그러나, $e > \frac{L}{2}$ 이면 구조물은 전도하며, $\frac{L}{6} < e \leq \frac{L}{2}$ 이면 전도하지 않으나 구조물의 밑면 후부에 인장응력이 생긴다.

나. 활동에 대한 검토

(가) 활동에 대한 검토는 다음 식에 의한다.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{R_H}{\sum H} \geq F_g \\ R_H = \sum V \cdot f \end{array} \right\} \quad (4.1-7)$$

여기서, R_H : 활동저항력 (kN/m), $\sum H$: 전수평력 (kN/m),

$\sum V$: 전수직응력 (kN/m), F_g : 안전율(평상시 1.5, 지진시 1.2),

f : 밑면과 기초지반과의 마찰계수 (표 4.2.4 참조).

(나) 활동에 대한 안전율이 부족한 경우에는 돌기를 설치하는 등 활동저항을 증대시킬 수 있는 구조로 설계하여 소정의 안전율을 확보해야 한다.

다. 기초지반의 지지력에 대한 검토

(가) 콘크리트 옹벽수로와 같이 얇은 기초에 대한 지반의 지지력은 흔히 Terzaghi의 수정지지력공식에 의해 검토한다.

자세한 내용은 KDS 11 00 00 지반 설계기준을 참고한다.

라. 이음매 및 배수공

(가) 콘크리트 옹벽수로의 이음매는 플럼의 경우와 같이 구조상 및 시공상 필요에 따라 설치하며 배수공은 수로측벽에 작용하는 외수압을 저하시키는 것을 목적으로 설치한다. 상세한 것은 플럼을 참조한다.

4.1.3.3 콘크리트 블록쌓기 수로, 돌쌓기 수로

(1) 적용개요

① 수로호안을 콘크리트 블록, 호박돌, 견치돌 등으로 쌓아 올린 수로로 폭이 넓은 수로에서 채용하는 일이 많다. 옹수로의 경우는 유속 및 수로기능상 벽은 찰쌓기, 저판은 콘크리트 타설로 하는 일이 많고 배수로에서는 메쌓기로 하는 일이 많다. 찰쌓기의 형식에서는 배면의 수압저하를 위하여 배수공 등을 설치한다. 수로의 단면형은 플럼에 준한다.

(2) 구조

① 구조설계에서는 주어진 하중을 결정하고 구조물 각부의 응력검토를 한다. 콘크리트 블록쌓기 및 돌쌓기는 구조적으로 각각의 콘크리트블록, 호박돌, 견치돌 등이 서로 맞물림으로써 그 안정을 유지한다.

② 이 형식의 안정성검토는 옹벽(블록쌓기, 돌쌓기)의 자중과 토압의 합력을 나타내는 시력선이 옹벽단면의 중앙 1/3 안에 들어가게 하는 동시에 지반의 최대반력이 지반의 허용지지력 이하가 되게 하여야 한다.

가. 전도에 대한 검토

(가) 먼저 시력선의 위치 X_h 는 다음 식에 의해 구한다.

$$X_h = \frac{K_A \gamma}{6\gamma_b b \csc \theta_0} \cdot h^2 + \left\{ \frac{K_A q \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + i)}}{2\gamma_b b \csc \theta_0} + \frac{\cot \theta_0}{2} \right\} \cdot h \quad (4.1-8)$$

용배수로 시설 설계

여기서,

X_b : 깊이 h 에 있어서의 시력선의 위치 (m)

b : 블록쌓기 또는 돌쌓기에서의 빗길이 + 뒤채움콘크리트 두께 (m)

h : 벽마루로부터의 깊이 (m)

m : 비탈면 기울기

θ : 블록 또는 돌쌓기의 경사각 (°)

$$\theta_0 = \pi - \theta = \cot^{-1} m$$

K_A : 랭킨의 주동토압계수

$$= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

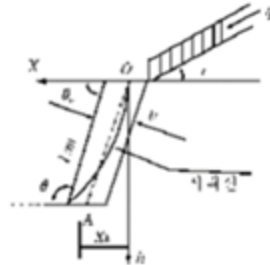
ϕ : 흙의 내부마찰각 (°)

γ : 흙의 단위중량 (kN/m^3)

γ_b : 블록 또는 돌의 단위중량 (kN/m^3)

q : 상재하중 (kN/m^2)

i : 벽 배면의 흙쌓기 경사각 (°)



나. 블록쌓기 및 돌쌓기의 단면중량 1/3의 가장 외측위치는 다음 식에 의하여 구한다.

$$X' = h \cdot \cot \theta_0 + \frac{b \cdot \csc \theta_0}{6} \quad (4.1-9)$$

다. $Xh = X'$ 인 조건에서 블록쌓기 및 돌쌓기의 한계높이 h_a 를 구하는데 다음 식에 의한 다.

$$\frac{K_A \cdot \gamma}{6 \gamma_b \cdot b \cdot \csc \theta_0} \cdot h_a^2 + \frac{K_A \cdot q \frac{\sin \theta}{\sin(\theta+i)} - \gamma_b \cdot b \cdot \csc \theta_0 \cdot \cot \theta_0}{2 \gamma_b \cdot b \cdot \csc \theta_0} h_a - \frac{b \cdot \csc \theta_0}{6} = 0 \quad (4.1-10)$$

② 활동에 대한 검토

가. 활동에 대한 안정을 위해서는 다음 식이 만족되어야 한다.

$$\frac{R_H}{\sum H} \geq F_s$$

$$R_H = \sum V \cdot f = b \cdot \gamma_b \cdot h \cdot \csc \theta_0 \cdot f$$

$$\sum H = \left\{ \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_A + q \frac{\sin \theta}{\sin(\theta+i)} h \cdot K_A \right\} \sin \theta \quad (4.1-11)$$

여기서,

R_H : 활동저항력 (kN/m) $\sum H$: 전수평력 (kN/m) $\sum V$: 전연직력 (kN/m)

f : 기초의 저면과 지반과의 마찰계수

F_s : 안전율 (평상시 1.5)

③ 기초지반의 지지력검토

가. 지지력검토는 다음 식에 의한다.

$$q_{\max} \leq q_a$$

$$q_{\max} = \frac{b \cdot h \cdot \gamma_b \cdot \csc \theta_0 + \text{기초하중}}{B} \quad (4.1-12)$$

여기서,

q_a : 지반의 허용지지력 (kN/m²) $q_{\max}$: 최대지반반력 (kN/m²)

B: 기초폭 (m)

4.1.3.4 콘크리트 공장제품 및 기성제품 수로

(1) 적용개요

- ① 미리 규정된 설계제원에 따라 공장 등에서 제조된 구체 또는 부재를 콘크리트 재료 등으로 조립접합한 수로이다.
- ② 일반적으로 소규모의 수로일수록 시공성이 유리하며 경제적인 경우에 이용된다. 또 이는 거푸집 비용을 절약하고 공기를 단축시키는 이점이 있다.

가. 기성제품 수로의 종류

- (가) 하중에 대하여 충분한 강도와 수밀성이 있고 수류에 대한 저항이 적고 내구·내식성이 강하고 시공이 용이한 동시에 저렴한 것이 바람직하다.
- (나) 수로단면이 커서 시판규격품으로 충당할 수 없는 경우에는 설계조건 등을 만족시키는 특별주문품을 별도 제작하여 이를 사용하는 일이 있다. 이런 경우에는 현장 타설 콘크리트 수로와 비교 검토해야 한다.

나. 수리설계

- (가) 복잡한 수리특성을 갖지 않으므로, 수리계산은 등류로 취급하며 여유고, 저폭과 수심비는 플룸에 준한다.

(2) 구조

- ① 구조설계에 있어 검토할 사항은 주어진 하중을 결정하여 구조물을 검토하는 것인데 주로 저항모멘트 및 부상에 대한 검토를 한다.

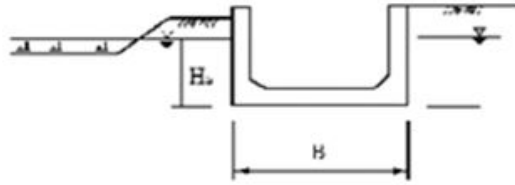
가. 저항모멘트에 대한 검토

- (가) 제품이 가지는 저항모멘트와 현장조건에 의한 휨모멘트와를 비교한다. 저항모멘트의 산출에는 (가) 콘크리트의 허용압축응력, (나) 철근의 허용 인장응력, (다) 콘크리트의 휨인장강도 및 휨시험에서의 균열하중에 의하여 구하는 방법이 있다. 이들 방법에 의하여 구한 계산치중 최소의 값을 허용저항모멘트로 채용한다.

나. 부상에 대한 검토

- (가) 부상에 대한 검토에 있어서는 측벽과 흙과의 마찰저항력을 고려하는 경우도 있지만 일반적으로 다음 식에 의해 검토한다.

$$F_s \leq \frac{W}{B \cdot \gamma_w \cdot H_s} \quad (4.1-13)$$



여기서, H_u : 저판면으로부터 외수위까지의 높이(m)

W : 수로 1m당 중량 (kN/m)

B : 수로외측폭 (m)

γ_w : 물의 단위중량 (kN/m³)

F_s : 안전율(수로의 목적, 규모, 현장조건 등을 고려해서 정한다.)

(나) 부력이 구조물의 자중보다 큰 경우에는 외수위를 저하시키기 위하여 부설높이를 검토하거나 배수공 또는 언더 드레인을 설치하여 이들의 부력에 대처해야 한다. 배수로에는 줄눈 또는 이음매를 통하여 외수가 들어올 수 있게 시공하여 부력에 대처한다.

4.1.3.5 콘크리트 라이닝 수로

(1) 적용개요

- ① 콘크리트로 포장된 수로로 다른 재료에 의한 것 보다 침식저항력이 높고 비교적 빠른 유속에 적응하며 특히 양호하게 설계시공된 것은 조도도 작아 널리 채용되고 있다. 이 수로의 안정성은 기반의 안정에 관계되므로 라이닝두께는 필요최소한도로 하면 충분하다.
- ② 그러나 지하수위가 높고 용출수량이 많은 경우 또는 기반이 불량한 경우에는 구조적으로 불안정하므로 구조의 검토와 함께 다른 공법을 선정해야 한다.

가. 콘크리트 라이닝 수로의 종류

(가) 콘크리트 라이닝 수로에는 (가) 얇은 콘크리트 라이닝 수로, (나) 철근 콘크리트 라이닝 수로가 있는데, 전자는 라이닝 두께 10cm 정도로 안비탈 기울기가 느린 무근 콘크리트 라이닝을 시공한 수로이다.

(나) 설계상 유의할 점은 (가) 콘크리트 타설에 있어 슬롭폼(slope form) 방식의 경우의 라이닝 기부는 규정두께보다 두껍게 하고 저판부에 10cm 정도 돌출시키며 슬립폼(slip form) 방식의 라이닝 기부는 원호를 부치는 것이고, (나) 측벽고가 2.5m 이상인 경우에는 저판으로부터 벽 높이 1/3의 위치에 수축이음매를 설치하고 후자의 철근콘크리트 라이닝 수로는 얇은 콘크리트 라이닝 수로의 두께를 증대시켜서 최소철근량의 철근을 배치한 수로이며 얇은 수로보다 양압력에 대한 저항력의 증가, 마모에 대한 내구성의 강화, 부등침하, 온도변화 등에 의한 균열의 발생을 가급적 방지하는 형식의 수로이다. 이외에 현장타설 콘크리트 대신 패널을 사용한 것도 있다.

(다) 철근콘크리트 라이닝 수로의 시공은 일반적으로 (가) 수위조절보로부터 상류에

20m정도, 하류에 30m 정도의 구간, (나) 플류, 터널, 암거, 잠관 등의 타 공종과의 트랜지션 접속부 8m 정도의 구간, (다) 분수공의 상하류 각각 4m 정도의 구간에 적용된다.

(라) 철근 배치에 있어서 횡단방향철근은 비탈면 라이닝부와 저판부를 연결시키는 것이지만 종방향 철근은 각 패널마다 독립시키고 연결시켜서는 안 된다.

나. 라이닝의 기반

(가) 흙쌓기부의 기반은 흙쌓기 재료와의 밀착을 피하기 위하여 표토를 긁어냄과 동시에 잡물을 제거하여 적정한 재료로 흙쌓기를 한다. 그리고 라이닝 수로의 일부 또는 전부가 기초지반을 굴착하여 설치되는 경우에는 그 기초지반의 적부를 판단하여 처리한다. 비탈면이 안정될 수 없는 불량한 토질의 경우에는 치환흙쌓기의 가능성을 검토한다.

다. 수로단면

(가) 저폭과 수심비는 수리특성, 경제성, 시공조건 등에 의하여 결정하지만 비교적 유량이 많은($Q \geq 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$) 경우에는 1:1, 소유량인 경우에는 1:1 ~ 1:0.5의 범위에서 적용되는 일이 많다. 수심에 비하여 폭을 넓게 하면 토공의 기계화에 시공이 용이하게 될 뿐만 아니라 비탈면을 낮춤으로써 경제적인 시공이 가능하고 안정성도 향상한다. 그러나 폭을 너무 넓게 하면 수로부지의 폭 등에서 제약을 받는 일이 있다.

(나) 조도계수의 값은 현장타설 콘크리트 라이닝의 경우 $n=0.015$, 줄눈이 평활한 콘크리트 블록에서 $n=0.016$, 줄눈이 부정합(不整合)한 경우 $n=0.017$ 이 표준이다. 여유고는 다음 식에 의하여 정한다.

$$F_b = 0.05d + h_v + (0.05 \sim 0.15) \quad (4.1-14)$$

여기서, F_b : 여유고 (m), d : 계획최대유량에 대한 수심 (m),
 h_v : 유속수두 (m)

라이닝 마루로부터의 흙쌓기 높이는 규모에 따라 0.2~0.6m를 표준으로 한다.

(2) 구조

① 비탈면기울기

가. 수로의 규모, 토질, 시공법 등에 의하여 결정하지만 일반적으로 대규모 수로에서 1:1.5, 중규모 수로에서 1:1.25, 소규모 수로에서 1:1을 표준으로 한다.

나. 시공상의 제약으로는 장대수로에서 슬랩폼, 슬립폼 등의 이동식 거푸집을 사용하는 경우에는 콘크리트의 슬럼프를 적절히 선정함과 동시에 타설 후의 콘크리트 비탈면이 안정될 기울기로 한다.

② 라이닝 두께

가. 라이닝 두께는 수로규모, 목적, 중요도 및 장래의 유지관리상황 등을 검토하여 결정하며 10cm 정도가 표준이다. 특히 철근콘크리트 라이닝 수로, 한랭지 및 수로규모가 큰

용배수로 시설 설계

경우에는 이 값보다 크게 하는 것을 검토한다.

③ 배수공 및 언더드레인

가. 라이닝 수로에 지하수위 등이 존재하여 라이닝 면에 양압력이 작용하면 균열 또는 부상을 일으키는 위험이 있으므로 언더드레인 및 배수공에 의하여 지하수를 배제하는 것이 중요하다.

나. 지하수위가 높고 투수성이 큰 기초에서는 언더드레인으로 하고 지하수가 소량인 경우에는 배수공을 설치한다. 배수공은 배면 필터의 유출을 방지하기 위하여 파이프 후단에는 메시 스트레이너 또는 투수매트 등을 설치한다.

④ 이음매

가. 콘크리트 라이닝의 신축이음매는 개수로와 다른 구조물과 접하는 개소에 설치하며 개수로의 중간에는 설치하지 않는다. 콘크리트 블록 라이닝의 경우 신축이음매는 비탈면 길이의 3배 정도의 거리에 1개소를 설치함을 표준으로 한다.

4.1.3.6 흙수로

(1) 적용개요

① 흙수는 일반적으로 누수방지를 고려할 필요가 없는 수로에서 채용된다. 설계에 있어서는 수로가 역학적으로 안정되고 유수에 대한 세굴 및 침식을 일으키지 않는 구조가 되게 수로의 선형, 종단기울기, 단면 등을 충분히 검토하여 안전하고 경제적인 것으로 해야 한다.

(2) 수로설계

① 선형계획

가. 선형은 되도록 직선형에 가깝게 하는 것이 바람직하고 부득이 곡선으로 하는 경우는 되도록 완만한 곡선이 되게 하여 수류의 완화를 기하여야 한다.

나. 만곡부의 선형은 수로규모 등에 따라 결정하며 최대만곡도 θ 는 약 60° 이며 곡률반경 (R)은 수로폭의 약 10배로 하며 반곡선이 될 경우는 곡선의 연속을 피하고 수로폭의 6배 이상의 직선을 삽입한다.

② 종단계획

가. 수로를 구성하는 토질 및 유속을 고려하여 종단계획을 수립하지만 인접한 유사수로의 값과 일치여부를 확인한다. 크게 다른 경우에는 이 유사수로의 유황 등을 감안하여 적절한 수정을 한다.

③ 수로단면

가. 저폭과 수심비는 유량이 적은 경우 2:1, 유량이 많은 경우 8:1까지 채용한다. 흙수로의 사면 기울기는 유수 및 자연조건에 대하여 활동, 세굴 및 침식이 발생하지 않도록 안정을 유지하는 기울기가 필요하며 원칙적으로 사면안전도 분석결과에 따라 결정되되, 토질시험치가 없는 경우에는 현지의 상황에 따라 결정해야 하는데 일반적으로 <표 4.1-2> 수로의 사면 기울기 1:n의 값을 채용한다. 호안공이 있을 때에는 사면 기울기를 더 급하게 할 수 있다.

나. 특히 토질이 좋고 소규모인 것은 비탈면 안정에 지장이 없는 범위에서 안비탈면 기울기

를 1:0.8 ~ 1:1.1까지 급하게 할 수도 있다.

다. 여유고는 계획최대유량에 대한 수면으로부터 양안 둑마루까지의 높이이며 콘크리트 라이닝 수로에 준하여 결정한다.

〈표 4.1-2〉 수로의 사면 기울기 1:n(수직:수평)

토질	성토 (안비탈)		성토 (바깥비탈)	
	3m 미만	3m 이상	3m 미만	3m 이상
사질토	2.0~2.5	2.5	2.0	2.5
사력토	1.5~2.0	2.0	2.0	2.0
양 토	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0
점질토	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0
자갈혼입점토	1.0~2.0	2.0	1.5	2.0

④ 배수로의 바닥높이

가. 배수로의 바닥높이는 대상이 되는 지반면보다 낮을수록 그 기능이 확보되지만 토공비가 많아지기 때문에 지하수 배수를 위한 암거 매설깊이, 포장배수점속기울기 및 기반면의 침하예상량 등을 고려하여 결정한다.

⑤ 설계유속

가. 유속은 수로의 종단기울기 및 단면형상으로부터 결정되지만 이 유속으로 세굴이 발생하는지 또는 미사(silt)의 퇴적이 생기는지를 확인하여 결정한다.

⑥ 유로단면 및 종단기울기

가. 유로단면(폭, 수심, 통수단면적) 및 종단기울기는 하류로부터 상류로 향하여 대체로 일정한 정합성(整合性)을 갖도록 하는 것이 바람직하나 전후 구간에 비하여 대단히 협소하여 수위가 높아지게 되는 구간이 설치되어서는 안 된다.

⑦ 호안계획

가. 수로는 토질, 안전성, 유지관리 등을 고려하여 라이닝 또는 보강을 하는 것을 검토한다. 흙수로에 있어서는 경제성, 효율, 유로의 형상 및 구조물의 접속 등을 검토하고 부분적으로 수충부, 구조물주변부 등에 호안을 하는 것도 필요하다.

4.1.3.7 환경친화적 수로

- (1) 환경친화적 수로설계는 수로에 필요한 기능과 안전성을 확보하고 합리적인 물관리가 이루어지도록 하는 동시에 자연이 가진 다양성의 존중, 수로의 아름다운 수변과 물 순환의 보전 및 창출, 생태계가 고립되지 않도록 물과 수변식물의 상호연계가 되도록 설계 한다.
- (2) 환경친화적 수로설계는 궁극적으로 이수 및 치수 목적상 정비가 필요한 수로에서 가급적 수로의 환경을 크게 훼손하지 않고 자연상태의 모습에 가깝게 유지되도록 하는 것이다. 또한 우리나라 수로의 특성에 적합한 구조와 안정성을 갖추면서 주위의 문화재 및 경관 등을 고려하

용배수로 시설 설계

여 지역주민에게 쾌적한 생활공간을 제공할 수 있도록 배려해야 한다. 따라서 설계에서는 수로의 기능과 규모, 주변환경 등을 종합적으로 고려하여 종단설계와 횡단설계를 해야 한다.

- (3) 자세한 설계방안은 농업생산기법정비사업 계획설계기준 「친환경」 편, 「환경친화 적 농어촌정비사업 설계지침」을 참고한다.

4.1.4 환경친화적 수로

4.1.4.1 일반사항

- (1) 환경친화적 수로설계는 수로에 필요한 기능과 안전성을 확보하고 합리적인 물관리가 이루어지도록 하는 동시에 자연이 가진 다양성의 존중, 수로의 아름다운 수변과 물 순환의 보전 및 창출, 생태계가 고립되지 않도록 물과 수변식물의 상호연계가 되도록 설계를 해야 한다.
- (2) 환경친화적 수로설계는 궁극적으로 이수 및 치수 목적상 정비가 필요한 수로에서 가급적 수로의 환경을 크게 훼손하지 않고 자연상태의 모습에 가깝게 유지되도록 하는 것이다. 또한 우리나라 수로의 특성에 적합한 구조와 안정성을 갖추면서 주위의 문화재 및 경관 등을 고려하여 지역주민에게 쾌적한 생활공간을 제공할 수 있도록 배려해야 한다. 따라서 설계에서는 수로의 기능과 규모, 주변환경 등을 종합적으로 고려하여 종단설계와 횡단설계를 해야 한다.

4.1.4.2 종단설계

- (1) 수로 종단은 하도 및 하상경사와 아울러 수로의 횡단설계와 밀접한 관계를 두고 설계한다.
- (2) 수로의 연속성이 유지되도록 시설물을 계획한다.
- (3) 팜폰드, 조정지, 유수지, 저류지 등 수생생물의 서식처 제공을 위한 시설물을 계획한다.
 - ① 친환경 수로정비지구에서는 수리·수문학적 분석을 통해 수로단면의 다양화를 고려할 수 있다.
 - ② 수로의 연속성을 유지할 필요한 있는 지구에서는 일정 흐름이 지속될 수 있는 용수량(환경용수, 하천유수, 관광용수 등) 확보를 계획할 수 있다.
 - ③ 용배수로 특정 구간에 팜폰드, 조정지, 유수지, 저류지라고 할 수 있는 넓은 수로단면의 계획을 검토한다.
 - ④ 수로에서 침식구간은 특정생물의 서식처가 될 수 있기 때문에 퇴적 구간 하류에 나타날 침식구간을 미리 점검하여 이를 허용할 것인지 또는 방지할 것인지 검토한다.
 - ⑤ 용수여건이 가능하다면 비관개기에도 일정량의 물흐름이 유지되도록 계획한다. 낙수기에 어류 등의 피난처로서 팜폰드 등을 검토하고 양서류의 탈출로 등을 계획한다.

4.1.4.3 횡단면 설계

(1) 일반사항

- ① 일정 구간의 수로 횡단면은 설치목적과 기능, 안전 등을 충족시키면서 어류, 곤충류, 양서류 등의 서식이 가능하도록 설계한다.
가. 단면 형상

(가) 단면 형상은 설정된 구간별로 설계하며, 같은 구간 내에서도 필요한 경우 다른 형상으로 설계할 수 있으며, 특히 유의할 사항은 어류, 곤충류 등의 휴식장소, 대피장소, 산란장소가 형성될 수 있도록 배려한다.

나. 갈수기에는 가능한 한 깊은 수심이, 홍수기에는 낮은 수심이 유지될 수 있어야 한다.

다. 수로 바닥 및 호안

(가) 수로 바닥과 양측 사면은 흙, 돌, 모래, 자갈 등 자연재료의 이용을 고려한다.

라. 수로둑

(가) 수로둑은 흙둑으로 하고, 식생으로 보호하며, 둑마루폭은 가능한 한 넓게 하여 산책로, 자전거로(유지관리도로) 및 식수대의 활용을 검토한다.

(2) 횡단면 설계

① 수로의 횡단면은 수로기능 확보 측면에서 중요하다. 최근에는 경제적 측면(용지매수 및 보상비 절감)과 유지관리 측면(수로의 안전 및 유지관리 곤란)에서 흙수로를 기피하고, 콘크리트 라이닝 또는 콘크리트 개거로 설계하는 것을 선호하는 경향이 있으나 환경적 측면에서는 바람직하지 않다.

② 수로 횡단면 설계는 여러 가지 요인에 의하여 결정되지만 바람직한 환경친화적인 횡단면계획을 위해서는 완경사의 흙수로에 경사면 호안은 식생(줄때 또는 평때) 호안으로 하여 수로 바닥에는 물의 흐름과 유지관리에 지장을 주지 않는 범위내에서 놓임돌, 뜬돌을 놓아 어류 등의 피난처, 휴식처, 산란처를 만들어 주고, 둑마루 폭은 넓게 확보하여 산책로, 자전거로 등으로 이용할 수 있게 하고, 식수대(植樹帶)로도 활용할 수 있도록 배려하는 것이라고 할 수 있다.

(3) 횡단면 설계의 고려사항

① 일부 배수로로는 자연하천의 한 지류로서 하천과 함께 어류, 곤충류, 양서류 등의 서식장소, 산란장소로서의 생태환경을 형성하고 있다. 그러한 배수로를 계획함에 있어 어류, 곤충류, 양서류 등의 생활습성을 파악하고 있어야 한다.

가. 배수로 단면 형상 계획에 고려할 사항

(가) 어류의 서식과 산란장소에 대한 배려

(나) 수서곤충의 서식장소와 산란장소에 대한 배려

(다) 양서류의 번식과 서식지

② 배수로의 벽면 또는 경사면의 호안

가. 수리적으로 안전한 친환경 호안공법을 검토

나. 부득이한 경우에 한하여 콘크리트 호안을 검토

③ 수로바닥

가. 수로바닥은 흙, 모래, 자갈, 돌망태 등 자연재료를 활용한다.

나. 누수, 안전 등 문제가 있을 때에는 별도의 대책을 수립한다.

다. 콘크리트 바닥으로 할 경우 바닥위에 돌, 자갈 등의 포설을 검토한다.

④ 배수로 둑

가. 수로둑은 가능하면 흙둑으로 하고 식생으로 보호한다.

용배수로 시설 설계

나. 독마루 폭은 가능한 한 넓게 계획한다.

다. 기타 사항은 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침」의 「농촌도로편」 경지내 농도를 참고

(4) 용배수로 수질관리

- ① 용배수로 일정구간에 침사지를 설치하여 수중 부유물의 침전을 유도한다.
- ② 침사지 이후에는 수질관리 수로 설치를 검토한다. 식물에 의한 수질관리구간, 접촉여재(돌, 자갈 등)의 산화구간과 포기 또는 여울 등을 두어 물속의 산소를 증대시키는 방안을 강구하는 수질 관리 대책을 계획할 수 있다.
- ③ 지역 또는 수원공에 따라 수질관리를 계획할 수 있다. 특히 중소하천에서 직접 취수하는 경우(취입보 또는 양수장)와 주변에 점오염원(축사 등)이 위치하여 오염물이 직접 유입되고 있는 지구에는 수질관리계획을 검토할 수 있다.
- ④ 지구 여건에 따라 침사지만을 설치하든지 식물정화구간을 설치하는 방법, 여울이나 포기장치를 배제하는 방법 등을 검토할 수 있다. 수중 산소량을 증대시키는 방법은 여러 가지가 있으므로 적절한 방법을 택하여 설계한다.

(5) 용수로 바닥표고

- ① 용수로 바닥표고에 변화를 주어 유속이 빠른 구간, 반대로 유속이 느린 구간을 두어 다양한 생태환경을 조성한다.
- ② 이때 유의할 사항
가. 전체적인 유량의 변동이 없어야 한다.
나. 수로의 안전(빠른 유속에 의한 세굴 등)을 고려하여 대책을 수립한다.
다. 전체적인 수두배분에 지장이 없어야 한다.

(가) 현실적으로 용수로 설계시 종단계획은 수로 바닥 기울기로 설계하는 기술자들이 많이 있다. 용수로 바닥기울기가 곧 수면기울기라는 인식이 있기 때문이다. 그러나 이것은 잘못된 생각이다. 용수로 종단기울기는 반드시 수면기울기로 설계하여야 한다. 그러므로 용수로 바닥표고가 일정 기울기를 유지할 필요는 없으며, 높았다 낮았다하여 여울을 형성하기도 하는 것은 수중 산소량을 증대시킬 수 있는 수단으로서 생태환경에 여러 측면에서 바람직하다. 그러나 이러한 설계는 어디까지나 용수로 본연의 목적, 기능(유량문제, 안전문제, 수두배분 문제 등)에 지장이 없어야 한다.

(6) 용배수로 종점 처리

- ① 용배수로 종점은 배수로 또는 세류하천 등으로의 연결을 고려할 수 있으며, 용수로 종점의 바닥과 연결되는 배수로 또는 하천의 바닥과는 단차가 없는 것이 제일 바람직하며, 단차가 생길때는 완경사의 어도공 구조로 하여 어류 등의 이동이 가능하도록 검토한다.
- ② 일반적인 계획 및 설계는 기존의 지침을 참고하고, 저류지 등의 사면에 대한 안정성 검토를 수행하여 콘크리트 이외의 친환경 재료의 사용을 검토한다.

가. 용수로 종점 처리

(가) 하천에서 취수한 물이 용수로를 흘러 농지에 공급되고 농지에 공급된 물은 배수

로로 흘러나와 배수로 말단에서 다시 하천으로 합류하는 것이 일반적인 농업용수 시스템이라고 할 수 있다.

(나) 용수로에는 취수된 물뿐만 아니라 유역에서 흘러 들어오는 물도 있으며 농경지에서 물이 필요 없을 때는 농경지로 유입시키지 않고 배수로 또는 하천으로 직접 유하시켜야 한다.

(다) 물의 연속성이 유지되는 수계의 경우 어류 등이 하천에서 용수로로 들어왔다가 하천으로 다시 이동할 수 있도록 배려해야 한다.

나. 배수로 종점 처리

(가) 일반적인 계획 및 설계는 기존의 지침을 참고하고, 저류지 등의 사면에 대한 안정성 검토를 수행하여 콘크리트 이외의 친환경 재료의 사용을 검토할 수 있다.

(7) 수로의 연속성 유지

① 용배수로의 물 흐름이 단절되지 않도록 연속성을 유지하도록 한다.

가. 용배수로에서 낙차공이 필요한 경우에는 전단면 완경사의 어도공 구조를 채택하여 계획 설계한다.

나. 단, 상시 물흐름이 가능한 수로를 대상으로 한다.

(가) 낙차공은 과거의 구조는 완전히 턱이 질뿐만 아니라 단차가 커서 어류의 이동이 불가능하게 되어 있다. 즉 종전의 낙차공 구조에서는 어류 등의 소상이 불가능하며, 낙차공 밑에 갇히게 되는 등 생태적 단절이라는 폐해가 없지 않다.

(나) 따라서 다음 그림과 같이 한번의 큰 낙차를 지양하고 여러 개의 작은 낙차공을 적절한 방법으로 배치하는 어도공 구조의 시설물로 검토 설치토록 한다.

(다) 어도의 자세한 사항은 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침 농촌용수편」참고.

(8) 수변환경 조성

① 일반사항

가. 수변공간은 생태공간과 친수공간으로 구분되며, 용배수로 수변생태공간과 친수공간에 수변환경 조성계획을 수립한다.

(가) 수변생태공간

㉞ 라이프사이클(life cycle)에서 물과 육지를 오가는 곤충류, 양서류 등의 서식환경을 위하여 수로 독은 풀과 나무의 식재를 검토한다.

㉟ 동물의 이동통로

· 양서류, 파충류 등 작은 동물의 이동로(탈출로) : 수로와 육지를 오가면서 생활하는 양서류(개구리, 도롱뇽 등), 파충류(뱀, 자라 등)등이 수로와 육지를 오갈 수 있는 통로로서, 완경사의 등선로(측구) 또는 단차 15cm 이하의 계단 또는 수로와 육지를 이어주는 박스(box) 또는 콘크리트 통로 등의 설치를 검토한다.

· 용배수로가 갈라놓은 서식환경을 이어주는 통로(포유류 등) : 용배수로는 하나의 생태환경을 인위적으로 갈라놓은 시설물이다. 따라서 이를 이어주는 포유류의 작은 동물, 큰 동물의 이동로를 설치해 주어야 한다. 이때에 유의할 점은 이동통로의 유도장치와 수로에의 추락방지시설이다.

용배수로 시설 설계

(나) 친수공간

- ㉓ 비오톱(biotope)을 겸한 팜폰드 설치 : 어류의 비관개기 대피소가 될 수 있는 팜폰드 또는 조정지 주변에 수풀과 수목을 조성하고, 산책로, 수면 접근로 그리고 벤치(bench) 등을 설치하여 비오톱을 겸한 생태공원을 조성하여 자연학습장 등으로 이용토록 한다.
- ㉔ 마을과 가까운 용배수로 변에 썸지공원 설치 : 용배수로 양쪽에 큰 나무를 심고, 꽃밭을 만들고 산책로, 벤치 등을 설치하여 마을 썸지공원 조성을 검토한다.
- ㉕ 기간농도 또는 지방도와 용배수로가 교차하는 지점에 휴게소, 또는 대기소 설치를 검토한다.
- ㉖ 용배수로 독을 이용한 산책로, 또는 자전거도 설치를 검토한다.
- ㉗ 용배수로변에 어린이 놀이터 설치 : 수질 및 접근성이 양호한 용배수로변에 놀이시설 조성을 검토한다.
- ㉘ 경관이 좋은 곳 또는 전망이 좋은 곳에 전망대 설치를 검토한다.

② 수변환경 조성계획의 수립

가. 수변 생태공간계획

- (가) 용배수로에서 어류를 포함한 생태와 관련된 요소는 수리적 요소로서 유량, 유속, 수심, 수질적 요소로서 물의 온도, BOD(생물학적 산소요구량), 물이 함유된 무기물, 유기물의 농도, 형태적 요소로서의 운반의 재료, 종·형단상의 굴곡 등이다.
- ㉓ 유량에 변동이 없도록 유속과 수심에 변화를 계획
- ㉔ 어류, 양서류 등의 휴식, 대피, 산란장소가 형성되도록 계획
- ㉕ 수로독에 군데군데 나무를 심어 그늘지게 함으로서 수온의 상승을 방지하고 어류 등의 휴식, 대피, 산란장소가 형성되도록 조치
- ㉖ 수로독에 잔디나 잡초가 생장토록 하여 곤충, 양서류, 조류 등의 서식환경 조성
- ㉗ 수로내에 들어갔던 작은 동물(뱀, 개구리, 도롱뇽 등)들이 다시 나올 수 있도록 등선로(탈출로) 계획
- ㉘ 수로가 양분한 동물들의 서식환경을 이어주는 계획, 즉 작은 동물, 큰 동물들의 이동통로 계획
- ㉙ 비관개기 또는 단수시의 어류 피난장소(팜폰드, 수로와 연결된 웅덩이, 조정지 등) 계획

나. 친수공간계획

- (가) 용배수로 독의 조정계획 검토
- (나) 마을과 가까운 용배수로 변에 썸지공원 검토
- (다) 용배수로 독을 이용한 산책로, 자전거 도로 검토
- (라) 기간농도 또는 지방도 등과의 교차점 부근에 휴게소 또는 대기소 설치 검토
- (마) 자연학습장 또는 어린이 놀이터 검토
- (바) 전망이 좋은 곳 또는 경관 조망이 좋은 지점의 전망대 설치 검토

다. 생태계 조성방안

(가) 생물조식을 위한 식생조성

㉞ 소생물권 조성의 생태적 접근

- 모든 생물은 물을 떠나서는 살 수 없다. 따라서 연중 지속되는 수환경의 조성이 매우 중요한데 수역에서는 한 곳은 다소 깊게 연못형태로 만들지만 다른 한곳은 깊이 보다는 면적을 넓게 하되 다양하고 복잡한 지형을 만들 필요가 있다. 여기서는 물웅덩이와 저습지가 많이 포함되도록 하는 것이 필요하다. 이와 같이 소생물권의 무기적 요인들이 다양하게 조성된다면 기능적으로 다양한 식물종과 식생군집의 형성이 가능해지며 연쇄적인 생태계의 먹이사슬구조를 형성할 수 있다.
- 한편 용·배수로변에서 가장 적응력이 우수한 갯버들류를 최대한 활용하되 환경에 적응력이 뛰어난 목본식물을 적절하게 도입할 필요가 있다. 수변환경 주변이나 군데군데 다양한 높이와 수관을 지니는 목본식물을 도입하는 것은 생물의 수직적 서식공간을 확보해 줄 뿐만 아니라 그늘을 드리움으로써 생태계의 기능을 촉진시킬 수 있다.

㉟ 식생도입과 조성

- 소생물권 조성시 고려할만한 식물은 수변에 자생하는 갈대, 부들 등 수 십종에 이르는 습지성 식물들을 충분히 활용할만하다. 양서·과충류와 육상곤충 및 수생생물의 서식을 위해 다양한 서식공간의 창출도 중요하지만 어떤 식물을 도입하는가는 바로 이들 생물의 서식처로서 또는 먹이자원으로서 밀접한 상호관련을 지니기 때문에 더욱 중요하다.
- 따라서 습지성 식물과 수생식물의 유형을 구분하여 적절하게 배치하는 것이 중요하다.
- 습지성 목본 식물 : 버드나무류, 오리나무, 느릅나무 등을 우선적으로 고려할 수 있을 것이다.
- 습지성 초본 식물 : 관상 경관적으로 아름다우며 다양한 곤충을 유인할 수 있는 식물종으로서 국화과의 쭉부쟁이류, 부들과의 부들, 벼과의 줄, 천남성과의 창포와 석창포, 붓꽃과의 노랑꽃창포, 미나리아재비과의 개구리자리 등은 우선적으로 고려할 만한 식물들이다.
- ㉟ 수생식물은 수환경의 깊이에 따라 생활형적으로 적응한 부엽식물, 정수식물, 침수식물, 부유식물 등 수생식물의 유형에 따라 적절하게 도입하는 것이 중요하다.

(나) 곤충의 서식환경조성

㉞ 잠자리 관찰로 조성

- 용·배수로변에는 잠자리류가 풍부하여 잠자리들의 다양한 생태가 관찰 가능하다.
- 용·배수로면에 소로를 설치하여 관찰로로 이용한다.
- 관찰로 입구에 서식하는 잠자리에 대한 생태 등을 기술한 생태 설명판을 설치하면 교육적인 효과와 흥미유발이 가능하다.

㉟ 나비 산책로

용배수로 시설 설계

- 산책로 주위에 다양한 관목류(가급적 꽃이 아름답고 개화기간이 다양할 것)를 설치하면 보다 많은 나비들의 서식이 가능할 것으로 예상된다.
- 나비류는 대개 트인 공간을 선호하므로 산책로를 다소 넓게, 키가 높은 나무들의 식재를 금한다.

㉔ 초지조성

- 초본을 이용한 잔디를 조성하여 메뚜기 서식지 및 휴식공간을 조성한다.

㉕ 자연 정화 습지 조성

- 용배수로의 오염은 자연 비오름의 이미지와 어울리지 않고 하천의 오염이 다양한 곤충들의 서식을 방해함으로 수질정화가 필요하다.
- 용배수로의 물을 습지에 끌어 들여 수질정화 능력이 우수한 수생식물(생이가래, 좁개구리밥, 물옥잠, 갈대, 왕버들)들을 이용하여 수질을 정화시킨다.

(다) 양서류 서식환경조성

㉖ 서식처내 도입 개구리 선정조건

- 양서류 도입에 있어서는 국내 서식하고 있는 11종 중에서 우선 시작적인 면과 청각적인 면을 고려하여야 하는데, 국내에서는 전국적으로 분포하고 있으며, 개체군도 우점종을 차지하고 있고, 주로 수변과 논 주변에서 생활하고 있는 참개구리를 선정하는 방식이 바람직하다고 본다.
- 용배수로변 습지에 오래전부터 살고 있었던 청개구리도 습지의 형태가 복원이 되면 인위적으로 도입하더라도 회복이 가능하리라 판단되며, 청개구리는 시각적인 면과 울음소리가 크고 쉽게 들을 수 있어서 청각적인 면에서 사람들에게 친근감을 줄 수 있으리라 본다.

㉗ 서식처내 도입할 개구리 채집 및 생존확인

- 인위적으로 도입하였을 경우 자연생태계를 유지하고 지속적으로 관리할 수 있는 방안이 모색되어야 한다.
- 외부에서 도입할 경우 현재 서식하고 있는 종과 과거 서식조건이 양호한 상태에서 서식하고 있었던 종류를 방사하여야 하며, 방사전에 표시를 하고 일정기간이 지난 뒤 재채집하는 방법을 이용하여 생존유무 및 개체수 증감변동을 확인하여야 한다.
- 도입종 종의 유전적 다양성과 기존에 서식하고 있는 개체군들과의 친화성을 고려하여 근접한 지역에서 종을 채집하여 도입하여야 한다(유전적 단절화 방지와 유전적 다양성 고려).

㉘ 교육적인 효과 증대

- 저습지안에는 생태관찰을 위한 생태통로를 설치하여 개구리류의 관찰로를 만들어주고 교육적인 효과를 증대하기 위하여 설명판을 세워주어 학습효과를 증대시킨다.

㉙ 최소 서식공간 조성

- 서식처내 수질변화의 저감방안 : 개구리 산란에 대한 요인으로는 수질의 상태이며, pH 4.0 이하로 산성화가 되면 산란에 장애가 되므로 수환경의 정화 및 회복이

전제되어야 한다.

- 최소 서식공간 조성 : 개구리 최소 서식공간을 위한 저습지 조성을 위해서는 저습지의 수심이 1m에서 수변부위는 35cm 내외로 만들어 주어야하며, 중앙부분에는 턱을 만들어 가끔 개구리가 휴식할 수 있는 공간을 확보해 준다.
- 서식처내 수생식물 유치방안 : 저습지 수변 주변에는 좀개구리밥, 개구리밥, 생이가래, 물옥잠 등 물위에 떠서 사는 수생식물들을 다양하게 이식하여 개구리의 은신처 제공 및 수질을 정화하도록 하며, 물가에 자라는 풀을 이식하여 산란장소로 이용하게 하여야 한다. 또한 검정말, 나사말 등 물에 잠겨서 생활하는 종을 유치하면 물속의 용존산소량의 증가를 가져오게 되고, 수서곤충의 다양성을 회복하게 되어 먹이원이 풍부하게 되므로 개구리의 생존율과 개체수의 증가를 가져오게 된다.

(라) 어류 서식환경 조성

㉓ 최소 서식공간(Biotope) 조성

- 습지 조성단지내에 어류 비오톱을 조성하여 붕어, 송사리, 버들치 등을 인위적으로 방사하여 서식처 및 기존에 서식하고 있던 종을 도입시키고 주기적으로 생존율과 개체수 변동요인을 확인하여야 한다.

- ㉔ 서식처내 수온변화의 저감방안 습지내 수온의 급격한 변화(최고수심 1m, 최저수심 0~35cm)에 유의하여야 하며, 겨울철에도 어류가 동면을 유지할 수 있도록 온도의 변화를 최소화하기 위해 주변에 자생하고 있는 갯버들류를 수변에 식재하고 여름에는 그늘을 조성하여 어류의 피난처를 제공해 주어야 한다.

㉕ 서식처내 방사어류 채집

- 개구리 비오톱 조성 사례와 동일하게 어류 종류도 유전적 변이 차이를 극소화하기 위해 인접지역에서 종을 채집하여 방사하여야 한다.

㉖ 생태 설명판

- 생태 설명판은 가로 1m×세로 1m의 설명판에 서식종의 일반적 및 형태적인 모습과 분포, 습성, 생태, 인간과의 관계 그리고 생물학적인 가치를 기술하여 비오톱을 이용하는 사람들에게 시각적인 면과 현장실습 교육적인 효과를 증대하여야 한다.

㉗ 생물학적인 효과

- 어류 비오톱에 송사리, 버들치, 붕어 등과 같은 담수어류를 방사하면 생태계의 먹이사슬 연계성의 차원에서 다양한 생물이 하나의 소공간에서 서로 상호공존하며 생활하게 됨으로 생물 다양성의 증가를 유발할 수 있다(양서류, 곤충, 어류).

(마) 조류 서식환경조성

㉓ 서식지 복원을 위한 목표종 선정

- 서식지를 복원할 때, 모든 종을 위해 서식지를 복원하는 것보다는 대상지역에 적절하며 적은 비용으로 최대의 효과를 기대할 수 있는 종을 목표로 복원하는 것이 바람직하다.

㉔ 서식지 기반조성

- 자갈모래 기반조성 : 자갈모래 언덕은 주로 물떼새류, 알락할미새의 번식장소로

용배수로 시설 설계

이용된다.

- 저습지 : 저습지는 되도록 담수지에 접하도록 한다. 도요·물떼새류 등이 주로 채식·휴식장소로 이용하기 때문에 전체적으로 평평하게 하면서 20 ~ 30cm凹凸이 있는 지형으로 만들고 미묘한 환경의 변화가 있게 한다. 오리류가 채식하는데 이용토록 하기 위하여 종자식물, 화본과(禾本科)나 마디풀과의 초본을 조성한다. 물가에는 이들 조류가 보행하기 수월하도록 완만한 경사로 한다. 때때로 침수되더라도 무관하다. 지반은 다른 환경과 같이 모래 진흙으로 한다.

㉔ 조류유치전략 (텃새의 정주화) : 계절에 관계없이 생태연못에 항상 야생조류가 모이게 하기 위해서는 야생조류들이 안심하고 찾아들 수 있도록 몇 개종의 텃새를 가급화하여 상주시키는 전략이 요구된다.

③ 수변환경 조성

가. 동물의 이동통로

(가) 동물의 이동통로는 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

·수로와 육지를 쉽게 이동할 수 있는 시설

·생태계를 연결시키는 시설 (수로가 갈라놓은 생태환경을 이어주는 것)

㉔ 수로와 육지를 쉽게 이동할 수 있는 시설

·수로와 육지를 오고가는 동물은 주로 곤충류, 양서류, 파충류이며, 환경사의 흙수로에 식생호안으로 설계하는 것이 제일 좋다. 이러한 구조일 경우 별도의 이동통로는 필요 없게 된다. 환경사의 자연식 호안도 같은 결과를 얻을 수 있다.

·그러나 급경사의 수로에서는 식생호안으로는 수로가 유지될 수 없으므로 돌쌓기나 콘크리트 벽체로 호안을 해야 하므로 이때에는 이동통로를 별도로 만들어 주어야 한다.

·이동통로의 구조는 수로의 종방향 또는 횡방향의 환경사 측구, 15cm 미만의 단차로 된 계단 형이 있으며, 구형 콘크리트 암거나 관을 환경사로 설치하는 경우 등 여러 종류가 있다.

