

KDS 67 25 30 : 2018

농업용 관수로 관체의 구조설계

2018년 4월 24일 개정
<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 25 30 : 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 30 : 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

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과

관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

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 하중	3
4.3 관체의 횡단방향 설계	7
4.4 관체의 종단방향 설계	8
4.5 경사관로의 설계	10
4.6 배관설계	13
4.7 내진설계	14
4.8 부식 및 전식방지	19

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 관수로 관체의 구조 설계에 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 일반사항

- (1) 관체 및 부대구조물의 구조설계는 현지의 지형, 토질, 수리 및 시공 등 여러 조건을 고려해서 관체 내·외에 작용하는 하중을 결정하고, 이들 하중에 대해서 횡단방향 및 종단방향으로 안전성을 검토한다. 안정성의 검토는 내압강도, 이동, 변형, 수밀성 등에 대하여 실시한다.
- (2) 매설한 관체에 작용하는 하중의 종류는 토압, 노면하중, 궤도하중, 관체자중, 관내 물 중량, 기초반력, 내수압, 기타하중 등이 있는데 이들 하중은 지형, 지반 상태, 기초 구조, 횡단시설의 상태, 관수로 수리조건이나 사용조건, 사용하는 관의 종류, 관경, 이음의 구조 및 시공방법 등에 따라 합리적으로 결정해야 한다.

4.1.1 개요

- (1) 매설관의 일반적인 구조설계는 먼저 횡단방향에 대해 검토한 다음 종단방향에 대해서 검토하는데 일반적으로 종단방향의 내압강도에 대해서는 매설관의 특성상 관체에 작용하는 하중이 거의 균형을 이루게 된다. 따라서 종단방향의 휨모멘트가 아주 작으므로 검토를 생략할 때가 있다. 그러나 도로, 궤도 등의 횡단 장소 및 구조상 국부적으로 하중이 집중되는 곳 등에 대해서는 종단방향에 대한 내압강도를 검토해야 한다.
- (2) 또한 종단방향의 이동에 대한 검토는 유수에 의한 불균형력이 작용하는 경우와 연약지반 등에서 지진에 대한 검사를 하고자 할 경우에 실시한다.

4.1.2 매설깊이

- (1) 매설깊이란 관정(管頂)에서 매설토의 표면까지의 깊이를 말하며 도로, 하천, 경작지의 경운심도, 관수로 횡단시설 등의 상황과 토질 등을 고려해서 결정한다. 매설깊이는 다음에서 구한 깊이보다 항상 크게 한다.
- (2) 도로 밑에 매설하는 경우에는 도로관리자와 협의하여 결정하되 최소매설깊이는公道(公道)의 경우 1.2m 이상, 농도 또는 사도(私道)의 경우 관경 450mm이하는 1.0m 이상, 관경 500mm 이상은 1.2m 이상으로 한다.
- (3) 궤도 밑에 매설하는 경우는 궤도 관리자와 협의하여 결정하며, 하천 밑에 매설하는 경우는 하천 관리자와 협의하여 결정하되 보통 2.0m 이상으로 한다. 경작지에 매설하는 경우의 최소매설깊이는 경작상황, 관의 포설상황 등을 고려하여 관경이 100mm~2,000mm일 경우에는 경작토 깊이에 0.6m를 가산하여 결정한다.
- (4) 산림지에서 매설하는 경우의 최소매설깊이는 관경이 100mm 이상이면 0.6m를 표준으로 한다. 한랭지에 있어서 매설깊이는 동결깊이 이상으로 한다.

4.1.3 관체 기초

4.1.3.1 일반사항

- (1) 관체의 기초를 설계하려면 관체의 설계조건, 기초의 토질, 지하수의 상태, 관의 종류, 관경, 시공방법, 경제성 등을 고려하고 현지상태를 충분히 파악해서 결정하여야 한다.

- (2) 또한 도로횡단 등 큰 하중을 받는 곳에서는 강도가 큰 관종을 사용하거나 강도가 적은 관종과 콘크리트 기초 등에 의한 보강공법을 병행하는 방법을 비교 검토해 보는 것이 좋다.

4.1.3.2 기초처리

- (1) 관체의 기초에 대한 일반적인 지반 조건별 고려사항은 다음과 같다.

① 암 반

관체를 암반 등 견고한 지반에 직접 매설하면 관체에 국부적인 집중응력이 발생하여 관체가 파손되는 사고가 일어나므로 여굴을 하여 모래 또는 양질토로 치환하고 충분히 다져서 기초를 만든다.

② 양호한 지반

지반이 자갈, 모래질 또는 충분히 다진 점토질 등과 같이 양호한 곳에서는 적합한 공법으로 시공한다. 기초재료는 공사중에 발생하는 토사중 양질의 것을 사용한다.

③ 보통지반

직접 관체를 포설하여 부등침하가 일어날 가능성이 있는 지반에서는 모래 또는 양질토로 충분히 다져서 기초를 만들고 그 위에 관체를 포설한다.

④ 연약지반

연약지반은 원칙적으로 모래로 치환하고 기초 설계는 연약지반의 경우는 원지반의 지지력도 검토하여야 한다.

⑤ 관축 방향으로 지반이 변화하는 경우

관의 축방향으로 지반이 변화할 때에는 각 부분의 지반에 대해 전술한 방법으로 기초를 만든다. 그러나 기초지반의 급격한 변화는 부등침하의 원인이 되고 관의 손상 사고를 일으키게 되므로 급격한 기초바닥의 변화를 피하기 위하여 완화구간을 설치해야 한다.

⑥ 콘크리트 기초

일반적으로 관이 큰 하중을 받을 경우나 그의 포설경사각이 클 경우(최대 포설경사각은 70°C)에는 콘크리트 기초를 하여야 한다. 콘크리트 기초는 약간의 철근으로 보강하면 가장 안전한 기초공이 된다. 콘크리트 기초에는 관의 일부를 받치거나 전체를 감싸는 방식이 있다. 그러나 연성관의 경우는 관의 변형 특성을 살릴 수 있도록 고정지지는 피하는 것이 좋지만 하천횡단이나 도로횡단에 있어서 스텔스 블록 등으로 고정해야 할 경우에는 고정지지를 할 수도 있다.

