

KDS 67 20 10 : 2018

용배수로 설계 기본사항

2018년 04월 24일 제정

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



농림축산식품부



건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 코드 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 KDS 67 20 10 : 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 10 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> • 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 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 기본구상	1
1.7 설계순서	2
1.8 설계유량 및 설계수위	9
1.9 수로형식의 선정	11
1.10 노선 선정	13
1.11 통수시설의 공중선정	15
1.12 공중선정시 유의사항	19
1.13 수두배분	22
1.14 구조물의 비교설계	23
1.15 친환경 수로계획	24
2. 조사 및 계획	29
3. 재료	29
4. 수리설계	29
4.1 수리설계	29
4.2 구조설계	37

용배수로 설계 기본사항

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 수로의 설계에 있어서는 수로의 필요한 기능성, 경제성 및 안전성을 확보하고, 합리적인 물 관리를 해야 하는 동시에 수로조직 전체가 유기적으로 구성될 수 있게 수로조직의 설계를 하고, 이에 따라 조직의 구성요소인 각 시설이 주어진 목적을 달성할 수 있도록 시설설계를 해야 한다.

1.2 적용 범위

· 내용 없음

1.3 참고 기준

· 내용 없음

1.4 용어의 정의

· 내용 없음

1.5 기호의 정의

· 내용 없음

1.6 기본 구상

- (1) 수로의 설계에 있어서는 수로의 필요한 기능성, 경제성 및 안전성을 확보하고, 합리적인 물 관리를 해야 하는 동시에 수로조직 전체가 유기적으로 구성될 수 있게 수로조직의 설계를 하고, 이에 따라 조직의 구성요소인 각 시설이 주어진 목적을 달성할 수 있도록 시설설계를 해야 한다.

1.6.1 용수로 수로조직의 구상

- (1) 용수계의 수로조직의 설계는 지역 및 기존시설의 특성이나 목표로 하는 물이용 계획에 기초를 두고, 개수로 형식이나 관수로 형식 또는 두 가지 형식을 조합한 복합형식을 선정하여 수행한다.
- (2) 용수로로는 관개용수를 취수지점에서 관개구역까지 필요한 조건을 최대한 만족시키면서 송배

용배수로 설계 기본사항

수(送配水)하는 기능을 갖게 하는 것이 필요하다. 수로형식에 따라 수리상, 구조상, 수리관리상 특성이 크게 다르므로 수로특성을 충분히 고려하여 계획을 세워야 한다.

- (3) 개수로 형식의 수로는 취수공, 양수장, 도수로, 간선수로, 지선, 지거, 분선의 각 수로나 조정지, 수위조정시설, 분수공, 사이펀, 수로교, 낙차공, 방수공, 여수로, 그리고 스크린 등의 제진시설, 난간 등의 안전시설과 물 관리 제어시설 등으로 구성되어 있다.
- (4) 또한 관수로 형식의 수로도 똑같이 간선, 지선의 각 관로나 조정지, 조압시설, 펌프, 분수공, 스크린 등의 제진시설이나 물 관리 제어시설 등으로 구성되어 있다.
- (5) 용수계 수로조직의 설계는 용수계획에 기초한 관개용수를 과부족 없이 효율적으로 송수하도록 관개구역의 자연적·사회적 조건을 고려하여 계획에서 요구하는 송배수 기능을 만족시키며 조정된 시설의 기능성, 안전성 및 관리의 합리성을 확보하고 유지관리비를 포함하여 경제적인 용수조직이 되게 하는 것이 중요하다.

1.6.2 배수로 수로조직의 구상

- (1) 배수계에 있어서 수로조직의 설계는 관개지역의 침수피해를 미연에 방지하고, 강우유출을 관개지역에서 배출하여 신속하고 안전하게 제거하는데 목적을 두고 계획한다.
- (2) 배수시설은 간선, 지선, 송수로 등의 각 수로와 배수장, 배수문, 합·분류공, 낙차공, 유수지, 스크린 등의 제진시설, 난간 등의 안전시설과 관리시설 등으로 구성되어 있다. 배수계 수로조직의 설계는 배수유입구에서 배수본천까지 통일된 방법으로 관개지구의 계획목표를 달성하기 위하여 시설을 적절히 조합하고 유지관리비를 포함한 경제적인 배수조직이 됨이 중요하다.

1.7 설계순서

1.7.1 용수로조직의 설계

- (1) 용수로조직의 설계는 기본사항에 대해 충분히 검토한 후에 다음의 순서에 따라 설계를 진행한다. 수로시점의 수위는 수원의 위치와 종류에 따라서 정하고, 이에 맞추어 설계수위를 설정한다. 또한 관개지에서는 경지의 표고, 경구의 배치, 관개방법 등에 따라 용수로의 위치, 용수량 및 수위가 결정된다.
- (2) 용수의 송수에 필요한 유효수두는 수원의 수위와 말단수로의 필요수위(수두)와를 연결하는 선이다. 이것을 기초로 하고 수로의 송배수기능, 안전성, 건설비와 유지관리비의 경제성, 주변과의 환경조화 등을 고려하여 공중에 따른 수두배분을 하고, 수로조직의 최적설계를 수행한다. 또한 자연압으로 유송이 불가능해지면 말단 고위부에는 가압시설을 검토한다.

1.7.2 배수로조직의 설계

- (1) 배수로조직은 홍수시와 평상시에 대해서 배수불량을 개량할 관개지 및 유역의 현 배수계통과 함께 토지이용상황 등을 고려하여 배수로 하류말단의 유량 및 수위를 설정한다. 또한 배수와 이어지는 하천 등의 외부조건에 따라 배수방법(자연배수 및 기계배수 또는 두 가지 병용), 배수출구의 위치 및 수위를 설정하는 경우가 있다.

- (2) 배수로조직의 설계에서는 이러한 수위를 기초로 하여 배수시설의 위치와 규모를 결정하는 것이 중요하다. 특히, 도시지역을 흐르는 하천 등에서는 하천자체의 유하능력에 한계가 있어 배수량의 규제를 받는 경우도 있다. 이 경우에 배수의 일부를 지구 내에 일시적으로 저류하는 시설 등이 필요하다.

1.7.3 용수로조직 설계의 기본사항

1.7.3.1 일반사항

- (1) 용수로에서는 관개에 필요한 수위를 확보하는 것뿐만 아니라 송수구간별로 분수계획에 따른 필요용수량을 여러 개의 분수공(분수구) 지점에 필요한 시기에 송배수 하는 것이 요구된다. 이 때문에 용수수요의 변동에 대해서는 송배수 효율을 높이기 위해 신속한 송수중지, 손실수량의 조정지 등에 저류 등, 물의 유효이용, 적절하고 생력적인 제어를 실현하는 물관리방식으로 하는 것이 중요하다. 수로조직설계에서 송배수관리상의 검토과제로 다음사항에 유의하여야 한다.

- ① 공급주도, 또는 수요주도 등의 물관리방식 설정
- ② 수위 유량 조절 기능과 제어 방식의 설정
- ③ 용수도달시간의 파악과 송배수 관리용수의 절수방법
- ④ 용수수요와 공급의 조정방법
- ⑤ 분수량의 적정배분 방식
- ⑥ 수로의 안전과 유지관리기능

1.7.3.2 물관리 방식의 설정

- (1) 말단부의 물 사용 형태와 수원공급량의 관계에서 물 관리 계획상 최적의 관리방식을 설정할 필요가 있다. 용수로는 일반적으로 간선용수로계(송수계)를 공급자가 관리하고 지선수로계(배분수계)는 농민이나 농민조직 등의 사용자가 관리하는 경우가 많고, 전체를 공급자가 관리하는 경우도 있다. 말단부에 대한 용수공급방식은 말단용수 사용조건이나 그 지역의 실태에 적합한 물 관리 방식으로 한다는 것이 수로조직설계의 조건도 된다. 주요 물 관리 방식은 다음과 같다.

① 공급주도형 물관리 방식

가. 공급주도형 물관리 방식은 상류 수위제어의 개수로나 개방형 관수로로 되어 있고 수원측(공급측)의 조작으로 물을 보내는 방식인데 말단에서는 물이용이 일정하게 제한을 받는다.

② 반수요주도형 물관리 방식

가. 반수요주도형 물관리 방식은 상류 수위제어의 개수로나 개방형 관수로를 이용하여 말단의 물 사용자의 필요수량에 근거하여 수원측(공급측)이 계획적으로 송수하는 방식이다.

③ 수요주도형 물관리 방식

용배수로 설계 기본사항

가. 수요주도형 물관리 방식은 주로 하류수위제어의 개수로, 폐쇄형 또는 반폐쇄형의 관수로를 이용하여 말단의 물 사용자가 필요로 하는 배분수량을 결정하여 즉시 공급을 받는 것이 가능한 방식이다. 보통 이 방식은 수원의 수량 및 시설용량의 범위 내에서 관리되며, 이 범위 내에서는 물 사용의 제한을 받지 않는다.

나. 용수관리의 간소화와 용이성을 위해 지선수로 이하의 분배수로에서 관수로에 의한 수요주도형 물 관리 방식을 도입하면 편리하다. 송수를 주목적으로 하는 간선수로에는 한정된 수원의 수량을 계획적으로 송수하기 위해서 공급주도형이나 반수요주도형이 바람직하며, 한편 말단 관개지에는 물 사용자에게 물 사용의 자유도가 높은, 수요 주도형이 바람직하기 때문에 전체적으로는 복합형의 수로조직이 좋다. 그러므로 두 시스템의 조정을 수행하는 분수공이나 조정지 등의 검토가 중요하다.

1.7.3.3 수위유량조절기능과 제어방식의 선정

- (1) 일반적으로 용수로는 길이가 길고, 여러 개의 분수공이 설치되어 각 분수공 지점마다 수위 확보와 유량의 제어 등이 필요하므로 소규모인 수로를 빼고는 상류수위 제어방식을 택하는 경우가 많다. 이 방식은 수로의 상류에서 우선 취수하는 특성이 있는 반면, 하류부에 물 부족을 초래하여 용수도달시간이 늦어지는 등의 문제가 많다. 이런 문제를 해소하는 데는 하류수위 제어방식이 있지만, 이 제어방식은 수로구조 변경시 문제가 있고 공사비 상승의 이유 때문에 경사가 있는 개수로에서 채용한 예는 드물다.
- (2) 이러한 문제를 개선하기 위해 중간 방식인 저류량제어방식이 개발되어 있다.
- (3) 수요주도형 물 관리 방식에 적용할 수 있는 방식이지만 이 방식을 도입한 예는 별로 없다. 시스템으로서의 하류수위제어방식의 기능을 유지하는 한편, 수로구조적으로는 상류수위제어 방식에 가까운 제어방식이다.

1.7.3.4 용수도달시간의 파악과 송배수관리용수의 절약방법

- (1) 개수로계의 수로는 자유수면을 가지고 있어 취수지점에서 분수지점까지 수로 내 저류량에 대응하는 용수도달 시간이 필요하다. 용수관리자는 경험적으로 이 필요시간을 개략 파악하고 있지만 금후 한층 고도화되고 복잡한 농업형태에 대응하려면 합리적이고 효율적인 물관리가 필요하기 때문에 설계 시에 용수도달시간을 파악해 두는 것이 바람직하다.
- (2) 상류수위제어방식은 분수지점까지의 용수도달시간 만큼 조작을 미리 해서 말단관개지에 필요한 시간에 필요한 분수량을 보내는 것이 가능하다. 또한 분수가 불필요한 경우에도 똑같은 조작을 해서 용수의 합리화를 도모한다. 이러한 조작을 행할 경우 최말단보다 상류의 분수지점에 용수의 도달이 빠르고, 또, 불필요한 경우에도 한동안 통수가 계속되기 때문에 조정지나 기타 저류 기능이 없는 수로에서는 송배수관리용 물의 손실을 초래하게 된다. 용수의 효율적인 운용을 도모하려면, 수로조직의 계획(설계) 단계에서 수위유량제어방식이나 조정지의 도입계획 등 종합적인 검토가 필요하다.

1.7.3.5 용수수요와 공급의 조정방식

- (1) 최근에 작물, 품종, 농업형태, 관개방식의 다양화와 관수로의 도입 등에 의해 용수 수요의 변동이 크게 일어나고 있다. 특히, 겸업화에 따른 농업형태의 변화는 관개시기나 사용시간의 집중화를 초래하고 있다. 그러나 시설비용 면에서 현 상황의 농업용수 공급은 24시간 일정량을 송수할 필요가 있지만 금후의 수로조직의 계획에서는 수로 조직 자체가 이러한 변동을 흡수하고 물 이용효율을 높이는 조정방식을 찾아야 한다.
- (2) 관개시기나 사용시간의 집중화에 대해 물 이용효율을 높이는 조정방법으로는 영농계획에 근거해 연간 물배분계획의 책정, 영농의 실태에 따른 필요수량의 변화점의 점검, 조정을 행하는 등, 항상 영농의 변화점에 착안하여 수원(댐, 취입보)에서 조정시설, 말단부까지의 일원화된 물관리가 중요하다.

1.7.3.6 분수량의 적정배분

- (1) 간선수로의 수로조직과 분수공 형식의 관계는 분수량을 적당히 배분하는데 대단히 중요하다. 개수로계의 수로에서 분수량을 적정히 배분하려면, 특히, 물관리방식이나 간선의 수위유량조정기능이 분수공 형식과 조화를 이루는 것이 중요하다. 이것은 물 관리방식에서 분수공들의 유량배분 및 제어성이 어떤지, 그리고 이를 위해서 간선의 수위조정기능을 어떻게 할 것인가 등을 검토할 필요가 있다.

