

KDS 67 25 25 : 2018

농업용 관수로 수리 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 그대
로 사용할 수 있습니다.

건설기준 코드 제·개정 연혁

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

건설기준	주요사항	제·개정 (년. 월)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 관수로편	<ul style="list-style-type: none">• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 관수로편 제정• 기존의 농업용관수로 설계, 시공, 유지관리 지침(2001)을 근거로 제정	제정 (2009. 12)
KDS 67 25 25 : 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
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	2
4.1. 일반사항	2
4.2 관수로 설계유속	3
4.3 관수로 손실수두	5
4.4 정상류(定常流) 해석	6
4.5 비정상류(非定常流) 해석	9
4.6 수격압 해석	12



농업용 관수로 수리 설계

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 코드는 농어촌정비법에 근거한 농업생산기반정비사업으로 신설 또는 개수하는 농업용관수로의 계획, 설계, 시공 및 관리에 있어 준수해야 할 일반적 사항을 규정한 것이다.

1.2 적용범위

(1) 이 코드는 농업용 관수로의 수리설계에 대하여 적용한다.
(2) 코드 내용은 기술수준의 향상 또는 기타 필요에 따라 개정하여 시행하며, 적용이 적합하지 않은 경우에는 기준이 손상되지 않는 범위 내에서 기술심의 및 자문 등으로 실무지침을 정하여 운용할 수 있다.

1.3 참고 기준

- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2004 : 수로편
- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 2009 : 관수로편
- 농업생산기반정비사업계획 설계기준, 용배수로편 용배수로 일반사항 (KDS 67 20 05 : 2017)

1.4 용어의 정의

- 내용 없음

1.5 기호의 정의

- 내용 없음

2. 조사 및 계획

- 내용 없음

3. 재료

- 내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반사항

- (1) 관수로 수리설계는 계획최대유량을 안전하고 확실하게 통수할 수 있도록 관수로의 통수단면, 부대시설의 규모 및 제어방식을 검토하여 관수로의 용수공급 기능을 확보하고, 수압에 대한 안전성을 확보하는 데 있다. 관수로 설계에 사용하는 유량은 계획최대유량을 설계유량으로 하지만 설계유량보다 적은 유량이 통수될 때의 유량 및 수압에 주의할 필요가 있다.
- (2) 관경결정에 사용하는 설계수위는 시점은 관리의 최저수위를 이용하고, 종점 또는 분수점 등은 관리의 최고수위를 이용한다.
- (3) 유속은 관 재질이나 관경에 따라 허용최대유속과 허용최소유속을 검토해야 한다. 동수경사선은 설계유속 범위 내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 계획하고 관정(管頂)보다 0.5m 이상 높게 해야 한다.

4.1.1 관수로 수리 설계 목적

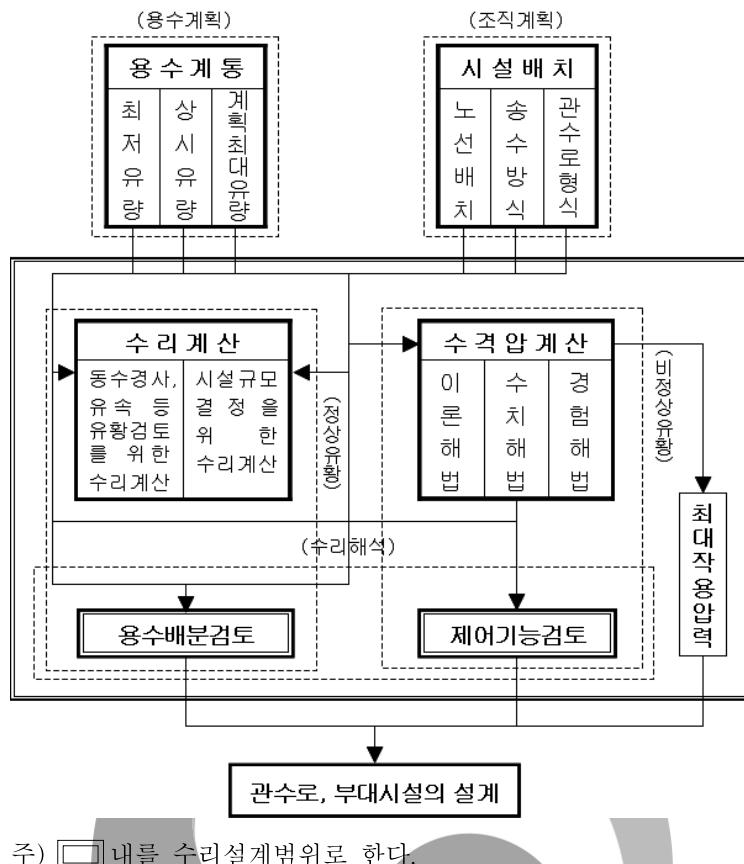
- (1) 관수로의 수리설계는 대상이 되는 관수로의 조직이 용수계획의 범위에서 여하한 조건에서도 계획최대유량을 안전하고 확실하게 통수할 수 있도록 관수로의 통수단면, 부대시설의 규모 및 제어방식을 계획하여 관수로의 통수기능을 검토하는 것이다. 또한, 관경결정, 밸브구경산정, 펌프양정결정 등 시설규모 결정이나 관리 및 밸브조작 방법을 검토하기 위하여 수격압을 산정하기도 한다.
- (2) 계획된 관수로시스템이 필요수량을 충분히 공급가능능력과 미흡시의 개선대책을 검토하며, 관수로 중간에 설치될 유량, 압력의 조절밸브 및 조압시설, 조정시설에 설치하는 유량, 수위조절 밸브의 기능 및 펌프설비 등 부대시설의 운전조건을 검토하여 관수로 조직의 운전제어방식 수립에 이용하기도 한다.

4.1.2 관수로 수리 설계 순서

- (1) 관수로 시설 설계는 기본설계 단계에서 개략 선정된 관수로조직과 부대시설에 대해서 상세한 수리 설계 및 구조 설계를 실시하는 것으로, 그 결과가 관수로 시스템의 설계에 적합한지의 여부를 <그림 4.1-1>의 수리계산 흐름도에 따라 검토한다.