4.2 하중

4.2.1 하중의 종류와 조합

- (1) 관수로의 구조설계에 있어서 검토해야 할 하중의 종류는 토압, 노면하중, 궤도하중, 관체자중, 관내 물 중량, 기초반력, 내수압, 기타하중 등이 있다. 매설한 관체에 작용하는 하중은 지형, 지반의 상태, 기초의 구조, 횡단시설의 상태, 관수로의 수리조건이나 사용조건, 사용하는 관의 종류, 관경, 이음의 구조 및 시공방법 등에 따라 합리적으로 결정해야 한다.

(2) 또한 관내수압 이외의 하중은 관 단면에 휨모멘트를 발생시키며 관단면 전체에 인장력을 발생시키는 내수압과는 성격이 다르므로 이들을 총칭하여 외압이라 하고, 관에 작용하는 내수압(정수압+수격압)을 설계수압 또는 설계내압이라 한다. 이와 같이 매설 관체에 작용하는 하중은 다양하며 어느 하중 하나만 작용하는 것이 아니고 여러 하중이 동시에 작용할 수 있으므로 관체의 구조설계를 위해서는 반드시 하중을 조합하여 검토해야 한다.

<표 4.2-1> 구조계산을 위한 하중의 조합

하 중		강 성 관		연 성 관			
		구 조 계 산		용 력 계 산		변형량계산	
		평상시	시공시1)	평상시	시공시2)	평상시	시공시1)
토압	연직하중	○	○	○	○	○	○
	수평하중	○	○	○	○	※	※
노면하중	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	-	-	○	-	※	-
상재하중	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	○	-	○	-	※	-
불도저하중	연직하중	-	○	-	○	-	○
	수평하중	-	-	-	○	-	※
관체자중	연직하중	△	△	○	○	○	○
	수평하중	-	-	○	○	※	※
관내물중량	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	-	-	○	-	※	-
기초반력	연직하중	○	○	○	○	-	-
	수평하중	○	-	○	-	-	-
내수압	전체방향	○	-	○	-	-	-

주 : 1) 강성관 시공시의 구조계산에서 안전율은 파괴하중일 때 1.33, 균열하중일 때 1.0으로 한다.
 2) 연성관 시공시의 구조계산에서 관체의 허용응력은 평상시의 50% 할중 또는 항복점하중 적용 값으로 한다. 또 보통 시공시의 조건으로 관종이 선정되지 않도록 시공방법 등을 검토하면 좋다.
 3) 관지름 및 기초의 상태가 다음과 같은 경우는 수평하중을 무시한다.
 - 강성관 : 지름 600mm 이하, 지지각 180° 이상의 고정지지
 - 연성관 : 관지름 250mm 이하의 강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱복합관, 관지름 125mm 이하의 경질 염화비닐관, 폴리에틸렌관, 지지각 180° 이상의 고정지지
 4) 강성관의 최대휨모멘트를 계산할 때 관체자중의 요소가 Pc 및 Hc의 값중에 포함되어 있어 가산할 필요가 없으므로 △로 표기하였다. 또한 강화플라스틱복합관도 같다.
 5) ※는 연성관의 변형량 계산에서 수평하중이 고려되고 있다는 것을 말한다.

4.2.2 토 압

4.2.2.1 관체의 매설형태

(1) 관체의 매설형태는 도랑형, 돌출형, 역돌출형 및 널말뚝 시공형의 4종으로 구분할 수 있다.

4.2.2.2 토압분포

(1) 관체에 작용하는 토압분포는 강성관과 연성관에 따라 분류한다. 연직토압은 관체 걸지름을 정부(頂部)에서 투명한 범위에 균등하게 분포되는 것으로 가정하며, 기초의 반력은 기초의 지지각 2θ안의 기초면에 균등하게 분포되는 것으로 가정하고, 강성관 측면의 수평토압은 주동 토압만을 고려하여 사다리꼴 분포로 가정한다.

(2) 연성관 측면의 수평토압은 관측중앙을 최대로 하는 관체 중심각 100°사이에서 포물선형의 수

동토압으로 가정한다.

- (3) 한편 관지름이 작을 경우 수평토압을 무시하는 것은 수평토압은 안전측으로 작용하므로 무시해도 관구조 계산에 별 차이가 없기 때문이다.

4.2.2.3 관체에 작용하는 연직토압공식 적용

- (1) 관체 매설형태는 도랑형, 돌출형, 널말뚝 시공형에 따라 연직토압이 다르므로 공식 적용에 유의해야 한다. 매설형태에 따른 강성관과 연성관에 따라 연직토압공식이나 적용방법이 다르다.

① 강성관

도랑형 및 널말뚝시공형의 경우는 돌출형으로 할 때의 토압과 비교하여 적은 값을 그 관에 작용하는 연직토압으로 한다. 역돌출형은 돌출형 토압과 비교하여 적은 쪽의 토압을 적용한다.

② 연성관

매설심도(H) 2m까지는 도랑형, 돌출형, 널말뚝 시공형에 관계없이 수직토압 공식을 사용하며, 2m를 초과하면 마스톤(Marston)공식(도랑형, 돌출형)에 의한 연직토압을 기본으로 한다. 단, H 2.0m로서 마스톤 공식에 의한 토압이 H=2.0m일 때 수직토압 공식에 의한 토압보다 작을 경우는 H=2.0m일때 수직토압 공식에 의한 토압을 채용한다. 도랑형의 경우는 돌출형과 비교하여 작은 쪽의 값으로 그 관에 작용하는 연직토압으로 한다.

4.2.2.4 강성관의 수평토압

- (1) 강성관의 수평토압은 Rankine의 주동토압 공식을 이용하고 연성관의 수평토압은 Spangler 공식으로 구한다.