1.7.3.7 수로의 안전과 유지관리기능

- (1) 수로의 안전성 확보
 - ① 개수로계의 수로에는 수로주변에 택지가 있는 경우가 많다. 이로 인해 인명사고가 증가하여 안전에 대한 문제가 많이 발생하고 있다. 그러므로 시가지나 민가가 많은 지역을 통과하는 경우, 암거(사이편을 포함)와 터널을 포함한 수로형식의 검토와 함께 안전대책을 충분히 검토하는 것이 중요하다. 또한 만일의 사고에 대비하여 망식울타리, 안전로프(rope), 스크린, 램프 등의 안전시설을 적절히 배치하며, 스크린은 경사각을 완만하게 하여 쉽게 수로 밖으로 탈출할 수 있도록 강구할 필요가 있다.
- (2) 물관리 및 시설관리 기능의 확보
 - ① 수로의 대형화에 따라 물관리 및 시설관리가 복잡하게 됨으로 관리를 안전하고 경제적으로 행하려면 관리시설의 배치 및 구조 등에 대한 검토가 필요하다. 수로의 유지관리시설은 물관리를 포함한 비용대 효과의 관점에서 경제적이고 효율적인 시설계획이 되도록 해야만 한다. 또 일상적인 유지관리를 줄이려면 수로의 안전성 확보와 함께 청소나 잡초관리의 비용절감에 대한 연구가 요구된다. 한편 수로교, 수로교의 시설점검이나 붕괴방지, 터널, 암거, 사이편 등의 출입구의 점검, 보강 등, 지진에 대응 및 2차 재해의 방지 등, 지진재해대책에 대해서 검토가 필요하다.
- (3) 수로 구조물의 안전성 확보
 - ① 수로 구조물은 홍수, 지반의 활동, 지진 등의 재해로 인해 시설의 손괴, 파손, 기능정지 등의 사고가 발생하는 경우가 있다. 설계에서는 이러한 사고나 2차 재해를 방지하기 위해 수로조직 중에 방류공, 여수로, 조정지 등의 조정시설을 유효하게 배치하는 등 안전성의 확보에 노

력해야 한다.

- ② 수로조직은 시설 전체의 기능이 균형을 이루지 못하는 경우 가장 기능이 약한 부분에서 제약이 생기므로 시설설계의 정밀도 및 내구연한 등은 수로조직 전체에 대해 통일적으로 검토할 필요가 있다.

1.7.3.8 수로의 송수 기능과 환경기능

(1) 환경정책의 방향과 농촌종합계획에 있어서의 위치

- ① 환경을 배려하는 것은 농업농촌정비사업에 있어서도 중요한 국정과제의 하나가 되고 있다. 여러 가지 시설의 설계 및 시공에 있어 자연환경과의 조화, 국토보전기능의 유지 등을 충분히 고려하여, 각종 환경정비사업이 수립되도록 농촌지역에서의 환경보전에 유효한 정책이 전개되고 있다. 수로의 환경기능이란 수로기능이 지역의 환경개선에 기여하는 친수, 경관형성, 생태계보전, 수질정화, 교육·문화 등의 다원적 기능이라 불리는 공익적인 기능이다.
- ② 환경과의 조화가 되도록 수로주변의 지역 환경이나 입지조건, 역사적 사회 환경 등을 고려하여 종합적인 검토를 하여야 한다.
- ③ 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서는 용도지역으로 도시지역, 관리지역, 농림지역, 자연환경보전지역 등 4종의 법정지역으로 구분한다. 이러한 지역구분을 고려하여 그 특성에 맞도록 수로를 설계하고 시공하는 것이 필요하다. 농림지역에서의 수로계획은 공학적인 검토 조건과 송수기능에 중점을 두어야 하지만, 자연환경보전지역에서는 지역환경의 보전과 개선에 초점을 맞추는 것이 필요하다.

(2) 송수기능과 환경기능의 균형정비

- ① 농업용 용수로는 농업생산성의 향상을 주목적으로 하기 때문에, 송수기능에 중점을 두는 것이 기본이지만, 수질이나 생물상의 보전 등 다원적 기능을 적극적으로 발현하여 송수기능과 환경기능의 양자가 균형을 유지하도록 정비하는 것이 필요하다.

(3) 지역에 대응하는 수로의 기능분류

- ① 수로의 기능은 정비의 목적이나 지역의 실태에 비추어 분류된다. 수로기능의 분류에 따라서 수로정비계획을 세운다고 가정하는 경우의 유의사항은 다음과 같다.
 - 가. 송수기능과 환경기능은 지역구분을 기본으로 수로건설비, 입지조건, 환경과의 조화를 고려한 수로의 다원적 기능의 중요성 및 관리의 관점에서 충분히 검토하여 계획한다.
 - 나. 정비지구의 용도지역 구분을 존중하여 지역구분에 근거한 수로의 특징을 부각시켜서 행한다.
 - 다. 자연환경과의 조화 및 조정을 도모한다.
 - 라. 지역용수기능의 확보와 그의 적극적인 이용을 도모한다. 또 정비후의 유지관리에 대해서도 기술적인 대응을 포함하여 충분한 검토를 한다.
 - 마. 수로의 안전성은 친수와 일체가 되는 관점에서 필요하고 환경과의 조화를 고려하여 수로를 충분히 활용하기 위한 안전대책을 강구한다.
 - 바. 환경과의 조화를 위한 구체적인 사항에 대해서는 수로의 정비목적에 따라 수로의 역할과 지역의 특징을 고려하여 정한다.

1.7.4 배수로조직의 설계의 기본사항

1.7.4.1 일반사항

- (1) 배수로조직의 설계는 강우유출계산과 침수해석 그리고 배수진단 등에 의해 계획·결정된 배수 계획에 기초를 두고 행하는 것이 기본이다. 배수계획은 주로 배수시설의 위치, 노선, 규모, 개략 단면 등을 가정하여 행하며, 그 후 배수로 설계에서는 이들 계획조건을 만족시키도록 한다.

1.7.4.2 배수계획과 배수목적

- (1) 농지배수의 목적은 지표수의 배제와 과잉 토양수분의 배제이다. 계획배수는 토지이용구역마다 구하는 정비수준에 따르고 농지배수나 주변의 시가지를 포함하는 광역적인 배수계 내의 배수개선을 목적으로 계획한다.
- (2) 논지역에서는 논의 고도 이용을 위한 발전환을 가능하게 하는 배수로 정비가 요구되고, 특별히 논을 밭으로 이용할 경우 용수로와 배수로를 분리한 배수조건의 정비가 불가피하다. 이러한 배수로는 농지의 홍수배수나 잉여지하수의 배제가 목적이지만, 배수사업구분에 따라 정비수준이나 목표가 변하므로 주의한다.
- (3) 배수계의 능력은 담면상의 허용담수심과 소배수로의 능력에 좌우되는 경우가 많다.
- (4) 범용농지화를 위해서 무담수 상황을 고려할 것인가, 허용담수심을 어느 정도 인정할 것인가는 농지 등의 배수목적이나 조건설정에 큰 변화를 준다. 전후를 생각하지 않고 배수능력을 크게 하면 전체의 시설능력이 커지고 배수구역의 정비수준 이상의 시설이 되어 유지관리비등의 부담도 커지기 때문에 배수 능력을 결정할 때는 특히 전체의 균형을 취하는 것이 중요하다.
- (5) 농지의 범용화를 도모하는 경우에는 홍수배제와 상시배수의 양면을 검토하여 배수로의 계획 홍수위나 상시배수위의 설정이 논 단일작의 경우와 다르게 해야 한다. 배수노선이 시가지를 통과하는 경우 관계기관과의 조정이 필요하고, 경관에 대한 배려와 안전대책 그리고 저수시의 토사나 쓰레기의 소류 등의 문제를 해결할 필요가 있다.

1.7.4.3 배수단면과 호안공법

(1) 설계유량

- ① 단순한 자연배수로 등의 설계유량은 내부유역을 포함하는 배수계 내의 최하류점에서의 유출량에 의해 구해진 비유량과 배수로 구간마다의 지배단면적의 곱으로 산정한다.
- ② 또 기계배수로 계획한 지구의 설계유량은 펌프최대 배출량과 지구 내 최대 유출량 중 작은 값으로 담수해석결과를 고려하여 결정한다. 그리고 광역배수의 설계유량은 일반적으로 부정류 해석으로 구하지만, 원칙적으로 내부유역을 포함하는 배수계 내의 비유량을 같게 하여 산정한다. 단, 부정류 해석에 의해 배수불량 지구가 특별히 정해지고 배수개선이 되지 않을 것이 예상되어, 동일 비유량을 적용하는 것이 부적당하다고 판단될 경우는 각각 해당되는 비유량을 이용하여 계획을 세운다.
- ③ 또 배수로에서는 정비목표에서 구해진 계획대상유량을 초과하는 유량이 발생할 가능성이

용배수로 설계 기본사항

있는데 이러한 경우의 수로의 보전 및 조정기능에 대해서도 검토하지 않으면 안 된다. 구간별 설계유량은 계획유량의 1/4 정도의 변화가 있는 경우에 변경하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 계획기울기

- ① 배수로의 설계기울기는 배수계획에 기초하여 주요지점의 계획수위(제한수위)와 바닥표고(제한 바닥높이)를 만족시키도록 설정하고, 제한수위와 함께 제한 바닥높이를 만족시키는 전체적인 유속조건을 조합하고, 단면변화지점에서의 급격한 변화를 피하며 퇴사, 세굴방지를 고려하여 간선, 지선배수로에 적절한 기울기배분을 하여 결정한다. 즉, 필요에 대응한 경제적 비교·설계를 행한다.
- ② 또한 범용농지화를 목표로 하는 지구에서는 상시 배수량에 대해서도 제한조건을 만족시키는 기울기가 필요하다. 보통 홍수량에 의해 계획된 수로단면 및 바닥표고에서 상시배수량이 제한조건(상시배수 기준수위 등)내에서 유하 가능한가, 아닌가를 등류 또는 부등류 계산에 의해 확인한다.
- ③ 이외에 지선배수로 및 소배수로의 높이나 간선배수로까지의 거리, 배수구의 바닥표고, 펌프의 운전수위조건, 펌프의 ON-OFF에 수반하는 수위변동 등에 대해서도 검토 할 필요가 있다.

(3) 호안공법

- ① 배수로의 호안은 그 필요성을 검토하여 필요가 있는 최소한의 범위로 한다. 호안공법과 단면형은 용지비, 유지관리비를 포함하는 경제성 검토를 하여 결정한다. 그리고 친환경적인 재료를 사용하는 것을 적극 검토해야 한다. 호안은 수로사면의 안정성이나 유지관리비의 경감 및 호안으로 인한 용지폭의 축소를 피할 경우 필요하다. 저수호안의 높이는 1년 또는 2년 확률 유량시의 수위를 원칙으로 하며 다음의 경우에는 호안고를 높여도 좋다.
가. 용지비 및 유지관리비 등을 포함한 호안고의 경제성 비교를 하고 호안을 높이는 것이 유리한 경우
나. 사면침식의 우려가 있는 토질의 경우
다. 배수장 주변, 낙차공, 분류·급류공 등 수위변동이 심한 곳

1.7.4.4 기계배수의 수로 계획상 유의할 점

- (1) 간선배수로의 지구외로의 배수구는 통문, 통관에 의해 하천으로 방수하는 경우와 하해공작물이 있어 해안으로 방수하는 경우가 있고, 이들 모두 자연배수와 기계배수가 가능하다.
- (2) 자연배수는 통상의 유하능력을 확보하면 좋지만, 하해공작물로 해안에 방수하는 경우는 조류나 풍파의 영향으로 여러 가지 대책이 필요하다(KDS 67 65 00 해면간척 설계기준 참조). 기계배수는 펌프기동에 수반하여 배수로 수위가 급격히 저하하는 경우가 많다. 그래서 기계배수능력과 배수로 유하능력이 균형을 잃는 경우 펌프의 과잉부하 등이 발생하기 때문에 전체적으로 균형 잡힌 수로계획이 필요하다.

1.7.4.5 수로의 안전과 유지관리

- (1) 배수로는 원칙적으로 개수로로 계획하기 때문에 특히 증수시에는 안전대책에 충분한 배려를

할 필요가 있다. 보통 농지배수에서는 논지대에 노선을 선정하지만 주택이 있는 지역이 있으면, 펜스, 가드레일, 가드파이프, 손잡이 등의 안전대책이 중요하다.

- (2) 배수로의 유지관리는 보통 보수점검에 제초, 퇴적토사의 제거 등이 있어 수로관리원의 부담이 된다. 생태계보전이나 경관에 대한 배려가 중요시 되는 구간에서도 특히 유지관리의 부담을 경감하는 방안을 검토하는 것이 필요하다.

1.8 설계유량 · 설계수위

- (1) 수로 설계시에는 계획용수량, 계획배수량, 계획수위, 용배수 계통 등의 기본적인 사항에 대하여 확인하고, 수로조직의 각 시설에서는 그 목적에 적합한 설계유량 및 설계수위를 설정해야 한다.

1.8.1 설계 유량

- (1) 이 기준에서 설계유량이란 용수계획에 있어서의 시기별·용수계통별 계획최대유량, 배수계획에 있어서의 계획최대유량을 말한다. 또 용배수 계획에서 가장 적은 유량을 최소유량이라 말하고, 가장 많이 발생하는 유량을 최대유량이라 말한다. 일반적으로 수로의 규모는 설계유량으로 나타내지만 단면, 구조 등의 결정에는 그 이외의 유량에 대하여도 검토해야 한다.