4.1.3 관수로 수리 설계시 필요 자료

- (1) 관수로 조직의 수리해석을 실시할 때 검토 목적별로 필요한 자료를 취득하여 검토한다.



4.2 관수로 설계 유속

(1) 관수로의 설계평균유속은 손실수두와의 관계에 의하여 관로의 경제성에 크게 영향을 미치므로 노선조건, 사용 관종, 관경 및 수로 형식 등에 의하여 일률적으로 정할 수는 없으나 원칙적으로 송배수 방식에 따라 결정한다.

4.2.1 설계 평균유속

4.2.1.1 자연압식 관수로의 설계 평균유속 범위

(1) 관경결정시 시종점간의 낙차를 최대한도로 이용하여 유속을 가능한 한 크게 설계하는 것이 관경이 최소가 되어 경제적이다. 따라서 자연압식 관수로의 관경은 부여된 개개의 수리조건에 의하여 결정되기 때문에 허용최대한도 유속이내로 설계하면 된다. 허용최대평균유속은 수리단위내의 국부적인 구간의 유속의 점검에 이용하고, 수리단위 내의 유속의 평균치 한계는 2.0% 이내가 바람직하다. 여기서 말하는 유속의 평균치는 종단방향의 가중 평균치를 말한다. 그러나 동수구배가 큰 경우에는 평균유속의 한계치를 2.5% 까지 높여도 된다. 그러나 채용한 유속이 크면 경사부의 관성력, 곡선부의 쓰러스트력 등에 의하여 특히 신중한 검토가 필요함과 동시에 하류단에서 벨브조작을 하는 경우는 (1) 비정상류를 충분히 검토하여 시설의 안전성 확인하는 것과 (2) 벨브조작에 의한 캐비테이션을 검토해야한다.

4.2.1.2 펌프압송식 관수로의 설계평균유속 범위

(1) 펌프압송식 관수로의 경우 일반적으로 펌프흡입측의 저수위와 토출수조의 고수위로 양정을 설정하여 설계한다. 그러나 관로내의 유속 즉 관경과 펌프 양정의 조합은 다양하게 존재한다. 자연압력식의 경우와 같은 방식으로 관경을 작게 하면 관계되는 비용이 줄어드나, 통수저항이 증가하기 때문에 동수경사가 급하게 되어 펌프양정이 높아져 결국 펌프 설비비와 운전비가 증가하는 요인이 된다. 반대로 관경을 크게 하면 펌프 제 경비는 줄어드나 관의 비용이 증가한다. 어느 경우에도 비경제적인 설계가 된다. 따라서 펌프압송식 관수로의 유속은 관의 비용과 펌프 관계비의 합이 부여된 유량에 대하여 최소가 되도록 경제 비교를 하여 결정하는 것이 바람직하다.

이때의 설계유속의 범위는 <표 4.2-1>와 같다.

<표 4.2-1> 펌프압송식 및 자연압력식의 평균유속 범위

관경(mm)	75 ~ 150	200 ~ 400	450 ~ 800	900 ~ 1,500	1,600 ~ 3,000
유속(m/s)	0.7 ~ 1.0	0.9 ~ 1.6	1.2 ~ 1.8	1.3 ~ 2.0	1.4 ~ 2.5

주) ① 설계유속은 관수로의 안전성, 부대기기의 관리 등 경험적으로 정한 값이다.

② 관경 2,000mm이상의 대구경관은 관의 안전성 등 관리상의 필요조건을 검토한 후 사용여부를 결정한다.

- (2) 관수로 관경은 간지선 관로 전구간을 포함하여 경제비교에 의하여 결정하는 것이 원칙이다. 이 경우의 허용평균유속은 자연압력식 관수로와 동일하게 2.0%가 바람직하고 한계치를 2.5%로 한다. 또한, 경제비교에 의하여 얻어진 관경유속의 평균치가 2.0%를 초과하는 경우는 수압 대책 및 밸브대책 등을 검토할 필요가 있다.
- (3) 단, 펌프주변의 흡수관과 토출관 또한 유량조절을 하지 않는 배수관 및 배수관에 대해서는 별도로 검토한다(펌프에 사용되는 관의 표준유속은 통상 관수로 조직에 사용되는 관의 설계유속보다 큰 범위에 사용된다).

4.2.2 허용최대평균유속

- (1) 관내의 평균유속의 허용최대평균유속은 관내면이 마모되지 않을 정도의 값이다. 일반적으로 관내면의 상태 및 연결관의 수밀성 등에 따라 다르며, 콘크리트관의 경우는 3.0%, 기타의 경우는 5.0%이다. 단, 강관 또는 주철관은 6.0% 이내의 값을 적용한다(<표 4.2-2> 참조) 이 값 이내에 있더라도 수리단위내의 평균유속이 큰 경우에는 일반적으로 밸브조작 등으로 인하여 이상 압력 변동이 발생하는 등의 문제가 발생하므로 충분히 주의하여 설계하여야 한다. 또한 방수, 여수토 등 본선과 관계없이 일시적인 사용구간에 대해서는 상기 허용최대설계유속의 1.5배 이내로 설계한다. 상시 통수되는 관로는 최대평균유속이 관내면의 마모 또는 밸브 조작에 따른 이상 압력을 일으키는 원인이 되므로 이 유속을 적용해서는 안 된다.

〈표 4.2-2〉 허용최대평균유속

관종	콘크리트관 (흄관, PC)	강관(SP)	주철관 또는 덕타일주철관 (DCIP)	폴리에틸렌관 (PE)	강화플라스틱 복합관 (FRPM)
유속(m/s)	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0

4.2.3 허용최소설계유속

- (1) 관내의 허용최소설계유속은 관내에 부유토사가 침전하는 것을 방지하기 위해 통상 $0.3m/s$ 이상으로 한다. 특히, 배수관에서 방제, 시비와 다목적으로 사용하는 경우는 $0.6m/s$ 이상으로 하는 것이 바람직하다.

4.2.4 동수압

- (1) 동수압에 대해서는 다음 사항을 검토해야 한다.