㉔ 생태계를 연결시키는 시설

·용배수로가 갈라놓은 양쪽 지역을 이어주는 통로는 주로 포유류를 대상으로 하여 설계하는 것이 바람직하다.

·이때는 그 지역에서 서식하는 동물을 파악하고 그들의 습성에 대하여 고려할 필요가 있다. 동물에 따라서는 어둡고 좁은 공간으로 이동하는 습성을 갖는 동물(너구리, 족제비, 담비 등)이 있는가 하면 밝고 넓은 공간을 선호하는 동물(노루, 사슴, 멧돼지 등)이 있기 때문이다.

·설치 간격 또는 위치에 대하여는 동물들이 다니는 길목을 조사하여 설치하고 유도도 또는 유도시설 등의 배려도 필요하다.

·기타 자세한 사항은 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침 농촌도로편」 참고.

④ 친수공간 계획

가. 팜폰드 또는 조정지

(가) 팜폰드의 기능이나 필요성에 대한 설명은 필요가 없지만 환경적 측면에서도 이들의 설치가 필요하고 바람직하다는 것을 인지할 필요는 있다. 특히 기왕에 설치 하는 팜폰드를 이용하여 비오톱을 형성하고 이를 발전시켜 생태공원 또는 자연학습장으로 활용하는 방안이 검

토될 수 있다.

나. 마을과 가까운 용배수로 주변에 썸지공원을 설치하여 마을사람들의 대화의 장을 마련하고 문화공간으로 활용한다.

다. 마을로의 진입로 인근에 도로와 용배수로가 교차하는 지점에는 휴게소 또는 대기소를 설치하고, 마을경관을 고려하여 지역에 맞는 식생을 식재하여 휴식공간으로 조성한다.

라. 용수로 독을 이용한 산책로 또는 자전거도로를 설치하여 유지관리 도로로 활용할 수 있다.

마. 전체 들판을 바라볼 수 있는 곳 또는 아름다운 산과 하천을 바라볼 수 있는 곳에 주민들의 동의를 얻어 전망대(팔각정 등) 설치를 고려한다.

바. 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침 마을정비편」 공원 녹지계획 참고.

사. 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침 농촌도로편」 농촌가로공원 참고.

(9) 용배수로의 다각적 이용시설

① 용배수로의 다각적 활용방안을 검토하여 이용시설을 계획할 수 있다. 즉 주민생활과 관련된 이용시설, 산업과 관련된 이용시설, 농촌관광, 위락과 관련된 이용시설 및 기타 이용시설을 들 수 있다.

가. 용배수로의 다각적 이용계획 수립

(가) 용배수로와 주변 토지이용 상황을 고려한 시설이용계획을 수립한다.

㉔ 주민생활과 관련된 이용시설로서 수로변의 농작업장 시설 등

㉕ 산업관련 이용시설로서 수로와 연결된 양어장, 양식장 등

㉖ 농촌관광, 레크리에이션 관련으로는 어린이 고기잡이 체험장, 물놀이장, 성인들을 위한 낚시터, 산책로, 수변 전망대 등

㉗ 기타 관련시설로서 어린이 학습을 위한 곤충 생육장, 자연학습장 등

나. 용배수로의 다각적 이용시설

(가) 용배수로의 이용방법은 다양하게 고려될 수 있다.

㉔ 용배수로 변에 양어장을 만들어 농가수입을 올리게 하고 유료낚시터로 이용하게 하는 방법도 생각할 수 있다 (단, 수질오염에 대한 대책 및 저감방안을 강구하고, 이를 관리하는 주체를 주변 지역주민들을 중심으로 구성하여 관리책임을 위임한다. 만약, 관리주체가 불분명할 경우에는 시설을 설치하지 않을 수도 있다).

㉕ 용배수로에 우회수로(By pass)를 만들고 그곳에서 고기잡이 체험장, 물놀이터 등으로 활용할 수 있다.

(10) 친환경 호안공법

① 친환경 시공재료

가. 콘크리트 화분블록계

(가) 콘크리트 화분블록은 다양한 식생도입이 가능하나 콘크리트 화분의 표면이 노출되고 식생조절이 불가능하며 생태통로의 연결이 불가능 하여 단절되거나 연결에 한계가 있다.

(나) 화분형 어소블록은 물고기 및 수서곤충의 서식공간 확보는 가능하나 식생도입이

용배수로 시설 설계

불가능하고 생태통로가 단절된다 (「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침」친환경 시공재료 참조).

나. 식생계 호안블록

(가) 식재형 호안블록은 부분적인 식생도입이 가능하나 콘크리트 표면이 노출되고 부자유스러운 경관이 나타나고 개방된 공간을 통한 토사유출이 발생할 위험성이 존재한다.

다. 자연석계

(가) 호박돌 보강토형은 자연석으로 표면을 연출하며 사면의 안정성은 확보할 수 있으나 식생도입이 불가능하다.

(나) 돌상자는 다공성의 확보로 수서생물의 서식공간을 확보할 수 있고 유속이 큰 곳에 안정성 확보가 가능하나 돌상자의 두께가 두꺼울수록 식생도입이 어렵고 철망의 노출로 쓰레기가 부착될 우려가 있다.

(다) 나무 돌상자는 수서생물의 서식공간과 친수 접근로의 확보가 가능하나 식물의 정착이 불가능하다.

(라) 콘크리트 돌상자는 흙의 충전을 통한 식생도입이 가능하나 수충부의 식생도입이 어렵고 유속이 큰 곳은 유실 가능성이 크다.

라. 다공성 식생블록

(가) 다공성 식재블록은 전체적인 사면에 식생의 도입이 가능하고 식생의 정착과 배수 기능 확보로 사면의 안정성 확보가 가능하나 도입식생에 한계가 있으며 식생이 정착되지 않았을 때 건조에 대한 피해가 발생할 수 있다.

(나) 이형 다공성 식재블록은 복토층을 보호하고 개구부를 통해서만 식생의 도입이 가능하고 배면 토양 유실의 방지 기능이 있으나 수충부의 식생 도입의 한계와 공극의 크기가 작아 도입 식생에 한계가 있다.

(다) 다공성 콘크리트 구는 물고기와 수서생물의 서식공간을 확보할 수 있고 구면체 사이에서의 식생 도입이 가능하며 구면체의 일체화를 통한 안정성을 확보할 수 있다.

(라) 다공성 식재블록은 전체적인 사면에 식생의 도입이 가능하고 공극의 크기를 키워 도입식생의 폭을 넓힐 수 있으나 공극 사이의 충전율을 높여 건조피해가 감소하고 식생의 정착과 배수기능 확보로 사면의 안정성을 확보할 수 있다.

(마) 다공성 옹벽블록은 뿌리가 큰 목본류의 도입이 가능하고 전체의 일체화를 통한 안정성 확보 및 배수성의 확보가 가능하다.

(바) 다공성 어소블록은 물고기와 수서생물의 서식공간을 확보하고 전체의 일체화를 통한 안정성 확보 및 배수성의 확보로 사면의 안정성 확보가 된다.

마. 어소 및 어도블록

(가) 어소블록은 어소공간만의 존재로는 물고기가 이용하기 어렵기 때문에 사용된다.

(나) 어도블록은 층계식 이동통로로 되어있다.

② 친환경 호안공법

가. 친환경 호안공법에는 식생계 호안공법, 목재계 호안공법, 망태(바구니)계 공법, 자연석계 공법, 블록계 호안공법 등이 있다.

4.1.4.4 식생계 호안공법

(1) 일반사항

- ① 유수에 대한 저항력이 크지 않기 때문에 비탈경사가 완만하고 유속이 느린 구간에서 일반적으로 많이 사용되고 있으며 다른 호안공법들과 병행하는 경우가 많다.
- ② 비탈면은 식생의 보호를 위하여 토목섬유나 블록매트 등으로 보강하는 공법이 일반적으로 많이 사용된다.
- ③ 비탈기초의 보호를 위해 사석과 나무말뚝 등의 보강재료가 사용된다.

(2) 천연섬유망과 식생을 이용한 공법

① 시공방법

가. 평수위 윗부분의 완경사 비탈면에 천연섬유망(황마망 등)을 핀으로 고정하고 식생을 식재한다. 평수위 아랫부분에는 원통형 천연섬유톨과 나무말뚝을 설치하고 그 앞면에 강자갈이나 사석을 쌓는 방법으로 시공한다.

② 적용구간

가. 경사가 작은 절개지로 식생이 활착되면 세굴에 저항할 수 있는 곳에 적용한다.

③ 특징

가. 공사 직후 수로하천(하천)변이 세굴되는 것을 방지하여 자연식생이 잘 활착되며 물가의 서식환경을 조성한다.

(3) 사석쌓기와 갯버들을 이용한 공법

① 시공방법

가. 사석을 쌓으면서 틈에 식생을 꺾꽂이 하여 식생들이 활착하도록 하는 공법으로서 돌 뒤로 뺀 나무뿌리로 배후의 토사를 안정시키고 줄기의 성장에 의하여 돌끼리 결합력을 증가시킨다.

② 적용구간

가. 홍수류의 강도가 비교적 큰 곳에 적용한다.

③ 특징

가. 버드나무의 줄기에 의하여 홍수류가 호안부근에서 완화되며 물고기를 비롯한 수생식물에 피난처를 제공하는 특징이 있다.

4.1.4.5 목재계 호안공법

(1) 일반사항

- ① 목재만을 사용하는 공법은 거의 없고 사석, 자연석등 돌을 보강하는 경우가 일반적이다.
- ② 완만한 비탈경사와 유속이 크지 않은 곳에 일반적으로 많이 사용되며 직선이 적은 하천에 적용하도록 해야 한다.
- ③ 다양한 비탈경사에 적용할 수 있는 공법들이 많이 개발되어 있으며, 간벌목 등을 이용하면

용배수로 시설 설계

경제성을 높일 수 있다.

- ④ 경관성이 있고 생물의 서식처 제공 등 생태학적으로도 양호한 특성을 가지고 있으므로 일반 하천에 많이 적용한다.

- ⑤ 식생계 호안 기초부의 세굴 방지 공법으로 널리 이용된다.

(2) 나무방틀과 식생조합 호안

① 시공방법

가. 통나무로 틀을 만들고 그 안에 많은 사석을 넣어 조성하는 호안이다.

나. 돌 틈사이에 토사가 채워지면 식생이 활착되고 식생이 성장할수록 더욱 튼튼해진다.

② 적용구간

가. 완만한 비탈경사와 유속이 크지 않은 곳에 적용한다.

나. 직선이 적은 하천에 적용한다.

다. 침식이 많이 일어나는 곳에 적용한다.

③ 특징

가. 돌틈에서 미생물과 물고기들이 서식한다.

나. 홍수시 토사가 퇴적되면 식물의 성장기반이 마련된다.

다. 돌망태에 비해 좀 더 자연스러운 경관을 연출한다.

(3) 나무 말뚝 울타리 호안

① 시공방법

가. 나무말뚝으로 울타리를 설치하고 갭 잡석으로 채우고, 하상보호를 위해 하상바닥에도 나무방틀 밑다짐공 시공을 한다.

② 적용구간

가. 완만한 비탈경사와 유속이 크지 않은 곳에 적용한다.

나. 직선이 적은 하천에 적용한다.

다. 침식이 많이 일어나는 곳에 적용한다.

③ 조성사례

4.1.4.6 망태(바구니)계 공법

- (1) 철선으로 짜여진 망태(바구니)에 돌을 채우거나 돌무더기를 철망으로 고정하는 방법으로 호안을 하는 공법이다.
- (2) 수세가 급하고 석재를 구하기 힘든 곳, 응급 복구 또는 미관이 필요 없는 곳에 적합한 공법으로 소하천등에 많이 이용된다.
- (3) 내구성과 굴요성이 크기 때문에 유속이 빠른 하천지역과 수공구조물의 상·하류 지역 등 흐름의 영향을 많이 받는 곳에서 제방과 하상의 보호공으로 적합하다.
- (4) 유속이 빠른 수충부에도 적용할 수 있으며 경제적으로도 유리하기 때문에 많이 사용된다.
- (5) 철선 부식 및 비닐 등 호안의 미관을 해치는 물질이 많이 걸리기 때문에 도시하천 구간에서는 사용하지 않는 것이 좋다.

4.1.4.7 자연석계 공법

- (1) 찰쌓기, 메쌓기 또는 찰붙임, 메붙임 등 비탈면에 돌을 설치하는 방법에 따라 여러 가지 형태가 있으며 크고 작은 자연석을 서로 조화시킴으로서 노출면은 미적으로 아름다운 조경효과를 낼 수 있다.
- (2) 내침식성 등 내구성이 크기 때문에 유속이 큰 곳에도 적용 가능하여 소하천 호안공사에 많이 사용되는 공법이다.
- (3) 큰 유속 및 소류력에 저항력이 크고 재료의 취득이 용이하기 때문에 하천경사가 급하고 유속 변화가 큰 소하천 호안공사에 널리 사용되어 오던 공법이다.
- (4) 하상경사가 급하고, 유속의 변화가 큰 소하천 등에서는 가장 많이 사용되고 있는 공법이다.
- (5) 호안용 재료로 사용되는 돌은 자연석, 깬돌, 폐석, 가공석 등 다양하며, 제방비탈 돌쌓기, 돌쌓기(찰쌓기, 메쌓기), 돌붙임 등 시공방법도 다양하고 적용범위도 넓다.
- (6) 일반적으로 돌쌓기는 비탈경사가 완만한 곳, 돌쌓기는 비탈경사가 급한 곳에서 적용되는 방법이다.
- (7) 어류의 산란 및 서식장소등 양호한 생태환경을 조성하기 위해서는 가급적 모르타르의 사용을 지양하는 것이 바람직하다.
- (8) 표층이 양력, 항력, 유수의 충격 및 침식작용에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가지고 있다고 하더라도, 기초토양의 포화에 의한 강도의 약화, 표층과 기초토양의 경계면에서 발생하는 한계류 흐름 등의 원인에 의해 기초토양이 유실되고, 표층의 공극을 통해 씻겨 나가게 된다.
- (9) 석계 호안에서 특히 유의하여야 할 사항은 이러한 흡출에 의한 호안하층(제방비탈면)의 토양유실을 방지하는 것이다. 과도한 흡출은 호안을 파괴하게 되고 급기야는 제방의 파괴를 초래하게 되므로, 이러한 흡출에 대한 방지대책이 필요하다. 하천공학에서 주로 사용되는 흡출 방지 대책은 토목섬유(지오텍스타일)와 자갈필터이다. 토목섬유나 자갈필터의 수리학적 특성은 유사하기 때문에 재료와 공간의 유용성, 시공의 편리성, 위치 등과 같은 점을 고려하여 선택한다.

4.1.4.8 블록계 호안

- (1) 공법에 사용되는 블록은 치수 목적으로 많이 사용되어온 일반 호안블록과 식생, 어류 등 수변·수생 생물의 서식지를 고려한 환경블록 등이 있다.
- (2) 환경블록과 식생블록은 식재공간을 두어 식재도 가능하며 큰 유속에도 견딜 수 있으므로 수층부나 수공구조물 상·하류의 제방보호가 필요한 구간에 적용할 수 있어 치수적으로나 경관적으로 양호한 호안형태이다.
- (3) 블록자체의 모양을 자연석과 같은 형태로 제작하여 자연석과 같은 경관을 창출하기도 하며 블록사이의 공극에 채워진 객토는 지반과 연결되어 식물, 곤충, 미생물 등 생육가능한 수변생물의 서식공간을 제공한다.

4.1.4.9 자연형 호안공법에 대한 허용유속

- (1) 호안공법별 대표유속 기준은 「환경친화적 농어촌정비사업 설계지침」의 부록 11. 참고

4.2 터널

4.2.1 적용범위

- (1) 이 기준은 농업생산기반정비사업의 용·배수의 송수를 주목적으로 하는 수로터널에 적용한다. 이 기준은 내공단면의 직경이 6.0m 미만인 수로터널에 적용되며 그 밖의 특별한 것은 별도의 검토가 필요하다.
- (2) 일반적인 굴착공법 및 지보공공법 이외의 특수한 공법에 의할 경우에는 부분적으로 이 기준을 준용할 수 있으나 별도의 검토가 필요하다.
- (3) 수로터널설계기준은 “KDS 27 00 00” 터널설계기준, “KDS 51 90 05” 하천터널 설계기준을 참고한다.

4.2.1.1 터널의 정의 및 분류

- (1) 터널은 통수나 교통로 등의 목적으로 산, 지하 등에 굴착한 상당한 크기의 내공단 면을 갖는 갱도로서 추도라고도 한다. 수로터널은 크게 수리특성, 지질 등에 따라 분류할 수 있으며 지공법이나 굴착공법에 의해 분류할 수도 있다.
- (2) 터널을 수리특성에 따른 분류하면 계획유량이 자유 수면으로 흐르며 내수압이 작용하지 않는 무압터널과 계획유량이 만류가 되어 흐르며 내수압이 작용하는 압력 터널이 있다.
- (3) 지질에 따른 분류하면 압터널과 토사터널이 있다.
- (4) 지보공 공법이나 굴착공법에 따른 분류하면 지보공 공법에 따라 산악터널의 경우 널판공법, 뿔어붙임콘크리트·록 볼트공법 등으로 분류할 수 있으며 굴착공법에 따라 발파굴착공법, 기계굴착공법, 인력굴착공법 등으로 분류할 수 있다.

4.2.1.2 조사설계의 순서

- (1) 조사설계에 있어서 설계의 단계에 따라 필요한 자료의 내용, 범위 및 정도가 다르므로 설계의 각 단계에 따른 조사항목을 설정하여 적절한 순서와 방법에 따라 조사 및 설계를 실시한다.

4.2.2 조사

- (1) 터널의 계획, 설계, 시공 및 관리에 관한 자료를 얻기 위하여 정확한 조사계획을 수립한다.
- (2) 터널의 계획, 설계 및 시공은 지형, 지질환경의 영향을 받으므로 터널의 노선 선정, 구조 설계, 시공법, 보상물건, 가설비 및 유지관리 등에 관한 제반 조사를 실시하여 충분한 기초자료를 수집한다. 지질구조가 복잡한 경우 계획 및 설계의 변경으로 공사비의 증대, 공사기간의 지연 등이 발생할 우려가 크므로 예측하지 못한 재해에 대비하여 충분한 지질조사가 필요하다.
- (3) 공사 착수전의 조사만으로는 반드시 충분한 성과를 얻을 수 없으므로 시공 중에도 조사를 계속하여 공사의 안전성과 경제성의 확보에 노력한다. 환경보전을 위한 조사가 충분하지 못하면 공사시행에 중대한 영향을 미칠 수가 있으므로 지질조사와 함께 환경조사도 시행한다.

- (4) 터널의 조사는 진척상황에 따라 조사사항, 조사범위, 조사방침, 조사내용 및 조사정도 등이 달라지게 된다. 조사 착수 전에 이들에 대한 충분한 조사계획을 수립한다.
- (5) 터널의 조사에는 ①계획상 필요한 조사, ②설계상 필요한 조사, ③시공상 필요한 조사, ④유지·관리상 필요한 조사, ⑤기타 조사 등이 있다. 조사방법으로는 ①자료수집 및 청문조사, ②답사, ③현지조사, 측량·현지시험·현지관측, ④실내시험, ⑤시험시공 및 시공 후의 관측, ⑥보충조사 등이 있다.

4.2.3 기본설계

4.2.3.1 노선 선정

- (1) 터널의 노선은 지형·지질적, 기술적, 경제적, 사회적 조건 및 환경에 미치는 영향 등을 고려하여 가장 적합하게 위치를 선정해야 한다. 터널은 안전하고 경제적으로 시공되어야 하며 기존시설이나 인근 주민의 생활에 미치는 영향을 최소화해야 한다. 이를 위해서 노선선정에 있어 다음 사항에 유의하여야 한다.
- ① 시공 및 구조상 안전을 위하여 지형 및 지질조건이 양호한 노선을 선정해야 한다.
 - ② 터널은 개수로에 비하여 공사비가 고가이기 때문에 지형, 지질조건을 고려하여 될 수 있는 한 최단거리가 되도록 노선을 선정한다.
 - ③ 노선의 선정은 가능하면 2~3개의 노선을 비교 선정하여 공사비를 적산하고 종합적으로 검토한 후 가장 적합한 노선을 선정해야 한다.
 - ④ 필요 최소 흙덮이 두께를 고려하여 노선을 선정한다.
 - ⑤ 철도, 기타 중요한 기존시설에 접근시켜 터널을 설치할 경우에는 굴착단면 직경의 5~10배 정도 떨어지게 하는 것이 바람직하다.

4.2.3.2 터널선형

- (1) 터널의 선형은 계획노선을 기초로 지형·지질의 조건, 작업 갱, 기존시설 등과의 위치 관계 및 시공법 등을 종합적으로 검토하여 결정하며 지형·지질조건이 허락하는 한 직선 또는 곡률반경이 크게 되도록 설계한다.

4.2.3.3 터널의 형식

- (1) 터널의 형식은 지질조건, 지보공 및 라이닝의 종류에 따라 결정한다.

4.2.3.4 터널의 기울기와 단면형

- (1) 터널의 기울기와 단면형은 수리구조 및 시공상의 문제점을 고려하여 적절히 설계한다.

4.2.3.5 갱구의 위치 및 완화공 형식 선정

- (1) 터널의 갱구는 개수로 등 다른 공종과의 접속부가 되는 경우와 작업을 위한 갱구(수평갱, 사갱, 수직갱 등)로 구분한다. 갱구는 안정된 원지반이면서 기능상 장애를 받지 않는 위치에 선

용배수로 시설 설계

정하며 다음 사항에 유의한다.

- ① 터널의 갱구는 토압이 가장 불안정한 장소이므로 퇴적부 같은 곳은 피한다.
 - ② 갱구 부근은 토피가 얇고, 표층 가까운 곳의 강도가 약한 풍화암을 굴착하는 경우가 많아 큰 토압이 작용하거나 갱구 부근의 사면이 불안정하여 붕괴하는 수가 많으므로 지층이 갱구로 향하여 경사진 원지반의 경우에는 특히 주의가 필요하다.
 - ③ 저지대나 계곡부는 용출수가 많고 강우의 영향도 받기 쉽다. 이러한 곳은 호우시 물이 집중되어 토사에 의해 갱구가 막히는 경우도 있다. 또한, 적설지대는 눈사태의 우려가 있는 곳은 피해야 한다.
 - ④ 갱구 부근의 소음이나 진동이 주변환경에 악영향을 미치지 않도록 배려한다.
- (2) 터널을 개수로, 암거, 잠관 또는 수로교 등과 같이 단면형이 다른 구조물과 접속시키는 경우에 원활한 물의 흐름을 위하여 원칙적으로 완화공을 설치한다. 일반적으로 수로터널에서 단면형이 다른 구조물과 접속시키는 경우 손실수두를 가능한 한 적게 하여 물의 흐름을 안전하고 원활히 하기 위하여 구조상 접속부를 설치한다. 단 수두에 여유가 있거나 소규모 공사의 경우에는 이에 구애되지 않는다.

4.2.3.6 최소 시공단면

- (1) 터널의 시공단면은 안전성과 경제성을 고려하여 시공상 필요한 최소단면을 확보 한다.
- (2) 터널단면의 크기는 통수량을 기준으로 결정하는 것을 원칙으로 하지만 통수량이 적어서 터널단면이 현저히 작아질 경우에는 작업환경이 열악하게 되어 작업능률 의 저하와 안전대책상의 문제가 야기되므로 시공법, 터널규모 등을 고려하여 시 공의 안정성과 경제성이 확보되도록 시공상의 최소단면을 결정한다.
- (3) 널판공법을 사용하는 경우 최소 시공단면은 시공조건, 사용기계 및 근로자의 안전규칙을 준수해야 하나 굴착(천공, 버력처리) 및 라이닝(콘크리트 운반 및 치 기)을 기계시공으로 할 경우 최소한 동바리 내폭이 2.0m, 킥업(kick up) 시점부 까지의 동바리 높이가 1.8m정도의 단면이 필요하다. 시공조건이 이와 다른 경우에는 공사규모, 시공법, 안전성 및 경제성 등을 고려하여 적절하게 종합적으로 검토하여 결정한다.
- (4) 뿔어붙임 콘크리트-록 볼트공법을 채택하는 경우 작업효율과 안전성이나 작업환경 측면에서 유압착암기에 의한 천공, 로봇에 의한 뿔어붙임 등 기계화시공이 표준화 되고 있다. 이런 경우 최소 시공단면은 기계의 치수와 작업공간을 고려할 때 굴착완성 직경으로 대략 2.7m이다. 굴착 완성 직경이 3.0m 이하의 경우에는 뿔어붙임의 각도와 거리 등으로 인해 뿔어붙임 콘크리트의 반발량(rebound)이 많아지므로 주의가 필요하다.

4.2.3.7 최소 토피두께

- (1) 터널의 토피는 구조상의 안전성, 시공상의 안전성과 경제성 및 유지관리 등에 필요한 두께를 확보한다. 라이닝의 유무와 재질, 지보공의 종류, 원지반의 지질, 내 수압의 크기 등을 고려하여 필요한 최소 토피두께를 확보한다.
- (2) 터널 굴착으로 인하여 지반내부의 응력상태가 변화하여 터널 주변에는 수직토압 을 측면에

서 바닥에 전달하려는 그라운드 아치(ground arch)가 형성된다고 판단된다. 이러한 경우 토피가 작으면 터널은 과대한 하중을 받아서 안정이 저해되고 지반의 균형이 깨어져 지표까지 붕괴된다. 이 때문에 원지반 내부응력의 균형을 도모하기 위한 최소한의 토피가 필요하게 된다.

- (3) 무압터널의 경우, 최소 토피두께에 대해서는 각종 실험 및 탄성이론에 의한 해석 등에 의하면 일반적으로 터널 굴착단면 직경(De)의 5배 정도로 되어 있으나 이는 원지반의 지질, 라이닝의 유무와 재질, 동바리의 유무에 따라 다르며 다음 <표 4.2-1>의 표준값을 적용하는 것이 좋다.

<표 4.2-1> 터널의 최소 토피두께(Dc)의 표준

구 분	암 터 널	토 사 터 널	비 고
모르터 또는 콘크리트 뽑어붙임 단면	$D_c = 10D_e \geq 30\text{m}$	-	
무근 콘크리트 라이닝 단면	$D_c = 3D_e \geq 6\text{m}$	$D_c = 5D_e \geq 10\text{m}$	동바리 없음
무근 콘크리트 라이닝 단면	$D_c = 2D_e \geq 4\text{m}$	$D_c = 3D_e \geq 6\text{m}$	동바리 있음
철근 콘크리트 라이닝 단면	$D_c = 1.0D_e \geq 2\text{m}$	$D_c = 1.5D_e \geq 3\text{m}$	동바리 있음

주) 1. De : 터널 굴착단면의 직경(m)

2. 토피의 두께(Dc)는 터널 본체 상부에서 지표까지의 높이

4.2.4 수리설계

4.2.4.1 일반사항

- (1) 터널의 수리설계 시에는 계획된 설계유량을 대상으로 하여 설계수위를 확보함은 물론이고 터널의 목적과 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 설계유량 이외의 유량 에 대해서도 검토해야 한다. 검토대상으로는 최소 유량, 기타 터널시설에 지장을 줄 우려가 있는 유량 등이 있다.
- (2) 통수량이 감소하는 경우 터널의 상·하류 수로시설에 미치는 영향을 확인할 때는 최소 유량을 사용한다.
- (3) 터널의 시설에 상당한 피해가 예상되는 경우, 예를 들면 여유고 검토에서는 수로 에 낙하하는 강우로 인한 유량의 증가 등을 고려하여 수로의 능력을 확인할 뿐 아 니라 시설의 구조와 규모 등을 검토한다.

4.2.4.2 허용유속

- (1) 터널내의 유속은 토사가 퇴적을 일으키지 않는 최소 허용유속과 수로내면이 유수 로 인하여 침식되지 않고, 수리적으로 불안정한 유황이 발생하지 않는 최대 허용 유속의 범위 이내로 한다. 터널단면의 결정에는 유속이 가장 중요한 요소가 되며, 최소 허용유속과 최대 허용유속을 고려하여 터널의 기능, 구조 등에 적합한 유속 으로 한다.

용배수로 시설 설계

- (2) 최소 허용유속은 토사가 퇴적을 일으키지 않는 유속으로 한다. 일반적으로 실트 나 실트보다도 큰 입경의 부유토사가 적을 경우 $0.45 \sim 0.9\text{m/s}$ 의 유속이면 부유토 사의 퇴적을 방지할 수 있으므로 유속이 이 값보다 내려가지 않도록 하는 것이 중 요하다.
- (3) 터널에 토사가 퇴적되면 통수단면이 작아지고 퇴적된 토사의 배제도 어렵기 때문 에 최소 허용유속은 접속되는 개수로의 유속보다 크게 하되 일반적으로 개수로 유속의 1.3배 이상의 값 이 바람직하다.
- (4) 최대 허용유속은 수로를 형성하는 재료에 따라 현저히 다르고 불명확하므로 경험 이나 사례를 통하여 판단할 수밖에 없다. 내면의 재질에 따라 대략 아래 <표 4.2-2>와 같은 값을 상한 값으로 하고 있다. 터널 부속시설인 방수로, 여수로 등 일시적으로 물이 흐르는 구조물의 최 대 허용유속은 이 값의 1.5배 이내로 한다.

<표 4.2-2> 최대 허용유속

종 류	유 속 (m/s)
경 압	3.00
중 경 압	2.50
콘크리트	3.00
뿔어붙임 콘크리트	2.00

4.2.4.3 유속 결정시의 유의사항

- (1) 수로의 유속 결정시에는 수리특성을 고려한다. 특히 한계상태에 가까운 흐름에서 는 본질적 으로 수면이 불안정하기 쉬우며 일단 파가 발생하면 해소가 어려워서 수로의 기능이 저하될 수 있다.
- (2) 흐름의 안정성은 유량, 유속, 단면변화와 만곡의 정도 등에 따라 다르지만 유속에 의해 지배 되고 있으며 유량이 같을 때는 한계유속의 2/3(프루드 수: 0.54)정도 이 하의 유속이면 일단 안정된 수면을 기대할 수 있다.

4.2.4.4 평균유속 계산

- (1) 터널의 평균유속을 계산할 경우 개수로에서는 매닝(Manning)공식을, 관수로에서는 하젠·윌 리엄즈(Hazen-Williams)공식을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

4.2.4.5 부등류의 계산

- (1) 수로단면의 변화 또는 보에 의한 배수영향 등으로 흐름의 단면이 일정하지 않는 구간의 유황 은 부등류계산에 의하여 해석한다.

4.2.4.6 여유고

터널의 통수단면은 수리상의 안전성을 확보하기 위하여 설계유량에 따라 설계수면 상에 여유고

를 더하여 결정한다. 여유고는 설계유량에 대한 수면에서 터널 정부까 지의 높이를 뜻하며 표준적인 여유고 산정법은 다음과 같다.

(1) 일반적인 경우

- ① 터널의 여유고는 원칙적으로 다음의 식에 의한 계산 결과 중 큰 값을 취한다.

가. 설계유량에 대하여

$$d_1/D_1 = 0.80 \sim 0.83 \quad (4.2-1)$$

여기서, d_1 : 설계 유량에 대한 수심 (m)

D_1 : 터널의 높이(m)

단, $(D_1 - d_1) \geq 0.30\text{m}$

- ② 홍수를 유입시키는 경우

$$d_2/D_2 = 0.90 \sim 0.93 \quad (4.2-2)$$

여기서, d_2 : 홍수를 가미한 유량에 대한 수심(m)

D_2 : 터널의 높이 (m)

(2) 기타의 경우

- ① 최소시공단면의 터널과 부등류의 터널 등 특별한 경우의 여유고는 위 식의 값보 다도 큰 값을 취할 수 있다.
- ② 도수터널과 같이 도중에서 홍수유입이 없는 경우로서 아래 와 같은 조건에서는 $d/D=0.90$ 정도를 취할 수 있다.
 - 가. 유량에 변동이 없고
 - 나. 급한 만곡 등이 없으며 난류가 발생하지 않고
 - 다. 조도계수의 추정이 정확하여 악화의 우려가 없는 경우
- ③ 일반적으로 원형 또는 표준마제형의 단면에서 최대유속은 $d/D=0.80$ 부근에서, 최 대유량은 $d/D=0.90 \sim 0.93$ 부근에서 발생하기 때문이다. 여기서 d 는 설계수위, D 는 터널의 높이이다.
- ④ 터널의 여유고는 규모, 홍수 유입량, 노선의 곡선반경, 최소시공단면 등의 모든 것 을 고려한 후에 조정한다. 배수터널의 경우에는 용수터널에 준하지만 터널 상류 개수로의 여유고를 포함하여 통수능력 이하가 되지 않도록 하며 계획유량 이상의 유량에 대하여는 터널 통수능력이 미치는 피해 등을 감안하여 결정한다.

4.2.5 무압터널

- (1) 무압터널은 외압에 대하여 안전한 구조이어야 하고 구조는 지질조사 등으로 추정된 지압, 외수압 등을 고려하여 내구성이 뛰어나고 안전하도록 한다.
- (2) 터널에 작용하는 하중의 추정은 지질조건 외에도 터널의 단면, 시공법 등에 따라서 도 현저히

용배수로 시설 설계

달라지므로 하중을 추정할 때는 지질과 터널공학의 양면에 걸쳐 광범위 한 지식과 경험을 가진 기술자가 필요하다.

- (3) 무압터널설계기준은 “KDS 27 00 00” 터널설계기준, “KDS 51 90 05” 하천터널 설계기준을 참고한다.

4.2.6 압력터널

- (1) 압력터널은 내수압과 외압 등에 안전하고 수밀성 및 내구성에 뛰어난 구조이어야 한다.
- (2) 압력터널의 굴착에 대해서는 무압터널과 같으므로 지질조건과 지보공의 종류 등은 무압터널의 경우와 동일하게 취급한다.
- (3) 무압터널설계기준은 “KDS 27 00 00” 터널설계기준, “KDS 51 90 05” 하천터널 설계기준을 참고한다.

4.3 암거

- (1) 암거를 계획할 때는 지형, 공사비, 시공성, 유지관리 등을 종합 검토하여 터널과 비교 판단해야 한다. 일반적으로 흙막이 높이가 1~10m 범위 내이면 공사비면에서는 암거로 계획하는 경우가 많으나 토질분포상태, 작업조건 등을 고려하여 결정하여야 한다.

4.3.1 적용범위

- (1) 이 기준은 농업용수 및 농지배수를 위하여 수로, 제방, 도로 및 철도 등을 횡단하는 경우 설치하는 암거에 적용한다.
- (2) 자세한 설계기준은 농지배수 (KDS 67 45 00)을 참고한다. 그리고 기초지반에 관한 내용은 “KDS 11 00 00”지반설계기준을 참고한다.

4.3.2 암거의 분류

- (1) 사용목적에 따른 분류

- ① 용수암거

가. 용수의 송수를 위해 계획되는 모든 암거를 총칭하며 용수로 계획 시 자유수면의 기울기를 가지고 물을 통과하도록 설치한다.

- ② 배수암거

가. 용수암거와 같이 자유수면의 기울기를 가지고 배수시키는 구조물로서 배수를 위하여 계획되는 모든 암거를 총칭한다.

- ③ 용·배수겸용암거

가. 지형 및 기타의 관계로부터 용·배수 겸용의 목적으로 설치하는 형식이다.

- (2) 단면형에 의한 분류

- ① 원형암거

가. 특별한 경우를 제외하고는 공장에서 제작된 관을 사용하며 관종은 철근콘크리트관, 원

심력철근콘크리트관, 무근콘크리트관, 롤전압철근콘크리트관, 프리스트레스트콘크리트관 등의 강성관과, 변형성이 좋은 파형관(이하 파형암거라 한다) 등, 많은 기성제품이 사용되고 있으며 공사기간이 짧을 때 채택하며 시공이 편리한 경우가 많다.

② 박스형 암거

가. 단면형상이 정방형이나 직사각형으로 1련(連)으로부터 2련(連) 또는 수련(數連)의 경우도 있으며 일반적으로 현장 콘크리트 타설로 제작하므로 규모의 제한을 받지 않는 특성이 있다. 최근 박스형암거를 공장 콘크리트제품으로 조립화되는 추세에 있으며 이 경우 수밀성에 대한 충분한 대책이 필요하다.

③ 마제형 암거

가. 이 형식은 일반적으로 대형단면이나 지형적 특수성 또는 터널과 연결되는 부분에서 사용되며 상부는 반원형의 아치로 하며 측벽은 직선 또는 곡선으로 한다. 마제형 암거는 직사각형 암거보다 흙덮이 두께가 클 때에 경제적이며 일반적으로 흙덮이 두께 3.0m 이상일 때가 많으며 길이가 길어 철제형틀을 사용하면 경제적으로 될 때가 있다. 따라서 터널 전후에 연결되는 장경간의 암거 등에서 많이 사용된다.

4.3.3 평면형상

- (1) 암거의 계획은 도로 또는 수로의 상황에 적합하고, 본선과 평면교차각은 되도록 직각이 되게 계획한다. 사각을 이루는 경우 한쪽면만 토압의 영향을 받아 부재에 생기는 응력이 직각의 경우보다 커지며 이 영향은 연약지반에 설치하는 암거의 경우 현저하다.

4.3.4 암거단면 형식의 결정

- (1) 암거의 단면형식은 역학적 특성, 관중, 시공방법 등을 고려하여 결정해야 하며 각각의 단면형식에 따라 장단점이 있으므로 어떤 형식을 채택할 것인가는 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다.
 - ① 계획수량 및 통수능력을 고려하여 수리학상 유리한 형식일 것
 - ② 구조적으로 안전하고 경제적인 형식일 것
 - ③ 시공성이 좋고 공사비가 저렴할 것
 - ④ 주변환경 등을 고려하여 현지상황에 적응되고 유지관리가 용이할 것
- (2) 암거단면의 형상은 원형, 박스형, 마제형, 계란형, 포물선형 등 여러 형태가 있으나 일반적인 형태는 원형, 박스형, 마제형이다.

4.3.5 수리설계

- (1) 암거의 수리계산은 상하류의 수위, 출입구의 접속수로형태 등에 따라 다르며 허용최대유속은 $3 \sim 4\text{m/s}$, 허용최소유속은 0.7m/s 를 기준으로 한다. 일반적으로 사용되는 수리공식은 개수로 등과 같이 매닝(Manning) 공식을 사용한다.

용배수로 시설 설계

① 암거의 수리계산

가. 암거의 수리형태

(가) 암거의 수리 형태는 그림 4.3-1과 같이 6가지로 분류할 수 있다. 그림 4.3-1에서 ①과 ②는 수로의 흐름이고 기타는 개수로의 흐름이다. 또 ③은 오리피스 역할을 하고, ④는 관제 전부가 상류로 흐르고, ⑥은 사류로 흐르며 조절단면(control section)이 입구에서 일어난다. 일반적인 경우 용수암거의 흐름은 ⑤의 흐름을, 배수암거의 흐름은 ④, ⑤, ⑥의 흐름을 보인다.

(나) 이 가운데 ①, ②, ③의 흐름은 수리학적으로 불리할 뿐만 아니라 상류측에 담수하여 세굴, 침투, 제방율류 등 악영향이 발생할 수 있으므로 설계에서 피해야 한다.

나. 허용유속

(가) 일반적으로 콘크리트 암거의 허용최대유속은 3 ~ 4 m/s로 하며 그 이상일 경우는 출구에 배플드 아웃렛(baffled outlet)을 설치하여 유속을 조절한다. 또한 부유물의 침전 등으로 통수단면이 축소되는 것을 방지하기 위해 암거의 최소유속을 0.7m/s 이상으로 하며 통수시 잠관작용의 우려가 있는 곳에서는 0.8 ~ 1.0m/s 이상의 유속을 취한다.

다. 단면결정

(가) 암거의 단면은 유량 및 유속에 따라 정한다. 일반적인 경우 자유수면을 갖는 등류로 가정하여 개수로 체계의 수리계산과 같이 계획한다. 원형암거의 경우 수심은 관경의 0.8배로 함을 원칙으로 하며 최소단면은 1개소의 길이가 20m 미만인 경우 $D=0.6m$, 20m 이상인 경우는 $D=0.8m$ 이상을 사용한다. 박스형 암거의 최소단면은 시공성 등을 감안하여 높이 및 나비를 1.0m로 한다.

(나) 단면의 여유고는 지형조건에 따라 충분한 검토가 필요하며 특히 단기간에 급격하게 유출량이 증가하는 배수암거나 상류부로부터 토사유입량이 많아 단면이 매몰될 우려가 있는 곳에서는 암거입구에 침사지를 설치하지 않는 한 단면상에 충분한 여유를 주어야 한다.

라. 손실수두계산

(가) 마찰손실수두

㉞ 관암거의 마찰손실수두 계산을 위한 마찰손실계수 f 는 다음과 같다.

$$f = \frac{124.6n^2}{D^{\frac{1}{3}}} \quad (4.3-1)$$

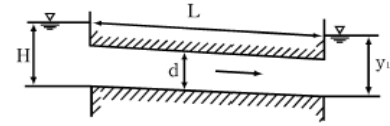
여기서, h_f : 마찰손실수두(m), n : 조도계수

D : 관경(m),

f : 마찰손실계수

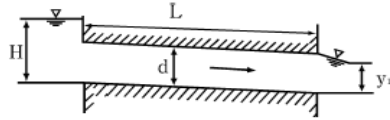
① 출구가 수중

$$H > H^*, y_1 > d, \text{ 만류}$$



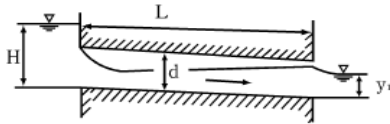
② 출구가 수중 아님

$$H > H^*, y_1 < d, \text{ 만류}$$



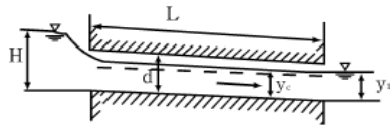
③ 출구가 수중 아님 (관내 사류)

$$H > H^*, y_1 < d, \text{ 입구만류}$$



④ 출구가 수중 아님

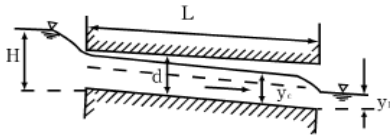
$$H < H^*, y_1 > y_c, \text{ 상류}$$



⑤ 출구가 수중 아님

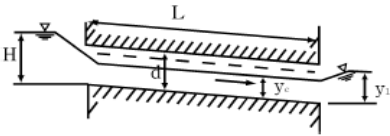
$$H < H^*, y_1 < y_c, \text{ 상류}$$

조절단면은 출구

⑥ $H < H^*, y_1 < y_c$ 출구

조절단면은 입구

(H^* : 입구에서 만류될 충분한 수위,
 y_c : 한계수심)



〈그림 4.3-1〉 압저의 수리형태

(나) 유입손실수두

㉞ 유입손실수두 계산 및 유입손실계수는 그림 3.2.3에 따른다.

(다) 유출손실수두

$$h_0 = f_0 \left(\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \right) \quad (4.3-2)$$

㉞ 여기서, 유출구의 모양이 급변하는 접속이면 $f_0=1.0$ 이고 종구형(bell mouth)이면 $f_0=0.2$ 로 적용한다.

(라) 단(段)에 의한 손실수두

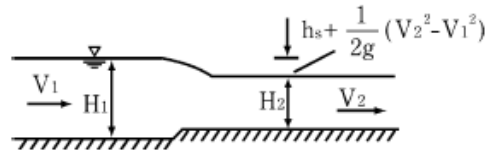
$$h_s = f_s \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) \quad (4.3-3)$$

여기서, f_s 는 단(段)의 모양에 따른 손실수두계수로서

(1) 둥근 경우

조금 둥근 경우 $f_s = 0.1$ 아주 둥근 경우 $f_s = 0.01$

용배수로 시설 설계



〈그림 4.3-2〉 단의 모양

(2) 모가 진 경우는 표 4.3-1와 같다.

〈표 4.3-1〉 단(段)에 의한 손실계수 (f_s)

H_2/H_1	0.10	0.32	0.45	0.63	0.77	0.89	1.00
f_s	0.50	0.45	0.42	0.33	0.22	0.13	0.00

마. 오리피스형의 수리계산

(가) 오리피스로 되는 용수암거 또는 배수암거는 암거입구의 수위가 암거정부보다 위에 있는 경우로서 일종의 오리피스가 되고 이때의 수리계산은 식 (4.3-4)에 의한다.

$$Q = CA\sqrt{2g(H-D)} \quad (4.3-4)$$

여기서, D: 원관의 직경

H: 상류수위 (접근유속이 있는 경우는 $\frac{V^2}{2g}$ 을 계산함)

C: 유량계수로 0.81 ~ 0.91의 범위

② 완화공의 수리계산

가. 완화공은 단면이 변화되는 구간에서 발생하는 수두손실 및 수류(水流)의 흐트러짐 현상을 완화시키기 위하여 설치하는 것으로 상하류 수로단면과 암거단면에서의 수면 중에 연결하는 직선과 중심선 사이의 각은 $12^\circ 30' \sim 25^\circ 00'$ 가 되도록 완화공의 길이를 결정한다.

(가) 완화공의 종류

㉞ 완화공의 형태는 종구형, 유선형과 직선형으로 대별되며 종구형과 직선형의 절충식인 개량직선형도 사용된다. 양수장 지구와 같이 손실수두의 절약이 필요한 경우나 대형수로에서는 종구형을 채택한다.

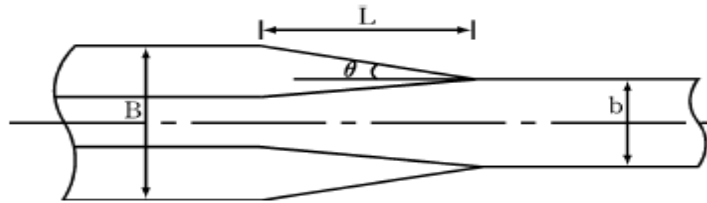
(나) 완화공의 길이계산

㉞ 완화공의 길이는 완화공의 수면과 중심선이 이루는 각이 유입부에서는 $27^\circ 30'$, 유출부에서는 $22^\circ 30'$ 을 초과하지 않는 범위 내에서 식 (4.3-5)에 의해 결정하며

$$L = \frac{B-b}{2} \cot \theta \quad (4.3-5)$$

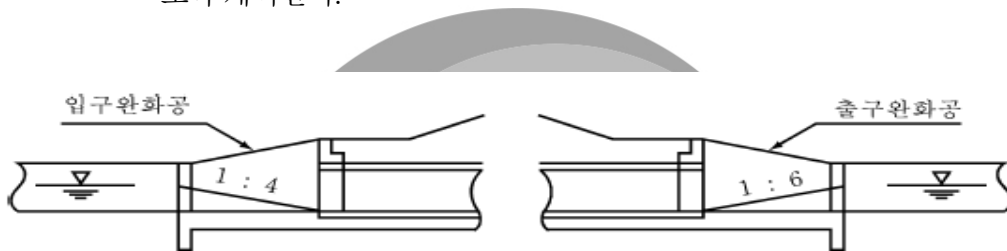
여기서, L: 완화공 길이 (m), b: 지면폭 또는 수면폭 (m),

B : 수면폭 (m), θ : 접촉각 ($12.5 \leq \theta \leq 25$)



<그림 4.3-3(a)> 완화공

완화공의 유입부 및 유출부 바닥의 최대기울기는 각각 1:4 및 1:6보다 완만하도록 계획한다.