1.8.1.1 용수로

- (1) 용수로의 설계유량은 용수계획에서 정해져 있는 기별·용수계통별 계획최대유량이 일반적으로 사용된다. 다만, 상류 구간에서 계획대로 분수되지 않는 현상이 일어날 우려가 있는 경우 또는 지형제약상 홍수의 유입을 피할 수 없는 경우 등에는 계획분수량이나 유입 홍수량을 더하여 이를 설계유량으로 한다.
- (2) 일반적으로 설계유량은 구간마다 분수공, 방수공, 물넘이와의 관련성을 고려하여 결정한다. 따라서 설계유량은 구간마다 방수공, 물넘이의 신설 및 방류하천의 개수계획등을 포함한 전체의 시설비를 비교 검토한 후 결정한다.
- (3) 또한 관개지구계획의 여러 가지 조건은 계획, 설계, 시공의 각 단계별 시행시기에 따라 변동되는 경우도 많으므로 일정기간마다 용수량결정요인(감수심, 작부체계, 관개면적, 토지이용, 분수점, 관개방식 등)의 확인을 하여 그 변화에 대응한다.

1.8.1.2 배수로

- (1) 배수로에서는 배수계획에서 정해진 계획최대유량을 설계유량으로 한다. 또 용수로에서는 보통 설계유량을 초과하는 유량의 흐름은 고려하지 않지만, 배수계획에서는 유출이 계획 확률을 초과하여 수로시설에 지장을 초래하는 일이 있다. 이 유량은 수로시설의 중요도 등에 따라 수로의 유송능력을 확인하기 위해 사용한다.
- (2) 더욱이 배수계획에서는 일반적으로 집수면적의 변경은 없지만 수문조건, 토지이용구분, 입지

용배수로 설계 기본사항

사회적환경 등의 변화에 따라 유출제원의 변동이 일어날 수 있으므로 계획, 설계, 시공의 각 단계에서 이들을 항상 점검하며, 필요한 대응조치를 함께 하면서 작업을 진행시켜야 한다.

1.8.2 설계수위

- (1) 이 기준에서 설계수위란 용수계획에 있어서의 시기별·용수계통별 계획최대유량, 배수계획에 있어서의 계획최대유량을 통수하는 수위이다. 설계수위는 설계유량과 같이 수로시설의 규모, 단면, 구조 등을 정하기 위한 중요한 기준치이며 각종 시설마다 그 기능이 안전하고 충분하게 발휘될 수 있도록 검토하여 설정하여야 한다.

1.8.2.1 용수로

- (1) 설계수위라 함은 위의 설명과 같이 용수계획에 정해져 있는 시기별·용수계통별 계획최대유량을 통수하는 수위이다. 다만, 상류구간에서 계획유량이 분수되지 않아 유량이 증가되는 구간에서는 이에 해당하는 값을 더하여 설계수위로 한다.
- (2) 또 용수계획에서 가장 적은 유량에 대응하는 수위를 최저수위라 하고 가장 많이 발생하는 수위를 최대빈도수위라고 한다. 최저수위나 최대빈도수위는 분수공, 낙차공, 계측시설 및 수위 조절시설 등이 원활하게 기능을 다하고 있는지를 검토하기 위하여 사용된다.
- (3) 수로 각 지점에서의 설계수위는 수로조직이 단순한 경우 각점의 수위를 연결함으로써 구할 수 있다. 수로가 긴 경우 노선상의 지형의 변화, 이에 따른 각종 수로시설의 배치 등으로 인하여 단순히 설정하기 곤란하므로 조직설계의 단계에서 공중, 노선의 배치를 고려하여 종합적으로 검토한다.

1.8.2.2 배수로

- (1) 설계배수위란 배수계획에 정해진 계획최고수위를 말한다. 또한 배수계획에서 가장 적은 유량에 대응하는 수위를 최저배수위라고 한다. 배수로에 호안을 설계하는 경우에 그 설치목적이 물의 흐름에 의한 세굴 또는 침윤에 대하여 사면의 안정성을 높이려고 하는 호안에서는 해당 호안계획의 대상으로 하는 유황에서의 수위를 정하여야 한다. 이를 호안계획수위라 한다.
- (2) 평상시 배수위는 포장의 지하수를 배제하고 있는 암거(속도랑)배수의 출구표고 이하로 정한다. 또 수로주변 경지에 침출수에 의한 피해가 예상되는 배수로의 설계수위는 수로주변 경지의 표고 이하로 정하는 것이 바람직하다.
- (3) 설계수위, 수로단면 및 규모 등은 배수로의 각 구간의 상호표고관계를 감안하여 설계유량이 안전하게 흐를 수 있게 정한다. 이와 같이 하여 구한 수로단면에 대하여 평상시 및 호안계획대상유량에 대한 수면추적을 하여 암거배수구, 호안 등의 배수시설을 설계한다.
- (4) 또한 일반적으로 자연배수, 기계배수 등의 배수방식은 계획시 정해지지만 토지이용 형태 및 사회적 입지환경의 변화에 따라 계획배수량의 변동도 일어날 수 있다. 따라서 계획, 설계, 시공의 각 단계에서 항상 계획 기초값을 검토하여 작업을 진행시켜야 한다.

1.9 수로형식의 선정

- (1) 수로형식은 설계유량과 설계수위를 기초로 하여 노선의 자연적, 사회적 입지환경, 경제성과 이수조건, 물관리 조건과 환경친화적 조건 등을 고려하여 수로조직 전체의 목적과 기능이 충분히 발휘될 수 있게 결정해야 한다.
- (2) 수로형식은 수로조직 전체의 기능을 좌우하고, 수로건설비에 크게 영향을 준다. 따라서 수로조직 전체의 목적과 기능이 충분히 발휘될 수 있게 경제성, 물관리 목표, 체제, 유지조건 등을 고려하여 수로형식을 선정한다.
- (3) 수로형식에는 개수로, 터널, 사이펀 등을 주체로 하는 개수로 형식과 관수로로 주체로 하는 관수로 형식 또는 개수로와 관수로의 복합형식이 있다.
- (4) 다음과 같은 개수로 형식과 관수로 형식의 특성을 충분히 감안하여 수로형식을 선정하지만 입지환경의 제약 등에 의하여 생기는 부대시설의 비용증가 때문에 개수로 형식의 경제적 유리성이 차차 저하되고, 최근에는 이용이 편리하고 노선선정의 자유도가 큰 관수로 형식도 많이 채용되고 있다.

1.9.1 개수로 형식의 특성

- (1) 일반적으로 수로건설비가 싸고 널리 활용되고는 있지만 노선의 지형조건에 좌우되므로 지형의 기복이 큰 곳에서는 터널, 사이펀 등 공중의 복잡화 또는 개수로의 우회 등으로 인하여 공사비가 높아지는 경우도 있다.
- (2) 게이트조작에 의하여 유량을 조절할 경우 유량변화의 전달속도는 구조물에 의한 반사, 수로통수단면의 변화 등 각종 요인에 따라 다르지만, 관수로 형식에 비하여 반응이 느리고, 특히 길이가 긴 수로에서는 정상상태에 이르게 하기까지 많은 시간이 걸린다.
- (3) 관수로 형식의 수로와 비교할 때 유량변동에 대한 자유도가 높음과 동시에 수로 단면의 폐쇄에 대한 우려가 적다는 점에서 배수로나 용배수겸용수로에서 채용되는 일이 많다.
- (4) 관수로 형식에 비해서 상부가 개방되어 있으므로 통수저해요인을 제거하기에 비교적 용이한 반면 최근 수로 도중에서 쓰레기를 버리는 경우가 많으므로 이를 방지하기 위한 대책이 필요하다.
- (5) 수로의 경관 및 친수기능을 고려한다.
- (6) 인명사고 등에 대한 대책이 중요시되고 있다.

1.9.2 관수로 형식의 특성

- (1) 관체는 압력수두선(동수경사선) 이하로 설치하는 것이 원칙이며 노선선정에 있어서는 비교적 지형조건에 좌우되는 일이 적다.
- (2) 게이트 및 밸브 조작에 의하여 유량을 조절할 경우 유황의 변화는 수격파로서 전달되고, 비교적 단시간에 정상상태에 이른다. 특히 이 경향은 폐쇄형 관수로 형식의 수로에서는 현저하다. 이 경우 수요자측의 수요변화에 따라 공급량을 신속히 변경할 수 있지만 과잉의 수격압이 발생하지 않도록 신중히 유량조절을 해야 한다.

용배수로 설계 기본사항

- (3) 송수손실이 적으므로 물이용의 효율화를 도모할 수 있다.
- (4) 농업용수에서는 특수한 경우 외에는 미세한 먼지, 모래, 부유이토 등이 함유되어 이들의 부착, 침전에 의한 통수저해가 예상된다. 유지관리상 이들의 통수저해요인에 대한 관내제거가 일반적으로 개수로에 비하여 곤란하기 때문에 상류유입부에 침사지나 제진시설을 설치하여 수로 중에 먼지, 쓰레기나 침전물이 들어가지 않도록 해야 한다. 또한 이들 통수저해요인에 의한 유입구의 폐쇄에 대한 우려가 있어 관수로 형식의 수로는 배수로에는 적당치 않은 경우가 많으므로 배수로에 사용할 경우에는 적절한 관내유속이 부여되고, 관설치 기울기가 역기울기가 되지 않도록 특별히 고려해야 한다.
- (5) 상하류의 압력차에 의하여 유량을 흐르게 하는 시설이므로 개수로 형식의 수로와 비교할 때 유량변동에 대한 자유도가 작아서 배수로나 용배수겸용수로로 채용할 경우 제약이 따른다.
- (6) 수로에 의한 궤폐지(수로가 차지하는 부지)가 적기 때문에 수로부지의 유효이용을 고려하는 경우에는 유리하다.
- (7) 일반적으로 개수로 형식에 비하여 건설비는 비싸지만 용지의 제약이 적고 용수관리가 용이하다는 점에서 비교적 대유량의 수로에서도 채용되는 경향이 있다.

1.9.3 개수로와 관수로의 복합형식의 특성

- (1) 도시화에 의한 개수로 용지의 확보가 곤란하든가 또는 수질보전, 물관리의 생략화 등의 이유로 상류부가 개수로, 하류부가 관수로로 계획된다든지, 또는 반대의 경우 양자를 조합시킨 복합형식이 많아지고 있다.
- (2) 복합수로에서는 개수로와 관수로 특성의 차이점에 대하여 주목하고 접합부에서 물흐름의 연속성이 유지될 수 있게 조절용량의 결정 또는 물넘이 등의 설치에 유의해야 한다. 개수로는 제수문(check gate) 등에 의해 상류의 수위를 제어할 수 있기 때문에, 분수게이트의 조작 등과 조합시키면, 상류우선의 물관리가 용이한 시스템이 된다. 또 송수량의 증감에 따라 용수도달시간도 달라지는데 관수로에서는 하류의 말단 밸브의 개도 조작에 의해 관로입구의 유량까지 변화를 일으킴으로 개수로의 용수도달시간과 비교하면 대단히 단시간에 유황변화가 계통 내에 일어난다.
- (3) 복합수로는 개수로, 관수로 형식의 장단점을 공유하고 있기 때문에 양자의 특성이 모순되지 않도록 사용개시후의 물관리 조작을 고려하여 수로조직의 설계를 하여야 한다.

1.10 노선 선정

- (1) 수로의 노선은 설계유량 및 설계수위를 기초로 하여 그 목적과 함께 구조물의 안전성 및 경제성을 고려한 후 노선의 자연조건, 사회적 조건 등도 고려하고 전체적 관점에서 결정해야 한다.

1.10.1 일반사항

- (1) 수로의 노선은 용배수계획에 따라 정하여져 있는 설계유량과 설계수위를 확보하고 심사숙고하여 정한 수로형식에 적응될 수 있도록 선정해야 한다.

- (2) 이 경우에는 통수시설의 공중선정은 물론, 수로 조직 내의 각종 시설의 배치와 구조에도 배려를 하여 노선을 결정한다.
- (3) 노선 선정에서 용지의 취득, 용배수 관행의 변동 등 사회적인 문제도 일어나기 때문에 도상에 몇 개 노선에 대한 비교검토를 하여 최적노선을 선정해야 한다.

1.10.2 노선의 선정 유의사항

- (1) 노선선정에 관하여 일반적인 유의사항은 다음과 같다.

1.10.2.1 수로조직으로서의 유의사항

- (1) 용수로는 원칙적으로 관개지에 자연관개가 될 수 있게 취수지점의 수두를 가능한 한 활용하도록 배려하여 노선을 선정한다. 단, 고위부에 위치한 관개지의 면적이 전체에 비하여 적은 경우 등은 그 일부를 펌프양수관개로 계획하고 전체의 공사비, 장래의 물관리 등을 고려하여 비교검토를 한 후 노선을 결정한다.
- (2) 배수로는 원칙적으로 지구의 최저위부를 통과시키도록 한다. 지구의 일부를 기계배수로 하는 지구에 있어서도 고위부, 저위부 또는 중위부 등으로 분할하고 배수로를 2단 또는 3단식으로 배치하는 경우 배수기의 운전경비가 절감되는 경우도 있으므로 비교 검토할 필요가 있다.
- (3) 용수로의 물넘이, 방수공 및 분수공 등은 이들의 시설에 관계되는 하천과 함께 관개지 상태를 충분히 조사하여 적절한 위치에 선정한다.
- (4) 발판개를 포함하는 장대한 용수로계 또는 발판개를 주체로 하는 용수로계에서는 도중에 조정지를 설치함으로 수로 단면의 축소를 기하고 공사비의 절감, 수로구조의 단순화, 물의 유효이용, 배분관리의 합리화 등 좋은 결과를 기대할 수 있다.
- (5) 농업용수는 지역의 환경보전 기능 또는 농업이외의 사회적 역할을 지니는 것도 있다. 구수로의 개수 도는 이설에서는 이러한 관점에 대해서도 충분히 고려하여 설계해야 한다. 또 노선선정에 있어서 다른 지역개발계획을 충분히 조사하여 이것과 조화를 이루도록 함이 좋다.