- ① 동수경사는 설계유속 범위 내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 한다.
- ② 앞에서 구한 말단압력이 말단소요압력을 초과할 때는 적절한 감압시설을 설치하여 압력을 조절한다.
- ③ 동수경사선을 관정(管頂)보다 높게 한다. 동수경사선이 관정보다 낮아지면 관내수압이 대기압보다 낮아지므로 수중 공기가 분리되어 통수를 방해하게 된다. 이러한 경우에는 노선을 변경하든지 조압용(접속) 수조 등을 설치하는 문제를 검토하는 것이 좋다. 또한 설계유속 범위내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 관정에서 동수경사선까지의 여유수두는 $0.5m$ 이상 확보하도록 한다.

4.3 관수로 손실수두

- (1) 관수로 내에서의 흐름은 내부마찰이나 유입, 유출, 단면변화, 형상변화, 기타 각종 수로구조물 등에 의해 에너지 손실이 발생하며 이에 따라 수두가 감소하게 되므로 관수로의 수리설계에서는 이러한 손실수두를 고려해야 한다.

4.3.1 마찰 손실수두

- (1) 관수로 흐름의 에너지 손실과 유속과의 관계를 나타내는 식으로는 Darcy- Weisbach 식, Hazen-Williams 식 및 Manning 공식이 이용된다.

4.3.2 마찰이외의 손실수두

- (1) 관수로에 물이 흐를 때의 손실수두는 관수로 벽의 마찰에 의한 손실수두 뿐만 아니라 관수로의 단면변화, 벨브, 스크린 등에 의한 손실수두가 발생한다.
- (2) 그러나 관수로가 길어지면 국부적 손실은 마찰손실수두에 비해 작아지므로 무시할 수가 있

다. 이러한 미소손실수두에는 유입 및 유출, 급확대 및 점확대, 급축소 및 점축소, 만곡 및 굴절, 분류 및 합류, 밸브 등에 의한 손실수두 등이다.

4.4 정상류(定常流) 해석

- (1) 관수로 설계시 계획된 관수로 시스템에 대한 정상류 해석을 실시하여 계획 설계유량이 충분히 공급되는지를 검토한다.

4.4.1 일반사항

- (1) 정상류란 자연압이나 펌프 등으로 부여된 에너지에 의하여 흐르는 유체가 유량과 압력이 관경, 시점 및 종점수위, 밸브의 열림 등의 수리특성에 의하여 균형된 상태로 흐르는 것을 말하며, 관망해석은 이와 같은 정상류 상태의 해석기법을 말한다.
- (2) 관수로의 시설규모(관경, 양정 등)가 결정된 후에 용수이용형태, 물관리 방법 등을 고려하여 관망해석에 의하여 관수로의 통수단면 및 유량배분능력을 검토할 필요가 있다.
- (3) 관수로에서 배관계획시 망형배관과 수지형(분기형)배관의 선택을 수리계산에 의하여 검토할 필요성이 있으나, 이때 수리계산을 간단하게 할 수 있다면 대단히 편리하다. 배관형태가 단순한 경우에는 수계산이 가능하지만 복잡한 경우에는 수치해석을 할 필요가 있다.

4.4.2 검토목적

- (1) 정상류에 대한 수리검토 목적은 용수의 기별 변화 또는 수원의 수리조건 변화에 대하여 송배수 능력이 충분한지 여부를 검토하고, 송배수기능이 불충분한 경우에 그 대책을 수립하는데 있다.

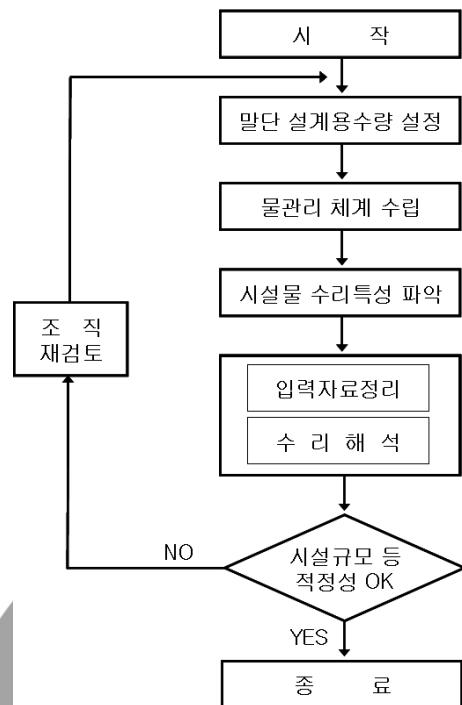
4.4.3 검토대상

- (1) 수원이 복수인 경우
복합적인 수원을 갖는 경우 각 수원의 공급량은 말단 용수량의 변동에 의하여 변화한다. 이와 같은 조작은 주 수원의 공급량과 급수압력이 균형을 이룰 수 있는 제어방법을 검토해야 한다.
- (2) 관수로조직이 관망인 경우
관수로의 통수유량이 용수량의 기별변화에 의하여 변화하는 경우가 있다. 이는 수리계산을 하는 경우에 관수로 시스템 각 구간의 설계유량을 말단으로부터 순차적인 합산(용수계획)에 의하여 결정하기 어려운 경우이다.
- (3) 지형변화가 심한 관수로조직의 경우
지형에 기복이 크면 고지대에서는 용수부족이 발생하고 저지대에서는 용수과잉이 발생하여 용수배분에 불균형이 초래되는 경우가 많다.

4.4.4 관망해석방법

4.4.4.1 관망해석 순서

일반적으로 정상류의 수리 해석은 <그림 4.4-1>과 같은 순서로 한다.



<그림 4.4-1> 정상류 수리해석 순서

(1) 말단의 용수 이용형태 설정

정상류 해석을 위해서는 말단 용수량의 사용형태를 명확히 하지 않으면 안 된다. 용수량 사용 형태는 논과 밭이 다르며, 관개기간에 따라서도 다르기 때문에 용수이용계획을 명확히 설정 한다.

(2) 물관리체계 수립

관수로 시스템의 물관리체계 즉, 관리대상시설, 수두, 유량 등의 관리대상을 명확히 한다.

(3) 수리특성의 파악

관수로의 정상유황은 관로조직에 포함되어 있는 시설의 수리특성(H-Q 특성)에 지배되기 때문에 그 시설의 특성을 파악하여 수식을 작성한다.

(4) 정상류 수리해석

정상류 수리해석은 개발되어 있는 프로그램을 이용하며, 해석에 필요한 조건은 경험이 풍부한 설계자의 판단에 의하여 설정한다.