<그림 4.3-3(b)> 완화공

(다) 단면변화에 의한 손실 및 수면저하량

㉠ 단면변화에 의한 손실 및 수면저하량 계산은 3.2.3 다.항을 참조한다.

③ 세굴방지공 (Scouring Protection)

가. 수로공작물 상하류에서 유수의 에너지는 완화공으로 제거되고도 상당히 남아서 접촉 수로를 세굴하기 쉬우므로 완화공에 접속시켜 장석 또는 콘크리트 블록 등의 세굴 방지공을 설치해야 하며 그 규격과 길이는 그 지점에서의 유속과 수심 및 공작물의 중요도 등에 의하여 결정된다. 세굴방지공은 다음 표 4.4.5와 같이 4개형으로 구분되며 배수형 단공작물을 제외하고는 유속이 1.5m/s가 넘는 곳에서는 수심에 관계없이 최소 3형의 방지공을 사용해야 한다.

<표 4.3-2> 장석보호공(Riprap protection)의 종류

구분	장석 두께 (m)	뒤채움 두께 (m)
1형	0.15	-
2형	0.30	-
3형	0.30	0.15
4형	0.45	0.15

나. 표 4.3-2는 최소규격을 표시하므로 공작물 설치지점의 조건과 운영관리조건 등이 불리할 경우에는 수정, 적용해야 한다.

(가) 수심이 3.0m가 넘을 경우에는 별도설계를 한다.

(나) 유속이 0.75m/s 이하인 수로에서는 유입부의 세굴방지공을 생략할 수 있다.

(다) 유량이 17m³/s를 초과하는 배수횡단공작물은 별도 설계한다.

(라) 관로기울기가 급하여 관로말단에서 유속이 4.5m/s를 초과하는 경우에는 등급 큰 형을 채택하되 최소 3형을 사용한다.

(마) 세굴방지공의 길이는 유입부에서는 $l=d$ (수심: 1.0m)

유출부에서는 $l=2.5d>1.5m$ 및 문비나 빈지판(stop log) 등으로 난류가 일어나는 유출부에서는 $l=4d$ 를 원칙으로 하며 길이는 상기 수치를 최소치로 하여 0.5m 단위로 정리한다.

4.4 잠관

4.4.1 일반사항

- (1) 잠관은 도로·철도 또는 하천이나 계곡과 같은凹부 혹은 장애물을 횡단해야 할 경우, 낮은 곳에 만류 관수로를 설치하여 상·하류의 수두차로 필요수량을 흐르게 하는 구조물이다. 설계는 해당 지점의 지형·지질·하천상황·시공조건 등을 검토하고, 관체 내에 발생하는 내수압을 고려하여 수리·구조적으로 안전하고 경제적이여야 한다.
- (2) 잠관 관체에는 자유수면의 높이와 관체의 위치와의 낙차에 상응하는 내수압이 작용하는데, 이 내수압에 견딜 수 있도록 구조적으로 안정성이 있어야 하고 또 누수가 생기지 않도록 하는 구조가 필요하다. 역 사이펀은 관이 만류되어 내압인 상태로 흐르도록 설계된 폐쇄 관수로 이므로 설계용량으로 흐를 경우 잉여 수두 없이 잘 흘러야 한다. 역 사이펀은 경제적으로 만들어진 흐름을 원활히 할 수 있는 방법의 하나이며 정상적인 경우 사이펀 말단에서 흡수로와 접속되는 부분에 완화공구조물을 설치하여 침식을 방지 한다.

4.4.2 수리계산

- (1) 통수량·관의 길이·낙차·관 단면적 등의 관계를 통하여 통수로·관내유속 및 손실수두를 계산해야 한다.

4.4.2.1 최소단면과 유속

- (1) 최소단면: 원형 $D=0.8m$, Box 형 $h=1.0m$ 이상

① 유속

가. 허용최대유속

㉠ 현장타설 콘크리트: 2.0m/s

㉡ 철근콘크리트관: 2.5m/s

㉢ 철관: 4.5m/s

나. 최소평균유속: 1.3m/s 이상

다. 표준유속: 1.5~2.5m/s (개수로 유속의 1.5~2.0배)

㉔ 배수로의 잠관에서는 콘크리트관에서 최대 4.0m/s, 최소 0.75m/s를 사용하며 보통 1.20~1.30m/s가 되도록 한다.

4.4.2.2 수리계산

(1) 잠관은 일반적으로 통수량(Q), 관의 길이(L), 허용낙차(H)를 정하고 관의 단면을구 하는 경우와, 낙차를 자유로이 취할 수 있는 곳에서는 Q·L·D(D: 관의 내경)를미리 정하고 필요한 낙차를 구하는 경우가 있다. 즉 수리계산은 관내유속·손실수두 등에 대한 것은 관수로의 수리설계를 참조하고, 잠관의 수리계산은 Q·L·H가 주어졌을 때 다음과 같이 계산한다.

① 유입구 개방완화공

$$\text{가. 마찰손실수두: } L_1 \times (h_{v3} - h_{v1}) \times \frac{I_1 \times I_2}{2}$$

$$\text{나. 단면축소 손실수두: } K_1 \times (h_{v3} - h_{v1})$$

여기서, K_1 : 유입구의 단면축소에 의한 손실계수로서 직선형의 경우: 0.2, 유선형의 경우: 0.1

② 유입구 폐쇄완화공

$$\text{가. 마찰손실수두: } 2D \times \frac{I_2 \times I_3}{2}$$

여기서, 2D: 폐쇄 완화공의 길이, D: 관의 내경

③ 관체

$$\text{가. 마찰손실수두: } (L_3 - 2 \times 2D) \times I_3$$

$$\text{나. 굴곡손실수두: } \sum f_b \times h_{v3}$$

④ 유출구 폐쇄완화공

$$\text{가. 마찰손실수두: } 2D \times \frac{I_3 + I_4}{2}$$

⑤ 유출구 개방완화공

$$\text{가. 마찰손실수두: } L_4 \times \frac{I_4 + I_5}{2}$$

$$\text{나. 단면확대손실수두: } K_2 \times (h_{v3} - h_{v5})$$

여기서, K_2 : 유출구의 단면확대에 의한 손실계수로 직선형인 경우: 0.3, 유선형인 경우: 0.2

⑥ 스크린에 의한 손실수두 및 수면저하량

가. KDS 67 20 10의 설계규정을 참조한다.

⑦ 총 손실수두

가. 총손실수두는 계산값의 10%를 안전율로 고려하여 가산된 값으로 한다. 또한 앞에 설명한 손실 합계가 소요낙차가 된다.

4.4.2.3 단면변화에 의한 손실수두 및 수면저하량

(1) 여러 가지 경우와 형식에 따라 단면변화에 의한 손실수두 및 수면저하량을 고려할수 있다.

4.4.3 구조설계

(1) 역 사이펀은 완화부와 관체부로 구성되며, 에너지 손실 및 배수현상(背水現象)이완충될 수 있고, 수면의 불연속으로 배수(背水)가 생기지 않도록 실(sill)표고를 계획하여야 한다.

① 암거구조의 결정

가. 암거는 유량, 입지조건, 사회적조건 및 공사기간 등을 종합 검토하여 가장 경제적인 구조로 하여야 한다.

나. 일반적으로 대유량의 경우에는 현장타설 철근콘크리트 구조, 소유량의 경우에는 콘크리트 공장제품 등이 사용되고 있으나 어느 것이 경제적인가는 각종의 설계조건에 따라 다르므로, 시공성과 유지관리 등도 포함하여 충분히 비교 검토해야 한다.

② 설계하중

가. 암거를 설계할 때 고려해야 할 하중의 종류는 토압, 노면하중, 궤도하중, 암거자중, 관내 수하중 및 수압, 기초반력, 기타 하중 등이 있다. 그러나 이와 같은 하중이 동시에 작용하는 것은 아니며 지형 등의 제 조건과 구조 등을 고려하여 적절히 조합하는 것이 타당하다.

(가) 토압

㉞ 암거에 대한 토압은 여러 가지 이론적 연구가 있겠으나 일반적으로, 상부상판에는 그 폭만큼의 연직토압, 측벽에는 그 높이에 대한 수평토압, 하부상판에는 그 폭만큼의 지반반력이 작용한다. 토압은 시공 중에 되메움 직후의 자연침하시 순간토압이 발생하는 것을 감안하여 검토되어야 한다.

(나) 노면하중

㉞ 노면하중은 군집하중과 자동차하중을 고려한다. 이들의 노면하중에 의하여 매설암거에 연직하중과 수평하중이 작용하지만 일반적으로 강성관 및 180° 이상의 고정받침이나 소구경의 연성관인 경우는 수평토압을 무시하는 것이 보통이다.

· 군집하중

(1) 국도 및 지정 지방도의 횡단: 4.9 kN/m²

(2) 지방도 및 읍면도 등: 3.92 kN/m²

(3) 경작도: 2.94 kN/m²

· 자동차하중

일반적으로 도로설계기준에 따르되 국도 및 지정 지방도에 있어서는 주무관청의 도로구조에 관한 세칙에 의하며, 하중의 적용구분은 도로의 현황 혹은 계획의 폭, 시공시의 사용중기 등에 따라 정하고 하중계산시 사용되는 충격계수는 표 3.3.3과 같다.

(다) 궤도하중

· 3.3.2 의 아.항 참조

(라) 자중, 물의 무게

㉞ 원형암거

- 관의 횡단방향의 설계에 있어서 매설관의 자중 및 관내 물의 무게는 연직토압이나 노면하중에 비하여 경미하므로 보통의 경우는 무시하여도 된다.
- 그러나 연직토압이나 노면하중이 작을 때는 자중 및 물의 무게를 고려할 필요가 있으며 관의 종단방향의 검토에 있어서는 당연히 자중 및 관내 물무게를 고려하여야 한다.

㉟ 박스형 암거

- 1련의 암거에 대하여는 양측벽의 자중, 상부상판의 자중 및 내부의 물무게가 저판에 전달되어반력으로 작용되며 2련 또는 수련(數連)의 것은 측벽과 중간벽 및 상부 상판, 내부 물무게의 합계량이 저판에 전달되는 것으로 본다.
- 대형의 박스형 암거일 경우 측면에 작용하는 내수압을 고려하여 수평토압과 상쇄된다고 볼 수도 있다.

(마) 기초반력

- ㉞ 기초에 생기는 반력은 기초의 지지상태에 따라 변화하지만 일반적으로 기초면에 균등분포하는 것으로 생각한다. 그러나 관거의 경우는 어느 범위(관체의 지지각내)에만 등분포하는 것으로 보는 스팅글러(Spangler)설을 채택한다.

(바) 기타의 하중

- ㉞ 기타의 하중으로는 온도와 부력 등을 고려한다. 일반적으로 암거는 매설하는 것이 원칙이므로 특별한 경우를 제외하고는 온도변화에 의한 영향은 무시하는 것이 보통이나 지상에 노출되었거나 시공 중 온도의 변화가 크게 발생될 우려가 있는 경우 등 은 온도변화에 대한 영향을 고려한다.
- ㉟ 부력은 특히 하천 또는 하천부근 지대의 사력지반을 통과하는 암거에서 고려할 사항으로 암거 본체가 비었을 때 부상치 않도록 설계하여야 한다. 부력을 방지하는 수단으로는 흙쌓기의 증가, 자중의 증가, 암거의 양단에 푸팅(footing)을 부치는 방법이 있다.
- ㊱ 공사 중 시공장비의 도입이나 현지여건 또는 시공시의 부주의로 시공장비가 하중으로 작용되는 경우가 있는 점 등을 감안하여 결정해야 한다.

③ 횡단방향의 설계

가. 매설암거의 횡방향 단면설계는 원형과 박스형으로 구분하여 암거내외에 동시에 작용

용배수로 시설 설계

하는 하중에 대하여 안전하게 견딜 수 있게 설계하여야 한다. 부재에 발생하는 응력은 원형암거 및 박스형 암거 모두 부정정구조로 해석하여야 한다.

(가) 원형암거

- ㉔ 관거의 횡단방향의 계산을 할 때 가장 중요한 것은 기초의 지지조건으로 하중 상태 및 기초지반의 양부에 따라 기초를 설치하지 않는 경우와 모래나 콘크리트 기초를 하는 경우로 구분하여 각각에 따라 집중하중 또는 등분포하중을 받는지 여부를 판단하여 기초의 두께, 관중의 선정 등을 하여야 한다. 관거의 횡단 방향 설계에 대한 상세한 내용은 4.11 관수로에 준한다.

(나) 박스형 암거

- ㉔ 철근콘크리트 박스형 암거는 관거가 제품의 치수에 따라 그 규모가 제약되는데 반하여 어떠한 크기로도 만들 수 있는 특징이 있다. 길이가 긴 암거로서 종방향의 강도를 필요로 하는 경우, 관거에 있어서는 단면형상도 불리하고 공사비면에서도 불리한 수가 있다.
- ㉕ 현장타설 콘크리트 박스형 암거는 내부의 거푸집조립 및 제거 등 시공성을 감안하여 최소내측면의 높이를 1.0m 이상으로 제한한다. 박스형암거의 응력계산은 부정정의 산식에 의한다. 기초가 견고한 암반이거나 또는 상판의 두께가 정판(頂板)과 측벽에 비해 현저하게 두꺼운 경우에는 문형(門型) 라멘으로 계산한다. 각부의 소요두께는 경간의 크기에 비례하여 근사적으로 정하고 높이에 비해 폭이 넓은 경우에는 중간에 격벽을 설치하여 2련 이상으로 계획하는 것이 1련 박스형으로 계획하는 것보다 경제적이다.

(다) 석조 아치 또는 콘크리트 아치 암거

- ㉔ 부근에서 양질의 석재를 용이하게 얻가로 구할 수 있을 때나 철근콘크리트 아치보다 다소 단면이 커져도 현장여건상 유리한 경우에 석조 아치를 채택하는데 석조 아치의 각 단면에 인장응력이 발생되지 않는 것으로 가정한다. 철근콘크리트 아치 암거는 일반적으로 터널과의 접합수로에서 수리현상의 원활을 기하기 위한 경우에 계획된다.

- ㉕ 일반적으로 아치형 암거가 안정하려면 다음 여러 조건을 만족시켜야한다.

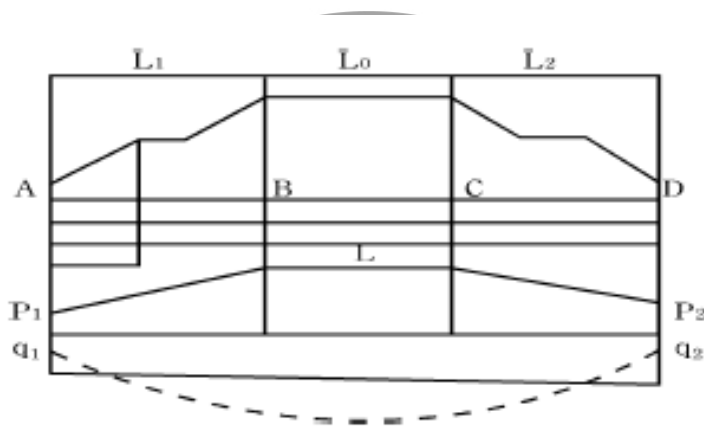
- 분할된 각 단면에 있어서 압력선은 중앙 1/3에 들어갈 것 (석조 또는 콘크리트 블록 아치)
- 중앙 1/3을 벗어날 때라도 아치의 구축재료의 허용인장력을 넘지 않을 것
- 각 단면에 일어나는 압축응력이 구축재료의 허용압축응력 이내에 있을 것
- 석조 및 콘크리트 블록 아치의 경우에는 추력(thrust) 아치환(環)의 이음방향 분력이 환(ring) 상호의 마찰력을 넘지 않을 것 (돌 상호간 또는 돌과 콘크리트, 콘크리트 상호간의 마찰계수는 0.6으로 한다)
- 아치형 암거에 의한 지반반력이 그 지반의 내압력(耐壓力) 이내에 있을 것

④ 종단방향의 설계

가. 암반이나 굳게 다져진 자갈층과 같이 비압축성지반 위에 암거를 설치할 때는 횡방향의

- 검토만으로 충분하나 연약지반을 횡단하거나 하천제방을 횡단하는 경우와 같이 상부 재하하중이나 기초반력이 일정하지 못할 때는 중방향에 대해서도 검토하여야 한다.
- 나. 하중은 암거위의 토사의 중량과 암거의 자중이다. 교통에 의한 하중은 중방향인 경우 무시해도 좋다.
- 다. 암거의 자중은 전길이에 걸쳐 동일하다고 생각하고 단일길이에 대해 q 인 것으로 한다. 토사의 중량은 피복토의 두께가 변화할 때마다 그림 4.4.8의 굽은 선과 같이 된다.
- 라. 이 하중상태는 계산을 간단히 하기 위하여 직선이라고 가정 한다. 세선(細線)을 암거의 폭과 동일한 폭의 토사의 중량이 작용하는 것으로 볼 때의 하중을 나타낸다. B를 암거의 나비라 하고 q_1, q_0, q_2 를 각 A, B~C 구간, D점의 암거에 걸리는 토사의 단위폭당의 중량이라고 하면,

$$p_1 = q + Bq_1, p_0 = q + Bq_0, p_2 = q + Bq_2 \quad (4.4-1)$$



〈그림 4.4-1〉 피복토의 중량

지반반력은 지질, 기초말뚝의 장단 등에 따라 달라지기 때문에 실제의 반력분포상태를 확인하기는 거의 불가능하다. 그림 4.4-1과 같은 경우는 B~C구간에 정점을 가지는 고차(高次)의 포물선으로 되는 것으로 생각한다. 그러나 수치적으로 표시하기에는 곤란하기 때문에 보통 지반반력의 분포는 A부터 D로 향해 q_1 으로부터 q_2 로 변화하는 것으로 가정한다. 이 가정은 암거의 휨모멘트에 대해 가장 위험한 상태에 대한 것으로 이 가정에 의해 산출되는 휨모멘트는 실제의 경우보다 크다. 단, 암거중앙부의 지반압력은 이 가정에 의한 수치보다 크게 되므로 말뚝, 기타의 기초공은 이 반력도의 반력보다 큰 반력에 견딜 수 있도록 설계하지 않으면 침하를 일으키고 대단히 큰 휨모멘트가 일어나 암거에 균열이 생겨 파괴된다.

4.4.3.1 관체의 구조설계

(1)“KDS 67 25 00 농업용관수로”설계기준을 참고한다.

4.4.3.2 완화부(Transition)

(1) 트란지션은 개수로 구간에서 역 사이펀의 구간으로 진입할 때 단면변화와 표고차로 생기는 에너지손실 및 배수현상을 완충할 수 있는 부분을 설계하여야 한다.

① 완화공 형식

가. 에너지손실과 배수현상은 사이펀에서 단면·유속높은 플룸·흙각기 또는 피복한단면 및 터널 등의 갑작스런 변화에 의해 일어난다. 완화공 유입부와 유출부의 형식은 여러 가지이며 다음과 같이 5종류로 구분한다.

(가) 연직식(vertical transition)

(나) 비틀림식(warped transition)

(다) 직선식(straight lined transition)

(라) 유선식(streamlined transition)

(마) 탱크식(tank typed transition)

② 완화공의 기울기

가. 완화공의 기울기는 직선식 완화공에서 유입부 및 유출부 바닥의 최대기울기가 각각 1:4, 1:6 보다 완만해야 한다.

③ 완화공의 길이

가. 완화공의 길이는 유입부 단면과 유출부 단면 간에서 측벽을 연결한 직선이 수로측과 이루는 각도를 $12^{\circ}30'$ 으로 한 경우의 실험치이다. 또한 완화공의 수면과 중심선이 이루는 각은 유입부 완화공에서 $27^{\circ}30'$, 유출부에서 $22^{\circ}33'$ 을 초과 할 수 없다. 어떤 경우에는 구조물의 입구·출구를 다같이 25° 로 설계하는 것이 경제적이다.

나. 제수공에서는 유입부 완화공의 각도를 30° 로 하고 유입손실수두로는 상류수로 와 제

수문개구의 유속수두 차의 0.5배, 즉 $(0.5 \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g})$ 를 취한다.

다. 길이가 긴 완화공을 제외하고는 완화공 내의 마찰손실수두는 무시한다.

$$L_1 = (\frac{B}{2} + md_2 - \frac{D}{2}) \times \cot \theta_1 \quad (4.4-2)$$

$$L_2 = (\frac{B}{2} + md_2 - \frac{D}{2}) \times \cot \theta_2 \quad (4.4-3)$$

여기서, d 1: 수면고 d 2: 수면고+lining 여유고 (0.1 ~ 0.2)

일반적으로, $L = \frac{B-D}{2} \cot \theta$ 로 하기도 하는데 이 때 θ 은 완화공 유입구에서 수로폭과 관경이 이루는 축소각이다.

④ 유입구·유출구의 개방완화공

가. 유입구·유출구의 개방완화공은 될 수 있는 한 손실수두를 작게 하기 위한 시설이다. 수로공과 개방완화공과의 접속부분의 보호공은, 보통 유입부에서는 설치하지 않으며, 유

출부에서는 개방완화공의 종점의 유속이 0.7m/s 이상일 때 설치하여야 한다.

⑤ 유입구·유출구

가. 유입구에서는 관체 속으로 토사나 공기가 유입되지 않도록 한다. 침사작용을 완전히 하기 위해서는 유입구 바로 상류에 침사지를 설치하는 경우도 있다. 유입구의 상단은 완화공의 속도수두에서 토공수로의 속도수두를 뺀 값의 1.5배 이상의 깊이가 필요하며, 최소 0.45m 이상이어야 한다. 유입구 상류에는 스크린을 경사지게 설치하여 부유물의 침입을 방지하고 안전조치도 겸한다. 유출구의 상단은 관체의 속도수두와 수로의 속도수두의 차이만큼의 깊이로 하든가 수로 내의 수위와 같게 하여도 된다.

⑥ 유입구·유출구의 폐쇄완화공

가. 개방완화공과 관체를 연결하는 구간으로 손실수두를 될 수 있는 한 작게 하기위한 시설이다. 유입구·유출구 폐쇄완화공의 개방완화공 쪽 단면은 관체의 내경을 변으로 하는 정사각형으로 하고, 길이는 관경의 2배로 하여 관체와 연결한다.

4.4.3.3 잠관 입출구의 실(Seal)

(1) 잠관 입출구의 수면에서 폐쇄완화공 또는 관의 내측 정부(頂部)까지의 수직 높이이며 유입구에서는 관내로 공기가 들어가는 것을 방지하는 역할을 하고 유출구에서는 에너지 손실에 관계됨으로 적절하게 정해야 한다.

(2) 유입구의 실

① 유입구의 실은 관 또는 폐쇄완화공의 천정이 물에 잠길 수 있게 하기 위해 필요한 높이이며, 식으로 표시하면 아래 식과 같다.

$$\Delta WS_1 = (1 + K_1) \Delta h_{v1} + h_{f1} = (1 + f_{gc}) \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_{f1} \quad (4.4-4)$$

여기서, ΔWS_1 : 개방완화공 상하류 끝 사이의 수면표고차

K_1, f_{gc} : 점축손실계수

Δh_{v1} : 수로와 관체의 속도수두의 차

h_{f1} : 완화공 구간의 마찰손실수두

가. 관경 300 ~ 900mm인 경우

(가) 유입구의 실은 아래 식에서 계산된 값 또는 10cm 이상 혹은 속도수두 차의 1.5 배

$$\text{즉 } 1.5 \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \text{ 중 큰 값을 취한다.}$$

나. 관경 900mm인 경우

(가) 유입구의 실은 식 (4.6.7)에서 계산된 값 또는 최소 45cm 혹은 속도수두 차의 1.5 배 중 큰 값을 취한다.

다. 관경 1,800 ~ 4,000mm인 경우

(가) 유입구 실은 50cm를 취한다.

(3) 유출구의 실

용배수로 시설 설계

- ① 유출구에서는 관체나 폐쇄완화공 끝의 천정이 물에서 뜨지 않고 또 너무 많이 잠기지 않게 하여야 하며 수면과 일치시키는 것이 가장 좋다.
- ② 유출구 단면 높이의 1/6 이상 물에 잠기면 완화공의 점확 손실계수 대신 급확 손실계수를 적용하게 되어 출구손실이 커지게 된다. 유출구의 실은 완화공 하류끝의 수면과출구의 관체나 폐쇄완화공 끝의 천정과의 표고차이며 아래 식으로 구한다.

$$\Delta WS_2 = (1 - K_2) \Delta h_{v2} - h_{f2} = (1 - f_{\geq}) \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g} - h_{f2} \quad (4.4-5)$$

여기서, ΔWS_2 : 유출구의 개방완화공 상하류 끝 사이의 수면표고차

- ③ 완화공 길이가 짧은 경우 h_{f1} , h_{f2} 는 계산된 값이 아주 작기 때문에 완화공이 특히길지 않은 경우는 계산에서 생략하여야 좋다.

4.4.3.4 구조물 설계의 유의사항

- (1) 잠관은 관의 매설과 관의 시공을 지형 및 지질에 부합되도록 설치해야 한다.
- (2) 특히 용수로를 횡단하는 배수잠관(배수 잠관)은 토사 퇴적으로 배수기능을 상실할우려가 있으므로 이를 피하고, 다른 방법을 찾는 것이 필요하다.

① 관의 선택

가. 잠관은 일반적으로 공장제 원심력 콘크리트 원형관 또는 철근콘크리트 원형관을사용하는 것이 좋다. 이들을 규격품으로 사용하게 되면 응력계산을 생략할 수 있다. 다음과 같은 곳에서는 현장타설 상자형이 유리한 경우가 있으므로 비교검토할 필요가 있다.

- (가) 내압이 적고 통수량이 많은 경우
- (나) 지형상 매설의 깊이를 알게 하지 않으면 안 될 경우
- (다) 관의 길이가 짧고 내경이 큰 경우
- (라) 다른 구조물의 일부를 이용하는 경우

② 관의 연수(連數)

가. 관의 연수는 1련이 원칙이지만 다음과 같은 경우는 2련으로 할 것을 고려한다.

- (가) 교통이 불편하든가 또는 용수 등으로 대형 관의 운반.취급이 곤란한 경우
- (나) 지질상 대형 관을 깊이 매설하기가 곤란하거나 부적당한 경우
- (다) 개척지와 같이 전 수량을 필요로 하고 상당히 장기간을 필요할 때 1 련만 먼저 부설하고 나머지를 차기 공사로 하는 경우

③ 매설깊이

가. 매설깊이는 다음 사항을 유의하여 결정한다.

- (가) 경지 내에서는 경작에 지장이 없는 깊이로 한다.
- (나) 터널식 구조는 피한다.
- (다) 이동성 지반에서는 활동면 이하로 매설한다.
- (라) 한랭지에서는 동결선 이하로 매설한다.

(마) 중요한 도로, 궤도 밑에 매설하는 경우는 관의 재료, 기초공 여하에 따라 아래의 <표 4.4-1>을 표준으로 한다.

<표 4.4-1> 매설 깊이의 표준

매설재료	도로	궤도
콘크리트관	$H > 0.6m > D$	$H > 0.9m > 1.5D$
철근콘크리트관 (기초 없음)	$H > 0.3m$	$D < 1.0m, H > 0.75m,$ $D > 1.2m, H > 1.0m$
철근콘크리트관 (콘크리트 기초)	-	$D < 1.0m, H > 0.3m$ $D < 1.2m, H > 0.5m$

주) H: 흙두께, D: 관지름 (m)

④ 기초공

가. 잠관의 관체는 구조물로서는 가벼운 것이므로 0.6m 이하의 소구경 관인 경우에는 부등침하를 방지할 정도로 하고 특별한 기초공을 하지 않는다. 관경 0.6m 이상의 기초공 종류와 지반과의 관계는 아래의 <표 4.4-2>~<표 4.4-3>을 표준으로 한다.

<표 4.4-2> 관경 0.6m 이상의 원심력관의 기초공

지반의 점토함량	기초공의 종류	비 고
10% 까지	모래두께 0.2m	
20% 까지	모래두께 0.3m	
30% 이상	모래두께 0.4m	

<표 4.4-3> 관경 0.6m 이상의 보통콘크리트관의 기초공

지반	기초공의 종류
암반, 사력토	굴착상태 그대로 함
사토, 림, 배수 양호한 곳	다짐질만 함
림, 배수 불량한 곳	모래를 깬다
실트, 연약지반	항목, 기초공
궤도 및 제방의 밑	항목, 사다리 토대 기초공

나. 그 밖에 특수한 경우나 지지력이 부족한 경우는 기초설계를 하며, 경사부의 기초는 흙

용배수로 시설 설계

다짐을 잘하거나 또는 모래를 깐다. 유입구와 유출구는 접속수로·침사지·기타의 부대시설과의 관계를 고려하여 침하이동이 없게 한다.

⑤ 신축이음

가. 원심력 콘크리트관이나 흙 속에 매설하는 관체에 대하여는 신축을 고려하지 않는다. 그러나 현장타설로 할 때는 지표면에 노출되는 구조에서는 수축이음을 생략하고 팽창이음 간격을 20m ($B \cdot H = 1.5 \times 1.5\text{m}$ 이상), 또는 30m ($B \cdot H = 1.5 \times 1.5\text{m}$ 이하) 범위 내에서 신축이음을 설치한다.

4.4.3.5 설계 세부사항

(1) 기초처리

① 암거과괴의 주원인은 지내력 부족에 의한 침하에 기인하는 것이므로, 충적평야 특히 소택지(沼澤地) 등에서는 주의해야 한다. 간척지이거나 구릉에 둘러싸인 답지대는 불량지반으로 생각해야 하며, 이런 불량지반에 대하여는 토질을 충분히 조사하여야 하는데 구조물의 규모와 중요도에 따라 종방향 또는 횡방향으로 여러 곳을 보링조사 한 후 토질주상도나 재료분포결과를 설계자료로 하여 기초처리에 임해야 한다.

가. 연약지반에 대한 대책

(가) 연약지반상의 암거설계에는 다음 사항을 고려해야 한다.

㉞ 침하량은 길이의 3승에 비례하므로 지형, 기타의 조건이 허용하는 범위 내에서 길이를 짧게 하는 것이 바람직하다.

㉟ 기초말뚝은 하중이 많이 걸리는 중앙부에 긴 것을 설치한다.

㊱ 기초말뚝은 시험말뚝에 다소의 여유를 보고 긴 것을 써야 한다.

㊲ 암거의 길이가 길면 휨모멘트가 길이에 비례해서 증가하고 철근량도 증가할 뿐만 아니라 균열이 생기기 쉬우므로 암거에 이음을 설치하는 방법 등이 강구되어야 한다. 이때 이음은 전단력발생에 대한 대책이 필요하며 누수가 없도록 해야 하고 이음에는 휨모멘트가 생기지 않는 것으로 보고 계산하고 구조도 휨모멘트가 일어나지 않는 것으로 한다.

㊳ 기초말뚝은 이음부근에 집중시켜 이음부분의 지반반력을 고려하지 않을 수도 있다.

나. 기초처리방식

(가) 암거를 철근콘크리트로 만들 때는 기초에 반드시 빈배합 콘크리트(lean concrete)를 설계해야 한다. 지질이 양호해서 깐 조약돌이나 호박돌에 자갈을 1/3 정도 혼합해서 다진 것만으로도 충분히 상부하중을 지반에 널리 균등하게 분포할 수 있을 때라도 배근의 정확을 기하기 위하여 10cm 이상의 린 콘크리트를 치는 것으로 해야 한다.

(나) 용수가 있거나 배수가 잘 되지 않는 바닥 파기에서는 작업 중 지반상태가 불량해지므로 깐 조약돌이나 모래를 최소 20cm 이상을 깐 위에 린 콘크리트를 친다. 암거가 하천의 제방을 횡단하는 경우에는 조약돌 기초를 두껍게 하면 조약돌을 투

수하여 하천수위가 높을 때 물이 침입할 우려가 있다. 이러한 때는 빈배합(1:4:8)의 콘크리트를 조약돌이나 모래 대신에 사용한다.

(2) 침투수방지

- ① 암거에서 침투수는 저면을 따라 이동하는 것과 다짐이 불충분하기 때문에 주변을 통해 이동하는 것이 있다.
- ② 암거의 기초를 통하는 침투수는 기초부터 1m 내외의 곳에 암반 또는 점토 등의 불투수층이 있다면 불투수층까지 굴착하여 1:3:6 정도의 콘크리트 차수벽을 설치하여 지수할 수 있다. 콘크리트의 폭은 깊이에 따라 30 ~ 50cm로 하며 이 차수벽은 일반적으로 얇은 것을 여러 줄로 하는 것보다 깊은 것으로 수를 줄여 설치하는 것이 효과적이다. 기초가 투수성의 모래, 자갈 등의 경우에는 널말뚝을 박아서 방지할 수 있다.
- ③ 널말뚝은 지반의 양부, 암거의 중요성 및 암거가 받는 수두에 따라 길이나 두께가 결정된다. 널말뚝의 위치는 암거의 입구 및 출구이고 칼라(collar)를 붙일 때는 그 하부에 박는다. 하천 제방을 횡단하는 암거의 출구에는 물받이를 설치하고 물받이 전면에도 널말뚝을 박는 것으로 해야 하고 널말뚝은 암거의 본체 밑의 널말뚝보다 짧아도 좋다.
- ④ 널말뚝 두부(頭部)는 1:3:6 정도의 콘크리트로 폭 30 ~ 40cm, 두께 30 ~ 50cm 정도로 둘러 쌓고 좌우에의 연장은 본체 또는 물받이의 폭보다 1 ~ 2m 길게 한다. 투수의 위험이 많을 경우나 암거 상하류의 수위차가 클 때 또는 홍수하천의 제방횡단에 대해서는 널말뚝공을 생략해서는 안 된다.

(3) 터파기와 되메움

- ① 터파기나 되메움을 어떤 방식으로 할 것인가에 따라 공사비와 공기에 큰 영향을 준다. 따라서 그 방법에 대하여는 장비, 토질, 진입도로 등 현장여건을 충분히 조사하여 정한다.

가. 터파기

(가) 터파기의 폭은 구조물의 저폭에 0.2 ~ 0.5m 이상의 여유를 둔다. 즉, 지질의 양부, 지하수위의 고저, 용출수량의 다소, 터파기공법 및 거푸집과 동바리 등을 고려하여 정한다. 공사 중 배수가 필요한 경우는 별도의 배수로로 설치하고 배수로말단에는 양수에 적합한 요부(凹部)를 설치하여 공사 중 건조상태를 유지토록 한다.

(나) 터파기의 비탈면 기울기는 토질, 함수량 및 공기의 장단에 의해 좌우되며 단단한 점토 또는 잘 다져진 점토분의 토질이고 공기가 짧은 경우에는 3 ~ 5m는 수직으로 파낼 수도 있다. 비탈면 기울기는 토사의 내부마찰각, 점착력 및 굴착심도를 고려하여 정할 것이고 공기가 긴 때는 점착력을 고려치 않는다.

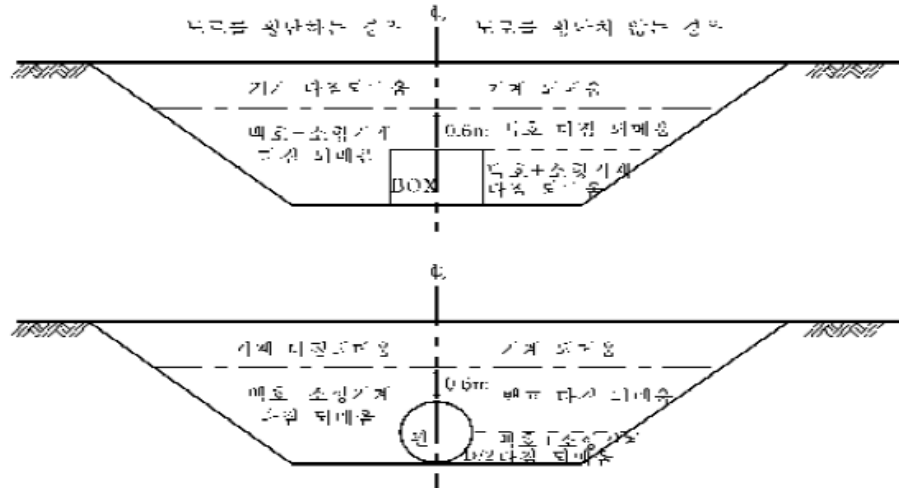
나. 되메움

(가) 되메움은 양질토를 사용하고 암거의 바닥으로부터 정부까지는 다짐 되메움을 하는 것을 원칙으로 한다. 되메움층의 한 층 두께는 20cm 정도로 하고 래머(달구), 바이브 레이터, 탬핑 롤러 등을 사용하며 잘 다져지지 않는 구석부분은 다짐봉을 사용하여 충분한 다짐을 해야 한다. 또한 양측을 균등하게 동시에 메우도록 주의하고 구조물에 충격을 주거나 이동이 생기지 않도록 한다.

(나) 롤러나 볼도저 등 다짐기계를 사용하는 경우에는 암거정부 위로 최소 60cm 이상

용배수로 시설 설계

을 되메움 한 후에 주행시키지 않으면 안 된다. 다짐방식은 현장의 상태에 따라 다소의 차이가 있을 수 있으나 일반적인 경우의 되메움방식은 아래 그림에 따른다.



〈그림 4.4-2〉 암거의 되메움 표준도

(4) 동해방지

- ① 기온이 -10°C 이하로 되는 지방에서는 동해에 대한 고려를 해야 한다. 암거의 동해에는 서리기둥에 의한 동상과 암거내부의 물이 누수해서 외부로 침출하여 결빙하는 경우가 있다. 어느 경우든 암거의 흙덮기 두께가 작아서 지상에 노출되어 있는 플룸이나 암거의 유출입구에서 일어나기 쉽다. 그늘지는 북쪽에서는 -5°C 전후에서도 암거 유출입구 측벽이 결빙에 의한 동해를 입는 경우도 있다.
- ② 암거의 노반이 동상할 우려가 있는 곳에서는 그 지역의 동결심도를 조사하여 그 이상의 흙덮기를 해야 하고 암거의 양측에 흙을 쌓거나 지하의 동결하는 깊이까지 기초자갈을 깔아서 지하수의 모세관작용을 단절시켜 서리기둥이 생기지 않도록 한다.
- ③ 지역여건에 따라서는 동절기에도 생활용수나 방화용수, 기타 용수의 이용을 위하여 수로에 물을 단수시킬 수 없는 경우가 있다. 이러한 경우 현장타설 콘크리트 암거는 누수에 의한 동해를 받기 쉽다. 콘크리트 내의 공극을 통한 누수가 결빙하기 때문에 암거외측의 콘크리트 벽이 벗겨져 철근이 노출하여 부식, 파괴되는 경우도 있다.

(5) 맨홀, 침사지

- ① 암거내의 퇴적토사의 제거, 수리 등의 유지관리를 위하여 맨홀과 침사지의 설치여건을 검토해야 한다.

가. 맨홀 (Manhole)

(가) 일반적으로 암거에는 맨홀을 설치하지 않으나 암거가 길고 내부검사나 보수를 요할 때 또는 퇴적 토사를 제거해야 할 경우를 고려하여 설치하는 경우도 있다. 단순히 검사 때문에 설치되는 맨홀은 직경 60cm면 충분하나 토사제거나 기타의 목적이 있을 때는 각각의 경우에 맞게 크기를 결정한다.

(나) 맨홀은 원형, 정방형 또는 직사각형으로 하고 승강용 사다리를 붙인다.

나. 침사지

(가) 지형상 암거의 기울기를 급하게 할 수 없거나 수로 내 유송토사가 많은 경우는 암거 내 퇴적 등을 고려하여 암거입구에 침사지를 설치한다. 침사작용을 균일하게 하기 위하여 수로폭을 점차 넓히고 배사가 잘 되도록 모난 부분을 두지 않는다. 배사의 위치는 모래흙의 양과 지형에 따라 결정하며 물로 배사가 되지 않을 때는 인력에 의한 제거가 편리하도록 통로를 미리 설치하기도 한다. 소수로의 암거 특히 흙수로에 접한 작은 암거의 입구에는 반드시 침사지를 설치하며 침사지 바닥은 암거 밑바닥보다 30 ~ 50cm 낮게 하는 것이 보통이다.

(6) 부상(浮上)에 대한 검토

① 부상에 대한 검토는 암거의 단면형상에 따라 다음 각 식을 사용하여 필요한 흙덮기 두께를 확보한다.

가. 원형암거

(가) 원형암거가 부상하지 않기 위한 흙덮기 두께 H는 식 (4.4-6(a))에 의해 구한다 (그림 4.4-3 참조).

$$H \geq H_1 \quad (4.4-6(a))$$

$$H_1 = \frac{\pi D_c}{4} \cdot \frac{F_s \cdot r_w - [1 - (\frac{D}{D_c})^2] \cdot r_c}{r_s - r_w} \quad (4.4-6(b))$$

여기서, H: 암거가 부상하지 않기 위한 필요한 흙덮기 두께 (m)

H₁: 암거가 부상하지 않기 위한 최소 흙덮기 두께 (m)

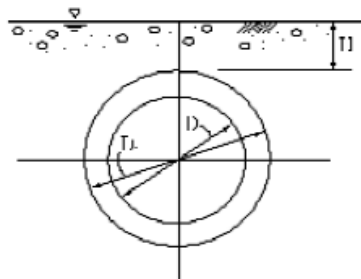
D: 암거내경 (m) r_c: 암거의 단위중량 (kN/m³)

D_c: 암거외경 (m) r_s: 되메움 흙의 포화단위중량 (kN/m³)

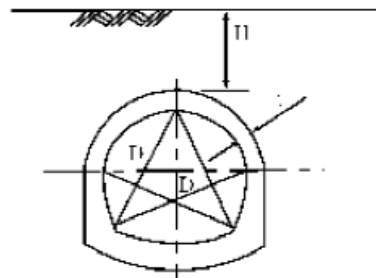
F_s: 안전율은 1.2로 한다.

π: 원주율 r_w: 물의 단위중량, 보통 9.8 (kN/m³)

식 (4.4-6(b))는 지표면까지 지하수로 포화되어 있을 경우이다. 현지의 지하수위가 출현가능성이 없는 경우에는 별도로 그 조건을 전제로 하여 검토한다.



<그림 4.4-3> 원형암거의 경우



<그림 4.4-4> 표준마제형의 경우

나. 표준마제형암거

(가) 표준마제형암거가 부상하지 않기 위한 필요한 흙덮기 두께 H는 식 (4.4-7(a))에 의해 구한다 (그림 4.4-4 참조).

$$H \geq H_1 \quad (4.4-7(a))$$

$$H_1 = \frac{0.83[F_s(D+2t)^2 - r_c(4t^2 + 4Dt)]}{(r_s - 1.0)(D+2t)} \quad (4.4-7(b))$$

여기서, H: 암거가 부상하지 않기 위하여 필요한 흙덮기 두께 (m)

H₁: 암거가 부상하지 않기 위하여 필요한 최소 흙덮기 두께 (m)

D: 암거직경 (m) r_s: 퇴메움흙의 포화단위중량 (kN/m³)

t: 암거의 부재두께 (m) r_c: 암거의 단위중량 (kN/m³)

F_s: 안전율은 1.2로 한다

식 (4.4-7(b))는 지표면까지 지하수로 포화되어 있는 경우이다. 현지의 지하수위가 확실하고 지표면까지의 지하수위의 출현가능성이 없는 경우에는 별도로 그 조건을 전제로 하여 검토해야 한다.

다. 박스형 암거

(가) 박스형 암거가 부상하지 않기 위한 흙덮기 두께 H는 식 (4.4-8(a))에 의해 구한다. (그림 4.4-5(a), 그림 4.4-5(b) 참조).

$$H \geq H_1 \quad (4.4-8(a))$$

$$H_1 = \frac{F_s D_0 B_0 - [B_0(T_1 + T_2) + (2T_3 + aT_4)D]r_c}{(r_s - 1.0)B_0} \quad (4.4-8(b))$$

여기서, H: 암거가 부상하지 않기 위한 흙덮기 두께 (m)

H₁: 암거가 부상하지 않기 위한 최소 흙덮기 두께 (m)

D₀: 암거의 전높이 (m) D₀ = T₁ + T₂ + D

B₀: 암거의 전폭 (m) 1련인 경우 B₀ = 2T₃ + B, 2련인 경우 B₀ = 2T₃ + T₄ + 2B

D: 암거의 내측높이 (m) a: 1련인 경우 a=0, 2련인 경우 a=1

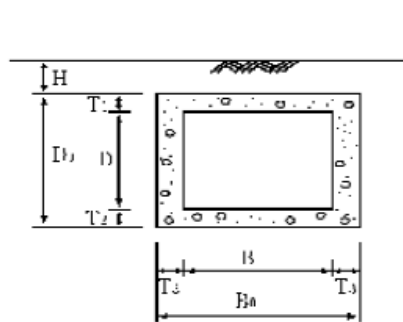
B: 암거의 내측폭 (m)

T₁, T₂, T₃, T₄: 암거단면 부재두께 (m)

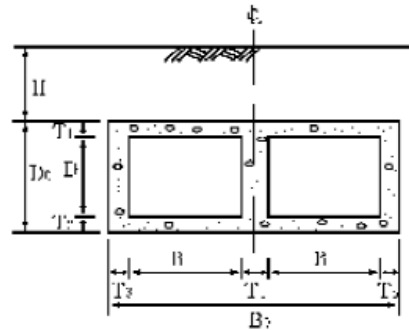
F_s: 안전율은 1.2로 한다. r_c: 암거의 단위중량 (kN/m³)

r_s: 퇴메움흙의 포화단위중량 (kN/m³)

식 (4.4-8(b))는 지표면까지 지하수로 포화된 경우이다. 현지의 지하수위를 확인하고 지표면까지 지하수위의 출현가능성이 없는 경우에는 별도로 그 조건을 전제로 하여 검토해야 한다.



〈그림 4.4-5(a)〉 1선의 경우



〈그림 4.4-5(b)〉 2선의 경우

(7) 부재두께의 검토

- ① 부재두께는 원칙적으로 각각의 하중조건에 따라 구조계산을 하여 결정한다. 암거의 최소부재두께는 20cm로 한다. 또한 기성제품암거에서의 관체의 상세설계는 4.11 관수로 항에 따른다.

(8) 이음매

① 시공이음매

가. 암거의 단면현상 및 콘크리트의 타설방법 등에 따라 시공상 필요한 종방향 시공이음매의 위치, 구조는 이를 도면에 명시하고 시공자가 임의로 그 위치를 변경하는 것은 원칙적으로 피해야 하며 구조물의 시공은 신·수축이음 구간단위로 계획하여 불필요한 시공이음이 발생치 않도록 해야 한다.

② 수축이음매

가. 현장타설 철근콘크리트 암거는 구조상 종방향 안전성, 온도변화 등에 의하여 생기는 수축응력의 완화 및 시공구분의 필요성 등으로 일정간격마다 횡단적으로 연속하여 수축이음매를 설치한다. 그 표준간격은 9.0m 정도이다.