4.2.3 노면하중

- (1) 노면하중에는 균중하중과 차량하중을 고려한다. 일반적으로 강성관에서는 수평하중을 고려하지 않으며, 연성관에서도 소구경관(강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱관은 250mm이하, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관은 125mm이하) 및 지지각 180°이상 고정지지의 경우는 수평하중을 고려하지 않는다.

4.2.3.1 균중하중에 의한 연직하중

- (1) 균중하중에 의하여 관체 정부에 작용하는 연직하중은 다음 값을 표준으로 한다.

- ① 노면에 대형자동차가 들어갈 경우 $W_m = 0.490N/cm^2$
- ② 대형자동차가 들어가지 않는 경작도 $W_m = 0.294N/cm^2$
- ③ 국도, 지방도 등의 보도 $W_m = 0.490N/cm^2$

4.2.3.2 자동차하중에 의한 연직하중

- (1) 자동차하중에 의한 연직하중은 Bousinesq 공식을 이용하여 구한다.

4.2.3.3 노면하중에 의한 수평하중

- (1) 노면하중에 의한 수평하중은 일반적으로 지름이 큰 연성관에 대하여 고려하며 다른 관은 생략하고 있다. 연성관은 수평하중이 관측면을 중심으로 100° 사이의 포물선 형태로 분포하는 것으로 하여 구한다.

4.2.4 기타 상재하중

4.2.4.1 상재하중

- (1) 매설관 위에 작용하는 상재하중에 의한 연직하중은 흙의 높이로 환산하여 토피(土被)에 가산하여 계산한다.

4.2.4.2 불도저하중

- (1) 매설관위에 작용하는 불도저하중에 의하여 관체에 작용하는 연직하중 강도는 매설 깊이에 따라 구분된다. 수평하중은 노면하중에 의한 수평하중과 동일하게 계산한다.

4.2.4.3 설하중(雪荷重)

- (1) 설하중을 노면에서 자동차하중과 같이 고려할 경우는 $0.098\text{N}/\text{cm}^2$ 로 한다. 설하중만의 경우에 있어서 다설 지역에서는 적설높이 1m당 $0.294\text{N}/\text{cm}^2$, 기타 지역에서는 $0.196\text{N}/\text{cm}^2$ 으로 하되 균중하중과 비교해서 큰 것을 채택한다.

4.2.5 관체 자중

- (1) 강성관 및 강화플라스틱 복합관은 파괴하중으로부터 관중을 선정하므로 관체의 자중은 설계하중으로 고려할 필요는 없으나 연성관중 강관과 같이 균질자재인 관체는 자중에 의하여 발생하는 응력도 다른 응력과 함께 가산하여 관체 설계를 한다. 단, 측면 수평토압에 의한 휨모멘트를 계산할 때 관체 자중은 원칙적으로 무시한다.

4.2.6 관내 물중량

- (1) 관체 내외에 물이 있을 경우 관체에 휨모멘트는 발생하지 않으나 지하수가 없을 경우는 휨모멘트가 발생하므로 보통 외수를 무시하고 관체내의 물중량을 설계하중으로 고려한다.
 (2) 관내의 물중량은 강성관이나 연성관에서 횡단이나 종단방향 계산에 적용한다. 단, 관체 자중과 같이 측면수평토압에 의한 휨모멘트 계산에는 원칙적으로 무시한다.

4.2.7 궤도하중

- (1) 궤도하중은 등급별 표준 활하중(LS하중)과 레일, 침목, 도상(道床) 등이 있다. 하중은 L하중과 S하중 가운데 구조물에 큰 영향을 주는 것을 사용한다. 또한 궤도중량(레일, 침목, 기타)과 도상(道床)은 상재하중으로 간주하여 이를 흙의 높이로 환산하여 흙 두께에 가산한다.
- (2) 궤도하중에 의한 수평하중은 일반적으로 대구경 및 중구경의 연성관에 대해 고려하며 궤도하중은 철도 설계기준을 참고한다.

4.2.8 기초반력

- (1) 관체의 기초에 생기는 실제의 반력은 추정하기 곤란하지만 일반적으로 관체 지지각내의 기초면에 등분포한다고 가정한다. 기초반력은 기초의 지지상태에 따라서 변화하지만 일정범위(지지각)만 등분포하는 것으로 생각한다.
- (2) 기초반력은 기초가 고정지지가 아닌 한 반드시 등분포로 되는 것은 아니다. 또 연성관은 관의 변형에 의하여 반력분포도 변화될 것으로 생각되지만 이런 경우도 지지각의 기초면에 등분포한다고 가정하고 기초의 설계 지지각을 가정하여 관체를 설계한다.

4.2.9 내수압

- (1) 관체의 설계에 사용되는 내수압은 개방식 관로에서는 송수시의 동수압 또는 송수정지시의 정수압 중 큰 값에 수격압을 가산한 값으로 하며, 반 폐쇄식 또는 폐쇄식 관수로에서는 송수정지시의 정수압에 수격압을 가산한 값으로 한다.

4.2.10 관체에 작용하는 하중

- (1) 관수로의 관체 구조계산을 검토할 때 관체에 작용하는 하중은 토압 등 8개 종류의 하중이 있다. 단일 하중만 작용할 경우도 있으나 대부분 한 개 이상의 하중이 복합하여 작용할 수 있으므로 작용이 예상되는 하중을 현장과 시공 조건에 맞도록 조합하여 설계한다.

4.3 관체의 횡단방향 설계

4.3.1 기초의 지지각

- (1) 시공 지지각은 균등한 반력분포가 기대되는 기초재료를 이용하여 시공하였을 때의 지지각이다. 설계 지지각은 구조물 설계시에 관 외측 하부 켜기부분에 대한 다짐의 불확실성, 지하수에 의한 영향, 장기 경과후의 안전성 등을 고려 시공지지각보다 작게 사용하는 지지각이다.
- (2) 연직하중에 의하여 생기는 기초반력의 범위를 나타내는 지지각은 기초의 상태, 시공방법, 매설토의 다짐정도 등에 따라 다르다. 시공 지지각은 매설재료, 시공방법, 관의 환경 및 경제성을 고려하여 정한다. 단, 콘크리트기초에서는 시공 지지각과 설계 지지각이 같다.