4.4.4.2 관망해석방법

- (1) 송배수 조직을 관망조직으로 계획한 경우에는 관망조직의 일부인 각 관로의 유량이 상호 연관된 조직체로서 수리적 구속을 받게 되므로 분기형 관수로와 같이 말단 분수공의 유량을 계산하여 계량적으로 유량을 구하여 관경을 결정할 수 없다.
- (2) 일반적으로 관망계획은 관경을 가정하여 유량을 계산하고 관내유속, 분수압력 등의 제한조건

농업용 관수로 수리 설계

을 고려해서 그 조건에 맞는 최소관경을 구하는 방법을 사용한다. 따라서 관망의 수리계산은 반복적인 시산이 필요하며, 특히 분기점의 분수량 혹은 분수위치가 변동하는 조건에서는 반복계산으로 관경을 결정하게 된다.

(3) 수리계산 순서 및 유의사항

관망의 수리계산은 계산 순서에 따르며 계산과정상의 유의사항은 다음과 같다.

- ① 송수계 관망에서는 모든 분수점을 절점으로 잡아 절점위치를 결정한다. 이 경우 분수점의 수가 많으므로 설계에 지장이 없을 정도로 분수점을 묶어서 절점 위치를 결정하는 것이 좋다. 이때 한 절점의 지배면적은 계획관로의 규모에 따라 다르다. 보통 0.3~1.2ha 정도로 잡는 것이 좋다.
- ② 관망 유입량은 관망내 각 절점의 분수량 합계와 같아야 한다. 관망내의 절점 분수량은 물 이용계획에 따라 달라지는데 송수관수로의 경우처럼 광역을 관개하는 경우에는 관개대상 작물에 따라 기별용수량이 다르므로 최대 절점 분수량이 시기별로 상이하게 된다. 따라서 이러한 경우에는 각 절점의 최대분수량이 달라질 때마다 계산해야 한다.
- ③ 배수(配水)관수로의 절점분수량은 말단지역의 물 이용상황에 따라 크게 변한다. 논에서는 이앙기에 써레질 블록을 설정하게 되므로 이 블록내의 써레질 지점이 이동하는데 따라 용수집중지점도 이동한다. 그러므로 블록내의 어느 지점에서도 계획용수량과 계획급수 압력을 확보할 수 있을 때까지 계산을 반복하여 관경을 결정한다. 또 밭관개의 경우는 일반적으로 윤번블록을 설정하여 각 블록내에서 이동관개하게 되므로 같은 블록 내에서는 원칙적으로 1개 절점에서 분수하게 된다. 따라서 어느 분수위치에서도 계획용수량과 계획급수압력을 확보할 수 있도록 계산을 반복하여 관경을 결정해야 한다.

(4) 관망해석방법

관망해석방법은 유량법과 수위법이 있는데 유량법으로는 하디-크로스(Hardy -Cross)법, 수위법으로는 절점수두법이 일반적으로 이용되고 있다. 어느 방법이나 관망해석시 동일한 결과를 얻을 수 있으나, 유량법은 수리조건을 균형시키기 위한 매개변수를 유량에 도입하여 유량을 수정해 나가면서 압력균형을 구하게 되므로 관망이외의 분기형 관수로는 적용할 수 없다. 반면에 수위법은 각 절점에 대해 압력을 가정하여 관로유량을 구하는 방법이므로 관망관수로 뿐 아니라 분기형 배관에도 적용할 수 있으며, 연립방정식을 풀어 해를 구하게 된다.

4.4.5 다점주입(多点注入) 관수로

- (1) 수리적으로 일체가 되어 있는 송배수관수로조직에 있어 2개소 이상의 수원에서 동시에 용수를 공급하는 경우인 다점주입관수로(network with multiple sources)에 대해서는 특별한 수리검토를 해야 한다.
- (2) 수원에서 용수를 공급하는 경우는 수원의 수위(또는 유효수두), 유입량, 관수로 조직내 분수점의 위치, 분수량, 관경 등 일련의 조직체가 서로 수리적인 영향을 미치게 되므로 수원이 1개소인 경우와 같이 수원수위와 유입량이 안정되지 않는다. 즉 위의 여러 가지 요소 중 하나만 변하여도 수리적으로 전혀 다른 현상이 나타나는데, 구체적인 예로는 수원수위의 저하, 과잉 유량의 유입, 역유출, 공급압력의 부족 등을 들 수 있다.

4.4.5.1 수리 검토상 유의사항

(1) 다점주입관수로의 수리검토를 할 때에는 다음 사항을 고려하되 수원의 종류에 따라 검토내용이 달라지는 점에 주의한다.

① 하천으로부터 자연취수

취수가능량이 제한되는 경우가 많다. 유량변동에 따른 수위변동을 주로 검토해야 하며 공기흡입, 급수압력의 부족 등에 대해 주의한다.

② 유지(溜池) 등으로부터 정수위(定水位) 취수

계획수위가 항상 일정하도록 배출수조로 조절하는 경우가 많다. 이때는 수위를 고정시킨 다음 그 유입량이 타수원 유입량의 영향을 받아 어떻게 변화하는가를 중점적으로 검토한다. 다만 계획취수량 이상의 유량이 유입될 때에는 제한유속이 초과되거나 말단에서 압력부족이 생길 수 있다.

③ 펌프에 의한 압력방식취수

관수로의 펌프로 직접 압력을 주는 경우는 펌프의 계획양정과 양수량이 역의 관계로 되는 수가 있으므로 이를 주의해야 한다. 즉 펌프의 일반적인 H-Q 특성에 있어서는 유량이 커질 때 양정이 작아지고 유량이 작아지면 양정이 커지는데 반해 다점주입의 경우에는 관로의 마찰손실수두를 고려하게 되므로 압력수량이 커지면 양정이 커지고 압력수량이 작아지면 양정이 작아진다. 그러므로 펌프의 계획양정과 계획 양수량의 결정에 있어 이 문제를 충분히 검토한다.

④ 펌프에 의한 배수조(配水槽)방식 취수

취수량에 제한이 있으므로 1)항의 자연취수와 동일한 검토를 한다.