③ 신축이음매

가. 암거본체(관체 또는 함체)는 신축이음매를 설치할 필요는 없으나 특별히 기초지반이 좋지 않을 때는 종방향의 검토를 해야 한다.

나. 오픈완화공은 지표에 노출되어 일조를 받기 때문에 시공후의 신축이 생기므로 오픈완화공과 암거의 구체사이에는 신축이음매를 설치한다.

다. 신축이음의 간격은 통상 2cm로 하는데, 그 구조는 안전함과 동시에 충분한 방수처리가 되어 있어야 하며 박스형 암거용 지수판 재료로는 합성고무, 염화비닐 등 유연하고 신축성이 큰 것을 사용해야 한다.

4.4.4 부대시설

- (1) 잠관은 계획된 유량·유속을 확보시키기 위하여 침사조·물넘이·맨홀등 유지관리에 편리한 시설을 계획하여야 한다.

4.4.4.1 침사조

- (1) 관내 유속으로 운반할 수 없는 크기 입경의 실트가 유하하는 수로에서는 반드시 잠관 상류에 침사조를 설치하며, 집적된 실트나 모래를 배사문으로 배제한다. 낙차가 없는 평야지에서 유수에 의한 배사가 불가능한 곳에서는 비관개기에 제거한다.

4.4.4.2 물넘이

- (1) 잠관이 수원에서 취수한 수로의 바로 하류에 있는 경우나, 다른 곳에서 유입하는 수로에 연결되는 경우에는 예기치 못한 홍수에 대비하여 수로 내의 물을 배제할 수 있도록 잠관 상류에 물넘이를 설치하는 것이 좋다.

4.4.4.3 맨 홀

- (1) 길이가 긴 사이편에는 유지관리상의 목적으로 500m에 한 곳 정도의 맨홀을 설치한다. 맨홀은 작업상 사람이 출입할 수 있는 크기가 필요하며 일반적으로 600 ~ 800mm 정도의 크기를 기준으로 한다. 맨홀의 설치 목적은 사람이 출입하는 것을 생각하면 관체의 1/3부에 설치하는 것이 바람직하나, 점검을 위한 여건도 생각하여 배니(排泥)시설의 배치도 고려하여 결정한다.

4.4.5 수로교

4.4.5.1 일반사항

- (1) 수로교 또는 잠관을 설치하는데 이때에 고저차가 크거나 그 하천의 하상이 불안정한 경우 또는 수리계획상 잠관으로는 손실수두가 지나치게 클 때에는 수로교가 유리할 때가 많다.
- (2) 더욱이 수로교 계획에 있어서는 그 위치와 선형, 통수단면 결정, 형식과 경간 등에 대하여 경제성, 안전성 및 시공의 가능성, 마을의 경관 훼손 등을 충분히 검토해야 한다.

① 위치와 선형

가. 수로교의 위치와 선형은 수로 전체를 검토하여 결정하는 것으로 그 개략적인 것은 대개 수로조직의 설계 단계에서 검토한다.

(가) 기초가 얇고 견고할 것

(나) 교체 하부의 공간높이(clearance)를 충분히 취할 것

(다) 하도가 좁고 직선이며 안정되면서 기초가 안정될 것

② 통수단면 결정

가. 플룸형 수로교의 통수단면은 전·후 수로와의 접속, 수로바닥높이, 경제적인 주보로서의 유리성 등을 고려하여 결정한다.

나. 또 높이와 폭의 관계는 1:1.2 ~ 1.5 정도가 많다. 플룸형 수로교 및 개수로의 일부를 구성하는 파이프 형식의 수로교에서는 매닝 공식에 의해 단면을 계산하나 관내를 만류로 계획할 때의 통수단면 결정은 관수로에 준하여야 한다.

4.4.5.2 수로교의 분류

(1) 수로교는 상부의 통수부분과 하부의 기초와 구체로 되어 있다. 일반적으로 상부 통수부분의 구조 형식에 따라 플럼 형식과 파이프 형식으로 분류된다.

① 플럼 형식의 수로교

가. 철근콘크리트 수로교

- (가) 수로교에서 일반적으로 많이 채용되는 것으로 그 구조형식은 단순보 형식, 연속보형식, 라멘 형식, 아치 형식 등이 있다. 철근콘크리트 수로교에서 특히 주의하여야 할 것은 기초지반의 침하에 따른 균열발생이며 이를 방지하기 위해서는 견고한 기초위에 설치하여야 한다. 더욱이 일반적인 구조로는 통수부를 구성하는 플럼 측벽을 주보로 겸하는 것이 많다.
- (나) 또한 경간이 긴 것은 측벽의 정상부에 플랜지를 붙여 콘크리트 유효단면을 크게 함과 동시에 플랜지부를 관리용 보도로 한 구조의 것이 많다.
- (다) 주보의 구조계산은 각 구조형식에 따라 자중, 물, 보도상의 하중 등을 고려하여 보, 라멘 또는 아치 구조로 계산한다.
- (라) 측벽은 일반적으로 외팔보로서 그 상단까지 만수된 정수압으로 하고 필요에 따라서는 지진시의 동수압에 대하여도 고려하여 계산한다.
- (마) 저판은 양측의 주보에 따라 지지되는 슬래브로서 측벽에서 전달되는 모멘트를 고려하여 계산한다. 양측의 주보 간을 횡보로 연결하고 저판은 주보와 횡보로 지지하는 이방향판으로 하는 것도 있다.
- (바) 또한 횡보의 간격에 비하여 적을 때는 횡보를 지점으로 하는 연속보로 다루는 경우도 있다.

나. PC 콘크리트 수로교

- (가) 이 형식의 수로교는 설계하중에 의하여 발생하는 인장력에 대해 측벽부에서는 일반적으로 PC 강선을, 저판에서는 PC 강봉을 긴장시켜 미리 인장부재에 압축력을 가하여 제작한 부재로 인장력에 대응시키고 있다.
- (나) PC 콘크리트교는 철근콘크리트 구조보다 긴(25 ~ 60m 정도) 경간에 쓸 수 있어 경제적으로 유리한 때가 많다. 구조단면은 철근콘크리트교와 같이 통수부의 측벽을 주보로 한 것이 많으나 대규모 수로교에서는 양측의 측벽뿐 아니라 중간에 PC 보를 넣어 그 플랜지 부분을 양측의 PC 보와 함께 횡방향에 프리스트레스를 걸어 일체화 시키고 그 강도와 강성을 높인 것도 있다.

다. 플레이트 거더(Plate girder) 수로교

- (가) 이 형식은 측벽 및 저판을 강판으로 이어 맞추어(용접) 만든 것으로 철근콘크리트와 PC 콘크리트 구조에 비하여 자중이 가벼워 경간을 길게 할 수 있다. 그러나 강판의 부식에 대한 표면도장의 문제가 있어 보다 안전하고 경제적인 부식방지를 계획함과 동시에 유지관리상의 문제도 함께 검토하여 구조형식을 결정해야 한다.

② 파이프 형식의 수로교

가. 파이프 빔(Pipe beam) 수로교

(가) 강관은 그 자체로 커다란 강도와 강인성을 가지고 있다. 이 형식의 수로교는 파이프를 보로 하여 자중, 물, 바람, 눈 그 밖에 지진시의 하중 등에 대응하는 것으로 수로교에 널리 채용되고 있으며 설계시 허용처짐량은 지간의 1/350 이하로 한다. 파이프빔 수로교 형식은 다음과 같이 4가지로 대별된다.

㉞ 단순지지 형식

· 단순보식의 관수로교로서 가장 간단하여 양단을 지점이 되는 링 베어링으로 한 단 순보로 된 것이 많다.

㉟ 일단고정, 일단자유지지 형식

· 이 형식은 한쪽을 고정하고 다른 한쪽 끝에 신축이음매를 설치한 것으로 처짐량이 작고 관두께, 재질의 조합에 따라 단순지지의 경우보다 긴 경간을 가설할 수 있다.

㊱ 양단고정 형식

· 이 형식은 일반적으로 짧은 경간의 경우에 사용되나 온도에 대한 신축이 제약되어 온도변화를 고려하지 않아도 될 경우에 채용된다.

㊲ 연속지지 형식

· 중간에 교각이 있는 연속보로서 교각수와 경간은 주로 지형조건 등에 따라 결정된다.

· 관두께의 조합에 의해 경제적으로 긴 지간의 가설도 가능하다. 양단교대에는 신축이음매를 설치하고 중간교각에는 링 서포트를 설치하거나 온도변화에 의한 신축이 클 경우에 신축이음매를 설치하는 경우도 있다.

나. 보강 관수로교

(가) 이 형식의 관수로교는 지형상 또는 경제적 견지에서 지간이 길게 되며 파이프 빔 형식에서는 강도 또는 강성이 부족한 경우 파이프빔을 보강한 것으로 보강 관수로교의 종류에는 다음과 같은 것이 있다.

㉞ 플랜지 보강 수로교

· 관의 상부 또는 하부에 T.Y. π 형 등의 보강재를 용접한 것으로 순 연직보강 형식이다.

㉟ 트러스 보강 수로교

· 관을 트러스의 상현재 또는 하현재로 이용하는 것으로서 일반적으로 삼각트러스가 중량 면에서 경제적이며 또 수평보강의 측면에서도 유리하여 많이 사용된다.

㊱ 고정아치 보강 수로교

· 강관을 아치로 이용한 것으로 양단지지가 된다. 이 경우는 사이펀 작용으로 물이 흐르기 때문에 강관 정부에 강제배기장치를 반드시 설치해야 한다.

㊲ 랑카 보강 수로교

· 지간 및 관경이 클 때는 강관을 랑카교의 보강보로 이용한 것으로 미관도 좋아 일반적으로 많이 사용된다.

㊳ 현수교 보강 수로교

· 지간이 경간에 비하여 극히 크고 강관이 요성인 것을 이용한 구조이며 이 형식은

흔들림을 멈추게 할 것을 충분히 고려하여 설계하여야 한다.

㉮ 사장 보강 수로교

- 일반적으로 다지간인 경우 경제적이지만 풍하중에 약하기 때문에 이점을 충분히 검토해야 한다.
- 파이프빔 수로교 및 보강 관수로교의 구조설계에 있어 일반적으로 고려해야 할 설계조건에는 자중, 물, 외압(지진하중, 풍하중, 설하중, 온도변화, 군집하중 등), 허용응력(축방향인장응력, 축방향압축응력, 변곡응력, 전단응력, 지압응력), 부식, 처짐, 캠버 등이 있으며 필요에 따라 검토해야 한다.
- 보강 관수로는 강성이 크기 때문에 파이프빔 형식보다 적용지간이 크지만 보강재 때문에 풍압면적이 늘고 횡하중에 대하여 상당한 내력을 필요로 하는 경우가 많다.
- 어느 형식을 채택할지는 그 지점의 지형, 상하류의 수로형식, 전체공사비, 유지관리비, 내구성, 시공성 등을 비교 검토하여 결정한다.

4.4.6 수리계산

- (1) 수로교는 수리설계는 경제성을 특히 배려하여야 한다. 그러므로 수로단면의 결정에 있어서는 수리상 가장 유리한 단면을 기본으로 하여 검토한다. 수리계산은 원칙적으로 매닝(Manning) 공식을 적용한다.
- (2) 일반적으로 유속은 수로교 전·후의 유속보다 빠르게 하고, 긴 수로교에서는 20 ~ 50% 증가시키고 짧은 수로교에서는 비율을 작게 하여 손실수두를 작게 하는 것이 경제적이다.
- (3) 대개 수로교의 여유고는 그 위치 또는 수로의 규모에 따라 결정되나 연결되는 전·후의 수로 여유고의 1.5배 정도 크게 하는 것이 바람직하다.
- (4) 다만 상류 수로의 구조가 잉여수를 방수하는 등으로 수로교에서 월류의 위험이 없을 때는 접속하는 수로와 같은 정도로 할 수 있다.

4.4.7 구조설계

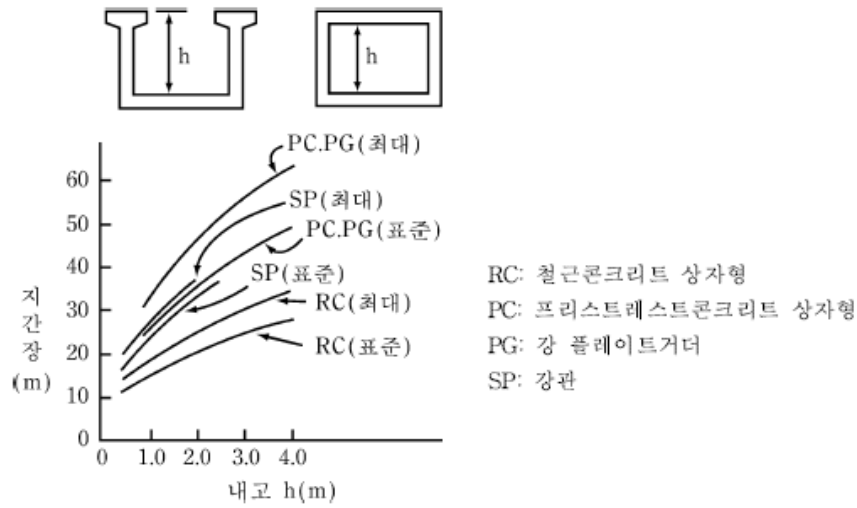
- (1) 수로교는 설계에 있어서는 자중, 수압, 외압 등 필요한 하중을 결정하고 수리설계에서 결정된 수로단면을 설치장소의 입지조건, 시공조건을 고려하여 상부 및 하부구조 등 안전하고 경제적으로 설계하여야 한다.

① 경간장

가. 수로교의 길이가 길게 되는 경우에는 교각을 설치하지만, 수로교가 지정하천을 횡단하는 경우는 홍수유하에 현저히 지장을 초래하는 경우가 있는 것으로 「하천설계기준」에 따라서 결정한다. 또한, 지정하천 이외의 배수로에 관해서는, 가장 경제적이 되도록 경간장을 결정한다.

나. 각각의 형식에 있어서는 수로교 슬래브 내면고에 대한 지간장의 관계는 그림 4.5.6에 나타나 있다.

용배수로 시설 설계

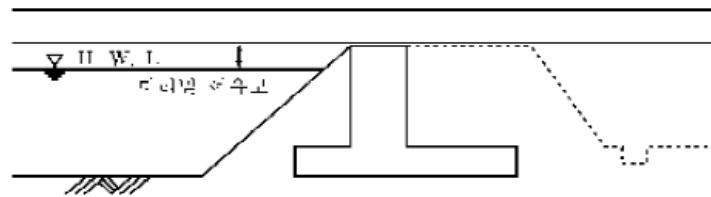


〈그림 4.4-6〉 수로교의 슬래브 내면고와 지간장의 관계

② 여유고

가. 여유고, 즉 홍수위상의 다리밑 공간은 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위해서 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전 값으로 주어지는 여분의 높이로 수로교 상부구조는 하천홍수위+여유고 이상에 있어야 한다.

나. 수로교가 법정하천을 횡단할 경우의 여유고는 계획홍수량에 따라 도로의 구조 시설기준에 관한 규칙에서 규정한 표 4.5.1 값을 적용함을 원칙으로 하나 현지 여건을 고려하여 결정한다.



〈그림 4.4-7〉 여유고 (하천의 경우)

〈표 4.4-4〉 계획홍수량과 여유고 (h)

계획홍수량 (m^3/s)	여유고 (m)	계획홍수량 (m^3/s)	여유고 (m)
200 이하	0.6 이상	2,000~5,000	1.2 이상
200~500	0.8 이상	5,000~10,000	1.5 이상
500~2,000	1.0 이상	10,000 이상	2.0 이상

주) 수로교가 계획홍수량 $50\text{m}^3/\text{s}$ 미만의 소하천이나 배수로를 횡단하는 경우에는 여유고를 0.3m 이상으로 한다.

③ 교대 및 교각의 위치와 근입심

가. 교대의 위치

(가) 교대는 설치지점의 지형, 지질상황 및 교량전체의 배치를 고려하고 관리상 지장이 없는 위치에 선정한다. 교대를 하천제방에 설치시는 하천폭이 50m 미만의 경우 교대의 전면이 제방법선보다 앞으로 나가지 않도록 한다. 단지 산간의 좁은 부분, 기타 하천 및 지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정될 때는 그렇지 아니하다.

(나) 또한 배수로에 설치하는 교대에 관해서는 계획최대유량을 만족하는 단면을 확보할 수만 있으면 경제성을 고려하여 제방법선보다 전면에 계획하는 것도 좋다. 하천폭 50m 이상의 경우는 고수법선 이내이어야 한다.

나. 교각의 위치

(가) 교각의 위치는 경간장에 의해서 정해지는 것이지만, 하천을 횡단하는 경우는, 홍수유하에 현저히 지장을 미치게 하지 않는 위치를 선정한다.

(나) 복단면을 갖는 하천에 교각을 설치하는 경우, 교각의 위치는 원칙적으로, 하안 또는 제방의 법선 및 저수하안(低水河岸)의 법선으로부터 각각 10m(계획최대유량 500m³/s미만의 하천에 있어서는 5m) 이상 거리를 둔다.

(다) 하천 또는 배수로에서, 할 수 없이 하안 또는 제방의 법선, 또는 저수호안(低水護岸)의 법선에 설치하지 않을 수 없는 경우는 필히 호안을 보다 견고한 것으로 함과 동시에, 호안공 또는 고수부지 보호공을 마련한다.

다. 교각의 근입깊이

(가) 교각의 근입깊이는 계획 하상고를 고려하고, 하상변동과 홍수시의 국부적인 세굴 등에 충분히 안전하도록 하여야 한다.

(나) 일반적으로 하천의 계획 하상고(계획 하상고가 없을 경우는 현상태의 최심 하상)보다 2m 이상 근입이 필요하다.

(다) 교각이 고수부지 내에 설치되는 저수로의 하안 법선으로부터 제방측으로 20m 이상일 때 고수부지 하상고로부터 1m 이상 근입하여 설치하여야 한다.

라. 교각의 형상

(가) 하천에서의 교각의 평면형상은, 유수에 대한 저항이 적고, 또 하천 단면적을 저해하는 것이 적도록 가늘고 긴 타원형 또는 이것과 닮은 형상의 것으로 한다.

(나) 타원형 외에 직사각형, 원형 등을 들 수 있지만, 다음 사항을 고려하여 선정한다.

㉞ 직사각형 단면은 하천 이외의 차도, 철도를 횡단하는 경우에는 좋다.

㉞ 유수의 방향이 일정하지 않은 하천이나 합류부 등에 원형단면이 좋다.

㉞ 하천에서 유수방향이 일정한 경우는 좁은 단면의 것이 좋다. 원형단면보다 나비를 작게 할 수가 있고 하천의 유수 저해가 작아 유리하다.

㉞ 하천단면적 저해율(교각의 총폭이 강폭에 차지하는 비율)의 목표치는 일반적으로 3 ~ 5%이다.

④ 이음설계

가. 시공이음이나 신·수축이음은 수로교의 특성상 일반적으로 1경간인 철근콘크리트교 5 ~ 12m, PC 콘크리트교 25 ~ 30m의 간격을 원칙으로 하며 누수가 생기지 않도록 수밀성이 있는 재료로 한다.

(가) 시공이음

㉞ 단면형상 및 콘크리트의 타설 방법 등에 따라 시공상 필요한 종방향 시공이음의 위치·구조는 이를 도면에 명시하고 압축력의 방향에 직각으로 하는 것이 원칙이다.

㉟ 특히 수로교는 미관을 고려 시공해야 하므로 이음의 처리를 다음과 같이 하여야 한다.

· 수평면의 레이탄스와 시멘트풀을 제거한다.

· 연직면의 구콘크리트 치핑(chipping), 신콘크리트 와이어 브러싱 처리후 콘크리트를 타설한다.

· 콘크리트+철근+철골이 일체가 되게 신·구콘크리트를 관통하게 한다.

(나) 신축이음

㉞ 플럼 형식

· 신축이음매는 고정측, 가동측의 구별에 관계없이 마련하는 것으로 하여 교체(橋體) 및 교체와 완화구간과의 사이에 설치되고, 수밀이 보장되는 것이 아니면 안 된다. 사용재료로 엘라스틱 필러(elastic filler) 등을 쓴다.

㉟ 관 형식

· 관 형식의 신축이음장치는 기온 및 관내수온의 변화에 대응하고, 보로서의 각변형을 흡수시키는 것을 목적으로 한다. 따라서 경간의 나눔 및 교체구조의 형식에 따라 신축길이, 이음 위치에서의 각변형(변위각) 및 부등침하 등을 검토하여 결정한다. 신축이음에 사용하는 형식으로는 드레서(dresser)형, 클로저형 및 벨로즈(bellows; 주름통)형 등이 있다 (그림 4.5.10 참조). 수밀고무는 합성고무가 바람직하다.

· 파이프 빔(pipe beam)을 떼어내는 경우가 있으며, 드레서형과 클로저형은 탈착이 가능하다.

⑤ 받침장치

가. 수로교의 상부구조와 하부구조의 접점에 위치하면서 상부구조로부터 전달되는 연직하중을 하부구조로 전달하는 장치로 고정단, 가동단이 있으며, 지진, 바람, 온도변화 등에 안전하게 적응토록 하는 장치이다.

(가) 받침장치의 형식

받침장치에는 일반적으로 상부구조에 따라 플럼 형식과 관 형식 있다.

㉞ 플럼 형식

받침장치의 종류에는 고무 받침장치, 미끄럼 받침장치 등 여러 종류가 있으나 설계자가 경제성, 내구성, 사용성 및 안전성 등을 감안하여 설계한다.

㉟ 관 형식

관 형식의 받침장치에는 새들 지지(saddle support) 형식과 링 지지(ring support) 형식이 있고 각각 다음과 같은 특징이 있다.

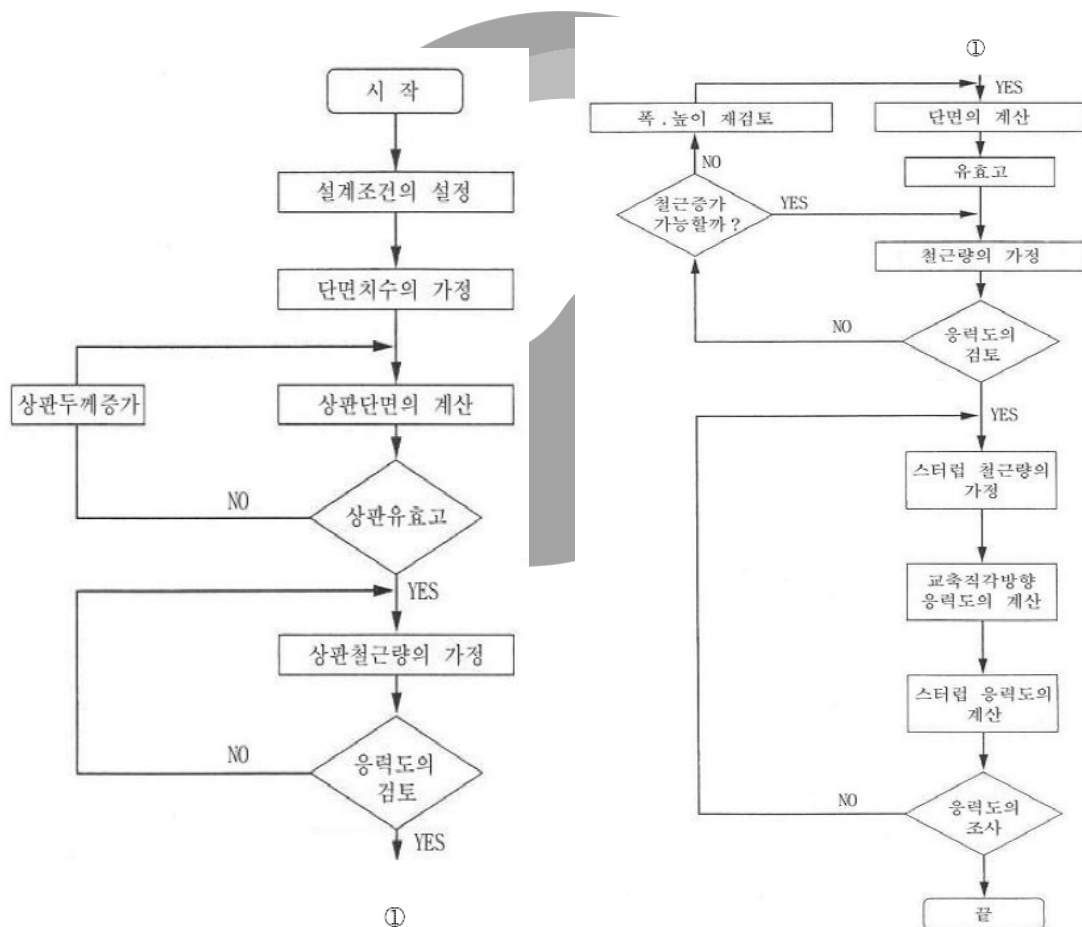
- 강관을 강재(鋼製)의 새들 위에 놓아 지지하는 것으로 구조가 간단하다.
- 새들과 강관과의 접촉부분에 큰 모멘트가 생기기 때문에 지간장에 제약이 따르며, 소구경 $\phi 150 \sim 450\text{mm}$, 지간 16m 이하에 잘 쓰인다.

(나) 링지지

- 강관에 용접된 보강 링(ring)에 의해 지지하는 것으로, 새들 지지 에 비교하여 관체의 응력해석을 엄밀히 할 수 있다.
- 관(pipe) 형식의 수로교에서 구경 $\phi 500\text{mm}$ 이상, 지간 17m 이상에 잘 쓰인다.

4.4.8 철근콘크리트 수로교 설계

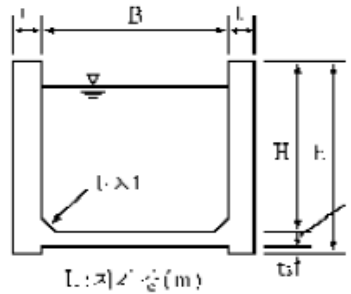
(1) 철근콘크리트 수로교는 설계순서 흐름도를 참고한다.



<그림 4.4-8> 흐름도

(2) 단면치수의 가정

- ① 철근콘크리트 수로의 표준단면은 그림 4.5.15와 같다고 가정한다.



〈그림 4.4-9〉 표준단면도

(3) 하중의 계산

① 상판에 작용하는 하중 (단위폭당)

$$\text{자중 } W_c = t \cdot r_c$$

$$\text{내부물하중 } W_{w1} = H \cdot r_w$$

$$\text{계 } W_1 = W_c + W_{w1} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

여기서, r_c : 철근콘크리트의 단위부피중량 (kN/m³)

r_w : 물의 단위부피중량 (kN/m³)

단, 개거 안쪽 물의 중량과 설하중을 비교하여, 큰 쪽의 값을 사용한다.

② 주형(主桁)에 작용하는 하중 (1본당)

$$\text{자중 } W_d = t_1 \cdot h \cdot r_c + \frac{1}{2} B \cdot W_c + \frac{1}{2} t_4^2 \cdot r_c \text{ (kN/m)}$$

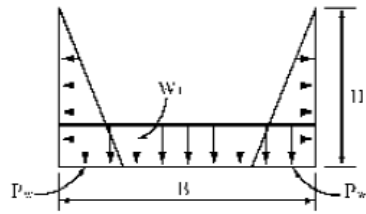
$$\text{물하중 } W_{w2} = \frac{1}{2} \cdot (B \cdot H - t_4^2) \cdot r_w \text{ (kN/m)}$$

$$\text{계 } W_2 = W_d + W_{w2} \text{ (kN/m)}$$

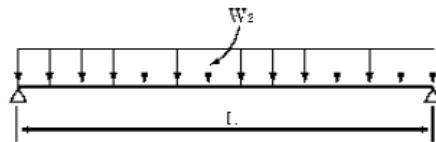
$$\text{수압강도 } P_w = H \cdot r_w \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

③ 하중상태

가. 횡단방향과 종단방향의 하중상태는 그림 4.4-10과 같다.



횡단방향



종단방향

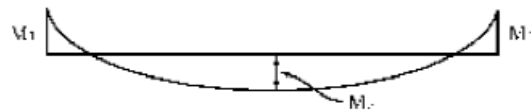
<그림 4.4-10> 하중상태도

④ 응력해석

가. 상판에 작용하는 휨모멘트 및 전단력

(가) 휨모멘트

상판에 작용하는 휨모멘트는 다음 두 가지 경우에 관해서 계산을 하여 그 중 큰 값을 채용한다.



<그림 4.4-11> 상판의 휨모멘트도

㉞ 측벽을 포함시킨 일체구조라고 생각한 경우

$$M_1 = \frac{1}{6} P_w \cdot H^2 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

$$M_2 = M_1 - \frac{1}{8} W_1 \cdot B^2 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

㉟ 상판을 양다리에 고정되었다고 생각한 경우

$$M_1 = \frac{1}{12} W_1 \cdot B^2 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

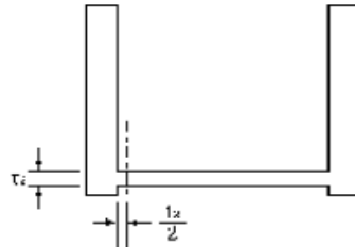
$$M_2 = -\frac{1}{24} W_1 \cdot B^2 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

상기 두 가지 경우의 M_1 , M_2 중 최대치를 채용한다.

용배수로 시설 설계

(나) 전단력

전단력의 검토는 그림 4.4-12에서 보는바와 같이 상판단부보다 $\frac{t_2}{2}$ 떨어진 단면에 있어서 한다.



<그림 4.4-12> 전단력을 검토하는 위치

$$S = \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot B - \frac{1}{2} \cdot W_1 \cdot t_2 = \frac{1}{2} W_1 (B - t_2)$$

(다) 축방향력

상판에는 수압강도에 의해 축방향에 인장력 N이 생긴다.

$$N = -\frac{1}{2} P_w \cdot H \text{ (kN/m)}$$

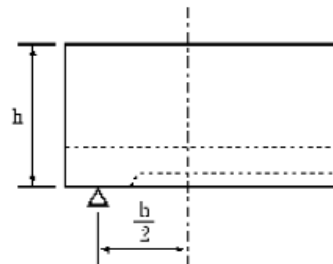
나. 주형에 작용하는 휨모멘트 및 전단력
주형을 단순보로 보고 전단력을 계산한다.

(가) 휨모멘트

$$M = \frac{1}{8} \cdot W_2 \cdot L^2 \text{ (kN/m)}$$

(나) 전단력

전단력은 그림 4.4-13에서 보는바와 같이 주형의 전단력은 지점보다 h/2 위치에서 검토한다.



<그림 4.4-13> 전단력을 검토하는 위치

⑤ 응력의 검토

응력의 검토는 공통편 구조기준을 참조한다.

4.5 낙차공 및 급류공

4.5.1 일반사항

- (1) 수로의 잉여 낙차가 있을 경우에는 낙차공 및 급류공을 설치하여 수로의 안전성을 도모하여야 하고, 설계에서는 수리·입지조건 등을 충분히 고려하여 수로조직 전체의 기능과 경제성이 확보되도록 해야 한다.
- (2) 수로조직 설계에 있어서 적정한 경사배분·노선선정을 하여도 잉여 낙차가 생길 경우, 이 낙차를 조절하여 수로의 안전성을 확보하고, 수로조직 전체의 기능을 발휘시키기 위하여 수로 중에 낙차공 또는 급류공을 설치한다.
- (3) 낙차공은 일반적으로 입구접속수로·낙차부·정수지·출구접속수로 등으로 구성되며 급류공은 낙차부 대신에 높은 곳에서 낮은 곳에 이르는 사면의 사류부가 있다.
- (4) 낙차공과 급류공의 형선정은 주로 구조물의 설치위치의 조건·기능·경제성의 비교를 통해서 선정해야 한다.
- (5) 낙차공과 급류공은 높은 수두의 물을 처리하는 구조물이며 일반적으로 충격을 받아 진동을 동반한다. 따라서 이에 견딜 수 있는 견고한 자연지반이나 충분히 경화 된 기초위에 설치해야 한다.
- (6) 수로 노선상의 구조물로서 흐름을 규제하는 낙차공과 급류공 등의 구조물은 기본적인 설계대상 유량 이외의 유량에 대하여서도 유효를 검토한다. 검토대상 유량은 적어도 계획유량의 0.5 ~ 1.2배의 범위를 취하는 것이 바람직하다.

4.5.2 설계순서와 요령

- (1) 낙차공 및 급류공은 입구접속수로·낙차부(급류공에서는 급류부)·정수지·출구접속수로의 순으로 설치하며, 각 부분은 수리 및 구조상으로 안전하고 경제적이어야 한다.

4.5.2.1 수리계산

- (1) 유량이 $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 이하에서는 최대 수면차를 보통 0.90m 정도로 하고 유량이 $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상이고 구조물 하류가 라이닝 수로가 아닌 경우에는 0.45m 정도로 한다. 최대 낙차가 1.85m 이상인 경우에는 낙차공 입구에 제수문을 설치하여 상류부의 침식을 방지하고 수면을 조절하는 것이 보통이다.

① 입구 접속수로

가. 상류의 흐름이 상류(常流)인 때 낙차공의 낙구에서 흐름이 한계수심이 되기 때문에 수면은 상류 수로보다 저하되고 통수단면도 축소되어 유속이 증가된다. 따라서 양측 비탈면과 수로바닥이 세굴 또는 침식되므로 이를 보호하기 위한 보호공이 필요하다.

그 소요길이 L_1 은 식 (4.5-1), 식 (4.5-2)로 계산한다.

$$q = 0 \sim 2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ 일 때, } L_1 = 1.2 + 3/2 \cdot Q^{1/2} \quad (4.5-1)$$

$$q > 2m^3/s \text{ 일 때, } L_1 = 2.1 + 3/2 \cdot Q^{1/2} \quad (4.5-2)$$

$$\text{또는, } L_1 = 4H \quad (4.5-3)$$

여기서, Q: 전 유량 (m³/s)

q: 단위폭당 유량 (m³/s/m)

L1: 유입구구 접속수로 길이 (m)

H: 상·하류수면차 (m)

qm³ > 2/s 의 경우, 식 (4.7.2) 및 식 (4.7.3) 중에서 큰 길이를 채택한다.

입구 접속수로의 L1구간 손실수두는 근사적으로 0.1△hv로 보아도 좋다. △hv는 접속부에서 상류수로와 낙구와의 유속수두의 차이이다.

② 낙구(落口)

가. 낙구에서 한계수심이 일어난다고 보고 낙구에서의 비에너지는 상류 등류부에서의 비에너지보다 손실수두 0.1hv만큼 저하한다.

나. 낙차공 상류유속이 필요 이상으로 증가하는 것을 방지하기 위하여 상류 등류수로의 비에너지와 낙구의 비에너지가 균형이 잡히도록 하는 방법은 ① 낙구의 폭을 좁힌다 (협폭낙구), ② 낙구의 턱을 높인다 (막아올림 낙구), ③ 낙구의 턱을 높이는 동시에 폭을 좁힌다 (협폭막아올림 낙구), ④ 노치(notch) 로 하는 것 등이 있다.

(가) 협폭 낙구

㉞ 완전율류의 경우

· 폭은 상류 등류수로 비에너지(수심+유속수두, 즉 $H_e = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$)와 같은비에너지가 되도록 정한다. 낙구 위에서 한계수심이 생기며 지배단면(상류(常流)에서 사류로 변하는 단면)이 생긴다.

· 직사각형일 때,

$$H_c = \left(\frac{\alpha Q^2}{gb^2} \right)^{1/3} = \left(\frac{\alpha q^2}{g} \right)^{1/3} \quad (4.5-4)$$

$$q = \alpha^{-1/2} g^{1/2} H_c^{3/2} = 2.98 H_c^{3/2} \quad (4.5-5)$$

$$b = \frac{Q}{q} = \frac{Q}{2.98 H_c^{3/2}} \quad (4.5-6)$$

· 일반적으로 한계수심 H c는 비에너지의 2/3로, 즉 $H_c = \frac{2}{3} H_e$ 이므로 낙구의 폭 b는

$$b = \frac{Q}{2.98 H_c^{3/2}} = \frac{Q}{2.98 \left(\frac{2}{3} H_e \right)^{3/2}} = \frac{Q}{1.62 \left(h_1 + \frac{V^2}{2g} \right)^{3/2}} \quad (4.5-7)$$

여기서, H c : 한계수심 (m) Q: 전 유량 (m³/s)

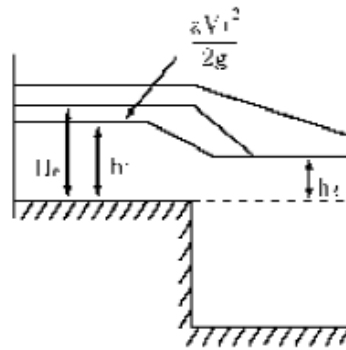
H e : 상류 등류수심의 비에너지 (m) α : 에너지 보정계수 (1.1)

q: 단위폭당 유량 (m³/s) b: 낙구의 폭 (m)

㉔ 잠류의 경우

· 하류의 수면이 낙구의 비에너지의 2/3 이상 높아지는 경우이고, 즉 하류수심

$h_2 > \frac{2}{3} H_e$ 일 때를 말하며 낙구를 직사각형단면으로 하면



<그림 4.5-1> 잠류인 경우의 낙구

$$Q = mb h_2 2g (H_e - h_2)^{1/2} \quad (4.5-8)$$

여기서, m: 계수 (0.7 ~ 0.9)

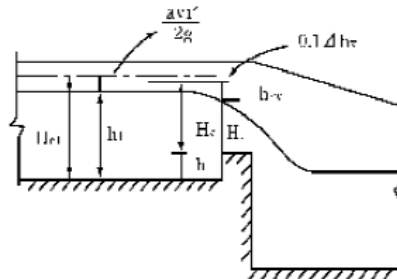
H_e : 상류 등류수로의 비에너지 (m)

h_2 : 하류 수심 (m)

(나) 막아올림 낙구

㉕ 낙구를 직사각형 단면으로 할 때 낙구폭은 협폭낙구 보다는 넓게 취하며, 보통 수로저폭 또는 평균폭을 표준으로 한다.

㉖ 낙구의 막아올림 높이는 상류 수로의 비에너지에 맞도록 높인다.



<그림 4.5-2> 막아올림 낙구

용배수로 시설 설계

$$q = \frac{Q}{b}, \quad b = \frac{A}{h_1}$$

$$H_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}, \quad H_e = 1.5H_c$$

$$h = H_{e1} - H_e - 0.1\Delta h_v \quad (4.5-9)$$

여기서, h: 막아올림 높이 (m)

A: 상류 등류수로의 통수단면적 (m²)

He1: 상류 등류수로의 비에너지 (m)

He: 낙구의 비에너지 (m)

b: 낙구의 폭 (m)

Δhv: 상하류 유속수두의 차 (m)

(다) 협폭 막아올림 낙구

㉔ 폭을 좁게 하는 것은 위의 협폭낙구와 같게 하고 막아올림도 막아올림 낙구의 중간으로 하고 계산은 막아올림 낙구와 같이 한다.

(라) 노치(notch) 낙구

㉔ 막아올림 없이 밑폭을 좁게 한 사다리꼴 단면형으로 수로의 수심과 낙구의 수위가 유량 증감에 관계없이 만족시킬 수 있게 설계하는 것으로서 노치부와 상류 수로의 비에너지는 같게 한다.

③ 한계류

가. 낙구 또는 급류공 입구를 한계점으로 보고 수리계산에 사용되는 기호는,

A: 통수단면적 (m²) hv: 유속수두 (m)

Ac: 한계단면에 대한 통수단면적 (m²)

hc: 한계단면에서의 유속수두 (m)

a: $\frac{H_c}{E}$, 즉 한계수심에 대한 총 에너지의 비

K: $(Q^2/g)^{1/3}$ M: 한계수심 계산의 약호

B: 수로의 저폭 (m) N: 한계수심 계산의 약호

Bc: 한계단면의 저폭 (m) n: 조도계수

H: 수로의 수심 (m) Q: 유량 (m³/s)

Hc: 유량 Q m³/s에 대한 한계수심 (m)

S: 옆비탈면 기울기

E: 비에너지, H + hv, Hc + hc T: 수면폭 (m)

g: 중력가속도 (9.8m/s²) Tc: 한계단면의 수면폭 (m)

(가) 한계단면의 계산식

통수단면적 A :

$$\text{사다리꼴단면} \quad A = \frac{1}{2}(T+B)H$$

직사각형 단면에서는 $T=B$ 이므로 $A=BH$

$$\text{삼각형 단면에서는} \quad B=0 \text{로서} \quad A = \frac{T \cdot H}{2}$$

일반적으로 어떤 단면이든 한계수심의 조건은

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T_c}$$

윗식을연립하면,

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(T_c+B_c)^3}{2^3 T_c} H_c$$

한계단면의 유속수두는

$$h_c = \frac{A_c}{2T_c}$$

$$H_c = \frac{(Q^2/g)^{1/3} 2 T_c^{1/3}}{T_c+B_c} = \frac{2KT_c^{1/3}}{T_c+B_c} = \alpha E$$

$$\text{다만, } K = \left(\frac{Q^2}{g}\right)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} h_c &= \frac{V_c^2}{2g} = \frac{Q^2}{2gA_c^2} = \frac{2Q^2}{g(T_c+B_c)^2 H_c^2} \\ &= \frac{2K^3(T_c+B_c)^2}{(T_c+B_c)^2 2^2 K^2 T_c^{2/3}} = \frac{K}{2T_c^{2/3}} = (1-a)E \end{aligned}$$

$$T_c = \frac{1}{2}(1-a)^{3/2} \frac{K^{3/2}}{E^{3/2}}$$

$$H_c \cdot (1-a) = h_c a \quad \text{또는} \quad \frac{2KT_c^{1/3}}{(T_c+B_c)}(1-a) = \frac{K \cdot a}{2T_c^{2/3}}$$

$$a = \left(\frac{4T_c}{T_c+B_c}\right)(1-a)$$

$$B_c = T_c \frac{4(1-a)}{a} - 1 = \frac{1}{2}(1-a)^{3/2} \frac{4(1-a)}{a} - 1 \cdot \frac{K^{3/2}}{E^{3/2}}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{T_c - B_c}{2H_c} = \frac{T_c - T_c \frac{4(1-a)}{a} - 1}{2aE} \\ &= \frac{1}{2}(1-a)^{3/2} \frac{2 - 4(1-a)}{a} \frac{K^{3/2}/E^{5/2}}{2a} \end{aligned}$$

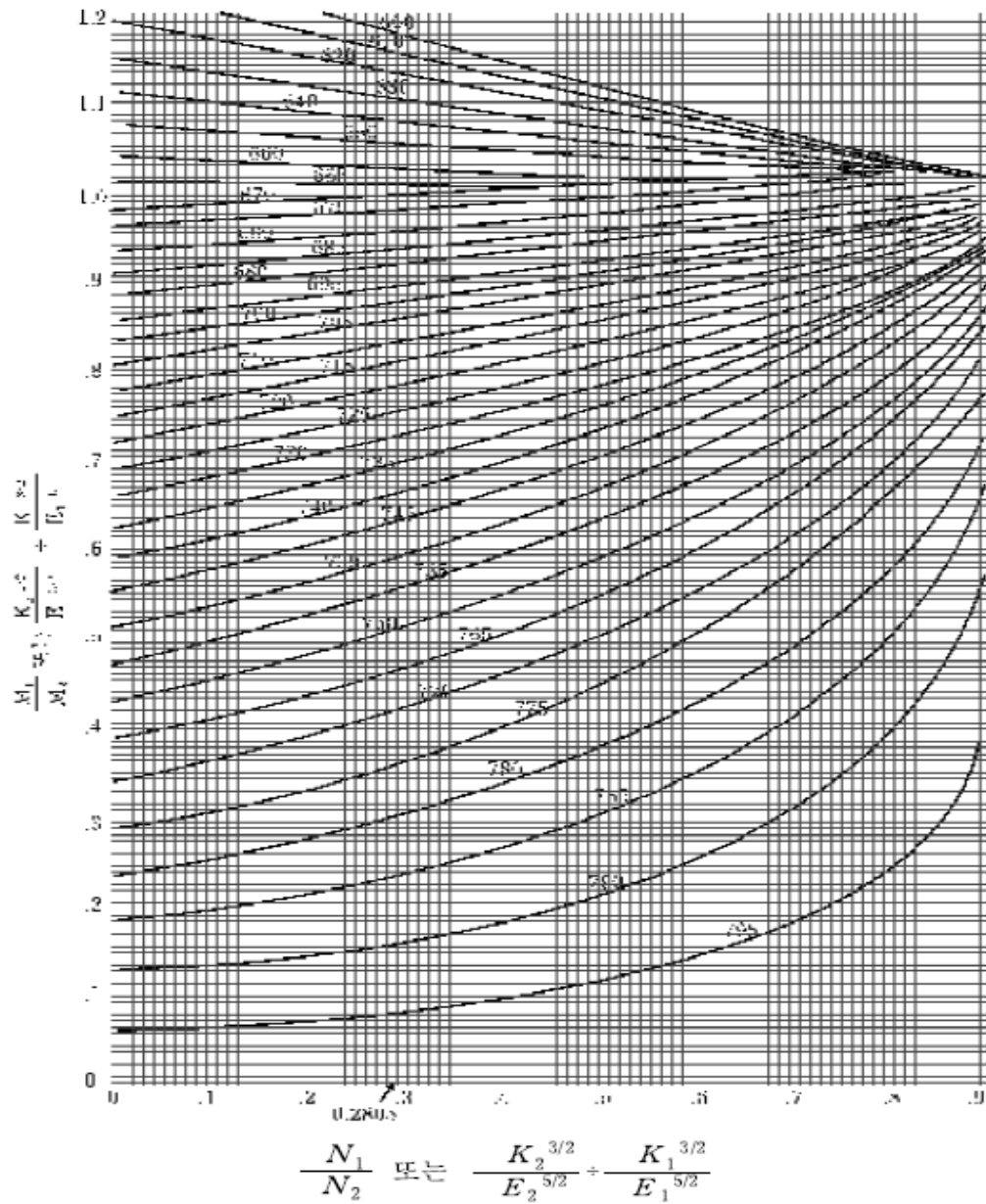
$$\begin{aligned} \text{지금 } M &= \frac{1}{2}(1-a)^{3/2} \frac{4(1-a)}{a} - 1 - \\ N &= \frac{1}{2}(1-a)^{3/2} 2 - \frac{4(1-a)}{a} / 2a \text{라 놓으면,} \\ B_c &= M \left(\frac{K}{E} \right)^{3/2} \\ S &= N \left(\frac{K^{3/2}}{E^{5/2}} \right) \end{aligned}$$

$a=0.1 \sim 0.9$ 에 대한 M, N 의 값은 아래 <표 4.5-1>와 같고, 이에 따라 B_c 및 S 는 위 식에 위에서 구한다. 또한, 아래 <그림 4.5-3>은 $M1, M2, N1, N2$ 값을 유량의 변화에 따라 상류수로의 등류수심을 유지하도록 각 모양의 낙구단면을 결정하는데 사용된다.