<표 4.3-1> 다짐한 흙기초의 설계지지각

토질분류	흙의 통일분류	관중	강 성 관		연성관
		시공지지각(°)	120이상	180이상	360
역 질 토 (礫質土)	G, GS	90	90		120
	GF	90	90		90
사 질 토 (砂質土)	S, SG의 중.소분류에서 SW, SW-G, SGW	90		120	120
	S, SG의 중.소분류에서 SP, SP-G, SGP	90		90	90
	기타의 S, SG, SF	60		60	90

주 : 1) 설계지지각은 관체가 기초위에 포설된 상태에 확실히 균등한 반력분포가 기대되는 범위로 하고 기초재로서 적당하다고 판정된 재료에 대하여 토질시험에 의한 분류에 따라 이 표의 값을 사용한다.
 2) 연성관의 기초재는 관저부의 반력과 함께 관 옆부분의 반력에도 유효하게 작용해야 한다. 스팅그라에 의하면 그 반력은 관저부터 관정까지의 되메움재(기초재)의 시공상태에 지배된다고 되어 있다. 이런 의미에서 종래는 기초부, 되메움부와 구분되어 있던 것을 관저에서 관정까지 동일한 기초재로 되메우는 것으로 한다.(시공지지각은 360° 로 된다)
 3) ϕ 300mm이하의 소구경관에 있어 기초재료는 ML, CL를 사용하는 경우의 설계지지각은 강성관 30°, 연성관 60° 로 한다. 단 이 경우에도 관저부 아래의 기초재료는 역질토, 사질토를 사용한다.

4.3.2 강성관 설계

(1) 강성관 설계는 연직등분포하중, 관체내 물 중량, 관체 자중, 수평 측면 하중 등을 고려하여 휨 모멘트를 계산하고 이를 허용모멘트와 비교하여 관중을 선정한다.

4.3.3 연성관 설계

- (1) 연성관 설계는 연직등분포하중, 관체내 물 중량, 관체 자중, 수평 측면 하중 등을 고려하여 휨 모멘트를 계산하되, 허용 변형량을 고려하고 이를 허용모멘트와 비교하여 관중을 선정한다.
- (2) 연성관의 관중 선정에 있어서는 관 재료의 허용응력에서 결정하는 관두께와 설계변형률로부터 정해지는 관 두께를 구하여 그 양쪽을 함께 충족시킬 수 있는 관의 두께를 채택한다.
- (3) 특히 덕타일주철관이나 강관에 대한 최종관두께는 상기에 의해서 구해진 관두께에 부식과 관 두께 공차여유 등을 고려하여 결정하여야 하며 강화플라스틱복합관은 강성관과 동일한 방법으로 내외압에 대한 안전성을 검토한다.

4.4 관체의 종단방향 설계

4.4.1 종단방향의 고려 하중

(1) 일반적으로 매설관에서 매설토에 의한 하중과 그 반력이 관의 종단방향의 모든 부분에 있어서 거의 균형이 되므로 종단방향으로 휨모멘트가 가해지지 않거나 또는 매우 적다고 볼 수 있으므로 종단방향의 강도는 보통의 경우에는 검토하지 않지만 지형 및 시공 조건에 따라 검토

가 필요한 경우 종단방향의 하중을 고려한다.

(2) 그러나 다음과 같은 경우에는 관체의 종단방향에 대한 휨모멘트를 고려한다.

- ① 관체에 지지대를 설치하는 경우 또는 칼라부분이 지점으로 되는 경우
- ② 관의 한 끝이 콘크리트에 고정되어 있는 경우
- ③ 대형자동차의 하중이 작용하는 경우(단, 콘크리트기초나 양호한 지반의 경우는 제외)
 이러한 경우에는 관체가 하중에 대하여 안전하게 견딜 수 있는지의 여부를 확인하고 필요가 있을 때에는 다음의 대책을 강구하여야 한다. 특히 소구경관은 종단방향의 강도가 낮으므로 ① 종단방향의 보강 검토, ② 관중의 변경 검토, ③ 이음의 구조나 위치 및 시공방법 등의 재검토가 필요하다.

4.4.2 종단방향에 작용하는 휨모멘트

(1) 관의 종단방향의 강도는 다음 식으로 그 안전성을 검토한다.

$$M_R \geq S.M$$

여기서, MR : 관의 종단방향의 저항휨모멘트 M : 관에 작용하는 휨모멘트
 S : 안전율(2.0이상으로 한다. 단, 콘크리트관(RC관, PC관)은 1.5이상으로 한다.)

4.4.2.1 종단방향에서 작용하는 휨모멘트

(1) 하중으로서는 토압, 상대하중, 관자중, 관내수량을 고려하지만 내수압은 벡터(vector)가 상이하므로 고려할 필요가 없다.

- ① 지지대 위에 관체를 설치하는 경우
 - 가. 가동이음매의 경우 : 단순보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
 - 나. 고정이음매의 경우 : 연속보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
- ② 관체의 일부를 콘크리트로 고정하는 경우
 - 가. 보통흙기초의 경우 : 외팔보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
 - 나. 잘 다진 모래기초의 경우 : 탄성지반상의 외팔보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
- ③ 대형트럭 하중의 경우
 자동차하중에 의해서 매설관의 일부에 하중이 작용하면 매설관은 휨 작용을 받게 된다. 이 때에 발생하는 응력은 지지상태에 따라 크게 좌우되나 도랑바닥이 평탄하게 탄성지반상 상태를 가정하는 것이 보통이므로 여기에서는 매설관을 탄성 지반상에 포설한 것으로 하여 계산한다. 이 때 관 전체에 걸친 토압, 상대하중, 관 자중, 관내 물 중량 등의 등분포하중은 관축방향의 휨모멘트를 산정하는 데는 고려하지 않는다.