1.10.2.2 노선선정상의 유의사항

- (1) 관수로 형식의 수로는 지형상의 제약이 비교적 적으므로 노선은 가급적 직선으로 하고 단거리를 관통하도록 하는 것이 바람직하다. 또한 개수로 형식의 수로는 많은 절성토를 피하고, 수로의 허용유속을 만족시키도록 노선을 선정한다.
- (2) 토질이 나쁜 지점을 피함과 동시에 인가와 교통에 지장을 주지 않도록 배려한다.
- (3) 보안, 보전 등의 면에서 성토 위에 수로를 설치하는 것은 가급적 피하도록 한다.
- (4) 수원으로부터 관개지까지에 상당한 낙차가 있는 경우는 농업용수시설의 유지관리비 절감 차원에서 그 낙차를 유효하게 이용하여 발전 등에 이용하는 사례도 있다. 앞으로 노선선정에 있어서는 이와 같은 잉여수두의 이용 방법에 대하여도 함께 검토하여야 한다.
- (5) 수로를 농업용수 이외의 타목적 용수와 함께 이용하는 경우 보수점검 등을 위한 단수로 인해

경제적 손실을 입는 일이 있다. 이런 경우는 2련 수로 등 복단면 수로에 대하여도 검토하는 것이 필요하다.

1.10.3 노선선정의 순서

- (1) 노선선정에 관계되는 측량 등의 조사에 대해서는 「KDS 67 20 10 용배수로설계 조사」에 따르지만 여기서는 이 조사를 바탕으로 노선을 선정하는 작업에 대하여 기술한다.
- (2) 노선선정은 주로 계획, 조사단계에 있어서의 노선개략결정과 전체설시 설계, 또는 공사 실시 단계에 있어서의 결정과의 2단계로 나뉘어진다.
- (3) 노선의 개략결정이란 기존 또는 조사 시에 작성된 지형도를 바탕으로 현지조사 등에 의해 가능한 몇 개의 비교노선에 대하여 주로 수로의 목적 및 기능, 구조물의 안전성과 경제성을 고려한 후 비교설계를 하여 가장 유리한 노선을 정하는 일이다. 노선의 결정이란 개략결정노선을 근거해서 평면도를 작성함과 동시에 상세한 현지조사를 하여 노선의 중심선을 현지에 설정하는 작업이다. 이 작업순서는 다음과 같다.

1.10.3.1 노선의 개략결정작업

- (1) 소규모 수로조작에서는 직접 현지조사에 의해 노선의 개략결정이 가능하지만 보통의 수로조작에서는 관계지역 전체를 포함하는 축척 $\frac{1}{5,000}$ ($\frac{1}{25,000} \sim \frac{1}{50,000}$ 또는 $\frac{1}{5,000} \sim \frac{1}{50,000}$)의 지형도에 의거 작업을 실시한다.
- (2) (1) 작업에서는 가능한 몇 개의 비교노선을 심사숙고하여 정하고 각각의 노선에 대하여 공중배치, 수두배분 등의 개략설계를 하며 용배수 계획상의 타당성과 건설비를 비교검토하여 가장 유리한 노선을 선정한다. 또 현지답사는 단순히 지형, 지표, 지질 등의 조사에 그치지 않고 비교노선의 선정에 필요한 설계, 시공, 관리 및 사회조건 등의 요소를 검토하는데 기여하는 것들도 포함하여야 한다.

1.10.3.2 노선의 결정작업

- (1) 노선의 개략결정에 의하여 가장 유리한 노선이 결정되면, 그 노선을 따라 수로규모에 따라, 노선 양쪽에 거의 30~100m 정도의 폭으로 축척 1/500~1/1,200의 평면도를 작성한다. 이 평면도는 노선결정 및 설계, 시공의 중요자료가 되므로 정밀도가 높은 것이어야 한다. 또한 이 경우 작성하는 평면도가 이후의 용지취득 등에도 쓰일 수 있는 축척, 기사 등을 포함하는 것이면 편리하다.
- (2) 수로의 공중, 각 수로공중마다의 단면, 구조 및 수위를 개략 정하고 이들 공중간의 모순이 생기지 않도록 노선을 결정하고, 평면도에 노선의 중심선을 기입한다.
- (3) 도상에서 결정된 노선에 대하여 현지에서 확인함과 동시에 필요에 상응하는 토질, 지질 등의 조사를 하고 현지에 중심선 말뚝을 설치한다. 이 단계에서도 아직 미해결의 문제가 남아 있는 경우, 그 결론 여하에 따라 노선이 좌우되는 일이 있으므로 중심선을 현지에서 확정하기 전에

노력하여 모든 문제를 처리하여 두는 일이 필요하다.

1.11 통수시설의 공중선정

- (1) 개수로, 터널, 암거, 사이펀, 수로교, 낙차공, 급류공 등 통수시설의 공중은 구조물의 안전성과 경제성, 노선의 지형, 노선연변의 토지이용상황 등 자연적, 사회적 제 조건을 고려한 후 수로 조직 전체의 목적 및 기능이 충분히 발휘되도록 선정한다.
- (2) 수로조직은 개수로, 터널, 암거, 사이펀, 수로교, 낙차공 및 급류공 등의 통수시설과 분수공, 계측, 합류, 조절, 보호, 안전, 관리 및 부대시설 등으로서 구성된다.
- (3) 공중선정은 수로조직 전체의 목적 기능이 충분히 발휘 될 수 있게 심사숙고하여 정한 수로형식 및 노선에 대해 가장 타당한 통수시설을 선정하는 작업이며 구조물의 안전성과 경제성, 노선의 지형, 노선연변의 토지이용상황 등 사회적 제조건에 대하여도 충분히 고려하여야 한다.
- (4) 특히 통수시설은 수로조직의 주요부를 차지하므로 그 시설의 양호나 불량은 그 수로조직의 기능을 좌우하며, 수로의 건설비에 크게 영향을 주기 때문에 충분한 검토를 하여야 한다.
- (5) 그리고 분수공, 계측, 합류, 조절시설 등은 수로조직의 기능상 통수시설과 밀접한 관계를 갖기 때문에 이들의 배치 및 규모를 생각하고, 통수시설의 공중선정을 하여야 한다.
- (6) 또한 관수로 형식은 단일의 통수시설이기 때문에 개수로 형식과 같이 특정한 공중의 선정작업은 필요하지 않다. 그러나 송수형식이나 부대시설의 구조 및 배치에 대한 검토가 중요하다.

1.11.1 개수로

- (1) 개수로는 옹벽형, 라이닝, 무라이닝 수로로 대별할 수 있다. 이들의 선정에는 개수로의 목적, 구조물의 안전성, 사회적 제약조건, 건설비, 유지관리 등의 비교 검토가 필요하다.
- (2) 개수로는 일반적으로 관수로에 비하여 수리적으로 유리하며, 더욱이 절·성토량이 평형을 이루고 있는 경우 경제적으로 되는 경우가 많다.
- (3) 장대한 흙쌓기 또는 흙깎기는 수로의 안전성, 경제성의 면에서 불리하므로 가능한 한 피하도록 한다. 단, 짧은 구간에서 다른 공중(예를 들면 사이펀, 암거 등)보다 유리한 경우에는 상당히 큰 흙깎기나 흙쌓기를 피할 수 없는 경우도 있다. 이때는 기초, 토질, 흙깎기와 흙쌓기의 안전 등에 대하여 충분한 검토와 처리를 하는 것이 좋다.
- (4) 무라이닝 수로는 일반적으로 누수방지를 할 필요가 없고 만곡, 합류 등에 의해 침식, 세굴의 우려가 없는 배수로에 많이 채용된다. 또한, 지형, 기울기가 비교적 급해서 침식, 세굴이 예상되는 수로에서는 낙차공 또는 급류공을 설치하여 수로 기울기를 느리게 하여 무라이닝 수로로 하는 것이 유리한 경우가 있다. 그리고 무라이닝 수로에서의 합류부, 만곡부 등에서 침식, 세굴의 우려가 있는 구간에서는 필요에 따라 라이닝 또는 호안을 한다. 상시 물 흐름이 있는 경우는 복단면으로 하여 저수위부를 호안하며, 고수위부는 굴착한대로 또는 평배 등의 간이 보호공으로 하는 수도 있다.
- (5) 라이닝 수로란 수로배면의 토질재료에 의해 수로비탈면을 안정시켜 지수, 수로표면의 평활화, 또는 잡초의 방지를 목적으로 표면을 비교적 얇은 피복재로 덮는 수로이다. 이에 대해 옹벽형 수로는 수로측면이 내·외수압 및 배면토압 등을 지지하는 벽에 의하여 구성되는 수로이

용배수로 설계 기본사항

다. 따라서 라이닝 수로와 옹벽형 수로는 어느 것이나 누수방지, 단면의 축소 등을 목적으로 한 수로형식이지만, 용지취득 등 수로연변의 입지 제 조건의 제약이 없는 경우 라이닝 수로는 옹벽형 수로 보다 경제적이며, 수로의 규모가 커질수록 그 경향은 현저하다. 그러나 최근 사회, 입지환경 등의 제 조건으로 인하여 옹벽형 수로가 많이 채용되고 있다.

(6) 일반적으로 다음의 경우는 옹벽형 수로의 채용을 고려할 수 있다.

- ① 통수단면이 작고 용지매수비 등을 생각하면 라이닝 수로에 비하여 건설비가 유리한 경우
- ② 옹벽형 수로의 기초공이 비교적 싼값으로 건설될 수 있는 경우나 라이닝 수로에서 토공에 고액의 공사비를 요하는 경우
- ③ 수로가 급경사지의 비탈면 또는 흙막이 높이가 큰 안장부를 통과할 때 라이닝 수로에서는 다량의 토석을 처리하여 토공에 고비용을 요하는 경우
- ④ 터널과 사이펀 등 구조물 간의 길이가 짧은 개수로에서는 트랜지션(이행부)을 포함한 전체의 공사비를 생각하여 옹벽형 수로의 공사비가 더 싸게 드는 경우

1.11.2 터널

(1) 터널은 산악, 대지 등의 고위부에서 개수로로 통과하는 것이 불가능한 경우 또는 개수로로 우회하는 것보다도 연장이 단축되며 전체적으로 경제적인 경우 등에 채용된다. 선정에 있어서의 유의사항은 다음과 같다.

- ① 개수로에 비하여 2~3배의 공사비를 요하고 지질이 나쁜 경우 공사비는 더욱 증가함으로 될 수 있는 한 지질이 좋은 노선을 선정함과 동시에 최단거리를 통과 하도록 한다.
- ② 단층, 파쇄대 및 연약지대 등의 통과는 가급적 피하는 동시에 유해가스의 발생에 대하여도 충분한 조사를 하여야 한다. 부득이 단층이나 연약지대 등을 통과하는 경우에는 시공 중의 대책에 대하여도 충분히 검토하는 것이 필요하다.
- ③ 터널 유입부에서는 낙석방지 등의 안전대책이나 유지관리상 터널 내에 토사퇴적이 일어나지 않도록 대책을 세울 필요가 있다. 또한 긴 터널에서는 공기의 단축, 경제성 등의 관점에서 도중에 횡갱, 수직갱 등을 설치하는 것이 필요하다.
- ④ 노선상에 지하수를 이용하고 있는 경지나 주택이 있는 경우에는 관개용수나 생활용수의 고갈 등의 문제가 일어나는 것도 예상된다. 따라서 지하수의 분포, 수량 및 수질 등에 대하여 사전에 충분히 조사하여 대책을 세우도록 고려하여야 한다.

1.11.3 암거

(1) 암거는 절취 비탈면이 길어지고 지하수위가 높고 따라서 부력 또는 양압력을 받거나, 또는 용출량이 많아 개수로로서 구조적으로 불안정하거나, 또는 경제적으로 불리한 경우, 혹은 흩딤이 두께가 작아 터널시공이 곤란한 철도, 도로, 제방 등을 횡단하는 경우에 적용된다.

- ① 암거는 지질조건이 허용하는 한 최단거리를 통과시키도록 한다.
- ② 암거는 일반적으로 지하에 매설하므로 크고 긴 절취비탈면을 남기는 일이 없고, 지하수위의 상승에 대하여도 구조의 안정성이 떨어지는 일이 적음으로 깊은 흙막이를 요하는 개수로에 비하여 경제적일 때가 많다.

- ③ 암거의 매설깊이는 수리적으로 정하는 수위와 함께 지상물이나 이용방법에 상응하여 필요한 흙덮이 등도 고려하여 결정해야 한다.
- ④ 철도, 하천, 도로 등을 횡단하는 경우에는 가능한 한 직각으로 교차토록 한다. 시공에 있어서 상부시설에 영향을 적게 끼치는 추진공법이 굴착공법과 비교하여 전체적으로 볼 때 경제적으로 유리한 경우가 있으므로 교통량이 많은 주요 도로, 철도 등에서는 가설비를 포함한 전체 공사비의 비교설계를 한다.
- ⑤ 도시근교나 시가지를 통과하는 경우 개수로처럼 전략방지나 쓰레기 등의 투기방지 등에 대한 특별한 대책이 필요 없으므로 경제적으로 유리한 경우가 많다.
- ⑥ 특히 깊은 암거에서는 공사의 시공시에 지하수위의 저하, 지하수의 고갈 등 주변에 지장을 주는 일이 있으므로 환경조사를 하여 노선의 적부 또는 그 대책을 검토하여야 한다.