〈표 4.5-1〉 M, N의 값

a	M	N	a	M	N	a	M	N	a	M	N
.10	14.50	-70.41	.678	1.739	.143	.719	1.337	.721	.760	.791	1.457
.20	7.41	-17.29	.679	1.730	.156	.720	1.326	.737	.761	.776	1.479
.25	5.99	-10.89	.680	1.722	.169	.721	1.314	.753	.762	.760	1.500
.30	5.03	-7.38	.681	1.713	.182	.722	1.303	.768	.763	.744	1.521
.35	4.34	-5.23	.682	1.704	.195	.723	1.291	.784	.764	.727	1.543
.40	3.80	-3.80	.683	1.695	.208	.724	1.280	.800	.765	.710	1.565
.45	3.37	-2.78	.684	1.687	.222	.725	1.268	.817	.766	.694	1.586
.50	3.00	-2.00	.685	1.678	.235	.726	1.256	.833	.767	.677	1.609
.51	2.93	-1.86	.686	1.669	.248	.727	1.244	.849	.768	.660	1.631
.52	2.86	-1.73	.687	1.660	.261	.728	1.232	.865	.769	.642	1.653
.53	2.80	-1.60	.688	1.651	.275	.729	1.220	.882	.770	.625	1.676
.54	2.73	-1.48	.689	1.642	.288	.730	1.208	.899	.771	.607	1.699
.55	2.66	-1.36	.690	1.633	.301	.731	1.196	.915	.772	.588	1.722
.56	2.60	-1.24	.691	1.623	.315	.732	1.184	.932	.773	.571	1.745
.57	2.53	-1.12	.692	1.614	.329	.733	1.171	.949	.774	.553	1.769
.58	2.46	-1.00	.693	1.604	.342	.734	1.159	.966	.775	.534	1.793
.59	2.40	- .89	.694	1.595	.356	.735	1.146	.983	.776	.516	1.817
.60	2.33	- .78	.695	1.585	.370	.736	1.133	1.001	.777	.497	1.841
.61	2.26	- .66	.696	1.575	.384	.737	1.120	1.018	.778	.478	1.865
.62	2.19	- .55	.697	1.566	.398	.738	1.107	1.036	.779	.459	1.890
.63	2.12	- .44	.698	1.556	.412	.739	1.094	1.053	.780	.439	1.915
.64	2.05	- .32	.699	1.546	.426	.740	1.081	1.071	.781	.420	1.940
.65	1.97	- .20	.700	1.536	.440	.741	1.068	1.089	.782	.400	1.966
.660	1.892	- .0819	.701	1.526	.454	.742	1.055	1.107	.783	.380	1.991
.661	1.883	- .0697	.702	1.517	.468	.743	1.041	1.125	.784	.359	2.017
.662	1.875	- .0575	.703	1.507	.482	.744	1.027	1.144	.785	.339	2.044
.663	1.867	- .0452	.704	1.496	.497	.745	1.014	1.162	.786	.318	2.070
.664	1.859	- .0329	.705	1.487	.511	.746	1.000	1.181	.787	.297	2.097
.665	1.851	- .0206	.706	1.477	.525	.747	.986	1.200	.788	.276	2.124
.666	1.838	0	.707	1.467	.540	.748	.971	1.219	.789	.234	2.151
.667	1.835	.00405	.708	1.458	.555	.749	.957	1.238	.790	.233	2.178
.668	1.826	.0166	.709	1.446	.569	.750	.943	1.257	.791	.210	2.206
.669	1.818	.0290	.710	1.435	.584	.751	.928	1.276	.792	.188	2.234
.670	1.809	.0418	.711	1.424	.598	.752	.914	1.296	.793	.166	2.262
.671	1.800	.0543	.712	1.414	.613	.753	.899	1.316	.794	.143	2.291
.672	1.792	.0669	.713	1.403	.629	.754	.884	1.335	.795	.120	2.320
.673	1.783	.0795	.714	1.392	.644	.755	.869	1.355	.796	.0963	2.349
.674	1.774	.0922	.715	1.381	.659	.756	.854	1.375	.797	.0726	2.379
.675	1.766	.105	.716	1.371	.674	.757	.838	1.396	.798	.0487	2.409
.676	1.757	.118	.717	1.360	.690	.758	.823	1.416	.799	.0245	2.440
.677	1.748	.131	.718	1.348	.705	.759	.807	1.437	.800	0	2.471

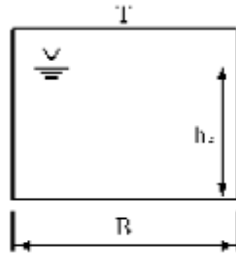


(두 유량에 대한 지배단면의 바닥폭 및 옆 비탈값 a 표)

<그림 4.5-3> M1/M2 과 N1/N2에 대한 a의 그림표

(나) 한계수심 계산

㉞ 구형단면



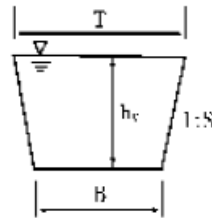
〈그림 4.5-4〉 구형단면 수로

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{gB^2} \right)^{1/3} = 0.467 \left(\frac{Q}{B} \right)^{2/3} \quad (4.5-10)$$

$$h_c = \frac{2}{3} H_e \quad (4.5-11)$$

$$V_c = \sqrt{gh_c} \quad (4.5-12)$$

④ 사다리꼴단면



〈그림 4.5-5〉 사다리꼴 단면수로

$$A = Bh_c + Sh_c^2 \quad (4.5-13)$$

$$T = B + 2Sh_c \quad (4.5-14)$$

$$\frac{Q}{B^{2.5}} = \sqrt{g} \left(\frac{h_c}{B} \right)^{3/2} \left(1 + S \frac{h_c}{B} \right)^{3/2} / \left(1 + 2 \cdot S \frac{h_c}{B} \right)^{1/2} \quad (4.5-15)$$

④ 정수지(Stilling basin)

가. 낙수의 충격은 수량이 적고 높이가 낮을수록 적으므로 흐름을 얇게 분산시키는 노치낙차공은 충격이 적으나, 폭을 좁히면 흐름이 집중되어 충격이 크다. 막아올림방법은 높이가 증가하나 단위 폭당의 수량이 줄아지므로 충격은 상쇄된다. 낙하수를 받는 정수지는, ① 견고한 물받이를 설치하는 것으로, 지반이 견고한 암일 때는 이를 생략할 수도 있으며 보통지반에서 많이 사용한다. ② 배플 블록(baffle block)에 의하여 충격을 완화시키는 것으로 지반이 약하거나 수량이 많은 경우에는 사용한다.

용배수로 시설 설계

(가) 정수지의 길이 (L)

㉞ 정수지의 길이는 낙하수가 중앙에 오도록 한다.

⑤ 출구 접속수로

가. 정수지 바닥과 하류수로 바닥이 접속하는 부분의 기울기는 1:4 ~ 1:10으로 하고 길이는 정수지의 길이와 같게 한다. 단, 연약지반의 경우는 2배로 한다.

⑥ 여유고

가. 유입구 접속수로의 여유고

(가) 수로의 수심을 H라 하면 유입구 접속수로의 끝부분의 여유고는

$$\frac{1}{3}\sqrt{H} > 0.3 (m) \text{를 표준으로 한다. 여기서 H는 수로의 수심이다.}$$

나. 정수지의 여유고

(가) $0.1 + 0.3\sqrt{Q} (m)$ 를 표준으로 한다.

다. 유출구 접속수로의 여유고

(가) 정수지 여유고와 하류 수로의 여유고를 연결한 것으로 한다.

4.5.2.2 구조설계

(1) 낙차공은 입구접속부·낙차부벽·정수지·출구접속수로 등으로 구성된다. 라이닝수로 또는 지반이 양호한 수로에서는 입구·출구의 접속부 또는 하류수로의 보호공을 생략할 수 있다. 또 유량이 적고 규모가 작은 것으로 지질이 양호한 경우에는 낙차부 만으로 할 수도 있다.

① 입구 접속부

가. 입구의 접속수로는 수리계산에 의하여 단면을 결정하고 상류로부터의 침식에 대하여 위험이 없는 길이 여부를 검사한다. 측벽은 토압을 받는 벽으로 취급하고, 현장에서 얻기 쉬운 호박돌 찰쌓기 또는 콘크리트로 축조한다.

나. 입구 접속수로 끝의 여유고는 수로의 수심을 H라고 하면 $\frac{1}{3}\sqrt{H} > 0.30 (m)$ 를

표준으로 한다. 접속시점의 콘크리트 지수벽은 $0.6\sqrt{H} > 0.60m$ 을 표준으로 한다. 두께는 수로바닥 두께와 같게 하고 콘크리트이면 $0.2 + 0.1\sqrt{H} (m)$ 를 표준으로 한다. 접속수로와 낙차부의 벽은 직각으로 접속시키는 경우와, $35^\circ \sim 45^\circ$ 로 접속시키는 경우, 또는 원활하게 접속시키는 경우가 있으며, 직각으로 접속시키는 경우가 경제적이다. 시공이 용이하다.

다. 손실을 적게 하는 것은 낙차공에서 바람직한 것이 못 된다

② 낙차부의 벽

가. 낙차부의 벽은 폭이 수심에 비해 클 경우에는 옹벽으로 하고, 작은 경우에는 측벽으로 지지되는 보로서 계산한다. 안식각 $\theta = 30^\circ$ 라 할 때 $b = h^{2/3}/1.5$ 의 폭을 보로 생각하는 경우와, 옹벽으로 계산하는 경우의 경계가 되고, 보로 계산할 경우의 토압은 하부와 상부가 다르다. 폭에 비하여 높이가 높은 경우는 낙차부가 정수지 밑바닥으로 고정된 판으로 계산하는 것이 유리하다. 또 구조물 전체로서 전도에 대해서 검사하는 것이 필요

하다.

나. 막아울림에 의하는 경우 또는 물 빈지에 의하여 수위를 조절하는 구조에서는 수압을 고려하고, 토압은 건조토가 아닌 습윤상태의 토압을 고려한다.

다. 낙차부 벽의 하부는 정수지 밑바닥의 하단과 일치시키고 낙차부 벽의 길이는 수로양측의 침투에 안전할 만큼 흙 속으로 연장시켜 놓는다.

③ 정수지

가. 정수지의 측벽은 흐름의 방향으로 평행하게 되고 토압에 대하여 견딜 수 있는 단면을 주어 정수지의 상판에 접속시킨다.

나. 콘크리트나 철근콘크리트로 축조할 경우에는 측벽을 낙차벽과 지수벽으로 지지하는 보로서 계산할 때에는 지수벽과 낙차벽은 충분히 고정되도록 축조해야 한다.

다. 정수지의 길이는 높이에 비해서 긴 것이 일반적으로 이 경우에는 부벽 또는 외팔보옹벽으로 계산한다. 정수지의 바닥두께 $t(m)$ 는

$$t = a(0.1 + 0.1\sqrt{qF})^{1/2} > 0.15 \quad (4.5-16)$$

식에서, q : 낙구 1m당 유량 ($m^3/s/m$)

F : 낙차 (m)

a : 토질재료에 따른 계수

라. 밑바닥을 철근콘크리트로 할 때에는 철근을 0.3m 간격으로 상층에 넣는다. 정수지의 바닥폭은 상류 수로의 통수단면의 평균 폭을 표준으로 하고 정수지의 단면은 상류 수로 단면의 두 배 이상으로 한다. 토질에 따라서는 정수지의 상류단에 낙수벽에 접하여 배수공을 설치하여 정수지 상판에 양압력이 걸리는 것을 방지한다.

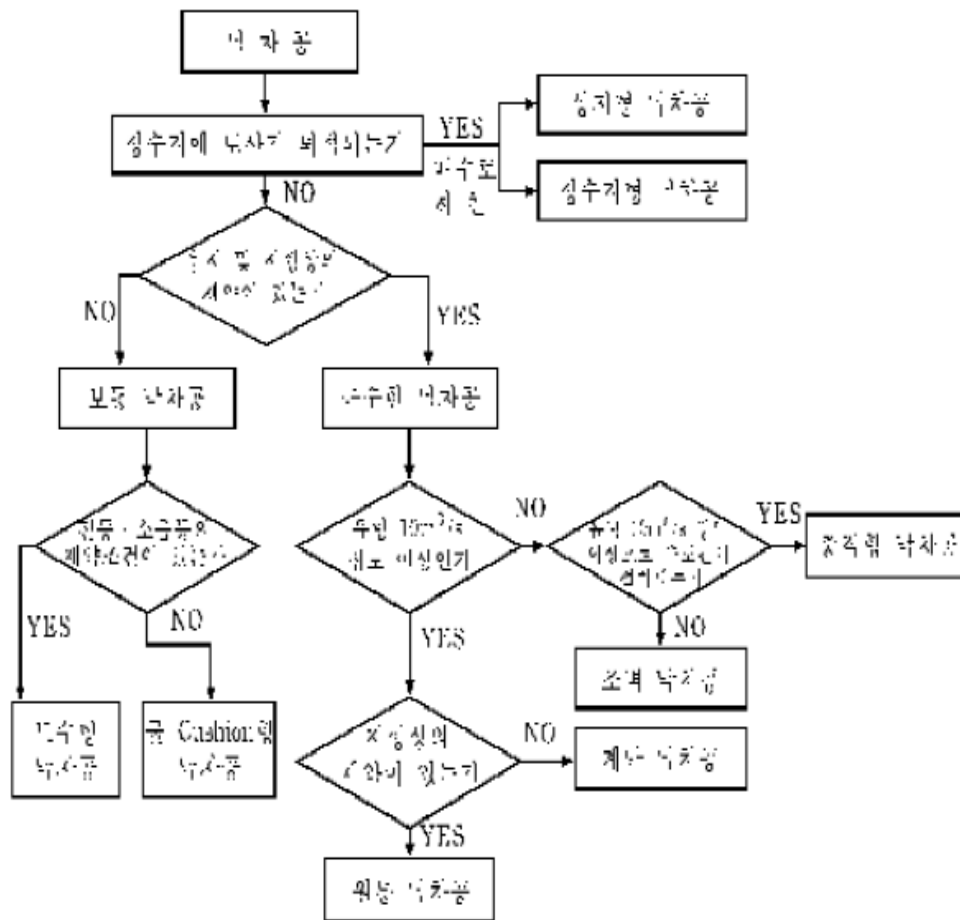
④ 출구 접속수로 출구 접속수로는 낙차에 의하여 일어나는 소용돌이나 부정류를 속히 정류되게 하기 위하여 하류 수로와의 사이를 원활하게 접속시킨다. 접속수로의 말단에는 지수벽을 설치하든가 측벽에 대한 계산법 등은 입구 접속수로에 준한다. 여유고는 정수지 여유고와 하류 수로의 여유고를 연결한 것으로 하고 하류 수로의 여유고가 높을 때에는 그 득마루 높이를 연장해서 정수지의 득마루(천단)에 접속시킨다.

4.5.3 형식선정

- (1) 낙차공과 급류공의 구조는 현지 지형에 적합하고, 수로의 세굴이나 침식이 일어나지 않게 기술적·경제적으로 가장 알맞은 형식으로 결정해야 한다.
- (2) 낙차공·급류공 등의 배치와 공종은 비교·설계하여 안전하고 전 수로 조식이 가장 경제적이 되도록 선정한다.

4.5.3.1 낙차공

- (1) 일반적으로 낙차공은 다음 <그림 4.5-6>의 흐름도와 같은 과정을 거쳐 그 형식을 선정한다.

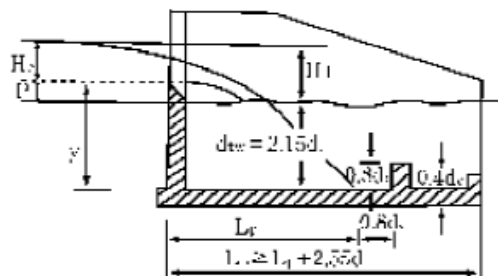


<그림 4.5-6> 낙차공 형식 선정의 흐름도

① 수직낙차공

가. 수직낙차공(vertical drop)은 낙구가 수직의 단락으로 되어 있으며 낙차가 그리 크지 않는 장소에서 채용되는 일반적인 낙차공이다.

(가) 충격블록 수직낙차공(Straight drop spillway with impact)



<그림 4.5-7> 충격블록 물받이 수직낙차공 표준도

㉔ 물넘이 유효폭

$$B = \frac{Q}{C_b H_c^{3/2}} \quad q = \frac{Q}{B}, \quad D = \frac{q^2}{gy^3}$$

D: 낙차수(drop number)

· <표 4.5-2>에서 D와 $\frac{H_a}{H_c}$ 에 해당하는 $\frac{L_p}{y}$ 를 찾고 $\frac{L_p}{y}$ 로부터 L_p 를 계산한다.

<표 4.5-2> 충격블록의 낙차공의 L_p 대 y

D $\frac{h_d}{H_c}$	$\frac{L_p}{y}$					비고
	0.6	1.0	2.0	5.0	∞	
0.0001	-		0.62	0.50	0.47	
0.0002	-	0.90	0.67	0.52	0.50	
0.0003	-	0.94	0.68	0.55	0.52	
0.0005	-	0.98	0.70	0.60	0.58	
0.001	1.57	1.00	0.77	0.65	0.65	
0.002	1.58	1.15	0.82	0.72	0.72	
0.003	1.59	1.17	0.87	0.80	0.80	
0.005	2.00	1.20	0.93	0.87	0.87	
0.01	2.15	1.25	1.10	0.97	0.97	
0.02	2.20	1.30	1.20	1.15	1.15	
0.03	2.30	1.40	1.25	1.20	1.20	
0.05	2.40	1.50	1.30	1.30	1.30	
0.10	2.60	1.70	1.50	1.50	1.50	
0.20	2.80	1.80	1.70	1.70	1.70	
0.30	2.90	2.00	1.80	1.80	1.80	
0.50	3.20	2.20	2.00	2.00	2.00	
1.00	2.50	2.30	2.30	2.30	2.30	

㉕ 최소정수지수의 길이

$$\cdot L_B = L_p + 2.55d_c$$

㉖ 배플블록(baffle block)의 최소 위치는 $L_p + 0.8d_c$, 배플블록의 높이는 $0.8d_c$

㉗ 최소 말단수심

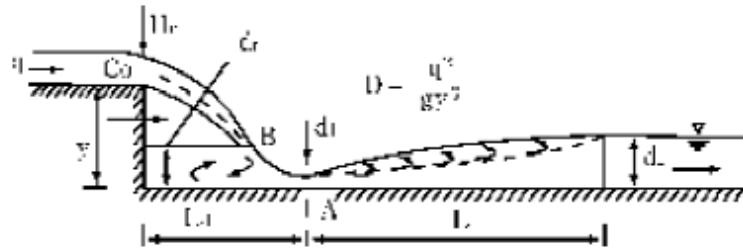
$$\cdot d_{tw} = 2.15d_c$$

㉘ 최적 배플블록의 폭 및 간격은 $0.4 d_c$ ㉙ 최적 엔드실(end sill)의 높이는 $0.4 d_c$

② 수직낙차공(Straight drop spillway)

가. 수직낙차공의 각 치수를 계산하기 위하여 다음 낙차수(drop number) $D = \frac{q^2}{gy^3}$ 을 이용

하여 다음과 같이 시험자료를 만들었다.



<그림 4.5-8> 수직낙차공

즉, 낙하높이 y , 단위폭당 유량 q 만 알면 L_d , d_f , d_1 , d_2 를 위 공식으로부터 계산할 수 있다.

여기서, L_d : 낙하길이 (m) d_f : 수맥선 하의 수심 (m)

d_1 : A점의 수심 (m) d_2 : d_1 에 따른 하류수심 (m)

나. 만일 하류수심이 d_2 보다 낮을 경우는 하류측으로 경사지게 흐를 것이고, d_2 보다 높을 경우는 잠수상태가 될 것이다. 낙차공의 물받이폭은 접속수로의 폭과 같은 것으로 가정 하였다.

- ③ 도수형(跳水型) 수직낙차공(Straight drop spillway with hydraulic jump) Q (유량), y (낙하 높이), H_e (비에너지), h_d (에너지손실), d_{tw} (하류측 수로수심), P_1 (웨어까지의 상류수심), B_1 (낙구폭), B' (정수지의 폭), q_1 (단위폭당유량), D (Drop number)를 알면 L_d (낙하길이), d_f (수맥선하의 수심), d_1 (낙하점의 수심), d_2 (d_1 에 따른 하류수심)의 값은 아래 식에 의하여 구한다.

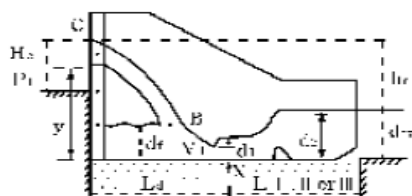
$$\frac{L_d}{y} = 4.30 D^{0.27}$$

$$\frac{d_f}{y} = 1.00 D^{0.32}$$

$$\frac{d_1}{y} = 0.54 D^{0.435}$$

$$\frac{d_2}{y} = 1.66 D^{0.27}$$

$\frac{d_w}{d_2}$ 는 1.0 ~ 1.2 정도가 되어야 한다. 비율이 1.0보다 작으면 정수지는 y 를 증가해야 하고 위의 과정을 되풀이 한다.



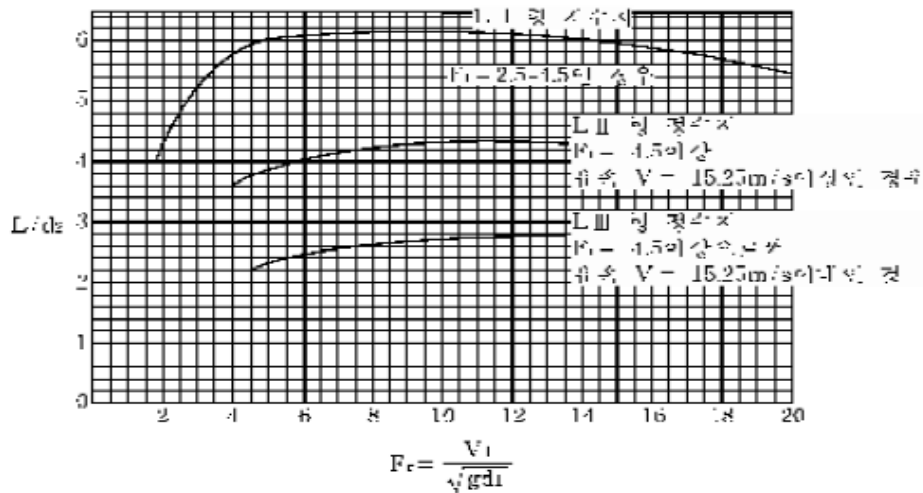
<그림 4.5-9> 도수형 수직낙차공

$$q_1 = \frac{Q}{B_1}$$

$$V_1 = \frac{q_1}{d_1}$$

$$F_r = \frac{V_1}{\sqrt{gd_1}}$$

도수길이 L I, L II, L III는 정수지형에 따라 F_r 와 $\frac{L}{d_2}$ 의 관계를 나타낸 아래 <그림 4.5-10>에서 구한다.



<그림 4.5-10> 정수지 I, II, III의 도수길이

4.5.3.2 급류공

- (1) 수로 도중의 급경사 부분에 설치하는 개거형 수로로서 낙차공을 연속 설치하는 대신에 채택되는 구조물이다.
- (2) 급류공의 구성은 입구접속수로·급류부·방사류부·정수지·출구접속수로로 된다.

① 입구 접속수로

가. 입구 접속수로는 설계유량이 배수(背水) 또 지하배수를 일으키지 않고 급류부 이하에서 바람직하지 못한 난류가 일어나지 않고 유하될 수 있게 설계해야 한다. 이를 위해서 급류부 시점에서 한계수심이 유지되는 동시에 급류부 시점까지의 수로단면의 변화는 완만하고 좌우 대칭인 평면형을 이룰 수 있어야 하며 곡선부가 설치되어서는 안 된다.

(가) 유입구 완화공의 길이

$$L = \frac{B-b}{2} \cot \alpha$$

$$\cot \alpha = 3.375 \times \frac{V}{\sqrt{gdcos\theta}} \quad (\text{바닥이 직선일 때})$$

용배수로 시설 설계

여기서, d: 수심 g: 9.8 (m/s²)

V: 유속 θ : 환화공바닥 경사각 (°)

L: 최소 1.50 m

(나) 최소여유고

〈표 4.5-3〉 수심별 최소여유고

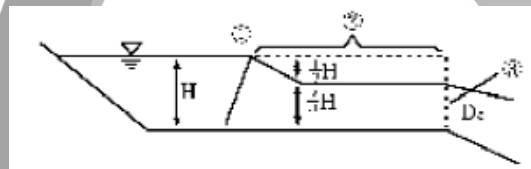
수 심	0 ~ 1.5m	1.5 ~ 2.1m	2.1 ~ 2.7m
여 유 고	0.30m	0.37m	0.46m

② 급류부

가. 유입구 수심 및 저폭

(가) 급류부의 유입부를 계산의 기점 즉 지배단면으로 하여 상류 수로의 수면 변화 및 침식이 되지 않도록 한다. 점축부의 단면 축소부는 급류부에 두지 않도록 한다.

나. 구형일 때의 한계유속(V_c) 및 단면계산



〈그림 4.5-11〉 유입구

$$D_c = \left[\frac{Q^2}{gB_c^2} \right]^{1/3}, D_c^3 B_c^2 = \frac{Q^2}{g}, V_c = \sqrt{gD_c}$$

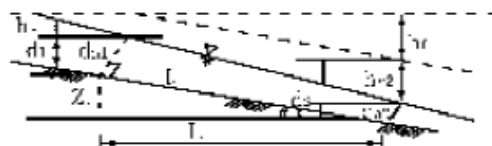
Q: 유량 (m³/s)

Bc: 한계단면의 저폭 (m)

Dc: 한계단면의 수심 (m)

다. 수리계산

(가) 급류부 시점 이하의 수면추적계산은 베르누이 공식을 이용한다.



〈그림 4.5-12〉 급류부

㉔ 베르누이 공식

$$h_{v1} + d_1 + Z_1 = h_{v2} + d_2 + h_f$$

$$h_{v1} = \frac{V_1^2}{2g}, \quad h_{v2} = \frac{V_2^2}{2g}, \quad h_f = \frac{V_n^2 n^2 L}{R_m^{4/3}}$$

(나) 급수로의 단면확대 시점은 포물선형 종단기울기의 시점과 같다. 포물선형 종단기울기에 있어 S는 1:0.5 ~ 1.0, K는 0.5 이내로 한다.

(다) 위의 조건은 폭 및 형이 변동될 수 없는 사다리꼴 수로에서는 적용되지 않는다.

③ 방사류부

가. 급류부 확대완화공의 위치·확대각 및 포물선형 종단기울기는 다음과 같다.

(가) 급류부 확대완화공

㉔ 급류부 확대완화공(spread transition)은 종단 포물선 시점에서 확대한다.

$$\text{확대각 } \tan\theta = \frac{1}{3F_r} = \frac{\sqrt{gd}}{3V}$$

(나) 포물선형 종단기울기

$$\text{공식 } y = X \tan\theta + \frac{KX^2}{4h_v \cos^2\theta}$$

$$S = \tan\theta + \frac{KX}{2h_v \cos^2\theta}$$

여기서, y: 포물선의 기점부터의 종단거리 (m)

S: 포물선 지점에서의 기울기

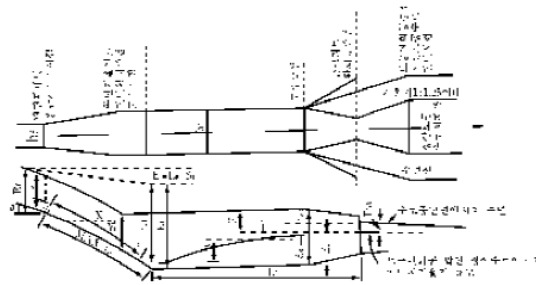
X: 포물선의 기점부터의 수평거리 (m)

h_v: 포물선 시점의 유속수두 ($\frac{V^2}{2g}$)

K: 수직가속으로 일어나는 가정된 중력비율 0.5 또는 그 이하

θ: 포물선 시점에서 수평과 급류부 수로가 이루는 각도 (°)

포물선형 종단기울기와 단면확대는 가능한 한 급수로벽 위와 정수지벽 위와의 교점에서 끝나거나 그 이전에 끝나도록 한다.



〈그림 4.5-13〉 급류공단면도

④ 급류부의 여유고 (Fb)

가. $Fb = C \cdot V \cdot d^{1/2}$ 식으로 계산

여기서 Fb: 여유고 (m)

C: 계수 (구형: 0.1, 제형: 0.13)

V: 유속 (m/s)

d: 수심 (m)

나. $F_b \approx 0.6 + 0.037 V \cdot d^{1/3}$ (m) 식으로 계산

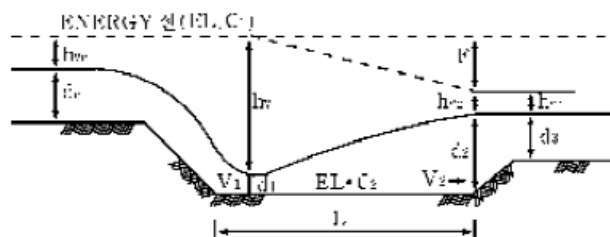
여기서 Fb: 여유고 (m)

V: 유속 (m/s)

d: 수심 (m) (단, 구형단면)

⑤ 정수지

가. 도수부의 에너지 손실(F)



〈그림 4.5-14〉 정수지

$$K = d_2/d_1, \quad EL \cdot C_2 = EL \cdot C_1 - (d_1 + h_{v1}) = EL \cdot C_1 - (d_2 + h_{v2} + F)$$

$$\frac{d_1}{d_c} = \sqrt[3]{\frac{2}{K(K+1)}}, \quad \frac{F}{d_c} = \frac{(K-1)^3}{4K} \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{K(K-1)}}$$

$$L = 6(d_2 - d_1)$$

나. 정수지의 폭

(가) 구형으로 유량 Q가 2.93 m³/s 이하일 때,

$$b = \frac{18.46 \sqrt{Q}}{Q + 9.91} \quad (m)$$

다. 도수심

$$F_{r1} = V_1 / \sqrt{gd_1}$$

$$d_2/d_1 = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1)$$

d1, V1: 도수전의 수심과 유속

d2, V2: 도수후의 수심과 유속

Fr: 프루드 수(Froude number)

라. 도수의 길이

(가) Safranez 공식: $L=4.5d_2$ (m)

(나) Smetana 공식: $L=6(d_2-d_1)$ (m)

(다) 미 개척국 공식: $L=6.1d_2$ (m)

(라) BakhmetffMatzke 공식: $L=4.8d_2$ (m)

※ Bakhmeteff에 의하여 사류층의 프루드 수가 $1 < Fr < \sqrt{3}$ 일 때, 파상도수가 발생하며,

$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh_1}} > \sqrt{3}$ 일 때 완전도수가 발생하는 한계이다.

프루드 수에 대한 도수의 길이를 결정하거나 슈트블록(chute block), 배플블록(baffle block), 실(sill)을 설치하게 되는 정수지의 설계는 「KDS 67 10 00 농업용댐 편」을 참조한다.

마. 정수지 측벽 여유고

$$Fb = 0.1(V_1 + d_2)$$

여기서 Fb: 여유고 (m)

V1: 유입유속 (m/s)

d2: 도수심 (m)

4.5.3.3 관급류공

- (1) 수로내 및 횡단 배수구조물로서 낙차가 0.9~4.5m이며, 유량이 적은 경우 관수로는 설계와 시공이 쉽고 경제적이며 유지관리가 용이하다.
- (2) 상류완화공·유입구·관체·유출구·완화공으로 구성되며, 유입구는 조절노치(notch)·제수문·웨어로서의 기능을 갖도록 만들고, 잡초·잡물·유사에 의해 관이 막힐 우려가 없는 수로는 I 호형, 관이 막힐 우려가 있는 수로는 II 호형이 사용된다.
- (3) 잡초나 잡물이 관속으로 유입되는 것을 방지하기 위해 스크린을 설치하며, 유입 잡물의 배출이 용이하도록 관의 직경은 충분해야 된다.

① 구조

용배수로 시설 설계

가. I 호형 관 급류공

(가) 상류수로 완화공

길이: 3m 이상, 바닥기울기: 토공수로에서 유입구까지

㉞ 조절 유입구 (control inlet)일 경우 : 토공수로와 같이 평행하게

㉜ 제수 유입구 (check inlet) : 기울기는 1:4 보다 완하게 한다.

(나) 유입구

㉞ 조절 유입구 : 설계유량의 20 ~ 100%까지의 유량이 수로의 평수심에서 유하되도록하고, 상류 수로에 급류 및 와류가 생기지 않도록 조절노치 (control notch)로 한다.

㉜ 제수 유입구 : 제수 각낙판이나 문비로 제수하며 상류에 분수문이 있을 경우 및 수위조절 방수문이 있는 경우에는 제수구조물로 겸용할 수 있다.

(다) 관체

㉞ 수리조절이 관 유입구 대신에 유입 구조물의 유입부에서 이루어지도록 하기 위해 충분히 낮추도록 한다. 관체의 기울기는 1:2 보다 완하게 한다. 초과 에너지의 분산을 위해 관 내에서 도수가 일어나도록 관의 유입구 부분을 낮추고, 기울기는 1:200 보다 완하게 하며, 그 길이는 유입구가 콘크리트 완화공일 때 5D(최소 1.80m)로 한다.

㉜ 수로 내 구조물일 경우 최소관경은 0.30m, 최대유속은 3.5m/s, 횡단 배수구조물일 경우 최소관경 0.60m, 유속은 1.0 ~ 1.5m/s가 되도록 한다.

(라) 유출구

㉞ 콘크리트 완화공: $Q \leq 1.45 \text{ m}^3/\text{s}$, $V \leq 1.52 \text{ m/s}$ (만류시)

※ 유량 $Q > 1.45 \text{ m}^3/\text{s}$ 일 때 구형 경사형 낙차공으로 설계하는 것이 유리할 경우가 많으며, $V > 1.52 \text{ m/s}$ 일 경우 하류부에서 배플관수로(baffled pipe)로 하여 유속을 느리게 한다.

㉜ 유출구부에서 토공수로에 유입되는 부분은 조약돌 보호공을 설치하는 것이 좋다.

㉜ 관의 경사변화는 사면으로 관을 접합하든지 7°30'기성콘크리트 곡관을 사용한다.

㉜ 관의 유출구 최대유속은 만류시 1.5m/s이다.

㉞ 유입마찰, 굴곡, 출구 손실수두는 작으므로 무시한다.

㉞ 기성콘크리트관의 굴곡변화부의 사면접합을 석면 시멘트 압력관 또는 철근 소성 모르타르 압력관을 사용할 수 있다.

㉜ 표준설계는 1.45m³/s이하에 사용하며 1.45m³/s 이상일 때 구형 경사낙차공으로 사용하는 것이 좋을 경우가 있다. 최대수면낙차는 4.5m이다.

나. II 호형 관급류공

(가) 초과 에너지의 분산은 배플(baffle)이나 정수지가 있는 유출구에 의한다. 수로 내의 구조물일 경우 check 유입구나 조절 유입구가 있어야 하며, 수중에 잡초가있을

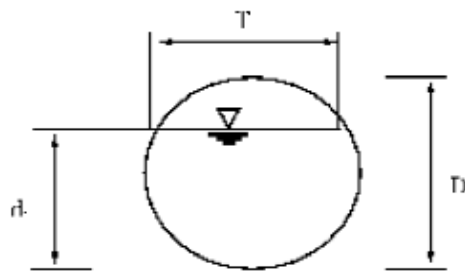
경우 정수지가 있는 낙차공으로 하는 것이 좋다.

- ㉔ 배플이 있는 충격형 감세공
㉕ 정수지가 있는 관급류공

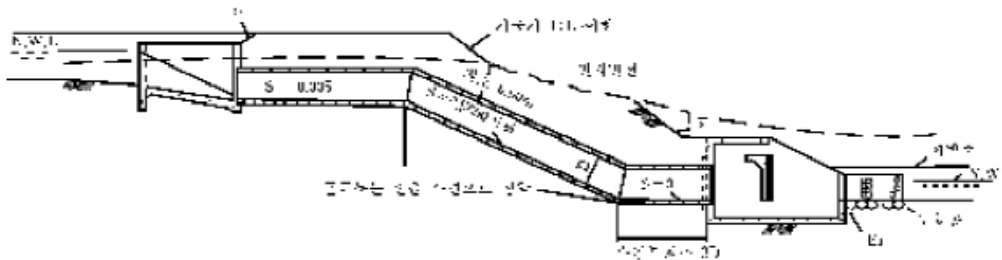
다. 원관 급류공(Pipe chute)의 단면결정

(가) 조절 및 제수부가 없는 유입부

- ㉔ 유입구에 지배단면(control section)이 생기도록 하고 한계수심 $d_2=0.75 \sim 0.80D$ (관경)으로 한다.
- ㉕ 단면 결정을 위한 수리계산



〈그림 4.5-15〉 원관형 급류공의 단면



〈그림 4.5-16〉 II호형 관급류공

용배수로 시설 설계

〈표 4.5-4〉 관경속건표

관 경 속 건 표			
유량 (m³/s)	직경 (m)	면적 (m²)	비 고
0~0.257	0.30	0.0706	최대유속 V=3.65 m/s인 경우
0.257~0.351	0.35	0.0962	
0.351~0.458	0.40	0.1256	
0.458~0.580	0.45	0.1590	
0.580~0.716	0.50	0.1963	
0.716~1.031	0.60	0.2827	
0.031~1.404	0.70	0.3848	
0.404~1.834	0.80	0.5026	
0.834~2.321	0.90	0.6361	
0.321~2.866	1.00	0.7853	

$\frac{A}{T}$: 수면 폭에 대한수로 단면적과의 비

$Z = \sqrt[4]{\frac{A}{T}}$: 한계류 계산에 대한 단면 요소로 표시하면 한계류는 $F_r = \frac{V}{\sqrt{gd}} = 1$

$V = \frac{Q}{A} = \sqrt{gd}$

〈표 4.5-5〉 원관형 급류공 단면산정표

구분 관경 (D)	$\frac{dc}{D} = 0.75$ 일 때				$\frac{dc}{D} = 0.80$ 일 때			
	Q (m³/s)	A (m²)	V (m/s)	I (기울기)	Q (m³/s)	A (m²)	V (m/s)	I (기울기)
0.30	0.0832	0.0568	1.463	1:112	0.0953	0.0606	1.572	1:98
0.35	0.1223	0.0774	1.580	1:118	0.1401	0.0825	1.698	1:103
0.40	0.1708	0.101	1.690	1:124	0.1956	0.108	1.815	1:108
0.45	0.2293	0.128	1.792	1:129	0.2626	0.136	1.926	1:112
0.50	0.2984	0.158	1.889	1:133	0.3418	0.168	2.030	1:116
0.60	0.4707	0.227	2.069	1:141	0.5392	0.242	2.224	1:123
0.70	0.692	0.309	2.235	1:148	0.7927	0.330	2.402	1:130
0.80	0.9662	0.404	2.390	1:155	1.1069	0.431	2.568	1:136
0.90	1.2970	0.512	2.534	1:162	1.4859	0.546	2.723	1:141
1.00	1.6879	0.632	2.671	1:162	1.9337	0.674	2.870	1:146
1.10	2.1421	0.764	2.802	1:173	2.4540	0.815	3.011	1:151
1.20	2.6626	0.910	2.926	1:178	3.0503	0.970	3.144	1:156
1.35	3.5743	1.151	3.104	1:185	4.0947	1.228	3.335	1:162
1.50	4.651	1.421	3.272	1:192	5.3286	1.515	3.516	1:168

주) I는 유입구 첫 관체의 기울기로서 위의 기준치로 하며, 약간 급하게 해도 된다.

(나) 조절 및 제수부가 있는 유입부

- ㉔ 관체 시점부가 소요 피복공(매설심)이 있어야 되는 급경사 지역에 있어 상자 (box)형 유입부로 설계할 경우 관체단면은 오리피스 공식으로 결정한다.

$$Q=AV, V= C\sqrt{2gH}$$

여기서, C: 유량계수 (0.6)

H: 상자형 수면에서 관체 중심까지의 높이 (m)

㉔ 관체시점부 유속 $V=2.5\text{m/s}$ 로 하면, $2.5 = 0.6\sqrt{2 \times 9.8H}$ 에서 $H=0.886\text{m}$
상자형의 유입단면 소요 H가 충분하여 완전월류 낙차공이 될때의 낙구폭 b는

$$b = \frac{Q}{a^{\frac{1}{2}} \times 1.70 \times H_c^{\frac{3}{2}}} = \frac{Q}{a^{\frac{1}{2}} \times 1.70 \times (h_1 + \frac{V_1^2}{2g})^{\frac{3}{2}}}$$

소요낙차 H가 불충분하여 잠류가 될 때는 위 식을 참조하여 노치단면을 결정한다.

(다) 압력운동방정식 (Pressure momentum equation)

$$\begin{aligned} P_1 + M_1 &= P_2 + M_2 \\ \frac{QV_1}{g} + A_1 Y_1 &= \frac{QV_2}{g} + A_2 Y_2 = \frac{QV_2}{g} + A_2 (d_2 - \frac{D}{2}) \\ \frac{Q_\Delta V}{g} + A_1 Y_1 &= A_2 (d_2 - \frac{D}{2}) \\ \frac{Q_\Delta V}{g} + A_1 Y_1 &= A_2 (d_2 - \frac{D}{2}) \\ d_2 &= \frac{Q_\Delta V}{A_2 g} + \frac{A_1}{A_2} Y_1 + \frac{D}{2} \\ F &= d_1 + h_{v1} - d_2 + h_{VP} \end{aligned}$$

여기서, d1: 도수전 수심 (m) V: 유속 (m/s)

d2: 도수후 수심 (m) D: 관의 직경 (m)

Q: 유량 (m^3/s) A: 통수단면 (m^2)

Y: 수면부터 통수단면 도심까지 높이 (m)

$$Y_1 = d_2 - \frac{b}{2}, \quad \Delta V = V_1 - V_2, \quad h_{v1} = \frac{V_1^2}{2g}$$

위 식을 이용 계속 계산하여 d2를 결정한다. 위 식 중 좌측은 상류 등류(NWL) 상태에서 유입구로 흐르는 상태를 한계류로 계산하여 d2, V1 등을 구하여 d1V 지점의 Y1은 다음과 같이 구한다.

$$W = 2\sqrt{(D-d_1)d_1}$$

여기서, W=d1 점의 수면폭

$$Y_1 = \frac{A_1}{W}$$

(라) 충격형 정수지(Impact type stilling basin)

용배수로 시설 설계

㉓ 특성 : 유량이 비교적 적을 경우 상자형, 충격형 감쇄공은 연직으로 매달린 배플(baffle)에 유입 사류의 충돌과 충돌한 후 사류의 방향 전환에서 생기는 와류에 의하여 하류 수심에 관계없이 초과 에너지를 소산하게 되므로, 같은 프루드수에 대하여 도수형 감쇄공으로 설계할 경우보다 유리한 경우가 많다.

㉔ 적용 및 구조세목

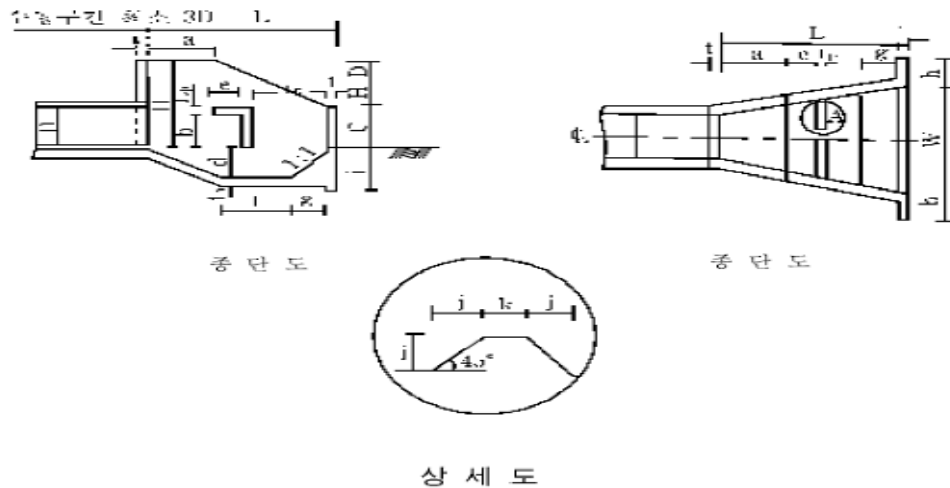
- 유량 Q_{max} 을 참조하고 그 이상의 유량인 경우는 여러 개를 설치한다.
- 유속 $V_{max}=15.24\text{m/s}$
- 하류 수위가 배플 높이의 중간에 가깝고 초과하지 않을 때 수리작용이 가장 좋다.
- 배플의 바닥은 하류 수로 또는 관의 바닥과 같은 높이에 있어야 한다.
- 배플의 벽상에 작용하는 충격으로 인한 활동에 저항하도록 구조물을 설계해야 한다.(큰 동수압에 의한 진동 및 교란류에 안전한 구조일 것)
- 하류수가 얇을 때 말단부에서 하류 유출수로의 세굴이 되므로 인접한 수로바닥과 측면에 보호공을 한다.
- 정수지의 유입 수로는 일반적으로 관수로로 하고 유입부는 정수지의 내폭보다 작은 개수로로 할 수 있다.
- 상류 관유입부가 수로의 경사변환으로 인한 도수로가 만류될 경우 관경의 1/6의 공기밸브를 도수로의 상류에 설치한다.

㉕ 설 계

아래의 <표 4.5-6>와 <그림 4.5-17>을 참고하여 설계한다.

<표 4.5-6> 충격형 정수지의 설계치수표

사용PIPE		최대 유속	설 계 치 수																
D	A	$Q_{m/s}$	W	H	L	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	t	t_p	t_b
0.50	0.1963	0.6083	1.20	1.10	1.50	0.50	0.40	0.70	0.25	0.30	0.35	0.25	1.00	0.60	0.125	0.075	0.15	0.15	0.20
0.60	0.3826	0.8758	1.40	1.30	1.80	0.70	0.45	0.80	0.30	0.30	0.45	0.30	1.20	0.60	0.15	0.10	0.15	0.15	0.20
0.70	0.3846	1.1919	1.70	1.40	2.10	1.00	0.40	0.80	0.35	0.30	0.65	0.35	1.20	0.70	0.175	0.125	0.20	0.15	0.20
0.80	0.5024	1.5569	1.90	1.50	2.40	1.00	0.65	0.90	0.40	0.35	0.65	0.40	1.20	0.75	0.20	0.125	0.20	0.15	0.20
0.90	0.6358	1.9703	2.10	1.60	2.70	1.10	0.75	0.90	0.45	0.40	0.70	0.45	1.20	0.75	0.225	0.15	0.20	0.15	0.20
1.00	0.7854	2.4327	2.40	1.80	3.00	1.30	0.80	1.00	0.50	0.45	0.80	0.50	1.20	0.75	0.25	0.15	0.20	0.15	0.20



〈그림 4.5-17〉 정수지의 구조

4.5.3.4 배플 슈트(Baffle Chute)의 설계

(1) 특징

- ① 급수로에서 하류 수로로 유입될 때 유속이 작아지도록 배플 피어(Baffle pier)를 설치하여 급사면으로 흘러내릴 때 초과 에너지를 분산하여 흐름을 억제하도록 한 공작물로서 정수지 설치가 곤란한 지역에서 사용되며, 그 특징은, ① 일반적으로 경제적이다. ② 낙차가 크에도 불구하고 말단부 유속이 작다. ③ 흘러내릴 때 방수작용에 영향을 미치지 않는다. ④ 정수작용을 효과적으로 하기 위해 정수지에서는 필요한 초기의 하류부 수심이 필요하지 않는다.