4.4.2.2 관의 저항휨모멘트

(1) 강관, 플라스틱관(단일재료로 구성된 관)의 경우

$$M_R = \sigma_b Z$$

여기서, MR : 관의 저항휨모멘트(N.cm) σ_b : 관재료의 휨강도(kN/cm²),

Z : 관의 단면계수(cm^3), $Z = (\pi/32) \times (Dc^4 - D4^4)/Dc$, Dc : 관의 외경(cm),
 D : 관의 내경(cm)

(2) 원심력 철근콘크리트관의 경우

$$M_R = r\sigma_{ct} \left(2rt + \frac{A_s n'}{\pi} \right) \beta$$

$$\beta = \frac{1}{1 + \cos\alpha} \left[\frac{\left\{ \sin\alpha + (\pi - \alpha)\cos\alpha \right\} \left\{ \alpha \left(\frac{1}{2} + \cos^2\alpha \right) - \frac{3}{4}\sin 2\alpha \right\}}{\sin\alpha - \alpha\cos\alpha} \right. \\ \left. + \left\{ (\pi - \alpha) \left(\frac{1}{2} + \cos^2\alpha + \frac{3}{4}\sin 2\alpha \right) \right\} \right]$$

$$\frac{n'}{n} \frac{2\pi r t + A_s n}{2\pi r t + A_s n} = \frac{\sin\alpha + (\pi - \alpha)\cos\alpha}{\sin\alpha - \alpha\cos\alpha}$$

여기서, MR : 관의 저항모멘트(N.cm), t : 관두께(cm), α : 중립축의 연직선과 이루는 각($^\circ$),
 αt : 관두께 중심 콘크리트의 휨인장응력(N/cm²) (보통 441N/cm²로 함),
 As : 종철근의 단면적(cm^2), n : Es/Ecc = 9, n' : Es/Ect = 18, r : 관두께 중심반경(cm)

(3) 코어식 프리스트레스트 콘크리트관의 경우

코어식 프리스트레스트 콘크리트관에 있어서 강선을 감았을 때 종단방향의 휨응력에 대한 검토를 한다.

4.5 경사관로의 설계

4.5.1 경사관로의 정의

(1) 경사관로는 등고선에 대하여 거의 직각방향으로 배관된 것이거나 지수벽 등 특별한 공법을 필요로 하는 종단기울기 이상의 것 또는 되메움 흙이 안정되어 있고 매설관로가 될 수 있는 종단경사 이하의 것 등 3개 조건에 해당하는 것을 말하며, 원지반, 관체, 되메움 흙의 안정에 대하여 검토한다.

4.5.2 검토 사항

(1) 경사관로의 검토에 있어서는 일반적인 검토사항에 대하여 다음 항목을 추가로 검토한다.

① 원지반의 안정

매설관로가 안정하기 위해서는 원지반 자체가 안정되어 있어야 한다. 따라서 노선선정에 있어서는 원지반의 붕괴, 산사태, 침식 등이 생기는 외에 지하수의 용출이나 유하에 의하여 관로의 시공 및 그 유지에 대한 지장이 생기지 않도록 특히 유의한다.

② 관체의 안정

경사에 의하여 관체가 흘러내리지 않도록 관체가 안정되는 것이다. 관체의 안정은 포설경사, 토질조건, 기초공의 종류, 관중 등과의 관계에 대하여 검토한다.

③ 되메움흙의 안정

관체의 되메움흙이 안정되어야 하는데 지형경사, 토질조건 및 지하수 상황 등으로 보아 관포설 후의 되메움흙이 안정되어 있어야 된다. 이 조건이 만족되지 않으면 매설관로는 성립되지 않는다. 경사가 커지면 되메움의 시공이 곤란해지기 때문에 되메움 재료를 개량하여 사용하도록 한다.

4.5.3 원지반경사의 안정

(1) 경사면의 안정은 주로 원지반의 전단저항과 자중의 균형으로 유지되고 있다. 그러나 호우나 지하수의 침투 등에 의한 간극수압의 증대, 토석유하의 발생, 지진의 진동에 의한 영향, 인공적인 굴착, 절토와 성토 등에 의하여 가끔 원지반이 붕괴되는 일이 있다. 그 원인의 대부분이 복합적이며 지질과도 관련되어 있다. 또 이차원 단면에서의 슬라이딩에 관한 분할법 등에 의한 안정해석도 행하고 있으나, 해석지역 전체의 정확한 토질의 파악이 곤란한 문제가 있다. 그러나 관로의 안정을 보전하기 위해서는 사면붕괴, 표층붕괴(표층붕괴, 깊은사면 붕괴), 산사태(암반 사태, 풍화암 사태, 붕괴토지 사태, 점질토질 사태), 토석흐름 등의 위험지대를 피한 노선선정을 행하는 외에 현지의 상황에 따른 필요한 대책을 강구하는 것이 필요하다. 따라서 경험이 풍부한 지질전문가와 함께 원지반의 안정에 관한 조사와 해석을 시행하여 안정된 원지반을 고려한 노선을 선정한다.

4.5.4 관체의 안정

(1) 관로 기울기의 상한

- ① 경사관로배관에 있어서의 관체의 안정은 일반적으로 관과 흙의 마찰저항 또는 관 기초와 흙의 마찰저항에 의하여 유지되고 있다. 이론적으로는 점착력이나 측면토압에 의한 마찰저항력도 있으나 특히 이들의 계수가 명확한 것 외에는 관체 저면 또는 기초공 저면의 마찰저항력을 대상으로 하여 검토한다.
- ② 경사관로 검토에 관련된 인자는 관의 포설기울기, 토질조건(지하수조건), 기초공의 종류, 관종 등이다. 토질조건에는 흙의 내부마찰각, 흙과 관체 저면 또는 흙과 기초공저면의 마찰저항계수, 단위중량, 간극수압 등이 있다. 또 관체가 안정하기 위한 저항력은 관의 활동력에 대하여 안전율 1.5이상을 확보한다.