1.11.4 사이편, 수로교

- (1) 사이편 또는 수로교는 하천, 철도, 도로, 계곡 등의 저위부를 개수로로 통과할 수 없는 경우 또는 우회하는 것보다도 길이가 단축되어 경제적인 경우 등에 채용된다.
- (2) 그 어느 것을 채용하는가는 그 지점의 지형, 지질, 수리조건, 안전성, 건설비 등을 비교·검토하여 결정한다.
- (3) 사이편, 수로교를 선정하는 경우의 유의사항은 다음과 같다.
 - ① 개수로에 비하여 3~4배의 공사비를 요하므로 될 수 있는 한 최단거리로 횡단한다.
 - ② 일반적으로 사이편은 관채를 지상에 부설 또는 지중에 매설하지만 지형, 지질에 따라서는 관채의 일부를 수로교 또는 터널로 하는 것이 유리한 경우도 있다. 예를 들면, 견고한 기반이며, 깊은 계곡을 형성하는 지형에서는 하상에 매설하는 것보다는 홍수위보다 높은 부분을 수로교로 횡단하는 방법이 유리하다. 또, 사이편 입출구의 산턱이 급하고 험하며 암반인 경우는 터널로 하는 것이 유리한 경우도 있다.
 - ③ 도로, 하천, 철도 등 중요시설을 횡단하는 경우는 가급적 직각교차로 한다.
 - ④ 입출구는 가능한 한 흙쌓기 위에 설치하지 않는 것이 바람직하다. 부득이 흙쌓기 위에 설치하는 경우에는 구조상의 약점이 되지 않게 충분한 배려를 하여야 한다.
 - ⑤ 사이편의 매설 깊이의 결정방법은 암거에 준한다.

1.11.5 낙차공, 급류공

- (1) 수로가 큰 낙차를 가지는 경우는 필요에 따라 낙차공, 급류공 등의 낙차구조물을 설치하여 수로의 보전을 도모해야 한다. 또 낙차구조물에 의하여 생기는 낙차를 유효하게 이용하는 관점에서 소수력 발전을 계획하는 것도 고려해 볼 필요가 있다.
- (2) 낙차구조물의 배치 및 공종은 비교설계에 의해 안전하고 전체 수로조직이 가장 경제적이 되게 선정한다. 낙차구조물의 위치, 형상의 선정에 있어서의 유의사항은 다음과 같다.
 - ① 수로가 전체적으로 급한 기울기로 될 경우에는 유속이 커져서 수로표면의 재질에 따라서는 수로가 세굴 또는 침식을 받는다. 이 때문에 수로표면의 재질과 세굴 또는 침식유속을 감안하면서 낙차구조물의 위치 및 공종 등을 비교·설계하여 검토한다.

용배수로 설계 기본사항

- ② 지형기울기가 비교적 급한 경우 수로바닥기울기는 수로의 구조 또는 그 재질에 대한 유속의 한계와 낙차구조물에 의한 기울기 수정과의 조합에 의해 비교·검토하여 결정한다. 수로의 흐름이 한계유속에 가까우면 수면이 불안정하게 된다. 이 때문에 특히 용수로에서는 과도하게 유속을 크게 하는 것은 피하여야 한다.
- ③ 수로조직에 조절지나 팜폰드(farm pond)를 설치할 필요가 있는 경우는 잉여낙차를 이용하는 것이 유리한 경우도 있지만 조절시설의 검토에 있어서는 충분히 유의하지 않으면 안 된다.
- ④ 산간부 농경지의 배수계획에서는 비교적 기울기가 급한 수로가 되므로 낙차공, 급류공을 적절하게 설치하여 수로바닥기울기를 수정하여 수로의 전체적 안전성과 경제성을 기할 수 있다. 또 이 경우 지선배수로와 간선배수로의 합류점은 낙차공의 정수지 또는 급류공의 감세공으로 설계하고 이들의 시설과 합류구를 겸용시키면 유리한 경우가 있다.
- ⑤ 인가 등에 접근하여 낙차공을 설치하는 경우는 진동, 소음, 비탈 등의 영향도 고려해야 한다.

1.11.6 유수지 및 승수로

- (1) 유수지는 내수의 배출량을 완화하여 배수구나 펌프의 용량을 줄이는 효과를 갖기 때문에 필요한 경우 수로의 도중이나 제방의 내측에 만든다.
- (2) 유수지의 크기는 지형에 따라 정하고 그 효과는 인접지나 지구 내에서 유수지로의 유입량, 유수지에서의 유출량, 유수지 수위의 시간적 경과를 추적함으로써 판단한다.
- (3) 승수로는 관개지구 밖으로부터의 유출수를 지구내로 유입시키지 않고 직접 배수 본천에 보내는 수로이며, 유역의 조사결과에 기초하여 상시 배수는 물론이고 홍수시의 유량도 안전하게 배제하도록 계획해야 한다.
- (4) 노선은 지구의 주변에 연해서 배치하지만 제방의 내측에 설치하여 침투수 처리를 목적으로 하는 경우도 많다. 수로 단면 등의 설계는 배수로에 준한다.

1.12 공중선정시 유의사항

- (1) 수로조직을 구성하는 각 시설 및 공중 등의 구조물의 배치는 노선의 입지조건에 맞추어 선형, 종단기울기, 흙덮이 등의 제한조건을 지켜서 결정해야 한다.
- (2) 다음에 제시하는 각종의 기준수치는 일반적인 허용수치이며, 이 범위를 넘는 경우에는 수리, 구조 또는 시공(건설), 유지관리 등의 면에서 불합리한 일이 일어날 수 있으므로 신중히 평가한 후 필요한 조치를 강구해야 한다.

1.12.1 최소곡률반경

- (1) 수로의 선형은 수리적으로 직선형이 바람직하지만, 곡선을 채용하는 경우에 수로의 최소곡률반경으로서 다음에 나타낸 값을 만족시키는 것이어야 한다.

1.12.1.1 개수로 및 상자형 압거

- (1) 개수로는 포장 내의 용배수로를 제외하고, 노선중심선의 곡률반경은 급류공(사류)의 경우 수로상폭(수면나비)의 10배 이상
- (2) 개수로 및 상자형 압거에서 메탈폼(metal form)을 사용하는 경우는 대략 30m
- (3) 배수로는 수위상승, 수두손실 및 토사퇴적 등을 고려하여 안전성을 가지도록 그만곡선형을 표준으로 계획을 세우는 것이 좋다.
 - ① 최대만곡도 θ = 약 60° 이하
 - ② 곡률반경 R = 약 10B 이상
 - ③ 부득이한 경우에는 대략 3B 이상으로 하고 수리적으로 검토하여야 하며 만곡에 의한 손실수두나 편류에 의한 측벽의 손상 등을 고려한다.

1.12.1.2 터널

- (1) 슬라이드 폼(Slide form)을 사용하여 복공을 하는 경우

$$R = \frac{l^2}{8d_e} \quad (1.12-1)$$

여기서, R : 터널중심선의 곡률반경 (m), L : 슬라이드폼의 길이 (m)

d_e : 원호양단을 직선으로 연결한 때의 중앙중거 (m), 보통 0.05m 정도, 최대 0.1m

- (2) 실드(Shield)공법에 의해 굴착하는 경우

- ① 실드공법에서 굴진 가능한 최소곡률반경은 지반의 조건, 굴착단면의 크기, 실드의 길이, 시공방법 및 실드의 구조 등에 의하여 다르지만 일반적인 경우 그 최소치는 실드의 길이와 굴착단면으로부터 다음과 같이 정해진다.

$$R = m \cdot D \quad \text{또는} \quad R = n \cdot L \quad (1.12-2)$$

여기서, R : 터널 중심선의 최소곡률반경 (m),

m : 최소 30(시공 예는 50내외가 많음),

n : 최소 20 (시공 예는 100/3내외가 많음),

D : 터널 굴착단면의 지름 (m),

L : 실드의 길이 (m)

- (3) 터널 보링기에 의해 굴착하는 경우

- ① 시공 예에서 본 최소곡률반경은 대략 다음과 같다.

$$R = m \cdot D \quad (1.12-3)$$

여기서, R : 터널 중심선의 최소곡률반경 (m),

m : 로빈슨 또는 월마이어식에서 30 내외가 많음,

D : 터널 굴착단면의 지름 (m)

1.12.1.3 사이편

- (1) 사이편은 내외압이 작용하기 때문에 기성 제품을 사용하는 경우 이음매구조에 상응한 허용휨 각도를 만족시키도록 한다. 일반적으로 곡선으로 하지 않고 곡관 등을 사용하여 수밀성을 보존시키는 일이 많다.
- (2) 편각이 큰 사이편의 굴곡점에서는 굴곡점에 양측으로부터 수압이 작용하기 때문에 굴곡부분은 밀어내는 방향으로 큰 힘을 받는다. 이 때문에 편각이 큰 사이편 굴곡부에서는 보통 드레스 트 블록(thrust block)을 설치하여 구조의 안정과 수밀의 유지를 도모한다.
- (3) 현장타설 콘크리트의 사이편에서는 박스형암거의 곡률반경을 준용하지만 특히 수압이 큰 경우에는 이음매 구조의 설계에 신중을 기해야 한다.

1.12.2 종단기울기 및 종단곡선의 제한

- (1) 각종 통수시설의 수로바닥 기울기는 보통 지형기울기 또는 지점마다 필요한 수위로부터 구하지만 허용되는 최대 기울기를 취하면 단면적이 작아 경제적이 된다. 그러나 과대하게 유속이 증대하면 유황의 악화, 수로단면의 세굴 등을 일으켜 문제가 생긴다.
- (2) 따라서 수로바닥 기울기 또는 유속 등에 수리적, 구조적 제한이 필요하다. 유속은 수로의 재질에 따라 세굴 또는 심한 마모 등의 지장이 생기지 않는 범위에 있어야 한다.
- (3) 단, 배수로와 같이 유량의 변동에 따라 크게 유속이 변화하고 이 한계를 넘는 경우에는 유사한 시공 예를 참고하여 심한 세굴에 의해 구조물의 안정이 해치지 않도록 조치를 강구한다.
- (4) 또한, 개수로 형식의 용수로에서 유속이 빠른 경우 수리적으로 불안정하게 되어 분수 등에 지장을 일으키지 않도록 설계해야 한다. 또 용배수로를 불문하고 수로 내에 토사의 퇴적이나 수중식물이 무성하게 되면 흐름에 지장을 일으키지 않는 정도의 유속이 필요하고 과소한 유속도 좋지 않다.
- (5) 노선선정 및 다음에 기술할 수두배분에 있어서는 이런 점도 고려하여야 한다. 불가피하게 허용최소유속 보다 작은 경우에는 수로구조 또는 토사의 침입방지시설 등에 대하여 특별한 대책을 강구한다.

1.12.3 최소 흙덮이

- (1) 암거, 사이편, 관수로 등 지중에 매설되는 시설에는 그 구조물의 보호, 지하수에 의한 부상의 방지, 지상의 이용 등 목적에 상응하여 적절한 흙덮이를 확보하여야 한다.
- (2) 일반적으로 관수로 등 관을 사용한 통수시설의 최소 흙덮이 두께의 표준치는 통과하는 위치에 따라 다음과 같다.
 - ① 경지: 0.6m 이상
 - ② 도로: 1.2m 이상, 단 도로관리자와 협의한 후 결정한다.
 - ③ 하천: 2.0m 이상, 단 하천관리자와 협의한 후 결정한다.
 - ④ 농도 및 사도: 관경 450mm 이하의 경우 1.0m 이상, 관경 500mm 이상의 경우 1.2m 이상

- ⑤ 한랭지방에서는 동결의 염려가 없는 깊이로 한다.
- (3) 박스형 암거 또는 사이펀의 경우도 이를 준용한다.
- (4) 최소 흙덮이 두께를 줄이든가 또는 흙덮이를 하지 않는 경우에는 차량 등에 의한 집중하중이 재하된다 하더라도 구조물의 안전을 해치지 않게 충분히 고려한다.
- (5) 또 흙덮이 두께는 물관리면에서도 충분히 고려하여 결정한다.

1.13 수두배분

- (1) 용수로의 각 형식 및 각 구간의 수두배분에 의한 종단 기울기는 수로의 기능과 안전성을 확보하며, 허용유속의 범위 내에서 수로조직 전체의 공사비를 절감할 수 있는 방향으로 결정한다.

1.13.1 일반사항

- (1) 용수계획에 있어서 취수지점에서 경작지까지의 노선이 정해지면 수로의 전체 길이와 전체 낙차에서 평균기울기가 정해진다. 개수로 계통은 일반적인 원칙에서 수로가 지구의 고위부를 통과하는 경우가 많으므로 지형적으로 개수로, 사이펀, 터널 등 여러 가지 공종으로 구성된다. 수로계통 전체의 경제성을 확보하기 위하여 주어진 전체 수두를 각 공종에 어떻게 배분할 것인가는 수로의 효율적인 배치에 있어서 중요한 문제이다.
- (2) 특히 대규모 수로는 수두의 배분에 의해 경비절감 효과가 큰 경우가 많다. 그러므로 소규모 수로에 대하여는 상황을 판단하여 기울기 배분을 생략해도 좋다.
- (3) 배수로나 용배수점용 수로에서도 수로의 성격과 지형 조건상 대부분 개수로가 되므로 공종별 수두배분이 용수로에 비하여 큰 문제가 되지 않는다.
- (4) 용수로의 수위계획은 최종적으로 농경지에 물이 들어가도록 분수위를 확보하는데 있다. 길이가 긴 수로에서는 경작지의 지형, 표고, 영농상황 등에 따라 각 지점의 분수위가 다르므로 이런 점을 고려하여 각 구간별로 이용수두를 개략 결정하고 각 구간의 공종별 수두배분을 고려한다. 이 경우 지선분수위는 가급적이면 자연관개가 되도록 수위를 유지시켜야 하지만 경작지의 일부를 양수관개함이 유리할 때가 있으므로 수로전체에 대한 기능을 고려한 비교검토가 필요하다.