가. 이용상의 주의

(가) 구조물의 각 부분의 치수기준인 W(정수지내폭) 산출은 유량 Q에 대한 근사치로서 프루드 수에 의해 산출한 값을 비교한 후 제 단면을 결정한 것임.

(나) 각 관(pipe)의 최대유속 $V_{max}=3.65\text{m/s}$ 로 하여 최대유량을 결정한 것임.(Design of Small Canal Structures의 Pipe drop편 참조)

(2) 구조

- ① 배플 슈트 각 부분 구조의 특성과 치수 결정의 유의사항은 다음과 같다.

가. 급류공 기울기는 1:2의 경사 이하로 한다.

나. 급사면 정부(crest)에 곡률반경을 둔다.

다. 배플 피어의 첫줄은 정부 표고보다 0.3m보다 낮지 않도록 한다.

라. 피어의 높이 $H=0.8D_c \sim 0.9D_c$ 로 한다.

$$\text{구형단면 한계수심 } d_e = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

마. 배플 피어의 폭과 간격은 $1.0H \sim 1.5H$ 로 하고, Partial baffle pier 폭은 $\frac{1}{3}H \sim \frac{2}{3}H$ 로

용배수로 시설 설계

하며, 격렬로 교호되게 한다. Pier 상단 두께는 0.20 ~ 0.25m 로 한다.

바. 배플 피어의 열 간격은 고차로 H 이상 1.8m 이하이다(경사 1:2의 급류면에서는 2H이다).

사. 배플 피어의 상류면은 급류면에 직각이며, (물이 많이 튀어 에너지 분산이 크고 와류가 적다) 배면경사는 1:0.5로 한다.

아. 피어의 열 수는 4열 이상이다.

자. 측벽 높이는 바닥에서 직각으로 배플 피어 높이의 3배 이상이 되어야 한다.

차. 배플 피어의 한 열 이상을 와류 방지를 위해 유출구 수로 바닥 아래로 묻히도록 한다.

카. 유출구는 확폭한다.

타. 측벽의 하류말단은 세굴을 방지하기 위해 보호공을 한다

(3) Sill Control

- ① 유입구 길이는 2d1 이상으로 한다. 유입구 바닥보다 높게 요구되는 Sill의 높이는 상류수로와 유입구 사이의 에너지 균형으로 결정한다.

$$H_{el} = H_{ec} + h_i + h_s \text{ 혹은 } h_s = H_{el} - H_{ec} - h_i$$

hs: Sill의 높이 $H_{el} = d1 + hv1$ (상류수로 비에너지)

$H_{ec} = dc + hvc$ (Sill에서 조절단면(한계류)이 된다.)

hi는 유입손실수두

$$h_i = 0.5 \Delta h_v = 0.5(h_{VC} - h_{V1}) = 0.5\left(\frac{V_c^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right)$$

실(sill) 정부의 곡선은 최대: 2.70 m, 보통: 1.80 m

실로 인해 상류에 고여있는 물을 배제하기 위해 0.15 m의 홈통을 둔다.

(4) Notch Control

- ① 직사각형 유입단면은 Control notch로부터 1.50 m 상류에서 시작하고, Notch와 Sill 간의 길이는 상류수심의 3배로 한다.

(5) 수리제원

- ① 유입구 접근유속 V_1 은 한계유속 V_c 보다 작고 물의 튀이 적도록 $V_1 \leq \frac{V_c}{2}$ 가 됨 이 좋다.

가. 유입이론유속(V_1)과 한계유속(V_c)

$$q = \frac{Q}{B} \text{ or } B \frac{Q}{q}, \quad V_c = \sqrt[3]{g \cdot q} \text{ (m/s)}$$

$$V_1 = \sqrt[3]{g \cdot q} - 1.52 \text{ (m/s)} \quad D_c = \frac{q}{V_c} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

여기서, g: 9.8 (m/s²) B: 폭 (m)

Q: 총 유량 (m³/s), q: 단위폭당 유량 (m³/s/m)

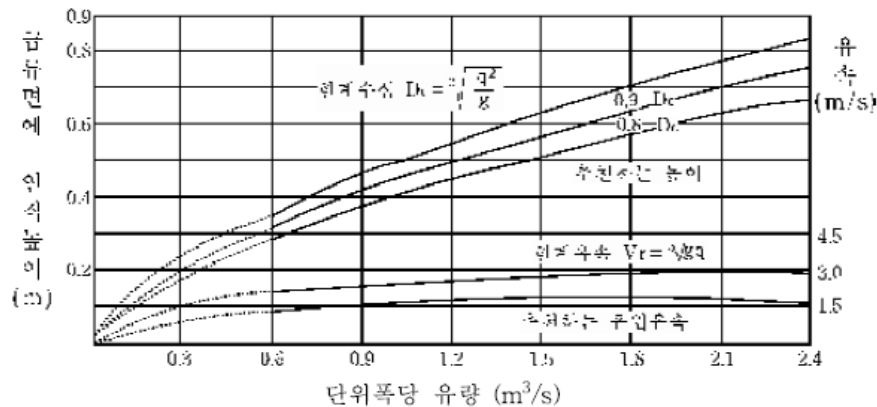
<표 4.5-7> Q에 대한 q의 값

표 4.7.9 Q에 대한 q의 값

Q (m ³ /s)	q (m ³ /s/m)	비 고
0~1.104	0.4645~0.929	각 항의 범위 내의 Q에 대한 q 값은 비례적인 값을 사용한다.
1.133~2.803	0.929~1.3945	
2.832~5.362	1.3945~1.858	
5.380~43.026	1.858~2.787	

<표 4.5-8> Q에 대한 m의 값

Q	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
m	0.21	0.33	0.44	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84



<그림 4.5-18> 배플 슈트의 허용유속과 Baffle Pier의 높이

4.6 조절시설

4.6.1 일반사항

- (1) 수로의 이수기능과 통수의 안전성을 확보하기 위한 조절시설로서 수로조직의 실정에 따라 유량 유속 수위 압력 등의 수리조건을 조절하는 수위조절시설 물넘이 방수공 조절지 조압시설 배수문 등을 설치한다.
- (2) 또한 조절시설은 용 배수계획에 의한 이수조건 노선의 입지조건 물 관리조건 등을 고려하여 충분한 조절능력을 가지며 안전하고 경제적이 되게 해야 한다.
 - ① 조절시설(regulating structure)은 협의로는 수위조절시설만을 뜻하기도 하지만, 여기서는 수로의 수리조건(유량, 유속, 수위, 압력 등) 중 한 가지 이상을 인위적으로 조절하는 시설, 즉 수위조절시설, 물넘이, 방수공, 조절지, 조압시설, 배수문 등 조절시설을 취급한다.

용배수로 시설 설계

- ② 조절시설은 타 수로시설과 함께 물 관리에 있어서 중요한 시설이다. 따라서 조절 시설은 수로조직 전체에 걸쳐서 계획초기에 일관된 물 관리방식의 선택, 각 시설의 배치계획 등 수로조직설계를 기본으로 하여 완성후의 유지관리에 활용해야 한다.
- ③ 물 관리방식을 선택할 때에 상정되는 수로조직의 물 제어방식으로는 수위제어, 압력제어, 유량제어가 있고 이들의 각 특징은 다음과 같다. 이들의 제어방식과 함께 수로의 관리수준 및 자유도에 따라 여러 가지 조절시설을 적당히 배치해야 한다.

4.6.1.1 수위제어

- (1) 물 관리조직에서 피제어량(被制御量)으로 수위를 이용하고 수리시설을 조작하는 제어방식이다. 수위를 항상 일정하게 조절하는 정수위 제어와 조건에 따라서 수위를 변화시키는 설정 수위제어가 있다.

4.6.1.2 압력제어

- (1) 수위제어에서 목표지점이 관수로(Pipe line)인 경우는 피제어량은 압력이 된다. 압력을 이용하여 수리시설을 조작하는 제어는 수위제어와 같이 정압력 제어와 설정 압력제어로 분류할 수 있다.

4.6.1.3 유량제어

- (1) 물 관리조직에서 피제어량으로 유량을 이용하고 수리시설을 조작하는 제어방식으로 수위제어와 같이 정유량 제어와 설정 유량제어로 분류할 수 있다.
- (2) 그리고 조절시설의 종류와 특징을 보면 다음과 같다.

① 수위조절시설

가. 수위조절시설은 제수문(check gate)을 뜻하는 것으로 수로내의 유량변화에 의한 수위변동을 조절하는 시설로 수로 내에 웨어 또는 게이트를 설치한다. 수위 조절시설을 수로조직 내에 적절히 설치하면 수로관리상 다음과 같은 이점이 있다.

㉞ 분수공에서 확실하고 안정하게 유량을 분수할 수 있다.

㉟ 급격한 수위변동에 의한 수로조직의 손상을 방지하며 물넘이, 방수공 지점에 대한 수위, 유량을 조절하여 안정을 기할 수 있다.

㊱ 저하배수곡선(drop down curve)에 의해 예기치 않은 빠른 유속발생을 방지하여 수로의 침식, 세굴 및 손상을 방지할 수 있다.

㊲ 배수로에서는 지하수의 과도한 저하와 그에 따른 용수량의 증가를 방지할 수 있다.

② 물넘이, 방수공

가. 수로기능의 유지와 안전을 확보하기 위하여 설치하는 시설이다.

나. 물넘이는 취수지점에서의 과잉유입수, 강우시 수로주변에서의 유입홍수량, 분수공의 폐쇄에 의한 잉여수 등을 배제시키는 시설로서 방수공과 병설하는 경우가 있다.

다. 방수공은 필요에 따라 수로의 전체 통수량을 방류시키려는 것으로 주로 수로의 일정구

간이 공백상태가 되도록 조작한다.

③ 조절지

가. 취수량, 통수량 및 용수량이 시간적으로 크게 변화할 때는 수로조직 중에 조절 지를 설치하는 것이 물 이용에 유리한 경우가 많다. 따라서 그 가능성과 경제 성을 충분히 검토한 후 설치한다. 조절지는 수원의 취수량, 수로 통수량, 경지의 용수량 간에 발생하는 불균형을 조절하므로 용수관리상 일어나는 수량손실을 최대로 방지함과 동시에 수로의 기능을 유기적, 탄력적으로 유지시키는 저수지라 할 수 있다.

나. 각 유량의 불균형은 특히 시간적 변동에 따라 일어나는 것으로 수로연장이 긴 수로일수록 그 영향이 심하다. 조절지에는 상하류 수로의 낙차를 이용하여 간선수로의 중간에 저수지를 설치, 하류의 용수량에 따라 자연 유하하는 형식과 지선의 분수점이하에 설치하여 저류수를 그 지선의 수요에 따라 공급하는 형식이 있는데 후자를 일반적으로 팜펀드(farm pond)라 한다.

다. 용·배수겸용의 수로에서는 용수에 필요한 수위를 유지하는 조절시설을 계획한다.

라. 또 배수로 및 용·배수겸용 수로에서는 방류하천(배수 본류)의 수위상황에 따라 역류를 방지하기 위한 시설이 필요할 때가 있다.

4.6.2 수위조절시설

- (1) 수위조절시설은 계획한대로 수위를 유지시킴으로써 안정적으로 분수함과 동시에 물넘이, 방수공 등의 작동을 효율적으로 하기 위하여 설치된다.
- (2) 수위조절시설의 배치 및 구조형식은 분수공, 물넘이, 방수공 등의 위치, 수로의 유량변동과 수위변화 등을 고려하여 적절한 수위제어방식에 의하여 물 관리가 용이하도록 하여야 한다.

4.6.2.1 일반사항

- (1) 수위조절시설(이하 「체크 게이트: check gate」라 함)은 유량변동에 대한 수위변화를 제어하고 물 관리조직에 있어 수위제어를 목적으로 설치한다. 따라서 유량변화에 따라 생기는 수위변동에 대응하는 분수게이트, 밸브 등의 조작 횟수를 줄일 수 있으며 유량급변에 대한 완충효과, 저류효과 등 물 관리를 탄력적으로 운용할 수 있는 효과가 있다. 또한 수위제어에 따른 효과로서는 물 관리의 탄력적 운용 이외에 다음과 같은 이차적인 효과가 기대된다.

- ① 정수위를 확보하여 분수의 안전성을 높여서 분수공의 지배범위를 확대하는 효과
- ② 수로저류에 의하여 수로에의 부력 또는 양압력, 토압 등의 외압에 대응하는 효과
- ③ 저류에 따른 잡초생육방지
- ④ 유속을 억제함에 따른 수로내부의 세굴, 마모방지
- ⑤ 수로의 건설 (또는 만류, 공허) 변화에 대한 각종 불안정성의 방지
- ⑥ 게이트에 의한 방수공, 물넘이의 작동 효율 향상 등의 효과

(2) 체크 게이트

- ① 수로계 전체의 체크시스템 방식의 결정,
- ② 체크 게이트의 배치,

용배수로 시설 설계

③ 각 체크 게이트의 형식결정,

④ 각 체크 게이트의 설계 등

가. 단계에 따른 제 조건을 고려하여 합리적으로 설계되도록 한다.

4.6.2.2 체크 게이트의 수위조절방식 선정

(1) 체크 게이트의 수위조절방식에는 상류수위 제어방식과 하류수위 제어방식이 있다. 이 방식의 결정에는 각 특성 외에 수로조직전체의 배치와 동시에 물 관리계획, 조절지 유무, 수두배분, 시공성 및 경제성 등을 충분히 고려하여 선정해야 한다.

4.6.2.3 설계의 기본

(1) 설치수위의 선정

① 물 관리계획에서 요구되는 수위제어의 목표치 즉 관리수준에 따른 체크수위를 유지 확보하기 위하여 체크 게이트의 설치간격, 장소 및 설치 개소수를 결정하여야 한다.

② 따라서 체크 게이트의 배치는 분수공 설치장소, 수로단면의 변화지점, 물넘이, 방수 공의 위치와 함께 검토할 필요가 있다.

③ 또 다음 지점에서는 수위조절시설을 설치하지 않는 것이 바람직하다.

가. 수로의 곡선부 및 그 직상·하류부, 대분수공 등의 직상·하류부에서 수위변화가 심한 지점

나. 대성토 및 연약 지반 등의 불안정 지점

다. 관리상 불편한 지점

(2) 상류수위 제어방식의 계획에서 설치위치 등 설계 기본지침은 다음과 같다.

① 전 수로계통에 일관된 방침에 따라 설치계획을 수립한다.

② 물넘이, 방수공의 바로 하류측에는 수위, 유량의 조절이 될 수 있는 수동조절시설을 설치한다.

③ 대분수공, 중요분수공 직하류지점에는 수위자동조절시설을 설치한다.

④ 하류에 체크를 설치할 경우 그 체크에 의한 체크수위가 상류 체크지점에서 거의 계획수심의 1/2 이상 확보를 표준으로 한다. 그러나 높은 절·성토구간, 유지관리상의 편의, 기초지반, 지형의 변화점 등도 충분히 고려해야 한다.

(3) 체크 형식(특히 자동체크)에 따라서는 파동과 편류 등 수리적 조건에 따라 헌팅(Hunting) 등을 발생시켜 관리상 심한 불편을 주는 경우가 많으므로 수로선형의 상·하류 구조물 등의 관계를 고려하여 최종 결정한다.

4.6.2.4 체크형식의 선정

(1) 체크의 형식을 선정할 때는 선택할 체크시스템의 방법, 물관리계획에 따라 요구되는 정도, 조작, 물넘이 우회수로(by-pass)의 필요성 및 공사비 등을 종합적으로 판단하여 형식을 결정해야 한다.

- (2) 체크의 조절목표가 되는 수위, 유량, 유속 등의 요소와 물 관리에서 요구되는 정도에 따라 ① 게이트 유무와 작동방식, ② 통수형태(오리피스 월류), ③ 보조기구의 유무, ④ 우회수로의 유무, ⑤ 물넘이, 방수공이 병설 등 요소의 조합에 의하여 여러 가지로 분류할 수 있으나 대략 분류하면 게이트의 유무와 작동방식에 따라 자동식, 조작식, 조합식, 고정식으로 대별한다.

① 수동식 체크(Manual check)

- 가. 인력 또는 동력 등에 의하여 임의로 게이트를 조작하는 것으로 가장 일반적인 형식이다. 임의조작이 가능하나 시간적으로 연속하여 조절의 정도를 유지하는 것이 불가능하며 정확도를 확보하기 위해서 일정한 폭이 필요하다.
- 나. 수위조절의 경우에 바이패스를 설치하므로 체크수위는 계획수위의 20 ~ 30cm 낮게 설정한다. 기구도 단순하고 역사도 오래되어 설계지침으로 비교적 잘 정리되어 있다. 빈지식보(Stop-log check)가 원형이고 공사비도 비교적 저렴하다.
- 다. 자동식 체크는 수위유지가 주목적이나 조작식 체크는 유량도 조절하는 것으로 물넘이, 방수공과 조합하여 설치한다
- 라. 일반적으로 양측 또는 한 측에 월류형의 바이패스를 설치한다. 월류형이므로 수위변동이 작고 유량조절 기능은 큰 특성을 가지고 있어 바이패스 용량 범위 내에서는 본체 조작 게이트의 조절이 필요 없고 대체로 체크수위가 유지된다.
- 마. 조작식 체크에는 월류식 게이트에 의하여 상류수위를 확보하는 월류형, 오리피스형이 있다. 월류형은 수위조절을 주목적으로 한 것이며 오리피스형은 약간의 유량변동이 있더라도 항상 일정수위를 유지하도록 고안된 조절시설이다.

② 자동식 체크 (Automatic check)

- 가. 자동식 체크는 수위, 유량을 자동식으로 조절하는 것으로 부력 또는 전동력에 의해 상류 또는 하류수위를 일정하게 유지하도록 자동식으로 게이트가 조작되는 것을 말한다. 인위적 조작의 필요가 없어 편리하나 감도가 지나치게 예민하거나 기구가 복잡하여 고장이 생기기 쉬우므로 설치나 적용조건에 배려를 요한다. 동력원을 필요로 하는 것은 유지관리가 번잡하므로 주의할 해야 한다. 계획수위를 일치시킬 수 있으므로 수위관리에는 가장 효율이 좋다.
- 나. 또 자동식 체크는 조절하는 수위에 따라 상류수위 제어 게이트식과 하류수위 제어 게이트식으로 분류된다.
- 다. 자동식 체크에는 구체의 부력에 의해 자동적으로 작동되어 상·하류수위를 조절하는 자동게이트와 와트맨 게이트 또는 보통게이트와 자동조작용 기구를 조합한 것 등이 있으며, 일반적으로 가격이 고가이다.

(가) 상류수위 제어 게이트식 체크

- ㉞ 상류수위 변동시에는 게이트 문짝에 부대된 부자(float)와 게이트 후부에 부착된 카운터 웨이트(counter-weight)가 상류수위 변동에 따라 회전축을 중심으로 하여 균형을 이루고 게이트를 개방시켜 물을 방류하거나 보를 막아 수위를 일정하게 유지하는 것이다. 수로의 중간체크에 적합하다. 파랑, 편류 및 게이트 하류의 단파 등에 의하여 헌팅(hunting)을 일으키므로 터널, 사이펀, 암거 등의 직

전.후에 접속하여 설치하지 않는 것이 좋다.

- 게이트 2개 이상의 병설은 상호간에 헌팅이 발생하는 경우도 있으므로 배치에 특별히 주의해야 한다.
- 게이트부는 토사의 퇴적을 방지하도록 상·하류수로부터 수심을 얇게 함이 바람직하다.
- 위 게이트는 수위조절용 게이트이고 완전하게 수밀 되지 않아도 되므로 물넘이, 방수공 등의 통수차단을 필요로 하는 장소에는 사용을 피하는 것이 바람직하다.
- 게이트 상·하류의 수위차는 사용 수문에 대하여 일정한 제한이 있으므로 적용범위에는 특별히 주의해야 한다.

(나) 하류수위 제어 게이트식 체크

- ㉞ 문짝에 붙인 카운터 웨이트와 축심보다 뒤에 붙인 부자가 하류수위의 변동에 의하여 회전축을 중심으로 평행이 되고 제어수위 이상이 되면 부자가 상승하여 게이트립이 닫히며, 역으로 되면 개방되어 하류측 수위를 일정하게 유지하는 것이다.
- ㉟ 이 게이트를 사용하면 상류수위 변동이 클 경우에도 하류수위 (취수부)를 일정하게 하므로 편리하다. 또 상·하류의 수두차가 큰 경우에도 사용이 가능하나 손실수두가 크므로 공사비가 많이 든다.

③ 조합형 체크 (Combined type check)

가. 조합형 체크는 설계유량 중 본류는 조작식 체크 게이트로 유하시키고, 일부를 바이패스 월류보 대신에 소형의 자동식 체크 게이트로 유하시키는 것을 말한다. 개략 수위조작은 조작식 게이트로 하고 미세한 수위조정은 자동식 게이트로 한다. 일 변동유량이 적고 장기간에 걸쳐 변화가 적은 수로 또는 항상 일정유량 이상을 유하시키는 수로에 적합하고 조작식 게이트와 조합시킴으로써 자동식 게이트를 소형화하고 공사비절감, 유량 등의 조절능력증대, 인위적 조절빈도의 감소 등이 기대된다. 설계시에 유량의 분할비율은 설계유량의 내용 및 그 시기별 변화와 예측한 조작 회수를 검토하여 결정해야 한다.

④ 고정식 체크 (Fixed check)

- 가. 수위를 고정정보 등으로 유지하는 것으로 이 형식의 체크에는 월류형과 오리피스 형이 있다. 반고정식으로 설치하는 빈지보도 여기에 포함된다.
- 나. 고정식 체크는 수두에 여유가 있고 수위의 조절 폭이 커도 좋은 경우에 적합하다.
- 다. 수위변동은 크지만 최저수위는 확보되어 물넘이와 병설함으로써 유량의 개략적인 조절을 할 수 있다. 또 손실수두는 크나 고장은 거의 없고 공사비는 저렴하며 경제적이고 관리도 매우 용이하다. 더욱이 월류보 상류에는 토사퇴적이 되기 쉬우므로 토사배제방법을 검토할 필요가 있으며 물을 뺄 때를 대비해서 배수 게이트를 설치할 필요도 있다.

4.6.2.5 바이패스의 수리설계

- (1) 바이패스는 관리의 생력화를 위하여 가동보에 병설된 고정정보 부분을 말하고 상류구간에 발생하는 관리조절수량(분수공의 개폐에 의한 변동량 등)을 하류에 유하시켜 유효하게 이용하기

위하여 설치한다. 주로 조작식 체크에 설치하지만 타 형식의 체크에 대해서도 기능, 목적 등을 고려하여 설치적부를 검토하는 것이 바람직하다. 바이패스 능력은 수로, 각 시설의 배치 및 본 선수로의 통수단면 등을 고려하여 적정하게 결정해야 한다.

(2) 바이패스의 설계유량

① 바이패스 능력 결정방법은 다음과 같다.

가. 수로 설계유량에 근거하는 방법

$$QB = \alpha \cdot Q \mu$$

여기서, QB: 바이패스의 설계유량 (m³/s)

Q μ: 상류수로의 설계유량 (m³/s)

α: 계수(보통 α=0.1 ~ 0.2로 함)

나. 설계유량의 축소량에 근거하는 방법

$$QB = \beta \cdot QR$$

여기서, QB: 바이패스 설계유량 (m³/s)

QR: 설계유량의 축소량 (m³/s)

β: 1.00 이하임

설계유량의 축소량이라 함은 상류수로의 설계유량에서 하류수로의 설계유량을 뺀 유량임.

다. 상류구간의 분수공 설계유량에 근거하는 방법

$$QB = r \sum Q \tau D$$

여기서, QB: 바이패스의 설계유량 (m³/s)

$\sum Q \tau D$: 해당 체크와 직상류 물넘이 사이의 분수공 설계분수량의 누계 (m³/s)

r: 계수 (1.0 이하임)

(3) 바이패스의 월류수심

① 바이패스의 월류수심 즉, 체크수위와 설계수위와의 표고차는 관리상 각 체크별로 변화되는 일정치로 하는 것이 바람직하다. 바이패스의 월류수심은 일반적으로 20 ~ 30cm 정도로 한다.

(4) 바이패스의 월류길이

① 바이패스의 월류길이는 다음 식으로 산정한다.

$$L = \frac{Q_B}{C \cdot H^{3/2}}$$

여기서, L: 바이패스의 월류길이 (m) QB: 바이패스의 설계유량 (m³/s)

H: 바이패스의 월류수심 (m) C: 유량계수 (반원형의 경우 1.8)

(5) 바이패스의 단면

① 최소단면치수는 시공 또는 관리상의 필요치수로 정하지만 바이패스는 원칙적으로 직사각형단면으로 한다. 바이패스 단면 결정방법은 다음과 같다.

용배수로 시설 설계

가. 폭

$$B = \frac{Q_B}{V \cdot H}$$

여기서, B: 바이패스의 폭 (m) QB: 바이패스의 설계유량 (m³/s)

V: 체크하류(바이패스)의 유속 (m/s) H: 바이패스의 수심 (m)

나. 물받이(Cushion)

(가) 월류수의 충격을 완화하고 바닥을 보호하기 위하여 출구부분에 월류보를 설치할 수 있다. 이 경우 출구의 월류보에는 배수공을 설치하는 것이 좋다.

다. 덮개

(가) 바이패스에는 안전 및 관리작업상 덮개를 하는 것이 좋다. 또 바이패스의 월류수가 낙하하는 소음이 상당히 크기 때문이다.

4.6.2.6 게이트의 설계

(1) 게이트의 형식

- ① 체크에 사용되는 게이트는 그 사용목적에 적합한 형식을 선정해야 한다. 특히 자동식 게이트는 규격화된 것이 많고 적용수심, 적용폭 등에 유의하여 수리적으로나 구조적으로 안전하고 경제적인 형식을 선정한다.

(2) 게이트의 설계조건

- ① 게이트의 설계는 게이트의 사용조건에 적합하도록 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ② 즉, 형식, 치수(게이트의 높이, 경간장, 지점위치), 설계수심(전·후면 설계수심), 수밀 방법, 부식, 재질, 도장, 개폐기구 등을 고려한다.
- ③ 체크 게이트는 조절게이트이고 작동회수가 많으므로, 유황에 적응되고 진동발생이 적으며 견고한 구조로 한다. 체크 게이트를 설치함에 있어서는 게이트부근에서의 토 사퇴적을 방지하기 위하여 배사시설의 설치나, 게이트 부근의 수로바닥을 높여 게이트 부근의 유속을 상·하류 유속보다 약간 빨리 하는 등의 검토를 해야 한다. 보통 저항이 작아 진동발생이 적은 레이디얼 게이트가 많이 사용된다. 소형의 슬루스 게이트로 인력으로 조작하는 것은 장래 전동화에 대비하여 스피들과 프레임 등의 교체가 없도록 고려해야 한다.

(3) 단면 설계시 고려사항

- ① 게이트를 설치하는 단면의 수심은 상·하류 수로보다 약간 작게 하고 유속은 약간크게 하여 토사침전을 방지한다.
- ② 게이트의 종횡 비는 1:1 ~ 1:2 로 한다.
- ③ 대형 게이트보다는 소형 게이트 여러 개가 조절 및 경제적으로 유리한 때가 많다.
- ④ 조작식 체크의 바이패스 통수용량은 본선유량의 20% 정도를 확보하고 관리단위가 되는 구간에서는 계획단면의 대소에 불구하고 그 구간의 바이패스 용량을 통수량과 동일하게 해야 한다.
- ⑤ 자동식 체크에서는 작동불능을 고려하여 안전시설(예를 들면 어느 정도 상류에 월류식 물

넘이 설치 등)을 고려해야 한다.

- ⑥ 체크의 상류측 바로 근처에 최소 $\varnothing 300\text{mm}$ 정도의 예비배수게이트를 설치하면 관리 상 편리하다.

(4) 체크의 구조설계

- ① 체크에는 조작교가 필요하다. 조작교는 최소폭 60cm 이상이나 조작교 높이가 1.2m 이상일 때는 90cm 이상으로 한다. 조작교에는 핸드레일이 필요하다. 체크 상·하류 수두차에 의해 많은 침투수가 발생하므로 기초에 배수공(under drain)을 매설하고 하단에 밸브를 부착하여 수로내에 배수시킨다. 또 침투수에 의한 부력도 검토하고 전도, 활동, 침투로장에 대하여 안전해야 한다.
- ② 게이트를 설치하는 체크에서는 상·하류의 수리조건에 대한 구조적 안정과 충분한 침투로장을 확보하도록 해야 하며 필요하면 지수벽을 설치한다.
 - 가. 전도에 대하여는 활동이나 침투로장에 대한 것과 같이 중요하지는 않지만 좁고 높은 구조일 때는 체크의 상류수심이 최대가 되고 하류수심이 최소 또는 부력이 최대일 경우를 고려하여 안정하게 설계해야 한다.
 - 나. 활동에 대하여도 전도와 동일한 조건으로 검토한다. 활동계수(수평력과 부력을 감안한 수직력의 비)는 기초지반에 따라 다르며 점토 0.3, 사토 0.4, 사력 0.5로 한다.
 - 다. 체크 게이트(제수문)의 길이는 ① 침투로장, ② 도수의 길이에 따라 「KDS 67 1500 취입보편」을 참조하여 설계한다.

4.6.3 수로의 물넘이

- (1) 수로 물넘이는 수로조직의 관리상 발생하는 잉여수 또는 유입홍수량을 안전하게 배제하기 위하여 설치하는 조절시설이다.
- (2) 수로 물넘이의 배치 및 구조형식은 분수공의 위치와 분수량, 수로조직을 구성하는 각종 시설의 배치상황, 물 관리방식, 방수로의 조건 등을 고려하여 잉여수의 배제가 안전하게 되도록 해야 한다.

4.6.3.1 일반사항

- (1) 수로는 보통 설계유량을 대상으로 하여 설계되지만 그 외에 출현빈도에 따라 중요 시설에 지장을 미친다고 생각되는 유량에 대하여도 검토되고 있다. 그러나 수로도 중에서의 유입홍수량 및 계획분수불능에서 발생하는 잉여수가 집중하여 수로의 통수능력 이상으로 될 때는 이들 잉여수를 안전하게 배제하기 위하여 수로도중에 물넘이를 설치한다. 또한 게이트의 조작 미비, 부유물 등의 통수방해물에 의한 수위상승 등의 위험을 방지할 목적에서도 물넘이 설치를 검토한다. 따라서 수로 물넘이는 수로단면의 축소에 의한 공사비 절감과 물넘이 설치에 따르는 공사비 증가와의 비교검토에 의하여 규모, 구조가 결정된다.
- (2) 한편, 설계에서는 수로조직상 필요한 기능을 확보함과 동시에 그 수로조직이 수로 구조적으로 안전하도록 사용목적에 적합한 물넘이 형식의 선정과 설치에 대하여 검토해야 한다. 일반적으로 물넘이는 방수공과 병설되며 물넘이 지점에서 본선 수로의 단면을 축소시킨다.

4.6.3.2 물넘이의 형식

(1) 수로 물넘이는 구조적으로 유입형상에 따라서 월류형 물넘이와 사이편형 물넘이로 분류된다.

4.6.3.3 설계의 기본

(1) 월류형 물넘이

- ① 월류형 물넘이는 수로측벽의 일부에 월류보를 설치하여 웨어마루를 설계수위와 일치시켜서 수로내의 잉여수를 월류시켜 배제하는 형식이다. 또한 잡물, 얼음 등의 부유물을 잉여수와 함께 수로 밖으로 배제시키는 역할도 한다. 월류형 물넘이는 물넘이의 기능에서 가장 중요한 작동이 확실하고 안전성이 가장 높다. 이 형식은 비조작형으로 월류수심이 낮기 때문에 완전한 기능발휘를 위해서는 연장이 긴 월류보가 필요할 때가 많아 일반적으로 하류에 설치되는 체크 게이트나 조작형 수문식 물넘이와 조합하여 설치함으로써 공사비절감과 기능확대를 기하고 있다.
- ② 월류형 물넘이는 작용중 상류단과 하류단의 월류수심이 다르고 그 사이의 월류수심의 변화에 문제가 있어 수리계산방법에도 여러 가지 제안이 있다.

가. 수리설계

(가) 방류유량의 설계

㉞ 방류량 = 상.하 단면 차인 유량 + 단면내 홍수유입량

㉟ 단면내 홍수량: $Q = 0.002778 f \cdot r \cdot A \text{ (m}^3/\text{s)}$

여기서, f: 유출계수

A: 유역면적 (ha)

r: 홍수도달 시간내 강우강도 (mm/h)

(나) 유량공식

㉞ 엔겔 (Engel) 공식

· 본선 수로의 횡월류 물넘이에는 수면 변화 때문에 $\pm 10\%$ 내외의 정확도를 가진 엔겔 공식을 사용한다. 주수로 폭이 점차 축소되어 상류로 흐를 때 적 용되는 것으로 평야부 수로에 사용된다.

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{L^{2.5} h^{5.0}}$$

$$\text{또, } L = 0.48 \cdot Q^{1.2} h^{-2}$$

$$\text{뿔쪽 보일 때 } \frac{2}{3} \mu = 0.49 \sim 0.48$$

$$\text{넓은 마루 보일 때 } \frac{2}{3} \mu = 0.57$$

여기서, Q: 물넘이 월류량 (m³/s) h: 월류평균수심 (m)

L: 물넘이 길이 (m) μ : 월류계수 (0.644 정도)

㉔ 伊藤, 本間 공식

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} L h^{3/2}$$

여기서, Q: 물넘이 월류량 (m³/s) h: 물넘이 월류평균수심 (m)

L: 물넘이 길이 (m) μ : 월류계수 (0.50 ~ 0.55)

나. 주수로가 균일한 경우

(가) 적용조건

㉔ 수로의 평면형이 직선일 때

㉔ 물넘이 길이(L)는 수로폭(B)의 2배 이상이고 물넘이 상류단의 프루드 수(Fr)는 $(0.05L/B+0.4)$ 이하일 것

㉔ 수로폭(B)과 수심(H)과의 비(B/H)가 1.5 ~ 2.0 범위일 것

· 물넘이 길이가 긴 경우에는 일반적으로 월류형 물넘이의 하류단에서 월류수심이 영으로 되어 물넘이 통과후의 수로수심은 계획수심(보의 높이 D)보다 높게 된다. 따라서 수리설계를 할 때 우선 고려할 점은 물넘이를 유하한 하류수로에서 방류시 수위를 계획수위보다 어느 정도 높게 취할 것인가를 정하는 일이다. 허용하류수심(H2)과 계획수심(D)과의 비율(H2/D)이 1.05 정도에서는 좋은 방류효과를 기대하기 어렵고 물넘이 길이를 길게 해도 효과는 적다. 그러므로 방류량을 증대시키려면 측면보 물넘이 하류단의 수위를 높게 한다. 일반적으로 과잉유입량이 계획통수량에 대한 비율이 33% 이상일 때 측면보 물넘이 설치효과가 크다.

(나) 월류량 산정

㉔ 물넘이 상류단 보높이 h1 과 물넘이 하류단 보높이 h2를 가정한다.

㉔ 하류의 설계유량에서 물넘이 하류단 월류수심 He2를 계산한다.

㉔ 보길이 L 및 물넘이 상류단의 수심 He1을 가정하여 평균월류수심 Hem을 구한다.

㉔ 가정한 모든 수치를 사용하여 아래 식으로 월류량을 계산한다.

$$Q_w = C \cdot L \cdot H_{em}^{3/2}$$

여기서, Qw: 물넘이의 월류량 (m³/s)

$$C: \text{월류계수} = 1.838 (1 + 0.0012/H_{em}) (1 - \sqrt{H_{em}/L} / 10)$$

Hem: 평균월류수심 $\{(He1+He2)/2\}$ (m)

He1, He2: 물넘이의 상·하류단 월류수심 (m)

㉔ 수로의 측면보 구간에 있어서 마찰손실수두(Hf)와 여수의 손실수두(Hb)는 아래 식을 이용하여 계산한다.

$$H_f = \left(\frac{n^2 \cdot V_m^2}{R_m^{4/3}} \right) \times L$$

$$H_b = f_b \frac{V_1^2}{2g}$$

여기서,

$$f_b = 0.52807 Qr - \sqrt{0.0788 Q + 0.0003} + 0.0171$$

n : Manning 조도계수

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

V_1, V_2 : 상·하류단 단면의 평균유속 (m/s)

$$R_m = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (R_1, R_2: \text{상·하류단의 경심})$$

Qr : 여수의 비(Q_2/Q_1)

Q_1 : 상류측 유량 (m^3/s)

Q_2 : 하류측 유량 (m^3/s)

㉞ H_f 와 H_b 의 값을 계산한 후 아래 식이 성립하는지 검토한다.

$$E_1 = E_2 + Z + H_f + H_b$$

여기서, E_1 : 상류단의 비에너지($=H_1 + \frac{V_1^2}{2g}$) (m)

E_2 : 하류단의 비에너지($=H_2 + \frac{V_2^2}{2g}$) (m)

· 위의 식이 성립되지 않을 때는 물넘이 길이(L)와 상류단 월류수심 (H_{e1})을 수정하여 식을 까지 계산을 반복한다. 그래도 조정이 안 되면 맨 처음으로 되돌아가 하류단 월류수심 (H_{e2}) 값을 검토하여 수정 계산한다.

다. 설계요령

(가) 물넘이의 월류수심이 Δh 인 경우에 파랑영향에 의한 수면 상승을 고려하여 수로의 계획수면보다 물넘이 보마루의 표고를 높게 하며 물넘이 높이 계산은 적절한 수로의 여유고와 설계기준을 고려하여 아래 <표 4.6-1>과 같이 한다.

〈표 4.6-1〉 물넘이 보마루 높이(m)

월류수심 (Δh)	계획수면에서 물넘이 보마루까지의 높이
0.10	0.05
0.12	0.08
0.15	0.10
0.18	0.12
0.25	0.15

작은 수로에서는 보통 물넘이의 마루표고를 설계수면보다 5 ~ 15cm 높게 정하나 대 간선수로($Q=10\text{m}^3/\text{s}$ 이상)에서는 설계수면과 일치시킨다.

(나) 월류수심은 월류유량에 따라 수로의 여유고와 물넘이 연장을 고려하여 적절히 정한다.

(2) 사이편형 물넘이

- ① 사이편형 물넘이는 일반적으로 월류형 물넘이가 불가능할 경우나 만수위에서 홍수위까지의 높이를 낮게 할 목적으로 설치한다. 사이편형 물넘이의 결점은 월류형에서 통수량이 서서히 증가하는데 비해 급격히 계획 홍수량이 배출되어 하류에서 하상 침식이나 피해가 생길 수 있는 것이다. 그러나 여러 개의 사이편을 병렬로 설치하면 이런 위험도 피할 수 있다.
- ② 또한 사이편형은 2개 이상을 병렬하여 설치할 경우 각각 동시에 시동하는 일은 곤란하므로 다소 시간적 변화가 있다. Mobirney형 사이편 물넘이는 미국 USBR의 Mobirney가 1958년에 제안하였다. 이것은 디플렉터(deflector)에 떨어진 제트(jet)의 낙하에 의한 교란을 이용하고 공기배제를 하여 안정된 사이편 시동을 하고 또한 유속수두를 약간 감소시킬 수 있다.
- ③ 사이편형 물넘이의 월류조건은 정점 A에서 최저압력이 되고 이 점에서의 압력이 수중 용존 공기배출의 한계압 이하로 되지 않는 것이다.
- ④ 아래의 식의 우변은 한계압을 대기압수두 H_a 의 0.7 배로 하여 구한 사이편의 작동한계이다. 이용수두에서 구한 좌변의 유량이 이 이상이면 사이편 작용이 불안정하게 되므로 이 값이 설계의 기본조건으로 된다.

$$q = \frac{Q}{B} = C \cdot D \sqrt{2gH} \leq R_c \sqrt{0.72(2gH_{at})} \cdot I_n(R_s/R_c)$$

여기서, q : 단위폭당 월류량 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) Q : 월류량 (m^3/s)

B : 직사각형단면관의 폭 (m) D : 관경 (m)

H : 사이편 정부 A점과 출구수면과의 표고차 (m)

C : 유량계수

R_c : throat 저면의 곡률반경 (m) H_a : 대기압수두 ($\approx 10.33\text{m}$)

4.6.3.4 물넘이 설치위치의 선정

- (1) 수로 물넘이는 보통 통수능력을 감소시키는 위치 즉, 수로단면이 변하는 지점에 설치하지만

용배수로 시설 설계

설치에 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 물넘이는 수로도중의 분수공의 수 및 그 유량 또는 유입 구조물의 수와 그 유량에 따라 설치를 검토한다. 일반적으로 구간의 잉여수 유량이 수로의 여유고로 처리할 수 없을 경우에 물넘이를 설치하나 4 ~ 5km마다 1개소 정도를 설치하는 것이 바람직하다.
- ② 크고 긴 사이펀, 터널, 암거 및 수로교의 직상류부에서는 물넘이의 설치를 검토한다.
- ③ 높은 흙 쌓기 등 구조적으로 불안정한 곳이나 시가지를 통과하는 경우에는 그 직상류부에 물넘이의 설치를 검토한다.
- ④ 양수장의 직상류 부근에는 물넘이를 설치할 필요가 있다.
- ⑤ 물넘이에서의 방류량을 받는 하천, 조절지 등의 시설유무 및 규모에 따라 물넘이 설치계획은 크게 좌우된다. 따라서 물넘이로부터의 방류시설의 위치 및 규모 등에 대하여 미리 조사하여 물넘이 설치계획을 충분히 검토해야 한다.
- ⑥ 물넘이 설치에 따른 수로단면의 축소에 기인하는 수로 공사비 감소와 물넘이-방수로-감세공의 공사비를 비교하여 수로 물넘이의 위치, 규모 등을 검토해야 한다.

4.6.4 방수공

- (1) 방수공은 수로의 보수, 점검, 사고시의 긴급방수 등을 위하여 설치하는 조절시설이다. 방수공의 배치 및 구조형식은 수로조직을 구성하는 각종 시설의 배치상황, 수로의 물 관리와 유지관리조건, 방수로와 방류하천 상황 등을 고려하여 방수가 안전하게 되도록 결정해야 한다.

4.6.4.1 일반사항

- (1) 수로의 보수점검, 퇴적토사, 쓰레기 제거 등 관리상 수로의 물을 빼야 할 경우와 수로시설의 사고 등으로 긴급하게 낙수를 해야 되는 경우가 있다. 그러므로 보수점검개소 및 긴급방수발생 개소의 상류에서 유수를 방류하기 위하여 필요에 따라 방수공을 설치한다. 방수공은 방류하천의 상황, 그 외의 물넘이, 방수공, 분수공 등에서의 분산방류 가능성, 긴급방류시의 배제시간 등을 검토한 후에 방수공을 적정하게배치할 필요가 있다.
- (2) 방수공의 최대 방류량은 그 지점의 계획관개수량에 수로내로의 유입량을 합한 양으로 하는데 이는 비상시 최악의 상태이다. 이 양을 배수로 또는 하천에 방류하면 배수로나 하천의 단면이 부족하게 되어 배수로나 하천을 정비할 필요가 있으므로 경제성을 다각적으로 검토하여 결정해야 한다.
- (3) 물넘이나 방수공은 수로조직의 보호를 위하여 설치되기 때문에 수로의 여유고와 관계가 있으며, 잉여수량을 고려하여 물넘이나 방수공을 설치하되 이와 연결되는 방수로도 고려하여 그 위치를 결정한다.
- (4) 긴급 방수시의 설계 방류량은 수로의 설계유량으로 하며 일반 관리용에는 방류하천의 유입상황, 분수공 물넘이 등의 시설로부터의 분산방류가능성, 방류시간을 고려하여 시설의 단면을 작게 하는 것이 경제적이다. 또 방수공은 물넘이와 병설하는 경우가 많다.
- (5) 방류수의 흐름은 급류가 될 경우가 많고 설계시는 지형, 지질, 지반 등의 입지여건을 고려하여 수리구조적으로 안전하게 배제할 수 있도록 한다.

- (6) 물넘이, 방수공은 보다 낮게 있는 하천, 배수로 또는 기존 유지에 가까이 있으나 대부분 출구와는 상당한 낙차가 있어 급류공이나 낙차공으로 계획하여 유수 에너지를 감세시켜 수로의 파손이나 세굴을 방지해야 한다.

4.6.4.2 방수공의 구성

- (1) 방수공은지형조건 및 방수공 위치에 따라 오리피스 공식이나 낙차공식으로 단면을 결정하며, 용수로에서 방류할 때 문비는 슬라이드 게이트를 주로 사용한다.
- ① 유입부: 입구 완화공, 방류게이트부
 - ② 방수로: 접속수로부, 급류부 및 방사류부
 - ③ 감세공: 감세지, 출구완화공 (또는 감세구조물)

4.6.4.3 설계의 기본

- (1) 방수공의 설치위치선정

- ① 방수공의 설치시에 유의할 사항은 다음과 같다.

가. 크고 긴 터널, 사이편, 암거 및 수로교 등 주요 구조물 직상류부에는 재해시 긴급방수가 가능하도록 방수공을 설치한다.

나. 시가지 입구부근이나 지형적으로 불안정한 곳에는 그 직상류부에 ①과 동일한 방수공을 설치한다.

다. 수로의 유지관리상 설치하는 방수공은 ① 및 ② 방수공의 위치도 감안하여 경제적이고 유지관리에 편리한 간격으로 설치한다.

라. 방류하천 등의 능력에 따라 방수공의 설치계획은 크게 좌우된다. 따라서 방류수를 받아들이는 하천이나 배수로 등을 미리 조사하여 노선선정 및 공중선정시에 방수공 설치계획을 충분히 검토해야 한다.

- (2) 방수공의 설계

- ① 방수공 각부의 설계에 있어서는 시공의 경제성, 구조물의 안전성을 확보하여 방류가안전하게 이루어지도록 해야 한다.

- (3) 방수구의 수리설계

- ① 방수구는 설계방류량을 안전하게 방류시키는 구조로 하여야 한다. 또 방수 게이트 부는 대량의 물이 일시에 방류되므로 특히 견고한 설계를 해야 한다. 또한 방수구가 고위부에 있을 때는 수로의 누수와 지상에서 지하수유동에 의한 활동을 방지하기 위하여 구조물에는 지수벽의 설치 등을 고려할 필요가 있다.

- ② 수리설계에서 방수구에 부여된 조건은 다음과 같다.

가. 시점의 에너지고는 본선의 설계유량에 유입홍수량을 합한 유량시의 수위로 한다.