(2) 활동에 대한 안전율의 검토

활동에 대한 안전율은 다음 식을 만족해야 한다.

$$F_s = \frac{\text{활동에 대한 저항력}}{\text{활동력}}, F_s = \frac{P_N \mu + c \cdot A}{P_r} \geq 1.5$$

여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(1.5이상), A : 바닥면적(m^2), P_N : 전중량 ΣW 의 수직성분(N), $P_N = \Sigma W \cdot \cos i$, P_r : 전중량 ΣW 의 접선성분(N), $P_r = \Sigma W \cdot \sin i$, μ : 저면과 기초지반 사이의 마찰계수 (기초지반이 흙인 경우 μ 의 값이 0.6을 넘지 않는 것으로 한다.), c : 저면과 기초지반과의 점착력(통상은 $c=0$ 으로 하고 점착력을 확실히 확인할 수 있는

경우에는 이를 고려해도 좋다.)

(3) 활동방지공법의 검토

- ① 안정된 원지반에 포설된 경사관로에 있어서는 활동에 대한 안전율이 만족되지 않는 경우는 별도의 안전공법을 검토할 필요가 있다.
- ② 공법의 선정에 있어서는 관중, 관의 포설기울기, 기초재의 종류, 원지반의 강도 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

4.5.5 되메움 흙의 안정

- (1) 되메움 흙의 안정은 흙의 마찰저항력 및 점착력에 의하여 안정되어 있고, 되메움 흙의 표면이 우수 등에 의하여 침식되지 않을 것 등 2가지 조건을 만족시킬 필요가 있다. 이 중 흙의 마찰저항에 의한 안정은 관체안정의 검토와 같은 마찰계수를 사용하면 관체가 안정되면 되메움 흙도 안정한다. 또 되메움 흙은 흙과 접촉하는 부분도 있기 때문에 이 부분에 대해서는 점착력도 볼 수가 있다. 따라서 관체보다도 일층 안전측으로 되는 것이 일반적이다.
- (2) 다음에 우수에 의한 되메움흙 표면의 침식에 대해서는 ① 물길이 되기 쉬운凹지를 피하여 비탈 끝에 노선을 선정할 것, ② 되메움 흙이 안착될 때까지는 필요에 따라 그물공, 축책공, 식생공 등으로 보호하도록 한다.
- (3) 급경사부 매설관로의 사례로는 경사각이 30~40°의 범위에서는 소일시멘트(soil-cement) 처리공법(기초재, 되메움재에 소일시멘트를 사용 : 5~10%의 시멘트량을 혼입하는 경우가 많다), 경사각이 40°이상에서는 콘크리트처리공법(완전 감아 부침 콘크리트 되메움함)이 채용되고 있다.
- (4) 또 근대는 원지반경사면의 안정을 목적으로 하여 개발된 연속섬유 보강토공법(연속한 폴리에스터 섬유를 모래속에 3차원적으로 혼입시킴으로서 모래의 겉보기 점착력, 전단저항각을 증대시키는 공법)등을 검토하여 시공할 수 있다.

4.5.6 지수벽의 설치와 용출수대책

4.5.6.1 지수벽의 설치

- (1) 경사면에 따라 관체를 포설하는 경우에는 전절에 기술한 관체 안정의 조건을 만족시키는 외에 필요에 따라 지하수대책을 검토한다.
- (2) 기초바닥에 투수성이 높은 모래나 사질토 등의 재료를 사용하는 경우는 기초바닥이 물길이 되어 세굴되는 것을 방지하기 위해 필요에 따라 불투수성의 점토 등으로 지수벽을 설치할 수 있다. 더욱이 이 경우에는 횡단방향에의 드레인 등을 설치하여 기초바닥부의 지하수위 상승을 방지해야 한다.
- (3) 지수벽은 관체의 경사가 10~15°의 경우는 관체 2~3본에 한 개소정도, 10°미만의 경우는 필요하다고 인정되는 경우에만 설치한다.

4.5.6.2 용출수대책

- (1) 관체의 포설구에 용수가 있고, 시공중 및 시공후에 있어 기초모래가 유실할 염려가 있는 경우는 배수대책을 우선 시행하고 그래도 부족할 경우는 드레인의 설치, 유실하지 않는 기초공의 채용 등에 대하여 검토한다. 유실하지 않는 기초공에는 쇠석기초, 콘크리트기초 등이 있다.

4.5.7 단락부(段落部)에 있어서의 포설기울기

- (1) 단차가 있는 지형에서 상하방향에 배관하는 경우의 관로기울기는 지형기울기보다 완경사의 포설을 검토할 필요가 있다. 토공비와 부대공사비(곡관, 앵커블록, 공기밸브, 맨홀 등의 공사비)를 합하면 완경사로 하는 것이 유리한 경우가 있으므로 검토한다.

4.6 배관설계

4.6.1 배관설계의 개념

- (1) 배관설계는 배관의 계통에 따라 여러 가지 관의 간격과 길이 등을 결정하는 것이다.

4.6.2 이음간격

- (1) 설계상 이음의 간격은 관 재질에 따라 다르다.

4.6.3 곡관 및 이형관

- (1) 곡관 및 이형관은 사용 관종에 적합하고 가능하면 관종별로 규정되어 있는 규격품을 사용하도록 한다. 강판제(鋼板製)의 이형관을 사용하는 경우는 원칙적으로 KSD 3578 (수도용 도복장 강관 이형관)에 정해진 크기 및 제조방법을 사용한다.

4.6.4 조정관(調整管)

- (1) 조정관은 PC관이나 RC관과 같이 자유로이 절단할 수 없는 관종을 사용할 경우에는 공사의 시점이나 종점 및 관의 포설방향이 변화되는 점, 공구와 공구의 절점 등에 설치한다.
 (2) 조정관은 일반적으로 신축이음을 사용하지만 이것은 고가이므로 따로 신축이음을 필요로 하는 지점과 겸용하든가 또는 부등침하의 위험이 없는 지반에서는 신축이음을 사용하지 않고 용접이음을 할 수 있다.