4.4.5.2 수리계산 방법

(1) 다점주입관수로의 배관방식에는 관망 배관방식과 분기형 배관방식이 있으며 이를 배관방식에 따라 수리계산방법이 다르다. 관망 배관방식은 관망의 수리계산 방법을 적용한다.

(2) 또 다점주입방식의 가지형 관수로에서 수원의 유입량이 제한되는 경우에는 각 관로의 계획유량을 정량적으로 적산할 수 있으므로 관수로에 대한 일반적인 수리계획 방법을 적용하여 검토할 수 있다.

(3) 그러나 유지 등을 수원으로 하여 수위가 설계조건이 되는 경우는 유량이 수원의 에너지 차이에 의해서 배분되므로 정량적인 적산방법으로는 구할 수 없다. 즉, 관망 관수로이든 분기형 관수로이든 다점주입관수로의 수리계산에 있어서는 수원수위를 조건으로 부여하면 유입량이 미지수로 되고 유입량을 조건으로 부여하면 수위가 미지수가 된다.

(4) 또 다점주입관수로의 수리검토는 수리계산만으로 그 수리특성과 문제점을 해명하기 어려운 경우가 많으므로 "정상류의 수리해석"방법에 의해 신중하게 검토한다.

4.5 비정상류(非定常流) 해석

4.5.1 일반사항

- (1) 비정상류란 임의의 정상류 상태에서 밸브나 펌프 등을 조작한 후 새로운 정상류 상태로 옮겨 가는 과도적인 흐름이다. 따라서 비정상류의 검토는 시간경과에 따른 유량 또는 압력수두의 변화를 파악하는 것이다. 비정상류의 해석은 일반적으로 컴퓨터에 의한 시뮬레이션모델해석으로 이루어지며 구체적인 해석을 하는 경우에는 다음 사항에 유의하여야 한다.
- ① 비정상류를 해석하기 위해서는 대상 해석영역의 관수로 시스템에 대한 수리 제원이나 물관리 체계를 충분히 검토하여야 한다.
 - ② 비정상류는 펌프나 밸브 등의 조작으로 인하여 발생하는 것이므로 수리시설의 동작특성을 충분히 검토하여야 한다.
 - ③ 시뮬레이션모델은 비정상류 현황을 나타내는 이론식을 수학적으로 전개한 것이며 이는 해석하고자 하는 관수로 시스템에 적합하여야 한다.
 - ④ 비정상류의 해석에는 많은 자료를 사용하는 경우가 많고, 또 해석에 이용되는 입력조건은 그 결과에 큰 영향을 미치게 되므로 해석결과를 고찰할 때에는 항상 입력조건과의 관계를 고려해야 한다.

4.5.2 검토목적

- (1) 비정상 유황에 대한 수리검토의 목적은 다음과 같다.
- ① 펌프나 밸브 등의 동작으로 인하여 발생하는 수격압(상승압 또는 강하압)의 크기가 관수로의 내압강도에 대하여 안전한지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.
 - ② 관수로의 부대(附帶) 조정수조에 발생하는 수면진동(서지 현상)이 시설규모에 대해 안전한지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.
 - ③ 펌프나 밸브 등의 제어방식 및 관리방식이 관수로 시스템의 송배수 기능을 충분히 만족할 수 있는지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.

4.5.3 검토대상

- (1) 비정상류해석을 필요로 하는 경우는 다음과 같다.
- ① 수지상 관수로 시스템의 수격압에 대한 해석과 대책을 검토하는 경우
 - ② 관수로 시스템이 복수의 수조를 갖는 경우 펌프나 밸브의 조작조건에 따라서 각각의 수조의 수면이 진동하는 경우(서지현상)
 - ③ 관수로 시스템의 송배수 관리를 자동제어로 하는 경우 각각의 펌프나 밸브 등이 서로 간섭하여 자동제어가 불가능하게 되는 경우

4.5.4 해석방법

4.5.4.1 비정상류의 기본식

- (1) 관수로의 비정상류에 대한 현상은 관내 유수가 갖고 있는 진동에너지가 관수로의 탄성에너지로 변환되기 때문에 이들 사이의 변환특성을 나타내는 파라미터는 물과 관로의 탄성계수 혹

은 압력파의 전파속도이다. 이 현상의 기본식은 일반적으로 운동에너지를 나타내는 운동방정식과 탄성에너지의 변환을 나타내는 연속방정식의 두 식으로 표시되지만 에너지 변환 형태에 따라 다음과 같이 구분된다.

① 관수로의 탄성변화를 고려하는 경우

수격압을 해석하는 대표적인 기본식으로서 시간 범위가 매우 작고(1초 이하) 흐름 현상은 관체와 물의 합성 탄성변화와 마찰저항에 의해 지배된다.

② 관수로의 탄성변화를 무시하는 경우

개방식 관수로에서는 수조내에 자유수면부가 생기게 되며, 이 자유수면부의 수면은 정상류 상태에서 일정 수위이지만 관수로 내에 유량변동이 생기면 이에 따라 수위가 상승 또는 하강한다. 이 수위의 상승 또는 하강현상을 서지(surge) 현상이라 한다. 이 서지 현상은 수격압과 같은 압력수위의 상승이나 하강현상과 달리 관수로내의 유량변동에 의한 탄성에너지가 자유수면부의 수위에너지로 변환되는 현상이며 관내의 흐름은 마찰저항에 의해 지배된다. 이는 서지 현상이 탄성변화를 무시한 강체모델로서 해석될 수 있음을 나타내는 것이며, 이 분석에서는 시간범위가 비교적 크다.

4.5.4.2 기본식의 전개

- (1) 기본식의 전개는 수학적 방법에 따라 직접차분법과 특성곡선법으로 분류되며, 이들 기본식의 각 항을 Taylor 급수전개에 따라 차분화 한다.
- (2) 직접차분법(양해법)은 t 시각에 관수로 각 지점의 수리량 V, H (또는 v, h)를 기지량으로 하고, 시간 차분 (Δt) 만큼 경과한 $t + \Delta t$ 시각의 수리량 V, H (또는 v, h)를 구한다.
- (3) 특성곡선법(음해법)은 차분화에 의하여 전개된 식에 $t + \Delta t$ 시각의 수리량 V, H (또는 v, h)를 미지수로 하여 연립방정식의 해를 구한다.
- (4) 수리모형의 전개는 탄성변화의 고려 여부에 따라 전개방법이 다르다.