나. 유입부 또는 경사변화점에서 한계수심이 될 경우에는 그 한계수심을 기점으로 하여 급류수로의 수리계산을 한다.

다. 수로의 방수공에 도달하는 최대유량계정

(가) 최대방류량 = 계획유량 + 단면내 홍수량 + 유입량 (물넘이 참조) 단면내 홍수량 q

$$= 0.002778 \text{ f.r.A}$$

(나) 최대방류량으로 단면을 검토하였을 때 토공에서는 여유고의 2.5%, 라이닝에서는 5% 이내를 월류수심으로 하고 그 값을 초과하여서는 안 된다.

(다) 양수장으로부터 유입하는 경우는 모든 양수기가 가동될 때 최대수두로서 흐르는 최대설계유량으로 한다.

(라) 중력식 흐름에서는 분수문의 게이트가 완전히 열리고 체크 게이트는 좌우의 측면보를 월류하는 물은 최대수심으로 흐른다고 본 상태에서 가능한 최대유량을 취한다.

(마) 간선수로에서 지선 및 지거로 분기되어 있는 수로의 방수공은 방수공 상류부의 유량을 취해야 하나 인접상류부의 설계유량을 초과해서는 안 된다.

(4) 게이트의 설계요령

- ① 게이트는 설계유량을 충분히 배제시킬 수 있는 구조로 설계하고 게이트를 완전히 개방하였을 때 방수구를 통하는 최대유속은 1.2m/s를 표준으로 한다.
- ② 게이트를 통과하는 유량공식은 오리피스 공식을 사용하여 계산한다.
- ③ 배수구조물과 방수공을 병용할 경우에는 횡단배수량이 방수공으로부터 배제되는 유량을 합한 단면 이상으로 설계한다.
- ④ 방수공의 유입부 및 배출부에는 지형 및 지역여건에 알맞은 보호공을 설치한다.
- ⑤ 게이트 중심선이 되는 위치 표고가 수로의 계획수위보다 낮게 설치한다.

(5) 방수로의 설계

- ① 방수로는 일반적으로 급류인 경우가 많고 수리설계상 개수로 형식이 바람직하나 지형, 관리, 주변환경에 의하여 개수로 이외의 공종을 채택하는 경우는 그 통수능력 등 안전성에 따른 각종의 배려가 필요하다.

② 설계상의 유의사항

가. 게이트가 전개 또는 반개상태로 사용될 경우에는 방수구에서 유출되는 분출수의 도수는 접속수로내에서 일어나도록 함이 바람직하다. 접속수로가 짧고 분출수가 급류부에 도달하는 경우에는 유수가 수로저면에서 이탈되지 않도록 수로저면을 설정할 필요가 있다.

나. 물넘이와 방수로를 병설하는 경우의 합류는 접속수로내에서 하는 것이 바람직하다.

다. 급류부의 선형은 직선이고 균일한 경사가 바람직하나 부득이 곡선으로 하는 경우는 유선에서 벗어나지 않도록 설계해야 한다.

라. 방사류부는 급류부의 말단과 감세지를 연결하는 부분인 동시에 수로 폭과 바닥경사의 변화부이다. 방사류부의 주된 기능은 다음과 같다.

(가) 방사류부에 낙차를 집중하고 급류부 경사를 완만하게 하여 유속을 억제한다.

(나) 감세지로의 유입폭을 확대하여 단위폭당 운동량을 감소시킨다.

(다) 유입폭의 조절에 의해 감세지 시점의 프루드 수를 조절하여 양호한 도수상태가 되도록 한다.

(라) 방사류부에는 유선에서 벗어나지 않도록 하기 위하여 다음과 같은 곡선을 삽입하

는 것이 바람직하다.

㉔ 급경사의 경우

· 급류공의 방사류부에 사용하는 삼입곡선을 사용한다. (「낙차공 및 급류공」을 참조)

㉕ 완경사의 경우

· 수심의 4 ~ 5배 이상의 반경을 갖는 원호를 삼입한다.

③ 방수로의 수면추적

가. 한계수심이 발생하는 지점(지배단면)은 방수 게이트에서의 유출수가 수중유출인 경우에는 방수 게이트를 급류부 시점으로 하고, 자유유출인 경우에는 게이트 직하류의 축류(縮流)단면으로 한다. 수리계산은 지배 단면을 기점으로 하여 축차계산법을 사용하여 하류로 향하여 계산한다.

나. 급류부 유속은 고속류로 되기 때문에 특별히 방수로의 측벽고 산정에는 공기혼입에 의한 수면상승을 고려함과 동시에 충분한 여유고를 확보해야 한다.

다. 또 급류부를 암거로 하는 경우는 공기연행에 의한 통수방해를 막기 위한 통기공 등의 흡입·배기공 또는 밸브를 설치할 필요가 있다.

(6) 감세공의 설계

① 방수로 말단에는 원칙적으로 감세공을 설치해야 한다. 단, 방류수가 하천, 호소 등의 시설을 파손할 위험이 없는 경우는 감세공 설치를 생략할 수 있다.

② 감세공은 설계방류량 이하의 유량에서는 충분한 감세효과를 얻지 못하는 경우가있으므로 설계방류량의 1/2 ~ 1/4 정도의 유량에 대하여 충분한 검토를 하여야 한다.

③ 감세공에는 여러 종류의 형식이 있다. 따라서 감세공 형식선정에는 각각의 감세공형식의 수리특성, 수로본체의 감세공과의 위치관계(거리, 표고차 등), 감세공 부근의 지형, 수리특성(방류하천의 수위 등) 및 방류하천의 상황 등의 제 요소를 충분히 고려하여 적절하게 선정하는 것이 바람직하다. (「KDS 67 10 00 농업용 댐」 참조)

4.6.5 조절지

- (1) 조절지는 용·배수 계획상 발생하는 유량 또는 수위의 시간적 변동에 대하여 수로의 기능을 탄력적으로 조절할 수 있도록 수로조직내에 설치된다.
- (2) 조절지 설계는 수로조직 전체의 물 관리상 필요한 이수기능을 충분히 발휘하도록 조절지의 설치위치, 용량규모, 구조형식 등에 대하여 검토하고 수로조직 전체의 공사비 및 관리비가 경제적으로 되도록 해야 한다.

4.6.5.1 일반사항

- (1) 용수계획에 있어 말단에서의 조작은 물 수요에 따라 게이트 밸브조작이 이루어지나 취수구 또는 간지선 수로에서는 이러한 물 수요에 대하여 여러 측면에서 조절을 고려하면서 수로 통수량에 적합한 게이트 밸브조작이 이루어진다.
- (2) 조절지는 송수의 수요와 공급의 균형을 잘 확보하는 것, 즉 취수량, 수로 통수량 및 용수량 등 3

가지가 균형을 이루도록 조절함으로써 물 관리상 발생하는 무효방류나 불균형을 방지함과 동시에 수로기능을 유기적이고 탄력적으로 유지하기 위하여 설치하는 저수지이다.

(3) 조절지의 주요 효과는 다음과 같다.

- ① 조절지 상류부의 간선수로단면을 축소할 수 있다 (배수로의 경우 조절지 하류의 배수단면을 축소할 수 있다).
- ② 수로조직을 단순화하여 관리의 생력화를 기할 수 있다.
- ③ 하천에서 취수하는 경우 시설관리용수량을 최소화할 수 있다.
- ④ 물의 분배가 원활하여지고 물의 조작손실을 적게 할 수 있다.
- ⑤ 조절지 상류수로의 유지보수, 사고대책 등에 있어 탄력적 운용이 가능하다.
- ⑥ 관개조직의 탄력성을 증가시켜 수로말단지역관개를 원활하게 한다.
- ⑦ 배수로에서는 홍수조절이 되는 경우도 있다.
- ⑧ 용·배수펌프의 효율적 운전계획을 세울 수 있다.
- ⑨ 관로내의 공기연행을 방지할 수 있다.

4.6.5.2 조절지의 위치선정

- (1) 조절지의 설계는 수로의 입지조건, 관개지역과의 수위관계 등을 고려하여 수로조직에서 요구되는 기능을 충분히 발휘하도록 배치계획을 검토해야 한다.
- (2) 특히 물관리면에서 고려하면 관개구역내의 수로에서는 짧은 구간에 많은 조절지를 설치하는 것이 이상적이나 전체적인 경제성을 고려하면 비효율적 설계가 되므로 시설비 및 물 관리의 제 사항을 충분히 검토하여 적절하게 조절지를 배치하는 것이 필요하다. 또 기존의 저수지를 조절지로 이용하여 수로에 연결할 수 있다면 효율적이다.
- (3) 따라서 조절지를 설계할 때는 미리 수로조직내에 있는 기존 저수지의 위치, 규모, 시설상태 등을 상세히 조사하여 이용가능성을 충분히 검토해야 한다.

4.6.5.3 조절지의 규모

- (1) 조절지 규모는 수원용량으로부터 말단의 물이용 조직까지의 전체적 관련성을 고려하여 종합적으로 검토해야 한다.
- (2) 조절지는 1일 유량변동을 조절하는 경우, 기간별로 3 ~ 5기의 유량변동을 조절하는 경우 및 용수도달시간을 고려하는 물 관리상 필요한 경우의 3가지로 대별된다.
- (3) 조절지 용량은 상류 통수량, 하류 사용수량의 시간차, 용수도달시간에 따라서 필요한 저류량을 수원저수지와 같이 유입유출의 차의 누계량으로 구한다.
 - ① 1 일 유량변동을 조절하는 경우 및 시간별로 3 ~ 5기의 유량변동을 조절하는 경우 조절지 용량에 대하여는 KDS 67 40 00 농지관개편을 참조한다.
 - ② 용수도달시간을 고려한 물 관리상 필요한 경우
가. 물 관리상 필요한 조절용량은 다음과 같다. 즉 수로계 상류부에 개수로가 있으면 상류에서 통수량을 변화시켜도 그 영향이 늦어 도달시간을 필요로 한다. 이에 대하여 관수로에서는 그 영향이 예민하므로 도달시간을 필요로 하지 않는다. 이 때문에 물 관리상

조절 불가능한 하류의 용수 변동량과 상류 용수로의 용수도달시간, 시설조작에 필요한 시간 등을 토대로 용량을 결정한다.

나. 이들 중 용수도달시간은 수로바닥 길이, 수로바닥 기울기, 유량 변동량, 게이트조작 방법 등에 따라 크게 좌우되므로 개수로 구간에 대하여는 부정류 해석에 의하여 검토한다.

다. 개략적인 용량은 용수도달시간을 산정하여 이 도달시간에 변동량을 곱하여 산정할 수 있다. 상세한 것은 KDS 67 40 00 농지관개편을 참조한다.

4.6.5.4 조절지의 설계

- (1) 조절지는 소요목적 및 기능을 충분히 발휘함과 동시에 안전하면서 경제적인 시설이 되도록 계획되어야 한다.
- (2) 조절지의 설계는 조절지 위치의 지형, 지질 및 조절지 규모를 고려하여 적절한 구조형식을 선정해야 한다.
- (3) 조절지는 하천 등을 가로막는 등 비교적 대규모로 설치하는 댐 형식과 팜폰드와 같은 수조형식으로 구별된다.

① 댐 형식

가. 댐 형식의 조절지는 KDS 67 10 00 농업용댐을 참조하여 설계한다.

② 수조 형식

가. 수조의 형식은 현지여건에 적합하도록 결정해야 하지만 일반적으로 기성 제품을 사용하는 수조에는 원형, 현장 타설 철근콘크리트의 경우는 상자형으로 하는 것이 많다.

나. 조절지는 부등침하, 누수 등에 대하여 안전한 구조로 한다. 특히 관수로와 접속하는 경우는 하류수로에 미치는 영향을 고려하고 지진에 대한 주의와 함께 토사 및 쓰레기 등이 하류 관수로에 유입되지 않는 구조로 한다.

다. 팜폰드와 같이 배수조로 사용되는 것은 유효저수심(최고, 최저 수위차) 1~3m를 표준으로 한다. 수심이 너무 커지면 급수압력에 변화가 생겨 관수에 지장을 주므로 얇고 넓은 수조로 설치하는 것이 바람직하다.

라. 수조에는 물넘이를 설치하여 위험시에 안전대책을 강구해야 한다.

마. 수조의 여유고는 설계최고저수위(물넘이의 독마루표고+월류수심)에 0.3m 이상을 더한 것으로 한다. 또 설계최저수위에서 바닥까지의 높이는 0.15m 정도의 여유를 두는 것이 바람직하다.

4.6.6 배수문, 배수통문

- (1) 배수문, 배수통문은 내수 배제, 외수 역류방지 등을 위하여 주로 배수로 말단에 설치한다.
- (2) 배수문, 배수통문의 설계는 계획배수량 및 내외 수위조작 등으로 통수단면을 결정하고 기초 지반의 지지력과 풍파 등을 고려하여 안전한 구조로 하여야 한다.

4.6.6.1 일반사항

용배수로 시설 설계

- (1) 배수문, 배수통문은 내수배제를 목적으로 하천, 해안 또는 해안의 제방을 횡단하여 설치되는 구조물로서 게이트를 설치하여 홍수시 또는 만조시의 외수위가 높을 때는 게이트를 닫아 외수의 역류를 방지하고 외수위가 낮을 때는 게이트를 열어서 내수를 배제하는 것이다.
- (2) 용·배수 겸용수로에서는 용수수위를 확보하기 위하여 설치하는 경우도 있다.
- (3) 일반적으로 상부가 개방되어 게이트 전후가 개수로 형식으로 되어 있는 것을 배수문, 제방 밑에 설치되는 암거 형식으로 되어 있는 것을 배수통문, 단면이 작은 것을 배수통관이라 한다. 그러나 본 기준에서는 배수통문, 배수통관을 총칭하여 배수통문으로 취급한다.
- (4) 이들의 설치에 지구 배수계획을 토대로 내외수위의 관계를 조사 검토하여 적절히 설치하는 것이 바람직하다. 배수문, 배수통문은 목적을 충족하고 충분한 기능을 확보함과 동시에 안전성, 경제성, 시공성, 관리의 편리성을 갖는 설계를 해야 한다.
- (5) 일반적으로 배수문, 배수통문은 제방의 일부를 점유하며 그 접속점은 수리적, 구조적으로 약점이 될 수 있으므로 설계, 시공에 특히 유의해야 한다.
- (6) 상세한 것은 「KDS 67 45 00 농지관개편 배수편」을 참조한다.

4.6.6.2 배수문, 배수통문의 구성

- (1) 배수문, 배수통문은 그 목적, 규모에 따라 여러 종류의 형식이 있으나 구성을 대별하면 다음과 같다.
 - ① 배수문의 구성
가. 관리교 나. 조작실 및 조작기계시설 다. 커튼월 (curtain wall) 라. 보기둥 마. 측벽 바. 저판 사. 게이트 아. 지수벽 (cutoff wall) 자. 접속옹벽 차. 물받이 (apron) 카. 기초 타. 호안공 및 바닥 보호공
 - ② 배수통문의 구성
가. 관 체 나. 기초 다. 흉벽 (breast wall) 라. 날개벽 마. 물받이 바. 지수벽 사. 문기둥 아. 게이트 (문비) 자. 게이트 개폐장치(권양기 spindle) 차. 관리교 카. 호안공 및 바닥 보호공

4.6.6.3 설계의 기본

- (1) 위치의 선정
 - ① 배수목적에 충분히 발휘하기 위하여 배수지구의 지형, 배수계통 등을 조사하여 가능한 한 효율이 높은 배수가 되도록 지구의 최저위부에 선정한다.
 - ② 기초지반이 연약한 곳은 지지력이 작고 부등침하가 발생하기 쉬우므로 지반에 대한지질조사를 충분히 하여 가장 양호한 위치를 선정한다.
 - ③ 파랑, 고조 등의 충격을 받지 않는 지점을 선정한다.
 - ④ 하천유사 및 토사퇴적에 의한 장애를 받지 않는 지점을 선정한다.
 - ⑤ 하폭, 제방비탈의 급변부 혹은 하천바닥이 불안정한 곳은 되도록 피하는 것이 바람직하다.
- (2) 바닥높이의 결정
 - ① 배수문, 배수통문의 바닥높이는 배수를 위해서는 낮을수록 효과적이지만 바닥높이를 너무 낮게 하면 공사비가 증가할 뿐만 아니라 문턱에 토사퇴적 등에 의하여 게이트 조작에 지장

을 초래하고 홍수시 역류를 일으킬 뿐만 아니라 배수능력을 감소시키게 된다. 또 하천을 횡단하는 배수문은 바닥높이가 적절하지 않으면 하천바닥이 심하게 변동하게 된다.

- ② 하천바닥변동은 구조물 안전에 큰 영향을 미치므로 바닥높이 결정에는 하천 유황, 배수능력 등을 충분히 조사하여 결정한다. 더욱이 하천법의 적용을 받는 경우는 「하천법」이나 「하천설계기준」 등에 의하여 결정해야 한다.

(3) 통수단면

- ① 통수면적은 유역면적, 강우량, 담수면적 및 내외수위를 충분히 고려하여 산정해야 한다.
 ② 유출량 산정은 「KDS 67 45 00 농지배수편」을 참조한다. 배수문, 배수통문의 통수단면은 하천의 설계홍수량 또는 수로의 설계유량을 안전하게 유하시킬 수 있는 능력을 갖도록 할 뿐만 아니라 배수본천 및 제방에 나쁜 영향을 미치지 않도록 통수 단면적을 확보할 필요가 있다.

(4) 배수문의 설계

- ① 배수문 설계는 「KDS 67 65 00 해면간척편」 및 「KDS 67 15 00 취입보편」을 참조한다.

(5) 배수통문의 설계

- ① 배수통문 관체는 압거구조로 되어 있어 보수, 보강이 곤란하므로 설계시에는 특히강도와 내구성을 충분히 갖는 구조로 해야 한다.
 ② 종단방향의 하중분포는 제방 밑에 매설하므로 균일하지 않고 지반조건이 다른 경우도 많다. 따라서, 구조설계시에는 횡단방향 검토는 물론 종단방향의 지반반력, 응력 등에 대해서도 충분히 검토할 필요가 있다.
 ③ 날개벽은 관체와 상류수로 사이에 있어 제방을 보호하기 위하여 설치하는 것이다.
 ④ 관체와 날개벽은 재하조건이 서로 다르기 때문에 관체와 날개벽을 일반구조물로 하면 접합부에 무리가 생기게 되므로 관체와 날개벽과는 분리하여 설계하는 것이 바람직하다.
 ⑤ 홍벽은 날개벽과 같이 제방 흩쌓기 보호, 제방내로의 침투수 침투방지 등을 위하여 설치하는 것이며 날개벽에서 제체내로 보통 1.0 ~ 1.5m 정도 좌우로 연장하여 설치한다.
 ⑥ 더욱이 안전을 위하여 홍벽 기초에 지수관을 타설하는 일도 있다. 또 외수측 홍벽은 게이트의 개폐장치를 유지하는 문기둥과 일체로 하는 것도 있다.

4.7 분수공, 합류공 및 계측시설

4.7.1 분수공

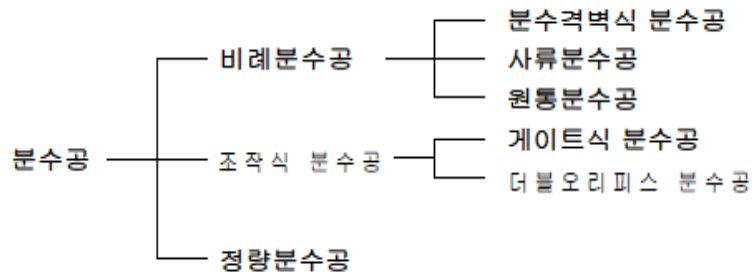
- (1) 분수공의 설치는 수로조직의 설계시 검토한 용수계통이나 분수공의 통폐합계획, 지역의 용수 관행이나 지역주민의 의향 등을 배려한 분수계획 및 노선배치가 이루어지도록 하는 동시에 소정의 기능을 갖춘 분수공이 되도록 배려해야 한다. 따라서 설계에서는 수리계획, 물관리방식, 수로형식 등을 고려한 분수공의 형식, 규모 및 설치수준 수로조직에 기초하여 설계상의 유의사항에 대하여 확인한 다음 시설을 설계한다.
- (2) 설치개소의 선정은 유지관리 및 구조 설계상 다음사항에 유의하여 선정한다.
- ① 지반이 양호한 지점일 것
 - ② 수익지에서 가까워 분수공의 유지·관리가 편리한 지점일 것

용배수로 시설 설계

- ③ 높은 성토 또는 깊은 절토는 가급적 피할 것
 - ④ 재해가 발생할 염려가 없는 지점일 것
 - ⑤ 시공이 용이한 지점일 것
 - ⑥ 수류가 안정되어 있는 지점일 것
 - ⑦ 필요한 수두를 얻을 수 있는 지점일 것
- (3) 또한 분수공은 물관리계획에 기초한 주수로나 주수로로부터의 분수량을 파악·제어하기 위한 유량계측시설이나 통신시설을 병설하는 경우가 있다. 따라서 이들 분수계획에서 요구되는 유량계측시설 등의 기능을 감안하면서 설계해야 한다.

4.7.1.1 분수공의 분류

- (1) 분수공형식을 그 기능의 적응성에 의해 분류하면 다음 <그림 4.7-1>과 같다.



<그림 4.7-1> 분수공의 형식

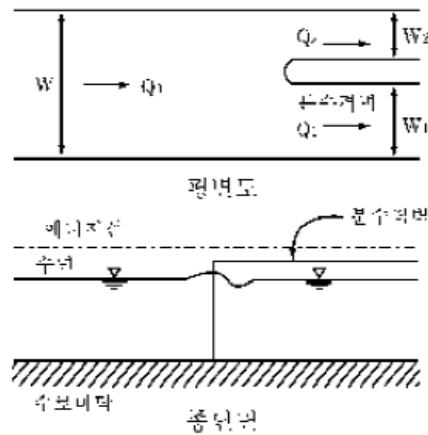
① 비례분수공

가. 비례분수공은 주수로의 유량, 수위가 변화되어도 분수비율을 일정하게 유지하는 분수공이다. 대표적인 분수공으로서는 분수격벽식 분수공, 사류분수공 및 원통분수공 등이 있다.

(가) 분수격벽식 분수공

㉞ 분수격벽식 분수공은 분수격벽에 의해서 소정의 비율로 분배하는 것으로서 구조가 간단하고 시설의 건설비가 싸다. 분수에 의한 손실수두는 다른 비례분수공에 비해서 상당히 작지만 하류수로의 수위변동의 영향을 받아 분수비가 변화되기 쉽기 때문에 지선수로측에서 게이트에 의한 조작이 필요하다 (그림 4.7-2).

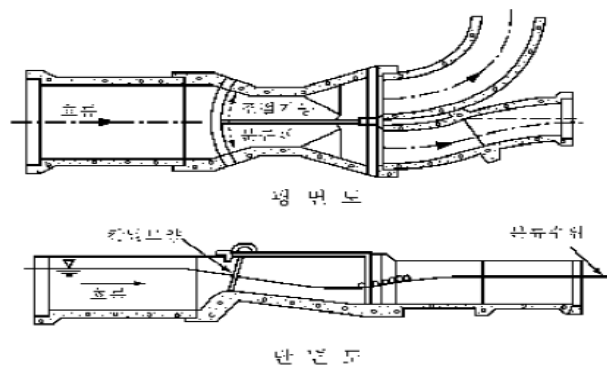
㉟ 또한 이 분수공에는 분수격벽이 레일 등을 따라서 자동적으로 수로 횡단방향으로 이동하여 분수비를 변화시킬 수 있는 것도 있다.



〈그림 4.7-2〉 분수격벽식 분수공의 예

(나) 사류분수공

㉔ 사류분수공은 수로의 일부에 사류구간을 설치하여 하류수로의 영향을 방지하고 격벽에 의해 소정의 분수비로 분수하는 분수공이다. 분수격벽식 분수공이 상하류 수로의 수위변동의 영향을 받는데 비해, 사류분수공은 분수격벽 상류에서 사류를 발생시킴으로써 하류수로의 수위변동 영향이 상류에 전달되지 않고 분수비의 정확성을 확보할 수 있다. 웨어에 의해 통수단면적을 축소시켜 한계류를 발생시킴으로써 유속분포가 균일하게 되어 분수의 정확도가 향상된다. 또한 웨어의 상류수심을 측정하여 정확한 유량 파악이 가능해지는 등의 장점이 있는 반면 수로 도중에 사류구간을 만들기 때문에 분수격벽식 분수공에 비해 시설용지나 손실수두가 많이 발생하고 소량 분수시에는 충격파가 발생하기 때문에 정밀도가 저하되는 등의 단점이 있다(그림 4.7-3, 그림 4.7-4).



〈그림 4.7-3〉 분수비가 변화되는 사류분수공의 예

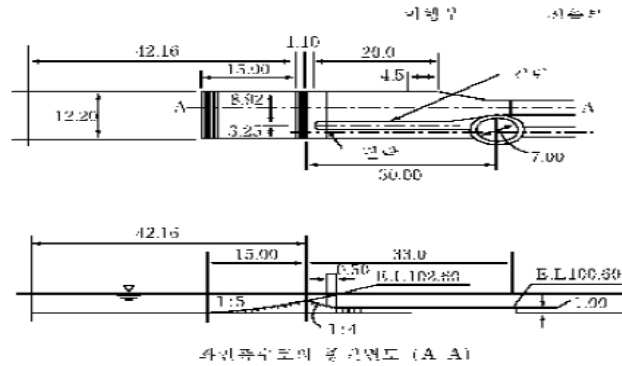


그림 4.9.4 사류분수공의 예

<그림 4.7-4> 사류분수공의 예

(다) 원통분수공

㉓ 원통분수공은 수로의 유수를 역사이폰 관로 등을 이용해서 원통형 수조의 중앙부로 용출시켜 정수에 가까운 상태로하여 소정의 분수비로 분할한 원주상의 웨어를 월류시켜서 분류하는 것이다. 이 분수공을 설계할 때는 분수로의 단면, 기울기를 결정할 때 수리설계상의 주의가 필요하며, 원주 위에 설치하는 웨어의 월류수심이 원주 전체에 걸쳐 균등하도록 특히, 수리적인 배려가 필요하다. 또한 분수로측의 영향에 의해 소정의 분수비를 얻을 수 없는 경우가 있으므로 주의해야 한다 (그림 4.7-5).

㉔ 비례분수공의 특징을 표 4.7-1에 나타냈다.

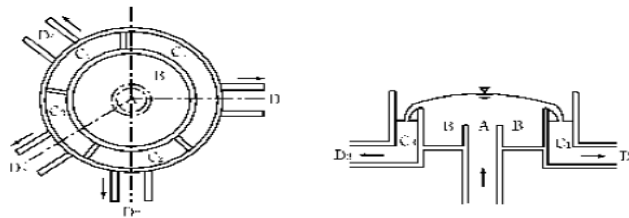
② 조작식 분수공

가. 게이트, 밸브 등의 유량조절장치를 갖춘 것으로서 구조가 단순하고 배수조건에 탄력적으로 적용할 수 있다. 반면 배수관리에 일손이 많이 필요하며 분수량은 상하류 수위에 따라서 불안정해지기 쉽다. 또한 분수관리조작이 갖추어지지 않은 경우는 분수가 잘 이루어지지 않을 위험이 있다. 대표적인 분수공으로서는 게이트식 분수공, 더블오리피스 게이트 분수공 등이 있다. 또한 telemeter 등 원격집중관리방식의 분수공도 이 분수방식에 포함된다.

나. 본선의 상류수위 일정 체크 게이트 혹은 하류수위 일정 체크 게이트와 조작식 분수공을 조합하면 조작회수가 감소되어 분수관리의 생력화가 가능하다.

<표 4.7-1> 비례분수공의 장단점

형식	장점	단점
분수격벽식 분수공	- 구조가 간단하다. - 시설건설비가 싸다. - 분수에 의한 손실수두는 거의 없다.	상하류 수로의 수위 변동에 따라서 분수비가 영향을 받기 쉽다.
사류분수공	- 사류이기 때문에 분수비는 하류수로의 수위 조건에 따른 영향을 받지 않는다. - 분수비의 정밀도가 높다. - 분수에 의한 손실수두는 비교적 작다. - 상류수심 측정에 의해 유량을 파악할 수 있다.	분수격벽식 분수공에 비해 시설용지가 많이 필요하다.
원통분수공	- 여러 개로 분수를 할 수 있다. - 분수비는 안정되어 있다.	- 손실수두가 크다. - 시설건설비가 높다.

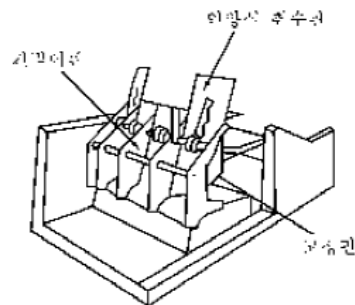


<그림 4.7-5> 원통분수공의 예

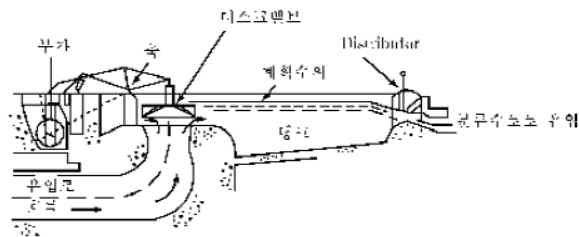
③ 정량분수공

가. 정량분수공은 주수로의 유량 및 수위가 변화되어도 그 분수공에 설정된 분수량을 거의 일정하게 유지하는 자동분수량 조절장치를 갖춘 것으로서 물관리가 용이하고 효율적인 배수가 가능한 반면 시설비가 다른 것에 비해 높아진다. 대표적인 분수공으로는 일정수위를 확보하기 위한 상하류수위 조절 게이트와 distributor(배분기)와의 조합 또는 디스크 밸브 혹은 플로트 밸브에 의해 분수 후의 수위를 조절하여 일정한 수위를 유지하는 것이 있다(그림 4.7-6 및 그림 4.7-7).

나. 또한 하류수위제어방식에 적용하는 게이트를 이용하여 분수 후의 수위를 일정하게 유지하여 항상 정량의 분수 또는 취수가 가능한 방식도 있다.



<그림 4.7-6> Distributor



<그림 4.7-7> 디스크 밸브와 Distributor의 조합

4.7.1.2 설계의 기본

(1) 분수공의 형식선정

- ① 분수공의 형식은 물관리방식 및 수위·유량방식, 수로형식에 적합하도록 선정 한다.
- ② 지선분수량과 간선유량의 비인 분수비에 따라서 그 형식을 선정한다. 분수비가 20% 정도 이상의 경우는 분수격벽식 분수공, 사류분수공, 원통분수공 등의 선정을 검토하고, 그 이하의 경우는 게이트식 분수공, 더블오리피스 분수공 등에 대해서 검토한다.
- ③ 분수공 유량을 계측할 필요가 있는 경우 상호조합이 용이한 분수공 형식, 유량계측방식을 선정한다.

(2) 분수공설계의 유의점

- ① 분수공의 설계는 다음 항목에 유의해서 설계하는 것이 바람직하다.
 - 가. 견고하여 잘 고장나지 않고 내구성이 있는 구조로 한다.
 - 나. 시설비 및 유지관리비가 저렴한 것으로 한다.
 - 다. 분수공에 의해 상하류의 수리현상이 심하게 변화되지 않는 구조로 한다.
 - 라. 분수공은 원칙적으로 설계유량을 기초로 설계하지만, 각 분수공의 기능과 목적에 따라서 설계유량 이외의 최대빈도유량, 최소유량 등의 유량에 대해서도 분수량을 검토한다.
 - 마. 분수에 의한 손실수두는 가급적 적고, 그러나 유지관리면에서 조정이 간편한 것을 선정한다.
 - 바. 분수공 형식은 가능한 한 통일시켜 물관리를 효율화하고 분수의 정도를 균일화하도록 한다.
 - 사. 자유수면을 갖는 분수공에서는 조압, 공기의 배제, 침사지 및 여수로 등의 기능을부여할 수 있으므로 수두배분과 검용기능에 대해서도 배려한다.
 - 아. 분수공에 사용되는 밸브류의 선택에 따라서는 큰 수격압이 발생하여 관체가 파괴되는 원인이 되므로 밸브의 개폐속도에 대해서도 검토한다.
 - 자. 분수공 스탠드의 규모는 서징에 의한 수면진동 및 관로 seal의 확보를 고려하여 결정한다.

(3) 분수공별 설명

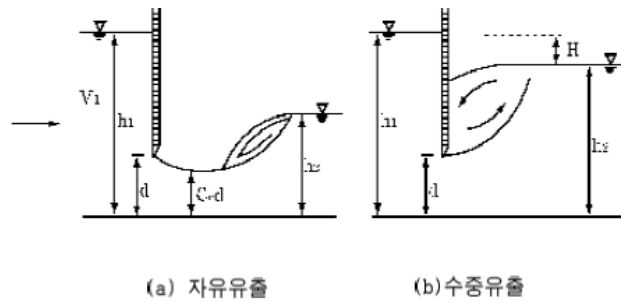
① 게이트 분수공

가. 수문식 분수공

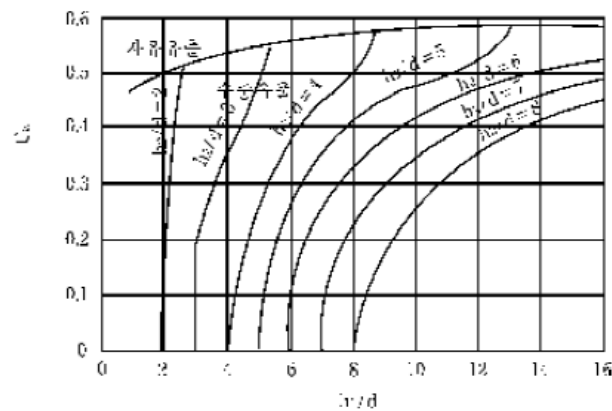
(가) 수문유출인 경우의 유량계수는 수문의 종류에 따라 큰 차이가 있다. 또한 수문의

로 부터의 유출형태에 따라서 그림 4.7-8과 같이 (a) 자유유출(수문으로부터의 유출수맥이 사류로서, 하류의 흐름이 도수에 연결된다), (b) 수중유출(유출수맥이 하류수면 아래로 잠입)으로 나눈어진다.

(나) 수문유출의 유량공식이 많이 제안되어 있지만 여기에서는 자유유출, 수중유출 모두에 적용할 수 있는 식 (4.7-1)을 사용한다.



〈그림 4.7-8〉 수문



〈그림 4.7-9〉 수문의 유량계수 C_a

식 4.7-1은 인양게이트에 대한 Henry의 실험식으로 유량계수 C_a 와 h_1/d , h_2/d 와의 관계를 그림 4.7-9와 같다.

$$Q = C_a \cdot b \cdot d \sqrt{2g \cdot h_1} \quad (4.7-1)$$

여기서, Q: 분수량 (m³/s)

C_a : 유량계수로 그림 4.9.9에 의해 구한다.

b, d: 게이트의 내부공간 폭, 개도높이 (m)

h_1 : 게이트 상류 수심 (m)

h_2 : 게이트 하류 수심 (m)

C_c : 수축계수

한편, 식 4.7-1은 게이트의 개도를 구하는 경우나 게이트 상류 또는 하류수심을 구하는 경우에는 부적당하며, 이와 같은 경우에는 식 4.7-2 및 식 4.7-3을 사용할 수 있다.

용배수로 시설 설계

또한 식 4.7-2 및 식 4.7-3은 유량계수에 따라 결과의 편차가 크기 때문에 완성 후에 실험치를 구하는 등 수정작업이 필요한 경우도 있다.

㉔ 자유유출의 경우

$$Q = C_1 \cdot b \cdot d \sqrt{2g(h_1 - d)} \quad (4.7-2)$$

㉕ 수중유출의 경우

$$Q = C_2 \cdot b \cdot d \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (4.7-3)$$

여기서, Q: 분수량 (m³/s)

C_{1,2}: 유량계수, 横田에 의하면 h₁/d > 2.5인 경우는 모두 0.62 ~ 0.66이다.

b, d: 게이트의 내부공간 폭, 개도높이 (m)

h₁: 주수로(게이트의 상류) 수심 (m)

h₂: 분수로(게이트의 하류) 수심 (m)

나. 통관식 분수공

(가) 주수로로부터 관로로 분수하는 경우는 식 (4.7-4)에 의해 구할 수 있다.

$$Q = A \sqrt{\frac{2g \cdot h}{f_e + f_0 + f \cdot L/D}} \quad (4.7-4)$$

여기서, Q: 분수량 (m³/s)

A: 분수관의 통수단면적 (m²)

f_e: 유입손실계수 (표 4.9.2)

$$f: \text{관의 마찰손실계수 } f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$$

n: 분수관의 조도계수

L: 분수관의 길이 (m)

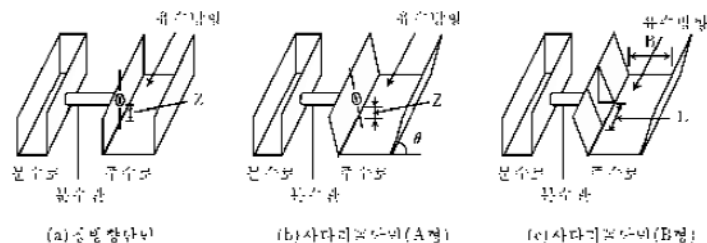
D: 분수관의 관경 (m)

h: 주수로수위와 통관출구수위의 차 (m)

g: 중력가속도 (9.8 m/s²)

f₀: 유출손실계수 (f₀ = 1.0)

(나) 그림 4.7-10과 같이 주수로의 측벽에 직접 분수관을 접속하여 분수로에 분수하는 경우 유입손실계수 f_e는 표 4.7-2와 같다.



<그림 4.7-10> 통관식 분수공의 형상

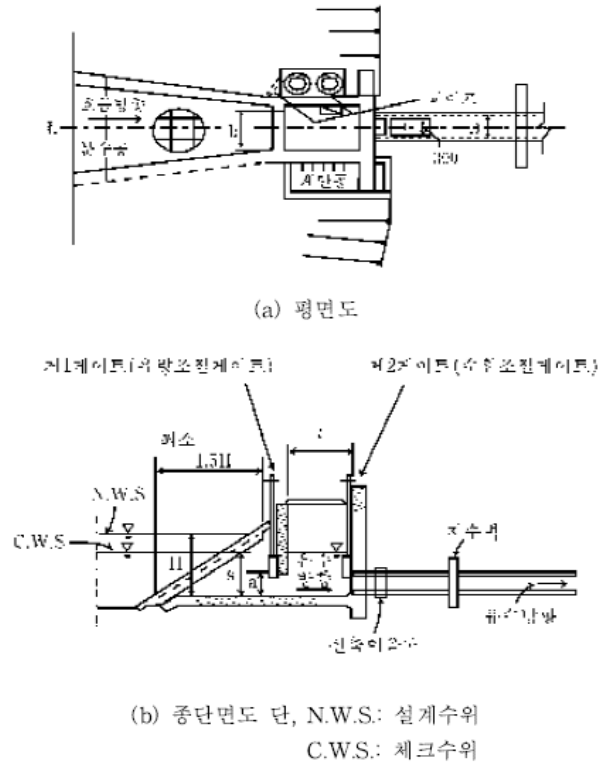
〈표 4.7-2〉 통관식 분수공의 유입에 따른 손실계수(f_e)

주수로의 형상	유입에 따른 손실계수 (f_e)	비고	적용범위
(a) 장방형 단면	$f_e = 0.5$	$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ V: 분수관 내의 평균유속 (m/s) g: 중력가속도 9.8 (m/s ²) D: 분수관의 내경 (m)	1. 분수량은 주수로 유량의 1/10 이하 2. 주수로 흐름의 프루드 수는 0.54 이하
(b) 사다리꼴 단면 (A형)	$f_e = \frac{a}{F \cdot b} + 0.5$ $a = \frac{0.24}{\left(\frac{D}{0.05}\right)^3} + 0.37 m^3$ $b = \frac{0.8}{m}$	m: 주수로의 측벽비탈경사 (cot θ) θ 는 측벽비탈면과 수평면이 이루는 각도 (°) Z: 분수관의 설치높이 (m) B: 주수로의 폭 (m)	3. D값은 0.05m 이상이고 수심 H의 1/3 이하 4 B형에서 부분적으로 삽입한 구간의 길이 L은 $2D < L < 4D$ 5. 분수관 유입부의 수심 $h = 1.5D < h < 4D$ 6. Z값은 0.05m 이상 7. m값은 $0 < m < 1.0$ 8. B값은 $3D < B < 8D$
(c) 사다리꼴 단면 (B형)	$f_e = \frac{c}{F \cdot d} + 0.5$ $c = 0.37 m$ $d = \frac{1.5}{m^{0.5}}$		

② 더블오리피스 게이트 분수공

가. 개요

(가) 더블오리피스 게이트 분수공은 정수두형 분수공이라고도 일컬어지는 것으로 앞면의 제1게이트(유량게이트)로 오리피스의 개구면적을 설정하고, 제2게이트(수위조절게이트)로 주수로와 조정수조의 수위차를 일정(5 ~ 6m 정도)하게 조절하여 필요한 수량을 분수하는 것이다. 공간이 허용되는 한 유입부의 길이(주수로 설계수심의 1.5배 이상)를 충분히 확보하여 제1게이트를 주수로 측벽으로부터 떨어트림으로써 분수유량을 안정시킨다. 또한 주수로와 조정수조의 수위차가 과대하거나 혹은 제1, 제2 두 게이트 사이의 수조의 크기가 과소한 경우에는 수조의 수면이 요동쳐서 소정의 수위차를 얻을 수 없게 되므로 수조의 크기 (ℓ)은 다음 식을 만족시켜야 한다. $\ell \geq (2.25 \sim 2.75) a$ 또는 제1게이트 상류의 수심은 $s \geq (2.5 \sim 4) a$ (그림 4.9.11) 이상이 바람직한 것으로 알려져 있다.



<그림 4.7-11> 더블오리피스 게이트의 예

나. 수리계산

유량측정 게이트 및 수위조절 게이트부의 유량은 다음의 산정식으로 계산한다.

(가) 유량측정 게이트부

$$Q = C \cdot A_1 \cdot \sqrt{2gh_1} \quad (4.7-5)$$

여기서, Q 1: 유량측정 게이트부의 유량 (m³/s)

h 1: 주수로의 수위와 조정수조의 수위차 (m) (0.05 ~ 0.06 정도)

A1: 통수단면적 (m²)

C: 유량계수

단, 유량계수는 USBR(미개척국)에 의하면 C=0.65 ~ 0.70의 범위이며, 본서에서는 0.65를 채용한다.

(나) 수위조절 게이트부

㉔ 분수관에 접속하는 경우

· 더블오리피스 게이트가 분수관에 접속되는 경우에는 수위조절 게이트부의 유량 Q 2는 식 (4.7-6)을 이용해서 구한다.

$$Q_2 = A_2 \sqrt{\frac{2g \cdot h}{f_e + f_0 + f \frac{L}{D}}} \quad (4.7-6)$$

여기서, Q2: 수위조절 게이트부의 유량 (m³/s) 단, Q 1=Q 2

A2: 분수관의 통수단면적 (m²)

f e : 유입손실계수 (f e=0.5)

f o : 유출손실계수 (f o=1.0)

$$f: \text{마찰손실계수 } f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$$

L: 분수관의 길이 (m)

D: 분수관의 내경 (m)

h: 조정수조의 수위와 출구수위의 수위의 차이 (m), 보통 0.3m로 한다.

④ 개수로에 접속하는 경우

- 더블오리피스 게이트가 분수로(개수로)에 접속하는 경우는 수위조절 게이트부의 유량 Q 2는 유량측정게이트부의 유량계산식인 식 (4.7-5)를 이용해서 구할 수 있다.
- 단, 이 경우 유량계수 C는 0.65 ~ 0.75로 한다.
- 또한 유량계수는 0.65를 적용하는 것으로 하지만 이 값은 측정에 의해 확인하는 것이 바람직하다.

③ 분수격벽식 분수공

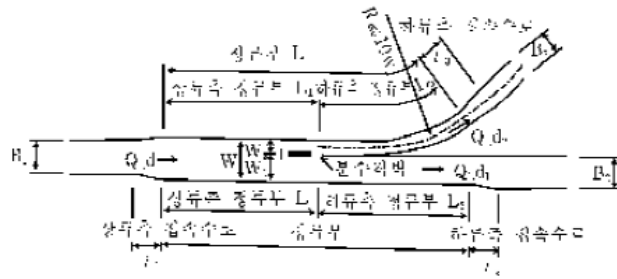
- 가. 분수격벽식 분수공의 성능은 분수공의 구성보다 오히려 하류 분수로의 배수의 영향이 분수비를 지배하는 인자이다.
- 나. 하류분수로의 지배단면에서 상류방향으로 배수계산을 실시하여 분수비가 설계값이 되도록 유량을 부여한 경우 양 분수로의 배수에 의한 에너지 높이가 분기점에서 일치되도록 설계한다. 따라서 분수공 부분보다도 하류수로의 단면형, 조도계수, 기울기 등의 설계가 중요하다.
- 다. 분수공의 통수단면은 원칙적으로 장방형으로 하고, 분수격벽의 위치는 양측벽으로 부터 분수비에 비례하는 거리에 설치한다.
- 라. 분수점의 상하류에는 수로폭 또는 수심의 10배 이상의 정류구간(수로폭·바닥높이를 변화시키지 않는 구간)을 마련함으로써 수리적으로 안정된 분수를 할 수 있다.

(가) 단면계산

분수로의 수심 및 유속은 상하류수로와 거의 같은 정도로 가정하고 간선쪽, 지선쪽의 분수로의 폭을 결정한다.

(나) 기본치수

분수격벽식 분수공의 기본구성도는 그림 4.9.12와 같고 기본치수는 식 (4.9.7) ~ (4.9.13)에 의해 구한 값 이상으로 한다.



〈그림 4.7-12〉 분수격벽식 분수공의 기본 구성도

분수로의 폭

$$W_1 = \frac{Q_1}{Q} (W - t) \quad (4.7-7)$$

$$W_2 = W - W_1 - t \quad (4.7-8)$$

$$\text{상류측 정류부의 길이 } L_1 \geq 10W \text{ 또는 } 10d \quad (4.7-9)$$

$$\text{하류측 정류부의 길이 } L_2 \geq 10W_1 \text{ 또는 } 10d_1 \quad (4.7-10)$$

$$L_3 \geq 10W_2 \text{ 또는 } 10d_2$$

d: 상류측 정류부의 수심 (m)

d1, d2: 하류측 정류부의 수심 (m)

$$\text{정류부의 길이 } L = L_1 + L_2, L' = L_1 + L_3 \quad (4.7-11)$$

$$\text{상류측의 접속수로 } \ell_1 = \frac{W - B}{2 \tan 10^\circ 00'} \geq 3.00 \text{ m} \quad (4.7-12)$$

$$\text{하류측 접속수로 } \ell_2 = \frac{W_1 - B_2}{2 \tan 10^\circ 00'} \geq 3.00 \quad (4.7-13)$$

$$\ell_3 = \frac{W_2 - B_3}{2 \tan 10^\circ 00'} \geq 3.00$$

여기서, W: 수로폭 (m)

t: 분수격벽 두께 (m)

l1: 상류측 접속수로 (m)

l2: 하류측 접속수로 (m)

l3: 하류측 접속수로 (m)

(다) 여유고

상류수로의 측벽고에 분수격벽식 분수공의 측벽고를 맞추는 것이 바람직하다.