4.6.5 곡선포설

- (1) 관수로는 굴곡이나 분기점에서 약한 것이 보통이다. 따라서 누수사고의 위험이 많을 때에는 조건에 적합한 곡관, T자관 등의 이형관을 사용하여야 한다. 또한 가동이음을 사용해서 관로의 곡선설치를 할 경우에는 각 이음의 설계굴곡각도를 각 이음의 최대허용굴곡각도의 1/2 이내로 한다.

4.6.6 이 음

(1) 관수로는 필요에 따라 신축이음이나 가동이음을 설치한다.

① 가동이음

절토와 성토의 경우 및 부대구조물과의 접속에는 부등침하를 흡수하기 위하여 가동이음을 설치하는 것을 검토한다. 가동이음은 예상되는 변위량에 적합한 형식의 것을 선정한다.

② 신축이음

가. 관의 양단이 고정된 콘크리트밸브박스 등에서는 온도변화에 따라 관에 발생하는 응력의 흡수, 시공시 기계류의 최종설치, 유지관리시 기기의 제거 등을 위하여 여유를 두어야 하며 이러한 경우에 신축이음을 설치한다.

나. 용접이음과 용접이음 등의 고정이음을 사용한 관수로에서는 온도변화에 따른 신축량을 고려하여 신축이음을 설치하는 것이 좋다. 한편 부등침하가 예상되는 지반에서는 신축성과 가동성이 복합된 이음 사용을 검토한다.

4.6.7 구조물과 관의 접속

(1) 밸브박스, 수로, 스투트블록 등의 콘크리트구조물과 관의 접속은 부등침하나 관이 빠지는 힘이 작용하여도 안전하여야 한다.

① 구조물과 관의 접속

콘크리트구조물과 관수로를 접속할 때는(용접강관은 제외) 구조물과 관 사이를 단관과 가동이음으로 접속하는 것이 좋다.

② 구조물과 관의 매입

밸브박스나 수조 등의 콘크리트구조물에 관이 콘크리트벽을 관통할 때에는 스티프너를 설치하여 관이 미끄러지지 않도록 하여야 한다.

4.7 내진설계

(1) 농업용 관수로는 농업생산과 직결되어 있고 구간에 따라 고압으로 대용량의 수량이 흐르며 피해시 주변에 큰 피해가 우려될 뿐 아니라 응급복구가 불가능하고 장기간 급수 중단을 초래할 수 있는 지역에서는 내진 설계를 고려한다.

4.7.1 내진설계의 개념

(1) 관수로에 대한 내진설계는 최근 우리나라 주변에서 지진 발생이 빈번해 지면서 이에 대한 고려가 필요할 것으로 판단되며, 특히 강진대지역(強震帶地域)의 연약지반지대 등을 통과하는 매우 중요한 관수로에 대해서는 내진설계를 고려한다. 지진에 대한 내진 설계는 응답변위법 또는 등가정적하중법 평가를 하고, 구조물의 특성과 지반조건 및 중요도에 따라 필요시 응답스펙트럼방법, 동적해석법(시간이력해석법, 진동수영역해석)등의 동적 내진안정성평가를 병행한다.

4.7.2 지진 피해의 원인

(1) 매설 관수로의 피해사례를 통하여 살펴본 지진피해의 원인은 다음과 같다.

- ① 지진과동 전파에 의한 것
- ② 지반의 액상화 및 압축침하에 의한 것
- ③ 사면활동 및 타구조물의 영향에 의한 것
- ④ 단층에 의한 것

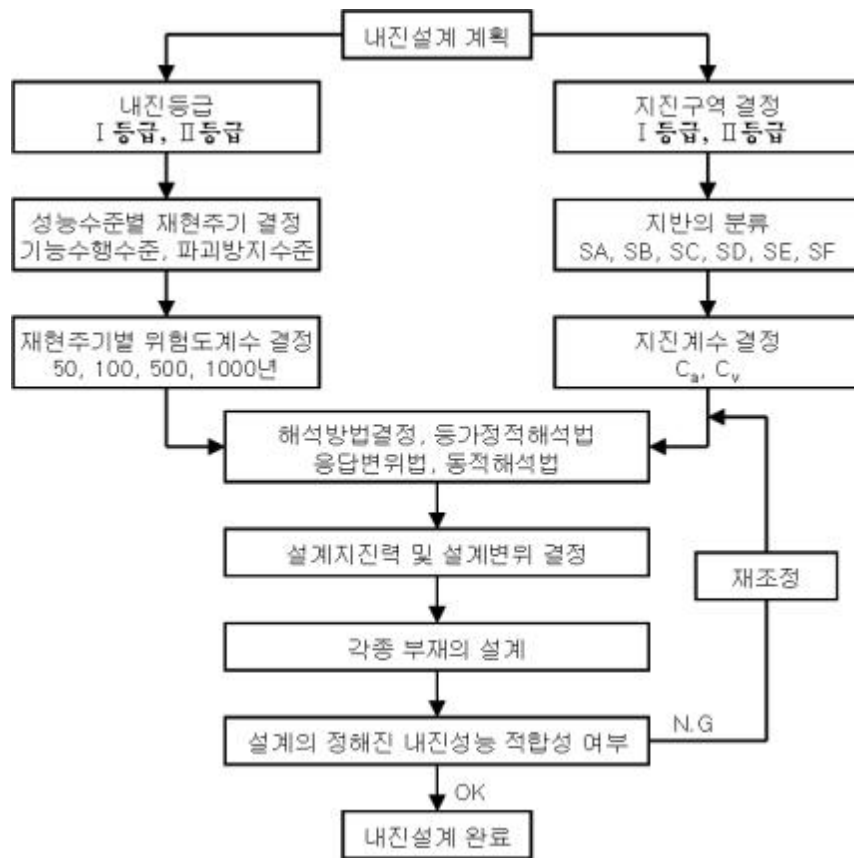
위에서 말한 바와 같이 매설 관수로의 지진피해는 지진시 주변지반에 생긴 변화가 관체에 전달되어서 관체가 변위를 일으키거나, 매설지반 그 자체의 붕괴 등이 원인이 되어 발생하므로 이에 대한 대책을 마련한다.