4.5.4.3 경계조건

- (1) 차분식으로 표시된 비정상류의 기본식은 관수로상의 임의점의 유황을 제약하는 경계조건을 설정해야 한다.

① 경계조건의 설정

경계조건의 설정은 수리모형의 작성에 있어서 매우 중요하며, 해석상 다음과 같은 점에 유의하여 작성한다.

- 가. 관수로내에 발생하는 비정상 현상(압력 파동의 발생 현상)과 그것이 각종의 경계조건에 어떤 영향을 미치는가(파동의 진행이나 반사 등)를 올바르게 이해하여야 한다.
- 나. 각종의 수학적 방법으로 전개된 차분식과 실제의 비정상 현상과의 관계(모델과 실제의 차이)를 올바르게 이해하여야 한다.
- 다. 각종의 경계조건은 수위경계와 유량경계로 구분되며 이 각각은 비정상류의 발생 내용을 크게 변화시킨다. 여기서 수위경계란 경계조건식을 차분식의 수두 계산점 상에 대입 시켜 수두를 제약하는 것을 말하며, 유량경계란 차분식의 수두계산점 상에 대입시켜 유

속(또는 유량)을 제약하는 것을 말한다.

라. 설정된 경계조건은 실제의 수리시설과 적합한지 충분히 검토해야 한다.

4.5.5 결과의 평가 및 설계이용

(1) 수리계산에서 비정상류 해석을 하는 기본적인 목적은 설계된 내용 또는 이미 시공된 시설내용이 실제로 적용되었을 때 충분히 안전한지 여부를 예측, 검토하는 것이다. 비정상류해석을 실행하여 그 결과를 평가하고 설계에 이용 또는 그 대책을 검토하는데 다음 사항에 유의하여야 한다.

4.5.5.1 모형과 실제와의 적합성

(1) 비정상류에 대한 기본식은 편미분방정식으로 표시되기 때문에 그 계산은 차분식으로서 전개된 수리모형을 이용하게 된다. 그러나 이 차분식은 기본식에 대한 근사식이라는 것과, 또 기본식 자체도 현상을 나타내기 위한 근사식이라는 점에 유의하여야 한다. 따라서 모형과 실측치와의 대조가 필요하다. 실측치와의 비교에 있어서 중요한 요소는 조도계수와 압력파의 전파 속도이며, 이 두 개의 요소가 실측치와 일치하면 수리모형에 의한 해석결과는 거의 근사하게 된다.

4.5.5.2 계산과 그 처리

(1) 비정상류해석은 컴퓨터에 의해 대량의 계산이 실행되는 경우가 많지만 검토의 목적에 따라서 그 처리방법을 달리 할 수 있고, 따라서 가능한 한 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것이 좋다.
(2) 수격압에 대한 검토가 주목적인 경우 이때는 해석결과 수치의 크기가 문제된다. 따라서 이 경우의 해석시간은 새로운 정상류가 재현되는 시간까지 계산할 필요는 없고, 최대치가 확인된 단계에서 계산을 끝내도 된다. 조압수조의 시설규모에 대한 검토가 주목적인 경우 수격압에 대한 검토가 주목적인 경우에 준한다.
(3) 펌프나 밸브 등의 제어방식과 그 관리방식에 대한 검토가 주목적인 경우는 각각의 수치의 크기보다는 시간 평균적인 파동의 주기, 진폭, 새로운 정상류까지의 추이가 문제된다. 따라서 이 경우는 충분한 해석시간을 가지고, 해석결과의 유속 또는 유량이나 압력수위 또는 압력수두의 시간변동을 그래프로 작성하여 변동 내용을 확인하는 것이 좋다.

4.6 수격압 해석

(1) 관수로 설계시 고양정 양수장의 정전시와 배수계관수로의 밸브조작에 수압변동에 대하여 수격압을 해석하여 수격압 경감대책을 수립한다.

4.6.1 일반사항

(1) 관수로에서는 밸브의 급개방, 급폐쇄 또는 펌프를 급격히 시동 또는 정지시키면 물의 운동량이 단시간에 크게 변화하여 관로 내에 비정상적인 큰 압력상승과 압력파가 발생한다. 이와 같

이 순간적인 압력파가 발생하는 현상을 수격작용(water hammer)이라 하며, 이때의 상승압력을 수격압, 그리고 발생하는 압력파를 수격파라 한다.

- (2) 수격압은 관의 안전 관리상 무시할 수 없으므로 관수로의 구조 설계를 할 때는 수격압을 내압에 대한 중요한 설계조건으로 고려해야 한다. 관수로에 발생하는 수격압의 크기는 분수공, 조압시설, 펌프 등의 밸브의 특성과 조작시간에 따라 큰 영향을 받으므로 이들 조건을 충분히 파악하여 수격압이 작게 되도록 해야 한다.
- (3) 수격작용의 해석은 수격작용 현상의 기본식에 회전부분의 운동방정식, 펌프의 특성 및 펌프의 양정과 관로하류의 압력파의 관계식, 기타 분기점과 합류점 등의 경계조건을 고려하여 해석한다.

4.6.1.1 수격압 계산방법의 분류

- (1) 수격압을 계산하는 방법에는 경험에 의한 방법과 계산에 의한 방법으로 나눌 수 있다. 계산에 의한 방법에는 간단한 관수로계의 수격압을 해석하는 이론해법과 복잡한 관수로계에 대한 수격압을 해석하는 수치해법이 있다.
- (2) 일반적으로 농업용관수로는 펌프와 분수공을 설치하게 되므로 그 배관 구성이 수지상 또는 망상 등 복잡한 조직으로 되는 경우가 많다. 따라서 중요한 간선관로 등에 대한 수격압은 수치해법으로 해석하는 것이 좋으며, 특히 다음과 같은 경우는 수치해법으로 분석하는 것이 보통이다.
 - ① 폐쇄식 관수로
 - ② 펌프(비교적 대규모)~관로~수조계의 관수로
 - ③ 수조~관로~밸브(감압밸브, 유량 조절밸브)계의 관수로
- (3) 수치해법은 컴퓨터프로그램을 사용하는 것이 일반적이지만 관수로의 여건에 따라서는 실무상 경험에 의한 방법으로 계산할 수 있다. 또 비교적 간단한 수조-관로-밸브계의 관수로에 대해서는 이론해법으로 계산해도 된다.