1.13.2 경제적인 기울기의 배분

- (1) 구간별 이용수두가 정해지면, 각 구간에서 공종별 종단기울기의 배분을 한다. 이때 경제적인 기울기의 배분이 가장 중요한 요소이며 기본적인 고려사항은 다음과 같다.

1.13.2.1 경제적인 기울기의 배분 기본방법

- (1) 경제적인 기울기 배분 기본방법은 공종별 수로종단기울기와 공사비와의 관계에서 결정된다. 취수시설의 표고와 수로기울기의 관계는 전체공사비의 경제성을 결정한다.
- (2) 이러한 방법을 “Cost-Slope Tangent Method”라 부르며 경제적인 기울기 배분의 기본방법으로 쓰고 있다.

1.13.2 수로의 공중별 기울기의 배분

- (1) "Cost-Slope Tangent Method"를 응용하여 각종 수로형식이 있을 경우 경제적 기울기 배분을 생각할 수 있다.
- (2) 이 밖에 경제적 기울기 배분법으로는 통수 단면적과 공사비와의 관계를 공중별로 조사하여 그 관계를 지수식으로 표시하고, 1차미분하여 최소치를 구하고 경험적인 수치(전체공사비의 합이 대략 최소가 되는 기울기의 배분비율은 단위길이당의 공사비비율0.90~1.10승에 비례한다)를 대입함으로써 구한 예가 있다.

1.13.3 수두배분의 유의사항

- (1) 수두가 충분하여 모든 공중이 최대허용유속을 나타내게 되는 기울기로 설계되는 경우나 유량이 적고, 모든 공중의 통수단면이 시공상 또는 유지관리상 필요로 하는 최소단면인 경우에는 수두배분은 필요치 않다.
- (2) 수두배분은 시설의 건설비합계치를 최소로 하기 위한 기법이며, 시설의 유지관리 물관리 등에 관한 경비는 고려되지 않는다. 따라서 유지관리, 물관리에 요하는 경비가 큰 공중에서는 이들의 비용도 포함한 총경비를 기초로 검토할 필요가 있다.
- (3) 수리적으로 종단기울기를 검토하는 경우에는 수두배분뿐만 아니라 수로바닥의 종단기울기에 대하여도 검토할 필요가 있다. 각 공중 단면의 수위를 단순히 연결하면 일반적으로 터널로부터 개수로에 이어지는 부분으로 바닥이 높아진다.
 - ① 이런 경우 터널의 바닥에 토사의 퇴적이 생기는 경우가 있다. 또 보수, 관리시의 배수에 대해 불편한 경우가 많다. 따라서 이러한 곳에 대해서는 토사의 유입, 배수공, 수로의 단면형과 공사비의 관계를 충분히 검토할 필요가 있다.
- (4) 수두 배분에 따른 수로유속은 수로의 수면기울기에 따르는데, 침식 등에 대해 안전하면서도 토사의 침전을 일으키지 않는 범위여야 한다.
- (5) 단면 혹은 형상의 변화지점에서는 가급적이면, 수두손실이 적은 형상의 완화공을 설치하여 수두를 효과적으로 이용한다.

1.14 구조물의 비교설계

- (1) 구조물의 설계 시에는 미리 몇 개의 비교설계를 하여 기술적, 경제적, 사회적 여러 조건을 종합판단하여 가장 적합한 형식을 선정하여야 한다.
- (2) 수로 설계에서는 노선선정과 공중배치에 의하여 수로조직의 골격이 형성되며, 각 구조물의 기본설계에 있어서는 몇 개의 비교설계를 하는 것이 일반적이다. 비교설계에서는 구조물상의 안전성과 경제성을 주로 검토하며 사회적 조건에 대하여도 검토를 하여야 한다.
- (3) 수로에는 여러 종류와 다양한 구조물이 있어 이들 하나하나에 대하여 비교·검토하는 것은 곤란하다. 따라서 과거의 많은 설계 예와 실적자료, 계산도표, 기타 표준화된 것은 가급적이면, 이것을 활용하고 설계의 정밀도의 향상과 능률화를 도모해야 한다.

- (4) 이들 설계자료는 비교설계를 용이하게 할 수 있는 자료가 되므로 소중하게 정리·보관하는 것도 매우 중요하다.

1.15 친환경 수로계획

- (1) 수로의 환경친화적 계획은 현황조사 결과를 활용하여 현황특성 분석, 계획수립의 과제도출, 계획의 기본방침 설정 등의 절차를 거친다. 수로계획에는 유지관리 내용도 포함한다.

1.15.1 일반사항

- (1) 환경친화적 수로의 계획은 기술적인 부분과 인문사회적인 부분, 주변생태계 등을 종합적으로 고려하고, 특히 지역의 문화, 수로의 기능적 요소, 친수성, 생태계 보전, 경관, 수질정화, 개발의 용이성 등을 고려하여 계획한다.

1.15.2 수로계획

- (1) 용배수로의 환경친화적 정비계획은 현황조사 결과를 활용하여 현황특성 분석, 계획수립의 과제 도출, 기본방침의 설정 등의 과정을 걸쳐 수립한다.

1.15.2.1 현황특성의 분석

- (1) 조사내용을 분석하여 자연환경, 사회환경, 역사·문화적 환경 요소 등에 대한 특성을 정리하고 분석함으로써 환경친화적 용배수로 정비목표를 설정하고 계획수립에 활용한다.

① 자연환경요소

가. 지형적 특성, 노선주변의 수변환경, 동물의 서식환경, 주요경관 등

② 사회환경요소

가. 마을의 위치와 규모, 학교, 수련장, 체험시설, 도로교통상황, 농업시설, 농산물, 지역특산물, 인근의 농촌관광지(관광지) 등

③ 역사문화적인 환경요소

가. 용배수로 인근의 사원, 종교행사, 역사문화적 유적지, 마을고유의 풍속, 의례 등

1.15.2.2 계획수립의 과제 도출

- (1) 정리된 현황특성 요소에 대하여 환경친화적 관점에서 보존할 것인가, 개선할 것인가, 현 상태로 활용할 것인가 등을 검토하여 과제를 발굴한다.

① 보존되어야 할 요소

가. 보존해야 할 요소들 중 자연생태계 및 역사문화재에 관한 것들에 대하여는 특별한 고려가 있어야 한다.

나. 희귀동물의 서식처, 지정문화재 등은 물론이고, 현재 지정되지 않은 것들에 대하여도 지역주민이 애착을 가지고 있는 요소, 경관형성에 유리한 요소들은 보존하도록 노력해야 한다.

용배수로 설계 기본사항

다. 지역경관은 지역주민 뿐만 아니라 필요한 경우 전문가 의견 및 자문을 통해 판단할 수 있다.

② 개선이 필요한 요소

가. 개선을 요하는 요소들 특히 농촌관광과 연계할 수 있는 경우에는 가능한 현재 시점에서 개선될 수 있도록 정비하는 것이 바람직하다.

나. 주변에 학교, 농촌체험시설 및 수련장이 있는 경우 친수공간과 수변환경 정비를 고려할 수 있다.

다. 절개지의 나지는 주위경관에 악영향을 주므로 자연식재를 통하여 주위경관과 조화를 이루게 하는 등의 방법이 있다.

③ 현재 상태를 유지할 필요가 있는 요소

가. 수로 주변에 위치한 것으로서 용배수로 환경과 일체적으로 활용 가능한 요소가 대상이 된다.

나. 또한 현재로서는 별로 이용되지 않지만 앞으로 보다 유용하게 활용될 수 있는 요소들의 발굴도 포함된다.

④ 신규로 조성되어야 할 요소

가. 현재는 없지만 필요한 요소들을 찾아내어 정리한다.

나. 용배수로를 이용한 친수공간, 주변 휴게시설, 낙수기에 어류의 피난처가 될 수 있는 어도, 침사지 검용 여울, 팜폰드(farm pond) 등 환경친화적인 요소들을 발굴하여 정리한다.

1.15.2.3 계획의 기본방침 설정

(1) 일반사항

① 용배수로 전 노선(시점부터 종점까지)을 지형 등 주변환경과 용배수로 이용형태, 용배수로 주변의 특징물 등 특성을 고려하여 몇 개의 구간으로 나누고 각 특성에 따라 정비한다. 친환경수로 정비구간(구역)은 다음 사항을 고려하여 설정한다.

가. 용배수로 주변환경

(가) 용배수로 노선주변의 지형이나 토지이용형태의 변화 등 노선의 환경 변화에 유의한다.

나. 용배수로 이용형태

(가) 용배수로는 농업생산뿐만 아니라 그 지역의 산업이나 마을주민의 생활면에서 다양하게 이용될 수 있으므로 그러한 이용형태에 대하여 유의한다.

다. 용배수로 주변의 특징물

(가) 용배수로 주변에 있는 특징물에 유의한다.

(2) 용수로계획

① 용수간선

가. 용수로는 해당지역의 농경지보다 높은 곳에서 등고선방향으로 유하하면서 가능한 한 높은 지대의 농경지에도 자연급수가 되도록 설치하는 것이 일반적이다. 최근에는 구릉

경사지대의 용수개발을 많이 하고 있으므로 용수로 노선 전 구간이 평탄한 지역만을 지날 수 없는 실정이다. 용수로의 경우 하천상류에 설치된 수원공(저수지, 양수장, 보 등)에서 하류의 평야부까지 송수되기까지는 하천변 또는 경지를 통과하는 구간, 마을을 통과하는 구간 또는 산지의 경사면을 통과하는 구간, 기타(환경용수 확보를 통해 연중 물이 흐르는 지구) 등 여러 경우를 생각할 수 있다.

(가) 하천변 또는 경지를 통과하는 구간

- ㉞ 수로와 연계하여 사적지, 문화유적지 또는 나대지 등이 있고, 영농 활동에 지장을 주지 않는 범위 내에서 주민들의 의견을 청취하여 습터(소공원 등)를 계획할 수 있다.
- ㉟ 조절지 또는 팜폰드를 계획하여 영농편의를 제공하고 비오톱을 형성하여 낙수기에 수서생물의 피난처를 제공하고 논과 수로, 수로와 늪지(조절지)를 연결하는 생태환경의 조성을 검토할 수 있다.

(나) 마을을 통과하는 구간

- ㉞ 마을종합정비계획을 검토하고 그 일환으로 수로계획을 수립하며 특히 수로의 다각적인 이용방안을 검토하고 주민의견을 청취하여 계획수립에 반영할 수 있다.
- 수로의 다각적 이용방안과 경관형성에 특히 유의하여 계획을 수립한다.(수변공원, 습터, 산책로, 정자 등)
- 안전에 유의하여 그에 대한 대책을 계획한다.
- 경관을 고려한 수로 구조물을 계획한다.

(다) 산지의 경사면을 통과하는 구간

- ㉞ 이 구간에서 특히 고려해야 할 사항은 수로의 안전성이다. 따라서 이 구간은 수로의 안전과 유지관리를 고려하여 콘크리트 개거, 암거, 관수로 등으로 계획한다.
- ㉟ 콘크리트 개거로 계획할 때에는 개거에 들어간 양서류, 작은 동물 등이 빠져나올 수 있는 탈출로 등을 계획한다. 작은 동물들이 자주 이동하는 곳에는 이런 동물들이 빠지지 않고 이동할 수 있도록 암거 또는 덮개를 갖춘 콘크리트 개거 등으로 계획한다.
- ㊱ 수로 설치로 인하여 단절되는 생태환경에 대한 대책을 수립한다(동물의 이동 통로로서 생태다리를 계획하고 이에 대한 안전대책과 유도로 등).
- ㊲ 수로설치로 인한 절·성토면의 보호와 나지의 경관복구에 대한 계획을 수립한다.

(라) 기타 (환경용수 확보를 통해 연중 물이 흐르는 지구)

- ㉞ 생태계의 보전을 위하여 물 흐름의 연속성을 유지하도록 계획한다.
- ㉟ 지형여건과 수로의 수리안정성 등을 고려하여 설치하는 낙차공은 완만한 기울기의 전단면 어도구조(계단공 등)로 하여 어류 등의 생물이동이 가능하도록 배려한다.

용배수로 설계 기본사항

② 용수지선 및 지거

- 가. 용수로 마을 계획할 때는 수로의 형식과 구조에 있어 먼저 관수로 및 암거화 에 의한 수로망으로 계획하는 것을 검토한다.
- 나. 용수지선을 관수로 또는 암거화로 하지 않고 개수로로 할 경우에는 수로 단 면의 형식은 수리적, 구조적 안정성과 수로의 기능성, 물관리의 생력화 등을 고려한 구조형식으로 한다.
- 다. 용수지선을 환경친화적으로 계획할 시에는 병행하는 농로의 길잡이나 수로 독을 이용하여 꽃나무, 정원수, 과일나무 등을 심어 비오톱을 연결하는 녹지 선의 구축을 검토하고, 콘크리트 수로 안에 들어갔던 동물이 빠져나올 수 있 도록 탈출로는 검토한다.
- 라. 용수지거를 관수로 또는 암거가 아닌 개수로로 계획할 경우에는 물관리 생 력화를 고려하여 생태계의 영향을 최소로 하는 구조물 형식으로 계획한다.

(3) 배수로 계획

- ① 배수로의 경우 그 특성에 따라 단순 농경지 배수뿐만 아니라 집단 거주지의 생활하수까지를 배제하는 시설로 용수로와 차별되고 있다.

가. 배수간선

(가) 하천변 또는 경지를 통과하는 구간 및 마을을 통과하는 구간

- ㉞ 세부 정비방안은 용수로와 유사하며, 배수로 구간의 특성을 파악하고 그 특성에 따라 각 구간에 맞는 단면형상, 구조, 경관조성, 이용계획 등을 수립토록 고려한다.