(라) 분수격벽식 분수공의 손실수두

분수격벽식 분수공은 일반적으로 다음의 손실수두를 생각한다.

㉞ 마찰에 의한 손실수두

㉜ 단면변화에 의한 손실수두

이상의 손실수두를 계산하고 분수격벽식 분수공 및 하류수로의 단면을 결정한다.

④ 사류분수공

사류분수공은 다음의 제조건에 유의해서 설계한다.

가. 각 분수로 모두 완전월류로 한다.

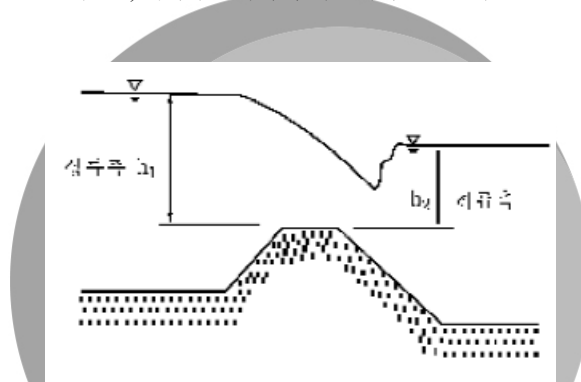
각 분수로 중 가장 수위가 높은 분수로는 식 (4.7-14)를 만족시킨다 (그림 4.7-13).

$$\frac{h_2}{h_1} \leq K_1 \quad (4.7-14)$$

여기서, h_1 : 상류측 웨어마루기준 수심 (m)

h_2 : 하류측 웨어마루기준 수위 (m)

K_1 : 정수. 단, 하류수로바닥의 기울기가 1:5일 때 $K_1 = 0.68$



〈그림 4.7-13〉 사류분수공의 상하류수심

나. 웨어에 의해 상승되는 수위는 상류설계수위 이내로 한다.

웨어의 월류량공식과 배수계산에 의해 구한 수위가 설계수위 이내인지 여부를 검토한다.

다. 웨어마루에서의 수평방향 유속분포를 균일하게 한다.

웨어 상류단면적 A_1 과 웨어마루 단면적 A_2 의 단면축소율이 클수록 유속분포는 균일해진다. 웨어 상류쪽에 충분한 길이의 장방형단면 직선정류구간을 설치하고 정류구간과 상류수로사이에 점확부를 설치한다.

라. 웨어 상류수로바닥은 1:5 정도의 기울기로 하고, 분수의 정밀도를 높이기 위해 웨어마루는 수평으로 시공한다.

마. 웨어 하류수로바닥 기울기는 완만할수록 완전월류의 범위가 넓어지고 (식 (4.7-14)의 K_1 값이 크다), 웨어에 의한 손실수두(웨어 상하류의 수위차)가 작아지기 때문에 소량 분수의 경우에 격벽위치를 분수비만으로 결정하는 것은 위험하다. 이와 같은 경우에는 다른 형식의 분수공을 검토하거나 수리실험 등에 의해 유황을 확인하여 검토해야 한다.

바. 분수를 위한 격벽상류단 위치는 원칙적으로 한계수심이 발생하는 위치의 하류에 설치

한다.

사. 웨어 직하류에서 도수를 발생시킨다.

아. 웨어의 직하류에 설치하는 정수지에서 월류수맥이 노출된 상태로 그대로 유하하는 것으로 가정하는 경우 수맥의 수심(사류)에 대한 공액수심(상류)이 하류수로의 수심 (정수지 바닥을 기준으로 측정)보다 5 ~ 10% 정도 작아지도록 정수지 바닥높이를 결정한다. 또한 이 검토에서는 설계유량 이외의 유량에 대해서도 시산할 필요가 있다.

(4) 단면계산

① 웨어높이

수로 중에 설치한 월류웨어 상에서 사류를 발생시키는 조건으로 상하류간의 손실수두를 무시한 경우 식 (4.7-15)가 성립해야 한다 (그림 4.7-14).

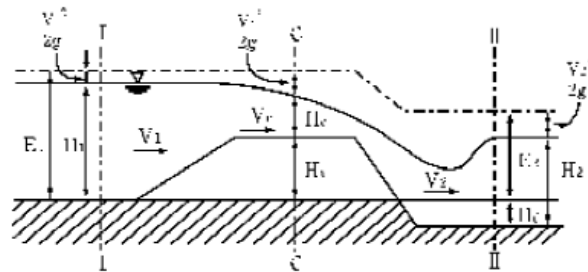
$$\frac{2}{3}(H_1 - H_2 + \frac{V_1^2}{2g}) \geq H_2 - H_d - H_z + \frac{V_2^2}{2g} \quad (4.7-15)$$

여기서, H_1, H_2 : 상하류 수로의 수심 (m)

V_1, V_2 : 상하류 수로의 유속 (m/s)

H_z : 웨어높이 (m)

H_d : 상하류 수로의 고저차 (m)



<그림 4.7-14> 광정웨어 단면도

단, 우변의 하류측 수로의 비에너지로 2개의 분수류 중 큰 비에너지를 갖는 수로를 기준으로 계산하는 것이 좋다.

웨어높이 H_z 는 식 (4.7-15)로부터 유도된 식 (4.7-16)에 의해 구할 수 있다.

$$H_z \geq 3(H_2 - H_d + \frac{V_2^2}{2g}) - 2(H_1 + \frac{V_1^2}{2g}) \quad (4.7-16)$$

② 한계수심 및 한계유속의 계산

한계수심 및 한계유속은 「완전월류되는 월류웨어마루에서의 수심은 그 유수가 갖는 에너지를 가지고 흘러보낼 수 있는 유량이 최대가 되는 값을 취한다」라고 하는 Belanger의 법칙을 적용해서 식 (4.7-17) 및 식 (4.7-18)로 구한다.

$$H_c = \frac{2}{3} \left(H_1 - H_z + \frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (4.7-17)$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot H_c} \quad (4.7-18)$$

여기서, H_c : 한계수심 (m)

V_c : 한계유속 (m/s)

g : 중력가속도 (9.8m/s²)

③ 웨어폭의 결정

그림 4.7-14의 I ~ C 단면간에 베르누이의 정리를 적용하면,

$$E_1 = H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = H_c + H_z + \frac{V_c^2}{2g} + H_f \quad (4.7-19)$$

여기서, H_f : 마찰손실수두 (m)

$$\therefore V_c = \sqrt{2g(E_1 - H_c - H_z - H_f)} \quad (4.7-20)$$

I ~ C간의 마찰손실수두를 무시하면 유량 Q는,

$$Q = A \cdot V_c = B \cdot H_c \sqrt{2g(E_1 - H_c - H_z)} \quad (4.7-21)$$

따라서 웨어폭 B는 식 (4.7-22)에 의해 구할 수 있다.

$$B = \frac{Q}{\sqrt{2g \cdot H_c^2(E_1 - H_c - H_z)}} \quad (4.7-22)$$

(5) 격벽의 위치

격벽을 중단방향으로 사류부인 하류측 웨어마루 부근에 설치한다.

횡단방향으로는 분수격벽식 분수공과 같이 분수비에 의해 결정하는데, 식 (4.7-23)으로 구한다.

$$B_1 = \frac{Q_1}{Q} \cdot B, \quad B_2 = B - B_1 \quad (4.7-23)$$

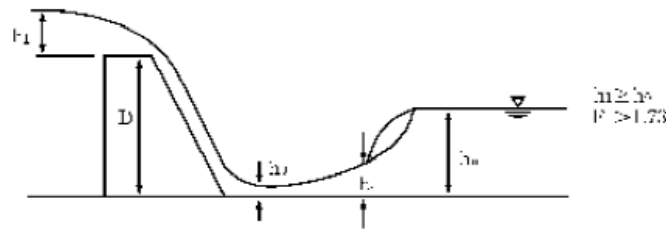
여기서, Q, B: 분수전의 유량 (m³/s) 폭 (m)

B 1, B 2: 분수후의 폭 (m)

Q 1, Q 2: 분수후의 유량 (m³/s)

격벽의 높이는 측벽높이에 맞춘다.

(6) 정수지 바닥높이와 길이



〈그림 4.7-15〉 노출사류의 수면형

- ① 웨어의 하류단의 수심 h_o 는 식 (4.7-24)에 의해 구한다.

$$h_o^3 - E_o \cdot h_o^2 + \frac{q^2}{2g} = 0 \quad (4.7-24)$$

$$E_o = D + \frac{2}{3}h_1 \quad (m)$$

$$q = \frac{Q}{B} \quad (m^3/s/m)$$

D를 가정해서 h_o 를 산출한다.

- ② h_o 에 대한 공액수심 h_m 은 식 (4.7-25)로 구한다.

$$h_m = \frac{h_o}{2} \left(\sqrt{\frac{8q^2}{g \cdot h_o} + 1} + 1 \right) \quad (4.7-25)$$

- (7) 여유고

상류수로측 측벽높이에 사류분수공의 측벽고를 맞추는 것이 바람직하다.

4.7.2 합류공

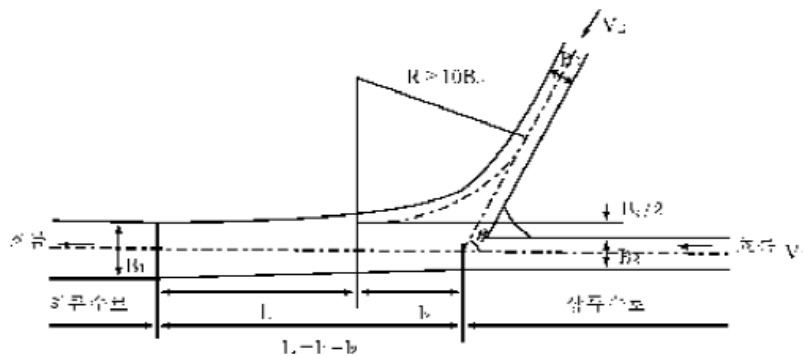
4.7.2.1 일반사항

- (1) 합류공은 배수로에서 주로 필요한 것으로, 합류지점에서 양쪽의 바닥높이가 같고 흐름의 상태가 모두 상류로서 합류되도록 하는 것이 중요하다.
- (2) 수로의 바닥 기울기, 유속 및 합류점 부근의 지형조건을 고려하여 안전한 시설이 되도록 설계해야 하며, 유의사항은 다음과 같다.
 - ① 간선·지선수로의 합류공은 가능한 한 간선수로의 흐름 방향에 맞도록 설치하며 간선수로 내의 불필요한 난류를 방지하도록 한다.
 - ② 배수로는 강우의 도달시간이 각 수로마다 다르기 때문에 유황 및 지수면적으로부터 합류점에서의 합류상황의 시간적 경과를 계산에 의해 구하며 설계유량을 안전하게 유하하도록 한다.
 - ③ 합류수로의 각각의 유속은 상호간에 비슷하게 하며 극단적으로 다르게 하는 경우에는 상류에 수위조정시설 및 낙차공 또는 급류공을 설치하고 다시 조정할 필요가 있다.

- ④ 합류공 내에서는 동일 높이로 하여 낙차가 없는 구조로 하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 경사지에서 합류공을 설치할 경우는 월류에 의한 피해도 예상되기 때문에 그 대책에 충분히 주의해야 한다. 통상 합류공 부근에는 합류지, 집수지, 토사저류 시설을 설치하지만 경사 지점에서 이러한 구조물은 비교적 크게 설치하는 것이 바람직하다.

4.7.2.2 취입부 수로의 설계

- (1) 상류 단면에서 합류 후 단면으로 연결시켜 취입부 수로(트랜지션)의 설계를 하고 손실수두를 계산한다. 지선의 합류선형은 아래의 <그림 4.7-16>와 같이 하는 것이 바람직하다.



<그림 4.7-16> 지선의 합류선형

<그림 4.7-1>에서,

B 1: 수로폭 (계획수면폭을 가정) (m)

1 1: 3 (B 1+ B 3) 정도 (m)

$$I_2 : I_2 = R \cdot \tan \frac{\theta}{2} - \frac{B_2 + B_3}{2} \cdot \frac{1}{\tan \theta} \quad (m)$$

L: 합류공의 길이 L=1 1+1 2 (m)

θ : $\theta \leq 60$

합류공의 손실수두계산에서는 합류에 의한 손실수두와 마찰에 의한 손실수두를 계산한다.

- ① 합류에 의한 손실수두

$$h_1 = \frac{1}{2g} (V_2 \cdot \sin \theta)^2 + (V_2 \cdot \cos \theta - V_1)^2$$

$$\frac{1}{2g} (V_2^2 + V_1^2 - 2 V_1 \cdot V_2 \cdot \cos \theta)$$

h 1: 합류에 의한 손실수두 (m)

v 1: 본선수로 상류측 유속 (m/s)

v 2: 지선수로 유속 (m/s)

θ : 간선과 지선이 이루는 각도 (°)

② 마찰에 의한 손실수두

$$h_f = \frac{I_1 + I_3}{2} L$$

h_f : 마찰손실수두 (m)

I_1, I_3 : 본선 상하류의 동수기울기

L : 합류공의 길이 (m)

4.7.2.3 낙구공

- (1) 낙구공은 기능상 합류공과 같은 합류시설의 일종이다. 낙구공은 낙차를 동반하여 간선수로에 유입하는 구조물이며 본선수로에 통관이나 콘크리트 2차제품 수로 등을 사용하여 수로주변 으로부터 본선에 비교적 소유량을 유입시키는 경우나 반복수를 본 선수로에 환원시키는 경우 에 설치한다.
- (2) 낙구의 형상은 흐름의 수로단면 내 분포를 균일하게 하며 감세공의 기능을 완전하게 하기 위 해 원칙적으로 장방형 단면으로 하지만 배수로의 경우에는 낙구단면과 상류수로단면이 동일 한 형상을 갖기 때문에 사다리꼴의 형상으로 하는 사례가 많다. 또한 좁히거나 보를 설치하지 않기 때문에 저하배수(低下排水)를 발생시키고 유속이 필요 이상으로 증가하기 때문에 상류 취부수로의 구조에 따라서는 비탈면 및 수로바닥에 보호공이 필요하다.
- (3) 설계에 있어서는 합류공과 같이 본선수로에의 영향이 적게 되도록 해야 한다. 특히 낙구공은 낙차를 동반하여 본선수로에 유입하기 때문에 다량의 물을 유입시키는 경우에는 낙구에서의 에너지를 상류에서 감소시켜 유입시킨다.
- (4) 또한 다량의 토사를 포함한 물에 대해서는 본선수로에 토사의 퇴적이 예상되기 때문에 상류 에서 토사를 침전시킨 후 유입시킨다. 일반적으로 소규모의 낙구공에 대해서는 토사저류시설 을 설치하여 에너지 감소와 토사침전을 도모한다.
- (5) 한편 낙구에서의 유속의 증가에 동반하여 낙구 상류수로의 유속이 증가하고 이로 인해 상류 수로에 악영향이 예상되는 경우나 낙구에서 낙차가 큰 경우에는 낙하 및 비산 등으로 간선수 로 호안에 생길 악영향에 대비해 보호시설을 설치할 필요가 있다.

4.7.2.4 분합류공의 수리설계

- (1) 분합류공의 설계는 용수배수의 구별이나 지형·입지조건, 유량규모, 수리조건을 검토하여 수 리적으로 부적합이 생기지 않도록 해야 한다.
- (2) 분합류공의 수리설계는 각종 손실수두의 경우 계산식을 이용하여 적절하게 설계하지만 특수 한 형상이나 구조에서 수리현상이나 손실수두의 산정이 곤란한 경우에는 필요에 따라 수리모 형 실험을 하고 확인을 하는 것이 바람직하다.

① 수리계산조건

가. 기존 터널 및 사이펀(본선)에 따라 바이패스 수로의 신설이 계획되어 있으며 수리설계 상 본선 및 바이패스수로의 공종 및 구조는 그림 4.9.18에 나타난 바와 같다.

(가) 분합류공의 본선과의 취부각도는 원칙적으로 $\theta = 17^\circ$ 로 한다. ($\theta = 17^\circ$ 는 수리모형실험으로부터 정한 것이며 이것 이외의 경우 시설의 중요도에 따라 수리모형실험에 따르는 것이 필요하게 되는 경우도 있다).

(나) 분합류공의 형식은 규정의 것으로 하며 그림에 나타난 바와 같이 개수로 한쪽에서 수로로부터 부드러운 형태로 연결한다.

(다) 본선측의 수로바닥 높이는 규정의 것으로 한다.

(라) 바이패스 터널 또는 사이편은 만류로 하고 원칙적으로 폐쇄완화공을 설치한다.

② 본선 터널의 수리계산

가. 상하류 개수로 A점 및 H점의 바닥높이, 에너지 표고 및 B ~ G까지의 바닥높이는 알고 있는 것으로 한다.

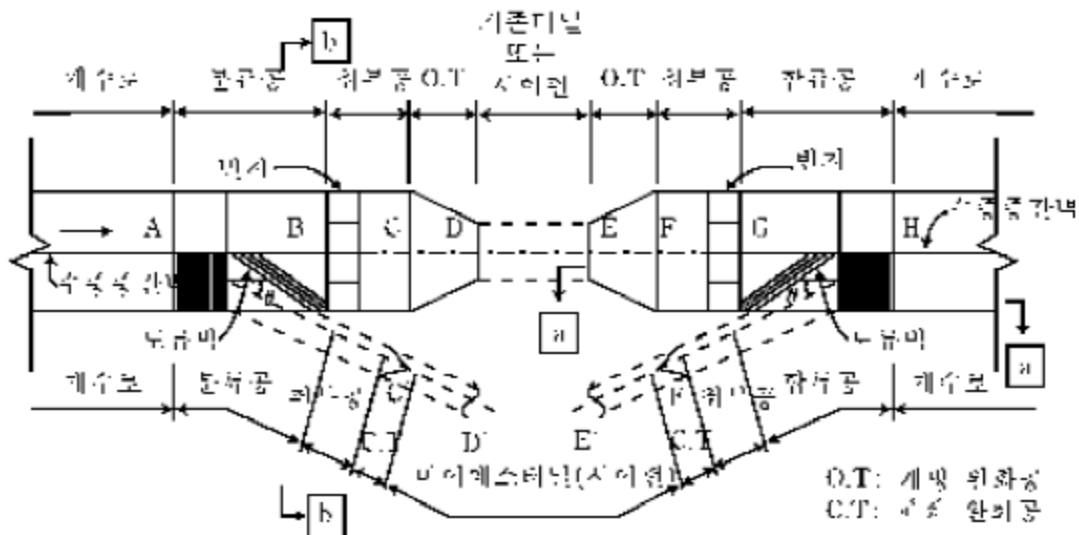
나. 본선하류 폐쇄완화공 시점(E점)의 수리제원은 하류개수로 시점(H점)의 수리제원을 알고 있는 것으로 하고 시산에 의한 부등류계산으로 구한다.

다. 본선 터널 내는 등류로 취급하며 나)에서 구한 하류 폐쇄완화공시점(E점)의 수심과 터널시점 D'점의 수심은 같은 것으로 한다.

라. D'점의 수리제원을 알고 있는 것으로 하고 상류개수로 종점 A점의 수리제원을 부등류계산에 의해 구한다.

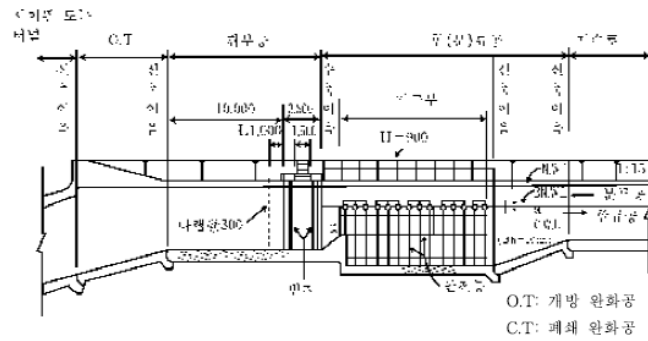
마. 상류개수로의 등류계산에 의해 구한 A점의 에너지 표고보다도 하류에서 구한 에너지 표고가 낮은 경우에는 그 차를 잔여수두(h_0)로 본선터널에 보류시킨다.

바. 반대로 높은 경우에는 상하류 개수로 바닥높이를 조정한다.

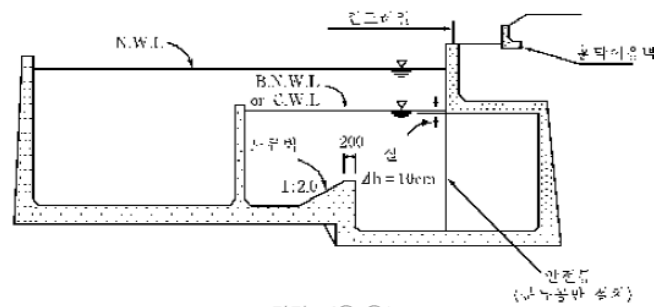


<그림 4.7-17> 본선 및 바이패스 수로 평면도

용배수로 시설 설계

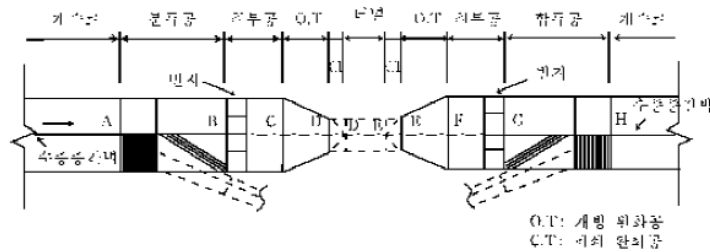


본선측 종단면도(④-④)

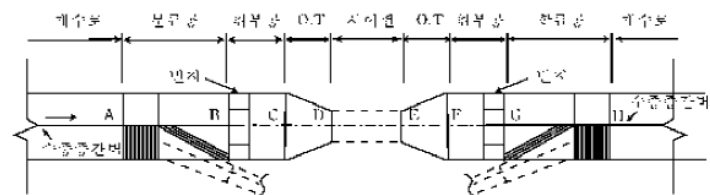


단면도(⑤-⑤)

<그림 4.7-18> 본선 및 바이패스 수로의 공중 및 구조



<그림 4.7-19> 본선 터널의 공중



<그림 4.7-20> 본선 사이편의 공중

③ 본선 사이편의 수리계산

가. A점 및 H점의 수리제원 및 B점에서 G점까지의 바닥높이는 알고 있는 것으로 한다.

나. 본선 사이편은 만류로서 일반적으로 Manning 공식에 의해 마찰손실, 굴곡손실을 계산한다.

다. A점에서 D점간 및 E점에서 H점간에 대해서는 아래와 같이 계산한다. 이 때 사이펀내 유속 및 개수로 시종점의 유속, 에너지 표고는 알고 있는 것으로 한다.

마찰손실 $h_f = 1/2$ (본선 사이펀 마찰손실기울기+개수로 바닥기울기)×(AD간 길이 또는 EH간 길이)

단면변화손실 $h_g = 0.2(\text{개수로 유속수두}-\text{본선 사이펀 유속수두})$

라. 하류측(H점)에서 상류측으로 계산하여 누적된 A점의 에너지 표고가 상류개수로의 등류계산에 의해 구한 A점의 에너지표고보다도 낮은 경우에는 그 차분을 잔여수두(h_0)로 본선 사이펀에 보류시킨다.

마. 반대로 높은 경우에는 상하류 개수로 바닥높이를 조정한다.

④ 바이패스터널·사이펀 수리계산

시설배치설명도에 관해서는 그림 4.3.18을 참조할 것.

가. 분합류공, 취부공 및 바이패스 터널·사이펀의 마찰손실, 단면변화손실 및 굴곡손실은 Manning 공식에 의해 계산한다.

나. 분합류공의 마찰손실 및 단면변화손실은 다음과 같다. 이 때 취부공 마찰손실 기울기는 $I_f = (n \cdot V / R^{2/3})^2$ 이다. 한편 단면변화손실은 수리모형실험으로부터 구한다.

마찰손실 $h_f = 1/2(\text{개수로 기울기} + \text{취부공마찰손실 기울기}) \times (\text{분류공 또는 합류공의 평면길이})$

단면변화손실 $h_g = 0.2(\text{개수로유속수두}-\text{취부공유속수두}) + h'$

h' : 정수 분류공 0.005 m

합류공 0 m

다. 손실의 합계가 AH간 이용가능수두보다 큰 경우는 바이패스직경 또는 상하류 개수로 바닥높이를 조정한다.

라. 상하류 개수로 바닥높이를 조정해서 바이패스터널·사이펀의 손실배분을 행하는 경우에는 본선측이 계획유량일 때 대하여 재검토한다.

⑤ 바이패스 수로의 분합류부는 생각할 수 있는 최소유량을 통수할 때에도 만류상태가 유지되도록 충분한 seal 높이를 취한다.

4.7.3 계측시설

4.7.3.1 일반사항

- (1) 분수공 및 조정시설 등 수로의 주요 부분에는 용수이용의 효율화를 위해 적절한 정밀도와 안정된 기능을 갖는 유량계측시설을 설치함으로써 분수량, 분수위 등을 파악하고 합리적인 배수관리, 관리비의 절감, 수로시설의 보전과 재해방지 등을 도모해야 한다.
- (2) 유량계측시설은 수로내의 통수량을 감지하는 동시에 이것을 알려주는 기능을 갖는 것으로 유량계측시설에서 얻은 정보는 이것을 적절히 처리하여 효율적으로 물관리를 해야 한다.
- (3) 유량계측기의 선정은 수질, 순간유량과 적산유량 중 어느 쪽에 중점을 둘 것인가, 필요한 정밀도는 얼마인가, 계측치의 표시 및 그 정보의 기록이나 전송 필요성 등을 고려한다. 유량계측기의 설치상하류측에 각각 필요한 길이의 직선부분을 확보하고, 관수로에서는 상시 만수되

는 지점을 선정한다.

(4) 유량계측시설은 설치장소 및 목적으로부터 다음과 같이 분류된다.

① 분수공에 부설하는 유량계측시설

가. 각 분수로에 유입하는 유량의 확인

나. 순간유량의 파악

다. 기타

② 간지선수로의 중요한 장소에 설치하는 유량계측시설

가. 관리 잉여수 발생 감지

나. 유량부족 감지

다. 기타

③ 간지선수로의 중요한 장소에서 휴대용으로 계측하는 것

가. 부정기 유량파악

나. 유량계측기의 검증

다. 경제성 확인

라. 기타

(5) 또한 유량계측시설을 선정할 때는 분수·유량계측시설의 관리·운용·체제, 감시·체제, 기록 및 제어조작수단 등을 고려하여 수로조직의 관리수준에 맞고 합리적인 물관리와 물의 유효이용을 도모할 수 있는 형식을 선정해야 한다.

(6) 관리수준의 설정과 유량계측시설 선정의 유의사항은 다음과 같고, 이 기준에 적합한 유량계측시설을 선정해야 한다.

① 관리조작방법 면에서의 검토

② 감시 및 기록체계 면에서의 검토

③ 제어수단 면에서의 검토

4.7.3.2 계측시설의 분류와 적용 유량공식

유량계측시설을 각각의 측정대상을 기준으로 분류하면 다음과 같다.

(1) 차압식 유량계

차압식 유량계는 수축기구의 종류에 따라 오리피스, 노즐, 벤츄리 유량계로 분류된다. 각 차압식 유량계의 유량공식은 다음과 같다.

① 벤츄리형 유량계

$$Q = K\sqrt{h}$$

$$K = \frac{\mu \cdot \pi D_1^2 D_2^2 \sqrt{2g}}{\sqrt[4]{D_1^4 - D_2^4}}$$

Q: 유량 (m³/s)

h: 상류부와 수축부의 압력수두차 (m)

μ : 0.95 ~ 1.00

D 1: 상류부의 직경 (m)

D 2: 수축부의 직경

g: 중력가속도 (9.8 m/s²)

② 오리피스형 유량계

$$Q = \alpha \cdot A \sqrt{\frac{2g \cdot h \cdot p}{\rho}}$$

Q: 유량 (m³/s) α : 유량계수A: 개구면적 (m²)g: 중력가속도 (9.8 m/s²)

h: 액주계 값 (m)

 ρ : 측정관로내의 물의 비중 ρ' : 액주계내의 액체비중

(2) 전기식 유량계

각종 전기식 유량계를 비교하면 아래 <표 4.7-3>과 같다.

<표 4.7-3> 각 전기식 유량계의 특징

	초음파 유량계	전자유량계
측정대상	원수, 정수, 해수 단, 기포나 큰 이물질은 음파를 차단하여 측정불능상태가 된다.	원수, 정수, 해수 단, 파이프내면에 전도성 물체가 부착되면 오차가 발생하고, 최악의 경우에는 측정불능상태가 된다.
압력손실	무	무
발신기	관의 외측에 부착한다.	발신기를 관로에 넣는다.
부착공사의 난이	용이 통수후에도 부착가능 지수변, 이형관(바이패스)등은 전혀 필요치 않음	구경이 큰 경우는 곤란
역류측정	가 능	가 능

(3) 웨어식 유량계

① 파샬 플룸 유량계

파샬 플룸 유량계는 개수로 중간에서 단면을 축소하고, 그 점축부에 의해 웨어와 유사한 흐름을 발생시키고 유량을 구하는 것이다. 파샬 플룸은 다음과 같은 특징이 있으므로 설계시 유의해야 한다.

가. 손실수두가 웨어식 유량계 중에서 비교적 작다.

나. 접근유속에 의한 영향이 웨어식 유량계 중에서도 비교적 작다.

다. 시설의 마무리의 양부나 규격의 오차가 유량측정 오차에 크게 영향을 미친다.

용배수로 시설 설계

라. 취수 게이트·오리피스 등에 가까운 곳에서는 이용할 수 없다.

마. 일반적으로 완전월류로 설계한다. 또한 하류수로의 배수의 영향에 의해 물에 잠기는 상태가 될 우려가 있는 경우는 검토가 필요하다.

바. 곡선수로의 하류는 피하고, 직선부에 설치한다.

사. 계측용 구간을 흐르는 유속이 전후의 수로보다 빨라지기 때문에 유사의 영향은 적다. 그러나 상류수로 바닥에 토사가 퇴적되어 있는 경우는 기능을 발휘할 수 없다.

② 각종 웨어식 유량계

웨어식 유량계는 충분히 유효한 수두를 얻을 수 있는 곳에 설치해야 한다. 수로중간에 설치하는 경우는 접근유속에 의한 변화 등 상당히 정밀도가 떨어진다. 또한 수맥이 웨어에 부착되지 않도록 충분한 공기를 공급해야 한다. 적용하는 유량공식은 웨어 형식에 따라 다르다.

가. 삼각웨어 (직각 이하의 삼각웨어)

<도변공식>

$$Q = C \cdot h^{5/2}$$

$$C = 2.361 \tan \frac{\theta}{2} 0.5330 + 0.0195 \tan \frac{\theta}{2} + \cot \frac{\theta}{2} (0.0050 + \frac{0.001055}{h})$$

$\theta = 60^\circ$ 에 대해서

$$C = 1.363 (0.5529 + \frac{0.00183}{h})$$

나. 직각삼각웨어

<沼知・黒川・淵澤공식>

$$Q = C \cdot h^{5/2}$$

$$C = 1.350 + \frac{0.004}{h} + (0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{D}}) (\frac{h}{B} - 0.09)^2$$

$h = 10 \sim 30\text{cm}$ 의 범위에서 매우 정도가 높다.

적용범위는 $0.5\text{m} \leq B \leq 1.2\text{m}$, $0.1 \leq D \leq 0.75\text{m}$, $0.07\text{m} \leq h \leq 0.26\text{m}$ (단, $h \leq B/3$)이다. 이 범위에서 본식의 예상오차는 $\pm 1.4\%$ 이다.

다. 사각웨어

<板谷・手島공식>

$$Q = C \cdot b \cdot h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{D} - 0.428 \sqrt{\frac{(B-b) \cdot h}{B \cdot D}} + 0.034 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

적용범위는 $0.5\text{m} \leq B \leq 6.3\text{m}$, $0.15\text{m} \leq b \leq 5\text{m}$, $0.15\text{m} \leq D \leq 3.5\text{m}$, $0.06\text{m} \leq b \cdot D / B^2$, $0.03\text{m} \leq h \leq 0.45 b \text{ m}$ 이다. 본식의 예상오차는 $\pm 1.4\%$ 이다.

라. 전폭웨어

<石原・井田공식>

$$Q = C \cdot B \cdot h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + \left(\frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{D} \right) (1 + \epsilon)$$

Q: 월류량 (m³/s)

C: 유량계수

B: 웨어폭 (m)

D: 수로바닥으로부터 웨어 월류부까지의 높이 (m)

b: 월류부폭 (m)

h: 월류수심 (m)

ϵ : 보정항

여기서, $D \leq 1\text{m}$ 일 때 $\epsilon = 0$

$D > 1\text{m}$ 일 때 $\epsilon = 0.55(D-1)$

적용범위는 $B \leq 0.5\text{m}$, $0.3 \leq D \leq 2.5\text{m}$, $0.03\text{m} \leq h \leq 0.8\text{m}$ (단, $h \leq D$ 이고 $h \leq B/4$)이다.

이 범위에서의 예상오차는 $\pm 1.8\%$ 이다.

③ 수축수로식 및 광정웨어식 유량계측시설 (Long-throated flumes and Broad-crested weirs)

수축수로식 및 광정웨어식 유량계측시설은 파살 플럼과 같이 개수로 중간에 수축부 또는 웨어를 설치하여 한계류를 발생시켜 직상류부의 수심을 계측함으로써 비교적 용이하게 좋은 정밀도로 유량을 측정할 수 있는 것이다.

본 유량계측시설은 파살 플럼의 결점인 구조제원이 복잡하고 세밀한 규격이 요구되는 것을 개선하여 농업용수와 같이 많은 수의 분수공의 유량을 용이하게 측정할 수 있도록 만든 것으로 1900년대부터 각종 유사한 형식이 고안되었으며, 그 후 점점 개량되어 현재 세계적으로 널리 이용되는 형식이다.

이 형식의 특징은 임의의 수로단면과 수축부나 웨어부의 각종 형상, 규격에 대해서 유량과 수심 혹은 손실수두의 관계가 설계, 시공 후에도 전산처리할 수 있도록 개발이 진행되었으며, 또한 각종 형상(예를 들면 장방형, 포물선형, 삼각형, 사다리꼴형, 원형 등등)에 대한 규격과 유량 폭이 제시되어 있다.

정도는 4 ~ 5% 정도로 양호하지만 수중유출의 경우에는 낮아지기 때문에 원칙적으로 한계류로 설계한다.

기본유량공식 (장방형단면)

$$Q = 1.70 \cdot C_d \cdot C_v \cdot b_c \cdot h_1^{3/2}$$

Q: 유량 (m³/s)

C_d : 수축계수 $C_d = 0.93 + 0.1H1/L$

b_c : throat부의 수로폭 (m)

h_1 : 관측지점에서의 수심 (m)

C_v : 유속수두계수

$H1$: 관측지점에서의 에너지높이 (m)

L : throat부의 길이 (m)

또한, h_1 대신에 H_1 을 측정하는 경우

$$Q = 1.70 \cdot C_d \cdot b_c \cdot H_1^{3/2}$$

$$0.1 < H_1/L < 1.0$$

$$C_V = \left(1 + \frac{Q^2}{2g \cdot h_1 \cdot A_1^2}\right)^{1.5}$$

$$C_d \frac{A}{A_1} = 2.60 \sqrt{\frac{C_v^{2/3} - 1}{C_v^2}}$$

A_1 : 관측지점에서의 통수단면적 (m^2)

A^* : throat부에서의 통수단면적 (m^2)

4.8 보호시설 및 안전시설

4.8.1 보호시설

4.8.1.1 비탈면 보호공

(1) 일반사항

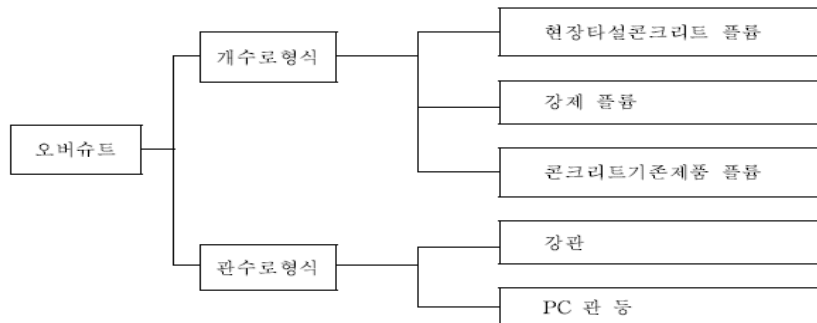
- ① 비탈면 보호공이란 수로의 건설에 의해 생기는 절토 또는 성토 비탈면을 외적 조건에 의한 침식이나 풍화로부터 보호하기 위해 식생이나 구조물로 비탈면을 피복하거나 흙막이 구조물로 비탈면 안정 대책을 세우는 것이다.
- ② 자세한 설계기준은 “KDS 11 00 00” 지반설계기준을 참고한다.

4.8.1.2 배수구조물

(1) 횡단배수공

① 횡단배수공의 분류

가. 횡단배수공은 다음 <그림 4.8-1>에 나타난 바와 같이 분류된다.



〈그림 4.8-1〉 횡단배수공의 분류

② 설계상의 유의사항

가. 횡단암거, 횡단사이편

- (가) 횡단암거, 횡단사이편은 수로조직의 일부로 충분히 안정성, 내구성이 있어야 하며 유지관리가 용이한 구조로 해야 한다.
- (나) 횡단암거, 횡단사이편의 통수단면은 유량계산에 의해 구할 수 있지만 소유량의 경우는 대단히 작은 단면이 되어 유입토사의 배제가 곤란하게 된다. 토사퇴적이 없는 경우 또는 길이가 짧고 출입구로부터 토사의 배제가 가능한 경우를 제외하고 유지관리상 필요최소단면으로 1:3.0 이하로 한다.
- (다) 관체는 수로바닥판 밑면으로부터 60cm 이상 떨어지는 것이 바람직하다. 언더드레인이 있는 경우는 그 기능에 지장이 없도록 한다.
- (라) 사이편 입구부에는 원칙적으로 토사저류공, 스크린을 설치한다.

나. 오버슈트

- (가) 오버슈트는 수로조직의 일부로서 충분한 안전성, 내구성이 있으며 유지관리가 용이해야 한다.
- (나) 오버슈트의 밑면과 수로수면과의 사이에 최소 30cm 공간을 갖는 것이 바람직하다.

용배수로 시설 설계

(다) 일반적으로 대유량에 대해서는 개수로형식이, 소유량에 대해서는 관수로형식이 이용 된다.

(라) 오버슈트의 하류는 통상 급경사의 경우가 많기 때문에 적절한 감세공의 설치가 필요하다.

(2) 유입공

① 유입공의 분류

가. 유입공은 아래와 같이 분류된다

(가) 보통유입공

㉞ 보통유입공은 수로인접지역의 유출수를 수로내에 유입시키는 것이며 일반적으로 소유역(집수면적이 대략 1ha 이하)의 경우에 적용한다.

(나) 측구유입공

㉞ 수로부지내의 절토면 및 소단의 우수 등은 원칙적으로 측구에 의해 수로외로 배제 한다. 그러나 절토구간이 길게 계속되는 경우 지형에 따라 배제가 곤란하면 측구유입공을 특별하게 설치하는 것이 필요하다.

② 설계상의 유의사항

가. 유입공의 설계에 있어서는 다음 사항에 유의할 필요가 있다.

(가) 원칙적으로 용수로에는 배수를 유입시키지 않지만 수로의 건설에 의해 차단된 지역 의 배수를 횡단시키는 것이 지형적 또는 기타 이유에 의해 곤란한 경우 어쩔 수 없이 유입시킨다.

(나) 유입하는 물이 장래에도 수질오염, 토사유입 등의 염려가 없는 배수인지 아닌지를 충분히 검토한다.

(다) 횡단배수로 하는 것이 현저하게 비경제적인 경우에 설치한다.

(라) 유입량의 최대허용량은 수로의 여유고가 0.10m 이상이 되는 범위까지를 기준으로 한다.

(3) 배수구

① 배수구는 비탈면 보호공과 병용하는 경우 및 관리도로 측구와 같이 수로 및 제시설의 보호를 위해 설치한다.

② 배수구의 목적을 고려하여 배수량에 따라 배수구의 형식 및 규모 등을 정하지만 종단기울기가 급한 개소에 설치하는 경우에는 주변에 도수, 월류에 의한 피해를 일으키지 않도록 유의할 필요가 있다.

4.8.2 안전시설

(1) 개수로 형식의 용배수로는 수로가 자유수면을 갖는 흐름이기 때문에 주변의 주민, 조작관리인, 동물 및 자동차 등이 빠지지 않도록 하기 위한 안전시설이 필요하다. 수로의 안전대책은 수로주변의 시가지화 등의 상황, 수로규모의 대소, 수로에 접한 도로의 교통상황, 용배수로의 유량변화, 수로 제시설 상황 등에 따라 적절한 형식 및 구조로 한다. 수로의 안전시설에는 수로 내로 침입하거나 빠지는 것을 방지하기 위한 시설, 잘못하여 수로에 빠진 경우 안전을 확보

하고 신속하게 나올 수 있는 시설, 기타 경고문 시설 등으로 구분하고, 상황을 정확히 파악하여 적절한 계획이 되도록 해야 한다.

4.8.2.1 안전시설의 종류

- (1) 수로 및 그 주변에 설치하는 안전시설로서는 다음과 같은 것들이 있으며, 설치할 때는 사용목적에 맞는 형식 및 구조로 한다. 또한 설치장소에 대해서도 신중히 검토하여 결정해야 한다.
 - ① 차량인사사고 등, 수로로 빠지는 것을 방지하고 운전자의 시선을 유도하여 사고를 미연에 방지하기 위한 가드레일, 가드파이프, 가드케이블, 펜스 등
 - ② 개수로 및 수로제시설 주변이나 위험구역에 들어가는 것을 방지하기 위한 펜스, 통행방지문, 위험표지판, 경고판 등
 - ③ 수로에서 나오기 위한 계단, 사다리 등
 - ④ 수로에 빠진 사람을 구출하기 위한 안전로프, 튜브, 안전봉 등
 - ⑤ 기타 조명시설, 환기시설, 방음시설 등

4.8.2.2 가드레일, 가드파이프 등

- (1) 차량 통행이 예상되는 도로는 소정의 강도와 안전성을 갖춘 가드레일, 가드파이프 등을 설치한다.

4.8.2.3 펜스

- (1) 펜스는 수로에 빠지거나 위험장소에 들어가는 것을 방지하기 위한 시설이다.

4.8.2.4 구조시설 및 승강시설

- (1) 구조시설이나 승강시설은 수로에 빠진 사람 혹은 유지관리를 위한 출입이 용이하게 하기 위해서 설치하는데, 설치장소는 다음과 같은 장소를 생각할 수 있다.
 - ① 안전로프와 튜브는 현지상황을 고려해서 설치간격을 결정하고, 특히 터널, 사이편, 암거입구의 상류부 및 교량 직하류부에 설치하는 것이 바람직하다. 또한 안전로프를 설치하는 부근에는 사다리, 계단 등을 병설한다.
 - ② 안전봉은 터널, 암거 등의 입구부에 설치한다. 또한 제진 스크린을 설치하는 장소에는 안전봉을 설치할 필요는 없다.

4.8.2.5 통행방지문, 위험표지판

- (1) 통행금지구역에는 통행방지문 등을 설치하고, 위험장에는 주의를 환기시키는 위험표지판을 설치한다.

4.9 관수로

- (1) 용수원(用水源)에서 포장(圃場)까지의 송수(送水)체계를 선택할 때는 압력에 의해 흐르는 관

용배수로 시설 설계

수로(pipeline)와 중력에 의해 흐르는 개수로를 경제성, 환경성, 시공성, 유지관리 등은 물론 미래의 사회적 여건까지도 비교·검토하여 결정해야 한다.

- (2) 관수로 설계와 관련되어 자세한 내용은 ‘농업용 관수로 KDS 67 25 00’편을 참고한다.

4.9.1 농업용 관수로의 정의

- (1) 농업용 관수로는 농업용수를 수원공 시설에서 말단포장까지 필요한 수량을, 필요한 시기에, 필요한 지점까지, 필요한 압력으로 안전하고 확실하게 공급할 수 있는 압력관로(壓力管路)의 수로조직을 말하며 관로와 부대시설로 구성된다.
- (2) 관수로는 관수로의 기능, 수리특성 및 물관리 등의 측면에서 송수계(送水系) 관수로와 배수계(配水系) 관수로로 구분한다. 송수계 관수로는 수원공 시설에서 간선 또는 지선수로의 조정시설, 조압시설 또는 분수공까지를 말하여 적정한 용수를 안전하고 확실하게 송수할 수 있어야 한다. 또 배수계 관수로는 송수계 관수로의 조정시설, 조압시설, 분수공 또는 수원공 시설에서 포장내의 말단 급수전까지를 말하며 용수를 안전하고 확실하게 분배할 수 있어야 한다.

4.9.2 적용 범위

(1) 사용관종

송배수계 관수로는 직관, 이형관 및 이음 등으로 구성되며 기성관을 사용한 매설압력관을 표준으로 한다. 관종은 수리조건, 구조조건 및 시공조건 등에 적합한 기성관을 대상으로 하며 관경은 150 ~ 3,000mm 정도의 범위를 다룬다.

- ① 농업용 관수로에서는 기성관을 사용한다.
- ② 관은 관체의 허용변형률(allowable deflection)의 정도에 따라 강성관(rigid pipe)과 연성관(flexible pipe)으로 구분한다. 허용변형률이 3% 미만인 것을 강성관, 3% 이상인 것을 연성관으로 한다.
- ③ 여기서 취급하는 대표적 관종은 다음과 같다. 강성관: 콘크리트관, 연성관: 덕타일 주철관, 강관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관, 강화플라스틱 복합관 등
- ④ 관수로 시설에 사용하는 제수밸브, 공기밸브 등의 기기류는 경제성과 유지관리 등을 고려하여 KS 규격 등에 적합한 제품을 사용한다.

(2) 수압

- ① 관수로 설계에 있어 최대 사용 정수두는 100m 이내로 한다. 최대 사용 정수두가 100m를 초과하는 경우에는 구조물의 중요도 등을 고려하여 관의 내압강도 및 수밀성 등에 대해서 검토한다.

(3) 대상유체

- ① 대상유체는 관개용수로 사용가능한 물을 주로 한다. 한편 말단포장에서는 다목적 관개에도 사용될 수 있으나 가축분뇨, 액비 및 오물액 등의 수송을 목적으로 할 때는 마모, 부식, 침전 및 부착 등에 대해서도 검토해야 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
	농업용담	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상옥	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박대선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설턴트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희억	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 20 20 : 2018

용배수로 시설 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.