4.6.1.2 수격압 계산법의 적용범위

(1) 이론해법의 적용범위

이론해법에 의한 수격압 계산은 계산순서와 취급 대상 수치가 간단하지만 여러 가지 제약이 따르므로 제약조건 이외의 계산결과는 신뢰도가 낮다. 또한 해법으로 구한 수격압의 값은 최대치만 유효하며 압력파의 시간적 변화를 추적할 수가 없다. 그러나 비교적 단순한 관로조직(예, 수조~관로~밸브 혹은 펌프~관로~수조)의 경우는 간단한 관로계로 변환하여 이 방법을 적용할 수 있다. 이론해법의 적용조건은 다음과 같다.

① 관수로 조건

- 가. 원칙적으로 유입과 유출이 각각 1개소인 단순한 관수로에 적용하며, 이외의 경우에 대해 계산한 결과는 신뢰도가 낮다.
- 나. 관수로의 관종, 관경을 다르게 조합시킨 경우에 대해서도 가중평균치를 이용하여 검토할 수 있다.

농업용 관수로 수리 설계

다. 분기관이 긴 경우에는 관로가 1~2개일 때라도 신뢰성이 있는 값을 얻을 수 없다. 다만, 분기관 길이가 수십m 이내인 경우는 관로의 수가 여러 개 있더라도 이를 무분기관의 경우로 보아 추정할 수 있다.

② 벨브조건

가. 벨브의 폐쇄속도가 정속도이고 또 개도(開度)와 시간의 관계가 직선적이어야 한다.
나. 분수밸브가 여러 개 있을 때 동일 속도로 동시에 폐쇄하면 이론해법의 적용이 가능하나 벨브 상호간에 시간적 차이가 있으면 검토가 불가능하다.

③ 펌프조건

가. 관수로에 양수장이 1개소 있을 때는 검토가 가능하지만 복수일 때에는 검토가 불가능하다.

나. 펌프용량이 달라져도 가중평균치를 이용하여 검토할 수 있다.

상기의 조건으로 검토한 결과 펌프계 관수로에서 펌프의 기동저하(起動低下, surge down) 때문에 관로에 위험이 초래될 것으로 판단될 때에는 원칙적으로 수치해법에 의해서 이를 확인해야 한다.

(2) 수치해법의 적용범위

많은 수의 분수밸브를 갖는 복잡한 수지상의 관수로 또는 수원, 수조 등이 많은 관수로와 같이 이론해법 또는 도해법으로 해석하기 어려운 경우 컴퓨터에 의한 수치해석을 이용하게 된다. 수치해법으로 수격압을 해석할 때에는 다음 사항에 유의한다.

- ① 수리적으로 일체인 관수로를 한 단위로 취급한다.(예 수조-수조 간을 한 단위로 간주한다)
그러므로 폐쇄식 관수로는 전 노선을 한 단위로 하여 검토한다.
- ② 노선위치, 시설의 규모, 기능 등 세부적인 조건이 필요하다.
- ③ 일반적으로 해석에 따른 노력이 많이 소요되므로 이 방법을 적용할 때에는 설계의 정도(精度), 관수로 조직의 중요도 등을 고려해서 결정한다.

(3) 경험적 방법의 적용범위

- ① 일반적으로 세부설계단계에서는 관로 전체를 동시에 동일수준으로 설계하는 경우는 드물며 연도를 기준으로 구간을 나누어 설계하는 경우가 많다. 설계에서 수격압이 내압의 설계 조건이지만, 이것을 설계구간마다 계산하는 것은 비용이 많이 소요되고 경우에 따라 계획 노선까지도 포함해서 검토해야 한다.
- ② 이러한 이유 때문에 경험법으로 수격압을 계산하는 경우가 많으며 이는 실무면에서 효율적이라 할 수 있다. 그러나 경험법으로 구한 수격압의 값은 관수로 설계에 있어 수격압의 최대치를 산정하기 위한 것으로서 이 값을 적용하여 설계한 관수로는 수치해법에 의한 타당성을 확인해야 한다. 특히 중요한 관수로를 펌프송수 또는 벨브제어방식의 폐쇄식 관수로로 계획하는 경우에는 반드시 확인 검토를 해야 한다.

4.6.1.3 수격압과 설계수압

- (1) 관수로의 구조설계에서는 관에 작용하는 내압하중으로 설계수압을 사용하는데 설계수압은 정수압(송수방식에 따라 동수압을 쓸 때도 있다)에 수격압을 합하여 구한다.

4.6.2 이론해석

4.6.2.1 자연압력식

(1) 압력파의 전파속도

밸브 등을 폐쇄함으로써 발생하는 압력파는 어떤 속도를 가지고 관로내에 전파된다. 이 속도를 압력파의 전파속도라 하며 그 크기에 따라 수격파의 크기가 달라진다. 압력파의 전파속도는 관의 재질 등에 따라 다르다.

(2) 밸브의 등가폐쇄시간

수격압의 크기는 밸브의 폐쇄시간에 따라 영향을 받는다. 밸브의 폐쇄시간은 밸브의 종류, 관경, 작용수압, 조작방법 등에 따라 다르므로 폐쇄시간에 대해서는 제품의 특성을 충분히 이해한 후 결정한다. 일반적으로 밸브의 유량특성($A \sim Q$)은 밸브의 개방정도에 대해 곡선으로 표시되나 수격 계산에 사용하는 밸브의 개폐시간은 밸브 개방 정도와 유량이 직선적으로 비례하는 것으로 하여 등가폐쇄시간을 구한다.

(3) 수격압의 개념

농업용관수로에서는 밸브를 급폐쇄하는 것이 좋지 않으며, 서서히 밸브를 조작한다.

Allievi식과 Quick식의 적용조건은 그 한계가 명확한 것은 아니나 대체적으로 $T_v \leq L/300$ 또는 $\rho > 10$ 일 때는 Quick식, $T_v > L/300$ 또는 $\rho < 1$ 인 때는 Allievi식을 적용하며, $1 < \rho < 10$ 인 조건에서는 T_v 의 조건으로부터 적용식을 선정한다.