(나) 다른 수계와 연결구간

- ㉞ 배수로 종점부에서 다른 수계와 구조물 없이 직접 연계(낙차 유무)되는 구간과 배수문, 배수장, 배수갑문을 통해 연계되는 구간으로 구분하여 각 특성에 맞는 정비계획을 고려한다.
- ㉟ 상시 흐름이 유지되어 수생 생태계가 양호한 지역의 경우에는 이에 대한 대책을 수립한다 (어도 등).

나. 배수지선

(가) 생태.환경적인 측면에서 볼 때 하천의 생태계가 배수로를 거슬러 올라와 배수지선으로 연결된다고 할 수 있으므로 생태 환경을 고려한 단면으로 계획한다. 그러나 배수지선부터는 치수 목적 및 기능 수로이므로 이를 소홀히 할 수도 없다. 그러므로 수로 바닥을 흙으로 하고 가능한 한 갈수기에도 바닥에 물이 있도록 하는 것이 좋다. 또한 계획수위까지는 호안을 하되 콘크리트가 아닌 환경친화적인 재료를 사용토록 계획수위 높이에 소단을 두는 등 이상 수위에 대비토록 계획한다.

(나) 배수지선의 종점과 배수로가 만나는 지점에서는 가급적 단차(표고차)를 가급적 없도록 계획하고, 수로 바닥의 표고차에 대한 처리는 낙차가 급류형의 구조물을 지양하고 어도 구조의 여울공 구조로 계획한다.

(4) 환경친화적 물꼬

- ① 흙관에서 콘크리트 수로에 폭포와 같이 떨어지는 접속 형태에서는 양서류의 이동이 불가능

하다.

- ② 수로사면을 경사진 구조물을 설치하여 소규모 어도로서의 기능을 가지게 하는 것이 바람직하다.

1.15.2.4 정비계획의 수립

- (1) 대상 수로의 정비과제 및 구간별 정비목적을 설정하여 그에 맞게 정비계획을 수립하고, 동일 정비구간 내에서도 필요할 경우 세부 구간을 설정하여 정비계획을 수립할 수 있다.

1.15.2.5 유지관리 수준의 설정과 관리방안

- (1) 환경친화적 시설의 유지관리는 계획내용에 따라 크게 달라질 수 있다. 당초 훌륭한 환경시설을 시공하였다 하더라도 유지관리가 적절히 시행되지 않는다면 기대한 효과를 발휘할 수 없게 된다. 또한 설치 후의 시설이 기대만큼의 효과를 거두고 있는지 여부를 조사 평가하는 것도 유지관리의 중요한 내용이 될 수 있다.
- (2) 환경친화적 용배수로를 계획하는 단계에서는 시설 완공후 큰 줄기의 유지관리 수준을 설정하고 이에 대응한 계획수립을 검토할 수 있다. 시설물 유지관리 수준은 누가 어떻게 어떠한 수단을 이용하여 가장 최적의 관리방법을 찾는 것이고 이때 비용의 최소화가 요구된다.
- (3) 유지관리의 수준은 다음과 같은 사항을 검토할 필요가 있다.
- ① 누가 -- 유지관리 주체
 - ② 어느 정도의 시간과 노력으로 -- 유지관리 내용, 일정, 빈도
 - ③ 어느 정도의 금액으로 -- 유지관리비
- (4) 이러한 사항을 검토하여 관리방안을 설정하고 그에 합당한 계획을 수립하며, 공공 근로사업과 취로사업을 활용한 시설물 유지 및 관리방안을 관련기관과 협의할 수 있다. 또한, 당해 사업지구가 농촌체험단지 및 유사시설 범위 내에 위치한 경우에는 해당 단지의 관리자에게 수리권을 제외한 유지관리 업무를 위탁하여 체험프로그램으로 활용할 수 있도록 관련기관 및 관리자(당사자)와 협의할 수 있다.

1.15.3 종단계획

- (1) 수로의 종단계획은 연속성이 유지되도록 시설물을 계획한다. 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 필요가 있는 지구에서는 일정 흐름이 지속될 수 있는 용수량(환경용수, 하천유지수, 관광용수 등) 확보를 계획할 수 있다.
 - ③ 용배수로 특정 구간에 팜폰드, 조정지, 유수지, 저류지라고 할 수 있는 넓은 수로단면의 계획을 검토한다.
 - ④ 용수여건이 가능하다면 비관개기에도 일정량의 물흐름이 유지되도록 계획한다. 낙수기에

용배수로 설계 기본사항

어류 등의 피난처로서 팜폰드 등을 검토하고 양서류의 탈출로 등을 계획한다.

2. 조사 및 계획

· 내용 없음

3. 재료

· 내용 없음

4. 설계

4.1 수리설계

4.1.1 일반사항

- (1) 수로의 수리설계는 원칙적으로 설계유량을 기준으로 한다. 그리고 최대유량과 기타 위험스러운 조건을 발생시키는 유량에 대해서는 자세히 검토해야 한다. 또한 수로설계는 수로조직 내 각 시설의 수리학적 및 구조적인 일관성이 있도록 해야 한다.

4.1.1.1 수로의 수리설계

- (1) 수로의 수리설계는 설계유량을 대상으로 설계수위가 확보되도록 설계한다. 또 수로조직 내의 각 시설의 설계에서는 그 수로시설이 소기의 목적과 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 설계유량 이외의 유량에 대해서도 검토해야 한다.
- (2) 설계유량 이외의 유량으로서 용수로에서는 최대빈도유량 및 최소유량, 배수로에서는 저수호안(低水護岸) 등을 검토하기 위한 유량 및 기타 중요시설에 지장을 준다고 생각되는 유량 등이 있고 각각 다음과 같은 검토를 하는 경우에 사용한다.
 - (3) 용수로
 - ① 최대빈도유량
가. 수로시설에서 최소허용유속을 검토하는 경우에는 최대빈도유량을 사용하여 유황을 확인한다.
 - ② 최소유량
나. 통수량이 감소했을 때의 분수공 및 그에 부속된 수위조절시설 등의 기능을 확인하는 경우에는 최소유량을 사용한다.
 - (4) 배수로
 - ① 저수호안 등을 검토하기 위한 유량 배수로에 저수호안을 설치하는 경우에는 당해 수로의 유속, 토질, 유황의 발생빈도 등을 검토하여 결정할 필요가 있으나, 일반적으로는 1년 또는

2년 확률유량이 많이 사용된다. 유량 등에 의해 구해진 수위를 사용하여 호안높이를 결정하는 것에 의하여 배수로의 구조설계 등을 한다. 이 유량은 낙차공의 기능을 검토하는데도 사용한다. 또한 배수로에서의 최소허용유속을 검토함에 있어서도 이 저수호안 등을 검토하기 위한 유량이 많이 사용되고 있다.

- ② 기타 중요시설에 지장을 준다고 생각되는 유량 수로단면을 만수하여 흐르는 유량 등으로 그 시설의 규모에서 볼 때 상당한 피해가 예상되는 경우, 수로의 유황 능력을 확인함과 동시에 시설의 구조, 배치 등 그 대책방법을 검토하는 경우에 사용된다.

4.1.1.2 수로설계의 일관성

- (1) 수로설계에서 수리학적인 일관성의 확보는 본 계획설계기준이 기본적으로 고려해야 할 사항의 하나이다. 그러나 여기서 말하는 일관성이란 단순 획일적인 통일을 뜻하는 것이 아니고 통일적인 기능성, 안전성 및 경제성 확보의 관점에서 일관된 기술적 판단을 뜻한다.

4.1.2 평균유속 및 등류계산

- (1) 수로단면의 치수는 원칙적으로 설계유량에 대해 평균유속공식을 사용하여 구한다. 개수로의 등류계산을 위한 평균유속공식으로는 Manning 공식이 많이 사용되고 있으며, 관수로에서는 일반적으로 Hazen-Williams 공식에 의하여 평균유속을 계산한다.

4.1.2.1 평균유속

- (1) 개수로의 평균유속 공식

- ① 개수로의 평균유속은 일반적으로 Manning 공식에 의하여 계산한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (4.1-1)$$

여기서, V: 평균유속 (m/s), n: 조도계수, R: 경심(동수반경) (m), I: 동수경사

- (2) 조도계수

- ① 조도계수의 결정

가. Manning 공식의 적부는 조도계수의 결정이 적절한가의 여부에 달려있다. 따라서 이를 결정하는데 있어서는 표면조도, 초생수로의 불규칙성, 수로의 만곡, 단면형상, 유속, 경심, 침전과 세굴, 부유물질 등 여러 가지 요인에 따라 변화하기 때문에 신중히 고려할 필요가 있다. 유속이 매우 느리거나 경심이 극히 작은 경우에는 조도계수의 값이 크게 되는 경향이 있으나 설계에서는 일반적으로 표준값을 사용한다.

- ② 합성조도계수의 계산

가. 윤변의 조도가 부분적으로 서로 다른 수로단면에 Manning 공식을 적용하는 경우에는 전체 윤변에 대한 합성조도계수를 구하여 전단면의 평균유속을 계산한다.

4.1.2.2 등류계산

(1) 유량의 계산

- ① 개수로의 흐름에 있어서 수심, 유속, 유수단면적, 유량 등 흐름의 특성이 수로구간의 모든 단면에서 시간적으로나 장소적으로 항상 일정한 흐름을 등류라고 하며, 등류로 흐르는 수로내의 유량은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$Q = A V \quad (4.1-2)$$

여기서, Q: 유량 (m³/s), A: 단면적 (m²), V: 평균유속(m/s)

- ② 배수로 및 자연하천 등에서 고수부지의 수심이 얕은 복합단면수로에서는 전술한 합성조도 계수에 의해 평균유속을 산출하여 유량을 계산하는 것은 부적당하며, 유수단면적을 구분해서 계산하는 것이 합리적인 경우가 많다. 유량계산 구분의 경계면은 윤변으로 취급하지 않는다.

(2) 등류수심의 계산

- ① 수로의 유량, 수로바닥기울기, 조도계수, 단면형상을 표시하는 여러 가지 수치가 주어지는 경우에는 등류수심을 Manning의 평균유속공식에 의하여 계산하지 않고 직접 계산법에 의하여 간편하게 구할 수 있다.

4.1.3 손실수두

- (1) 수로 내에서의 유수는 흐름중 내부마찰이나 벽면 또는 장애물로 인한 외부마찰 외에도 유입, 유출, 단면변화, 형상변화, 기타 각종 수로구조물에 의해서 에너지 손실이 발생하며 이에 따라 수두가 감소한다. 따라서 수로의 수리설계에서는 이러한 손실수두를 고려해야 한다.

4.1.4 허용유속

- (1) 수로의 유속은 토사가 퇴적되지 않고 수로에 수중식물이 자라지 못하는 최소유속과 수로단면을 구성하는 재료가 유수에 의해 침식을 일으키지 않으며 수리학적으로 흐름이 불안정한 상태가 발생하지 않는 최대유속의 범위 내에 있어야 한다.
- (2) 수로와 수리구조물의 단면을 결정할 경우, 최소 및 최대허용유속을 결정하는 것이 매우 중요하므로 양자를 고려하여 수로의 기능, 구조 등에 적합한 설계유속을 결정해야 한다.

4.1.4.1 최소허용유속

- (1) 최소허용유속을 제약하는 요소는 매우 불명확하여 정확한 값을 쉽게 결정한다는 것은 간단하지 않다. 일반적으로 실트(silt) 및 그 보다 큰 입경의 부유토사가 적은 경우에는 0.45~0.90m/s의 평균유속이 있으면 부유토사의 퇴적을 일으키지 않고, 또 유수를 현저하게 방해하는 식물의 생육도 평균유속이 0.7 m/s 이상이면 방지할 수 있다.
- (2) 사이펀(잠관), 암거 및 터널 등에서 토사가 퇴적되면 이를 배제하는 유지관리가 곤란하기 때

문에 적어도 인접한 개수로에서의 유속보다 빠르게 해야 한다. 보통 표준으로 하는 유속비는 다음의 값을 취하는 경우가 많다.

- (3) 사이핀: 개수로 유속의 1.5배 이상 암거 및 터널: 개수로 유속의 1.3배 이상 배수로의 경우는 흘러내리는 유량의 변동범위가 넓기 때문에 최소유속의 결정은 더욱 어렵다. 설계유량에 관해서는 물론 적은 유량에 대해서도 최소허용유속 이상의 유속이 얻어질 수 있게 수로의 제원을 결정해야 한다.

4.1.4.2 최대허용유속

- (1) 최대허용유속은 일반적으로 라이닝을 한 수로에서는 크게 문제가 되지 않지만, 흙수로 또는 흙 라이닝 수로, 매설막 라이닝 수로 등에서는 특히 내면의 침식이 큰 문제가 된다. 이 유속은 수로를 형성하고 있는 재료에 따라 현저하게 다르며 확정적이지 않기 때문에 경험과 다른 사례로부터 판단해야 하는데 수로와 수로구조물의 내면이 갖는 재질에 따라 대략 아래의 <표 4.1.-1>에 있는 값이 제한치로 되어 있다.

<표 4.1.-1> 최대허용평균유속

종 류	유 속(m/s)	종 류	유 속
사질토	0.45	두꺼운 콘크리트 (18cm 정도)	3.00
사질로	0.60	얇은 콘크리트 (10cm 정도)	1.50
로	0.70	아스팔트	1.00
점질로	0.90	호박돌메쌓기 (뒷길이 30cm미만)	1.50
점토	1.00	호박돌메쌓기 (뒷길이 30cm 미만)	2.00
사질점토	1.20	호박돌찰쌓기	2.50
연암	2.00	철근콘크리트관	3.00
중경암	2.50	철근콘크리트 제품	3.00
경암	3.00	강철관	5.00
		염화비닐	5.00

용수로에 설치하는 방수로, 수로 물넘이 등 일시적으로 물이 흐르는 구조물내의 최대허용유속은 <표 4.1.-1> 최대허용평균유속 값의 1.5배까지로 한다. 또 급류공, 급경사 배수로 등에서 해당 시설에 바닥보호공 및 콘크리트의 두께를 크게 하거나 철근 등으로 보강하는 경우에는 유속을 제한하지 않아도 된다.

4.1.4.3 유속결정시 유의사항

- (1) 개수로에 대한 설계유속을 결정할 때는 수로의 수리학적 상태에 관하여 고려해야 한다. 특히 한계상태에 가까운 흐름에서는 본질적으로 수면이 불안정하게 되기 쉬우며 일단 파가 발생하면 이것이 소멸되기 어렵고 수로의 기능 저하를 초래하는 경우가 있다.
- (2) 그러므로 개수로의 설계유속을 결정하는데 있어서는 한계상태에 가까운 흐름을 피하는 것이

용배수로 설계 기본사항

바람직하다. 따라서 유속을 한계유속의 2/3 (Froude 수: 0.54) 정도 이하로 되게 하면 일단 안정된 수면이 기대된다. 또한 유속이 빠른 만곡부에서는 수면이 한쪽으로 치우치게 되어 분수공, 양수시설, 낙차공 등 구조물의 정상적인 기능을 방해하는 경우가 있으므로 설계유속을 결정하는데 있어서는 충분한 주의가 필요하다.

4.1.5 수로의 여유고

- (1) 수로의 설계 시에는 수리상 안전을 확보하기 위하여 계획최대유량에 대응하는 설계수면 위에 여유고를 가산해서 통수허용단면을 결정해야 한다.

4.1.5.1 여유고의 정의

- (1) 여유고라 함은 계획최대유량에 대한 수면으로부터 ① 라이닝수로에서는 라이닝 정상부까지, ② 플룸형 수로에서는 플룸 정상부까지, ③ 터널 및 암거 단면에서는 정상면까지, ④ 굴착수로에서는 양안 토공높이까지의 높이를 말한다. 여유고는 원칙적으로 수로 조도계수의 변동에 대한 여유, 유속수두의 정수두 변환 가능성에 대한 여유, 수면동요에 대한 여유 등을 가산해서 결정한다.

4.1.5.2 여유고 결정을 위한 요인

(1) 조도계수

- ① 실측결과에 의하면 수로표면의 조도계수는 수로의 시공이나 배치에 따라 상당한 폭의 변동이 생긴다. 가능성 있는 변동에 대해서 전량을 여유고의 요인으로 보고 계산하면 안전하겠지만, 발생의 가능성과 변동폭 등의 불확실성 때문에 콘크리트 라이닝에 대해서는 조도계수 $n = 0.001$ 정도의 변동을 가산한 실례도 있다. 조도에 따라 필요한 여유고는 수로의 재료, 단면형 등에 따라 다르지만 콘크리트 수로의 경우는 수심의 5~7% 정도로 하는 것이 통례이다.

(2) 속도수두

- ① 수로를 흘러내리는 흐름은 운동상태에 있기 때문에 항상 속도수두를 가지고 있으며 이 수두는 정수두로 변해서 수면을 상승시킬 가능성이 있다.

(3) 수면동요

- ① 수로내의 흐름은 수문, 낙차공, 급류공, 펌프장 등의 수로구조물이나 바람 등에 의해 파동을 일으키고 수면을 동요시키게 된다.
- ② 수면동요의 정도는 ① 수로내의 구조물 배치, ② 풍향과 수로 방향과의 관계, ③ 폭, ④ 수심 등에 따라 변하지만 보통 10~30cm 정도이며, 수로의 상황에 맞추어 반파고인 5~15cm를 수면동요에 대한 여유고로 덧붙인다.

(4) 유량비율에 의한 수로의 여유고

- ① 여유고는 수로가 예측할 수 없는 사태에 대응하기 위한 것으로 여유고의 부분을 포함하여 흐를 수 있는 유량에 의해서도 그 대소가 판단된다. 여유고를 포함한 단면으로서의 통수가

능량과 설계유량과의 비는 (통수가능량)/(설계유량) = 1.25~1.35 정도로 하고 적어도 1.2 이하로 내려가지 않게 한다.

4.1.5.3 여유고 결정을 위한 착안점

(1) 전술한 요인에 의하여 수로의 여유고를 판단하지만 담당기술자는 각 현지조건에 대하여 검토하고 현지에 적합하도록 수정할 필요가 있다.

① 규모 및 중요성

가. 여유고를 결정함에 있어서는 수로의 규모 및 중요성에 대하여 우선 고려해야 한다.

나. 넓은 지역에 관개하는 간선수로와 한정된 관개면적만 갖는 지선, 분선 또는 지거수로와를 동격으로 취급하는 것은 불합리하므로 수로의 규모를 고려하여 여유고를 결정하는 것이 바람직하며, 또한 인가에 가까운 성토수로와 산간부 수로의 여유고도 어느 정도 차이를 둘 수 있다.

② 공 종

가. 수로는 통수시설의 공종이나 수로의 단면형에 따라 예측할 수 없는 사태에 대한 적응성이 다르다. 터널이나 암거 등은 어느 한계를 넘으면 수두의 증가와 통수능력 증가의 관계가 변화한다. 따라서 여유고의 결정에 있어서는 수로의 공종이나 수리특성에 대해서도 고려해야 한다.

③ 구조물의 배치와 수로의 만곡

가. 수로내의 어떤 종류의 구조물과 수로의 만곡부는 배수현상(背水現象)을 일으키거나 파동의 원인이 된다. 이 때문에 여유고를 결정함에 있어서 이와 같은 관계를 고려하여 수로에 따라서는 표준치 이상의 여유고로 설계하는 것이 필요한 경우도 있다.

④ 홍수의 유입

가. 원칙적으로는 홍수를 수로에 유입시키지 않는 것이 바람직하지만 할 수 없이 유역으로부터 홍수류를 유입시켜야 하는 경우 또는 수로부지에 강하하여 유입하는 우수에 대해서는 그 수량도 고려하여 여유고를 결정해야 한다. 이 경우 중요한 수로에서는 라이닝 정상부까지 10cm 정도의 여유가 있는 것이 바람직하다.

⑤ 관 리

가. 유량의 변화 가능성, 분수공 및 물넘이의 구조와 관리상황에 따라서 예상 이상의 유량이 수로를 흐르는 경우가 있으므로, 이와 같은 수로의 경우에는 취입구 부근의 여유고를 결정할 때 이러한 요소들도 고려해야 한다.

4.1.5.4 여유고의 결정방법

(1) 흙수로 및 라이닝 수로

① 흙수로 및 라이닝 수로의 여유고는 원칙적으로 아래 식에 의하여 계산한다.

$$F_b = 0.05d + \beta \cdot h_v + h_w \quad (4.1-3)$$

용배수로 설계 기본사항

여기서, F_b : 여유고 (m) d : 설계유량에 대한 수심 (m),
 h_v : 속도수두 (m), h_w : 수면동요에 대한 여유 (m),
 β : 속도수두의 정수두 변환계수 ($\beta = 0.5 \sim 1.0$)

(2) 옹벽형 수로 (플롭, 옹벽수로, 직사각형 암거, 기성품 수로 등)

① 옹벽형 수로의 여유고는 원칙적으로 아래식에 의하여 구한다.

$$F_b = 0.07d + \beta \cdot h_v + h_w \quad (4.1-4)$$

여기서, F_b : 여유고 (m) d : 설계유량에 대한 수심 (m),
 h_v : 속도수두 (m) h_w : 수면동요에 대한 여유 (m),
 β : 속도수두의 정수두 변환계수 ($\beta = 0.5 \sim 1.0$)

(3) 터널 및 암거

① 터널과 암거(직사각형 암거의 경우는 플롭에 준함)의 여유고는 원칙적으로 다음 가. 나. 중에서 큰 쪽을 택하여 단면의 크기를 결정한다.

가. 설계유량에 대한 경우

$$d1/D1 = 0.80 \sim 0.83 \quad (4.1-5)$$

여기서, $d1$: 설계유량에 대한 수심 (m) $D1$: 높이 (m)
 단, $(D1 - d1) \geq 0.3$ (m)

나. 홍수를 유입시키는 경우

$$d2/D2 = 0.90 \sim 0.93 \quad (4.1-6)$$

여기서, $d2$: 홍수를 가산한 유량에 대한 수심 (m) $D2$: 높이 (m)

(가) 이상은 일반적인 경우이고 최소시공단면의 터널, 부등류의 터널 및 암거의 여유고는 상기한 값보다 크게 할 수 있다. 또한 도수터널과 같이 도중에서 홍수의 유입이 없는 경우 ① 유량의 변화가 없고, ② 급한 만곡이 없으며 흐름이 난류가 아니고, ③ 조도계수의 추정이 정확하며 악화될 염려가 없는 경우 등의 조건에서는 $d/D = 0.90$ 정도로 할 수 있다.

(나) 일반적으로 원형 또는 표준말굽형 단면의 수로에서는 $d/D = 0.80$ 부근에서 최대 유속을 나타내고 $d/D = 0.90 \sim 0.93$ 부근에서 최대유량이 되기 때문이다.

(4) 급류수로

① 흐름이 사류인 직사각형단면 급경사수로의 여유고는 일반적으로 아래식에 의하여 계산한다.

$$F_b = 0.6 + 0.037 V \cdot h^{1/3} \quad (4.1-7)$$

여기서, Fb: 여유고 (m) V: 유속 (m/s) h: 수심 (m)

(5) 수로교

- ① 원칙적으로 직사각형단면의 경우는 옹벽형 수로, 원형단면의 경우는 터널 및 암거에 준한다. 다만, 짧은 수로교인 경우 연결되는 구조물과 같은 여유고를 사용할 수 있다.

4.1.6 부등류

- (1) 개수로의 흐름에서 수심, 유속, 유수단면적, 유량 등 흐름의 특성이 시간적으로는 변하지 않지만 장소에 따라서 변하는 흐름을 부등류라고 한다. 수로 내에서 수로단면의 변화, 웨어의 높이, 저하배수 등으로 인하여 흐름의 단면이 균일하게 되지 않는 구간의 유황은 부등류의 계산에 의하여 해석한다.

4.1.7 부정류

- (1) 개수로의 흐름에서 수심, 유속, 유수단면적, 유량 등 흐름의 특성이 시간적으로 변화하는 흐름을 부정류라고 하며, 수심 및 유속 등의 시간적 변화가 수로의 흐름에 크게 영향을 주는 경우에는 부정류의 계산에 의하여 유황을 해석한다.

4.2 구조설계

4.2.1 일반사항

- (1) 수로의 구조설계에서는 구조물이 받는 하중, 지반의 역학적 성질, 기상조건 등에 대응하는 시공조건 및 경제성 등을 고려하여 구조물의 형식, 설계수치 및 구조세목 등을 결정해야 한다.
- (2) 수로의 구조설계를 함에 있어서는 본 기준 외에 「한국산업규격」, 「KDS 14 00 00 구조기준」, 「KDS 24 00 00 교량설계기준」, 기타 필요한 규정 등을 참고한다.

4.2.2 하중

- (1) 구조물의 설계에서 고려해야 할 하중은 그 구조물의 중요도, 형식, 사용재료, 설치장소, 시공방법, 자연조건 등에 따라서 정해지며, 자중, 수압, 토압, 부력 또는 양압력, 자동차하중 및 충격하중, 군집하중, 궤도하중, 지진하중, 풍하중, 설하중, 시공시 하중, 온도변화, 동상압 등 필요한 하중을 고려한다.

4.2.3 기초반력

- (1) 기초지반의 반력은 지반과 구조물을 탄성체로 보고 해석해야 하지만 편의상 구조물에 뒤틀림이 생기지 않는다는 가정 하에서 계산한다.

4.2.4 개수로의 작용하는 하중

- (1) 개수로의 구조계산에서 고려해야 할 하중은 일반적으로 자중, 내수압, 외수압, 부력 또는 양압력, 토압, 자동차하중, 충격하중, 군집하중, 지반반력 등이며, 중요한 구조물에서는 지진하중과 기타 하중을 고려해야 할 경우도 있다.

4.2.5 매설구조물에 작용하는 하중

- (1) 매설구조물의 구조계산에서는 지상의 재하조건, 토질, 지하수상황, 시공조건 등을 잘 파악하여 구조물에 대한 하중의 크기와 분포상태를 구하고, 구조물의 부재에 최대응력이 작용하는 하중조건에 의하여 부재의 소요강도를 결정한다.
- (2) 자세한 설계기준은 KDS 11 00 00 지반 설계기준 및 KDS 14 00 00 구조 설계기준을 참고한다.

4.2.6 무근 및 철근콘크리트

- (1) 무근 및 철근콘크리트의 구조설계는 원칙적으로 KDS 14 00 00 구조 설계기준에 따른다.

4.2.7 토공구조물

- (1) 성토나 지반의 굴착에 의해서 축조된 흙수로 및 라이닝 수로 등의 토공구조물에 대해서는 수로의 기능을 유지하기 위하여 침하, 사면붕괴 등에 대해서 충분히 안전하도록 검토해야 한다.
- (2) 자세한 설계기준은 KDS 11 00 00 지반 설계기준 및 KDS 14 00 00 구조 설계기준을 참고한다.

4.2.8 연약지반

- (1) 토질이 연약지반인 경우에는 지반의 침하, 변형, 파괴 등에 대해 검토하고 수로에 악영향을 끼칠 것으로 판단될 때에는 적절한 대책공법을 강구해야 한다.
- (2) 자세한 설계기준은 KDS 11 00 00 지반 설계기준을 참고한다.

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 10 : 2018

용배수로 설계 기본사항

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.