4.6.2.2 펌프압력식

펌프압력식 관수로의 수격압은 J. Parmakian의 도표를 확장하여 관로손실을 고려한 계산도표를 사용해서 계산한다. 다만 펌프의 송수형태에 따라서 자연압력식의 경우와 동일한 방법으로 계산할 수도 있다.

4.6.3 수치해법

(1) 경험법 또는 이론식으로 수격압을 추정하기 어려운 복잡한 관수로 가운데 중요한 관수로 조직부분에 대해서는 수치해법으로 수격압을 해석하는 것이 바람직하다. 또한 경험법으로 분석한 수격압의 크기와 비교해 보는 것이 좋다. 즉 수치해법에 의한 수격압의 크기가 경험법으로 구한 수격압보다 크면 경험법으로 결정한 수격압을 재검토해야 한다.

(2) 수치해법으로 분석해야 할 관수로는 다음과 같다.

① 폐쇄식 관수로

송수계와 배수계를 일체 조직으로 한 대규모의 폐쇄식 관수로는 수치해법으로 해석해야 한다.

② 펌프압력식 관수로

규모가 비교적 큰 펌프압력식 관수로는 시설의 안전상 수치해석을 하여야 한다. 특히 서어지 수조(surge tank)의 설치가 필요한 경우 또는 플라이휠(flywheel) 등으로 부압에 대비하

는 경우는 안전성을 고려하여 시설이 그 기능을 충분히 발휘할 수 있는지 확인 검토해야 한다.

③ 감압시설, 유량조정 시설을 갖는 관수로

반폐쇄식 관수로와 같이 관로-수조-관로의 조직으로 이루어진 관수로에 대해서는 유량제어밸브의 소요기능 발휘여부, 과대수격압의 발생 유무, 수조 등의 용량 부족으로 인한 관로 중의 공기 혼입여부 등을 수치해석에 의해서 확인해야 한다. 수치해법은 분석 대상의 관수로를 수리모형으로 표현하여 부정류해법에 의해서 분석한다.

4.6.4 경험법

- (1) 경험적인 방법에 의해서 계산한 수격압은 밸브 특성, 밸브 개폐속도, 관로의 길이, 정수압, 관의 재질 등에 따라 달라지므로 수격압을 일률적으로 정하기는 어렵지만 다음에 제시한 방법으로 결정한다.

4.6.4.1 자연압력식

- (1) 자연압력식의 관수로는 다음의 계산방법을 기준으로 한다.

① 개방식

정수압의 20% 또는 동수압의 20% 중 큰 값을 수격압으로 한다.

② 폐쇄식 및 반폐쇄식

밸브점의 정수압이 $0.343\text{ MPa}(3.5\text{ kgf/cm}^2)$ 미만인 경우는 정수압의 100%를, 정수압이 0.343 MPa 이상인 경우에는 0.343 MPa 또는 정수압의 40% 중 큰 값을 수격압으로 한다.

4.6.4.2 분기(分岐) 및 밸브가 있는 관수로

- (1) 다수의 분기관, 다수의 밸브가 설치된 관수로에 대해서는 분기밸브지점, 분기점 또는 배니밸브 등 밸브류 설치지점의 작용수압을 기준으로 하여 수격압을 정한다.

4.6.4.3 펌프압력식

펌프압력식 관수로의 수격압은 송수방식으로 결정되는 정수압을 기준하여 계산한다.

(1) 배수조 방식

통수시 수압(동수압)이 $0.441\text{ MPa}(4.5\text{ kgf/cm}^2)$ 미만인 경우에는 그 값의 100%, 0.441 MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441 MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.

(2) 직송식

직송식은 그 제어방식에 따라 다음 2종류로 구분해서 수격압을 구한다.

① 유량-압력을 조절하지 않는 경우

펌프압입수위를 정수위로 하여 그 정수압이 $0.441\text{ MPa}(4.5\text{ kgf/cm}^2)$ 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.441 MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441 MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.

② 유량-압력을 조절하는 경우

펌프의 계획 토출 압력(수위)를 정수위로 하여 그 정수압이 0.441 MPa (4.5 kgf/cm^2) 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.441 MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441 MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.

(3) 압력수조식

펌프(압력수조)의 Off수위를 정수위로 하여 그 정수압이 0.343 MPa (3.5 kgf/cm^2) 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.343 MPa 이상인 경우에는 그 값의 40% 또는 0.343 MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.

4.6.5 수격압 대책

(1) 관수로에서는 수격작용에 의한 피해를 방지하기 위하여 부압 발생 방지와 압력상승의 경감 등 적절한 대책을 강구하여 안전대책을 실시한다.

4.6.5.1 자연압력식

(1) 자연압력식에 의한 수격압 경감 대책은 주로 밸브형식을 적절히 선정하거나 조작시간을 길게 하는 방법이 있다.

4.6.5.2 펌프압력식

(1) 자연압력식의 관수로에서는 밸브 조작시간을 조절함으로써 수격압을 조절할 수 있는데 비하여 펌프압력식에서는 정전사고 등의 원인에 의해서 펌프가 급정지하는 사례가 있기 때문에 수격압 그 자체의 조절이 매우 어렵다. 그러므로 펌프압력식 관수로에서는 수격압을 조절하기보다는 수격압을 방지할 수 있도록 한다.

(2) 펌프압력식 관수로의 수격압 방지대책은 그 주된 목적이 부압방지 또는 상승압력 방지 등에 따라 대책이 달라진다. 대책방법의 채택에 있어서는 관수로의 규모, 노선위치, 발생 수격압의 크기 등 제반 조건을 고려하여 가장 효과적인 방법을 채택한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
관개배수	김선주	한국농공학회	교수	
농업환경	박종화	한국농공학회	교수	
토질공학	유 찬	한국농공학회	교수	
구조재료	박찬기	한국농공학회	교수	
수자원정보	권형중	한국농공학회		책임연구원

자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용댐	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	전국대학교
	양배수장	정상옥	경북대학교
	경지정리	유찬	경상대학교
	농업용관수로	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용댐	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산컨설턴트
	농지보전	박종화	충북대학교
	농업용댐	김성준	전국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질 및 환경	이희억	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

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

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준
KDS 67 25 25 : 2018

농업용 관수로 수리 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>

국기건설기준센터
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.