4.7.3 내진설계 방법

<표 4.7-1> 내진설계 방법

구 분	특 성	적용구조물
등가정적해석법	<ul style="list-style-type: none"> • 지하구조물의 지진에 따른 지반의 진동하중을 정역학적인 횡도압으로 환산하여 내진설계 	지상 및 지하구조물
응답변위법	<ul style="list-style-type: none"> • 지중구조물의 응력은 관성력의 영향보다 지반의 상대변위에 따른 강제력으로 간주(SHAKE91 해석결과 이용) 	지중구조물 (정수지, 공동구)

4.7.4 내진설계 절차



<그림 4.7-1> 내진설계 절차

4.7.5 내진설계의 유의점

- (1) 매설 관수로와 같이 길이가 길고 여러 지반에 걸쳐있으며 따라서 지진의 강도도 장소에 따라 상이한 구조물에서는 전반적으로 균일한 내진성을 확보하기 어려우므로 다음의 피해경감방법을 기본으로 하여 설계를 한다.
 - ① 매설관에 대하여는 지반의 특성이 관체에 큰 영향을 주므로 노선의 선정, 부대 구조물의 위치 결정시 토질조사, 지반조사를 하여 연약지반, 높은 절토, 성토부, 지형, 지질의 급변부 등은 피한다.
 - ② 조정지, 배니시설, 스탠드, 스러스트블록(앵커블록), 제수밸브 및 펌프실 등 관체와 고유주기가 다른 부대구조물과의 접합부에서는 지진시 큰 변형이나 응력이 발생할 수 있으므로 신축가동이음을 한다.
 - ③ 긴 관로에 곡관부가 있으면 지진시 응력집중이 생기기 쉬우므로 수평 및 연직곡관부의 반경을 크게 하여 급격한 굴곡을 피한다.
 - ④ 내진설계시에는 송배수에 따른 위험분산 또는 재해가 지나간 후의 안전대책(송수정지기구의 확립 등) 및 복구공사에 대하여도 생각한다. 따라서 대구경에서는 지진피해가 있을 경우 외부로부터의 점검은 대규모 작업이 되므로 내부에서 점검할 수 있도록 적당한 간격으로 맨홀을 설치한다. 또한 소구경관에서는 구간별로 누수량을 점검할 수 있도록 분수공 및 이

형관 설치 등을 이용하여 제수밸브를 설치한다.

4.7.6 적용범위

- (1) 지진에 따른 시설물 손괴시 응급복구가 불가능하여 장기간 급수 중단을 초래할 수 있는 시설에 대해 적용하며 그 대상은 농업용 관수로와 부속구조물로 한다.

4.7.7 등급별 내진설계목표

- (1) 농업용 관수로시설의 설계지진시 만족해야할 내진성능수준은 “기능수행수준”과 “파괴방지수준”으로 구분한다. “기능수행수준”은 설계지진 작용시 관수로시설에 발생한 변형이나 손상이 시설의 기능을 차질 없이 수행할 수 있는 범위내로 제한되는 성능수준이고 “파괴방지수준”은 관수로시설에 상당한 변형이나 손상이 발생할 수는 있지만 그 수준과 범위는 시설이 붕괴되거나 또는 시설의 손상으로 인하여 대규모 피해가 초래되는 것을 방지하고 부분적인 급수시설로서의 기능이 유지될 정도의 성능수준을 의미한다.
- (2) 내진등급별 시설의 분류와 세부분류는 KDS 17 00 00 내진 설계기준 및 상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구('98, 환경부)를 참고한다.

4.7.8 지반의 분류

- (1) 국지적인 토질조건 및 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 SA, SB, SC, SD, SE, SF의 6종으로 분류한다.
- (2) 지반종류 SF는 부지고유의 특성 평가가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반을 일컫는다.
 - ① 액상화가 일어날 수 있는 흙, 퀵 클레이(Quick Clay)와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
 - ② 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반($H > 3m$)
 - ③ 매우 높은 소성을 갖는 점토지반($H > 7.5m$ 이고 $PI > 75$)
 - ④ 층이 매우 두꺼우며, 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토($H > 36.5m$)

4.7.9 설계지반운동의 특성 표현

- (1) 지역적인 특성과 지반성질을 고려한 설계지반운동의 특성은 응답스펙트럼으로 표현되며, 지반별로 표준화된 설계지반운동의 특성은 표준설계응답스펙트럼으로 표현한다.

4.7.9.1 지반운동의 공간적 변화 특성 고려 방법

- (1) 구조물의 모든 위치에서 똑같은 지반운동으로 가진되는 것이 비합리적으로 판단되는 구조물에 대해서는 지반운동의 공간적 변화를 고려할 수 있는 모델을 사용해야 한다.

4.7.9.2 가속도시간 이력

- (1) 지반 가속도의 시간이력으로 지반운동이 표현될 수 있다. 공간적인 모델이 필요할 때 지반운

동은 동시에 작용하는 3개의 가속도성분(X, Y, Z방향)으로 구성되어야 한다. 구조물의 동적 해석을 위한 지진의 가속도시간이력은 기본적으로 과거의 계측된 시간이력이 사용되는 것이 원칙이나, 관측된 지진기록이 없을 경우 대상지역과 시간이력이 유사하다고 판단되는 지역의 가속도 시간이력 또는 인공가속도 시간이력을 사용한다.

4.7.9.3 인공가속도시간이력

- (1) 인공가속도시간이력은 응답스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다. 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동이 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 발진기구 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다. 인공가속도시간이력의 지속시간은 지진의 규모와 발진기구특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.

4.7.10 적용방법

- (1) 구조물의 특성과 지반조건 및 중요도에 따라 등가정적하중법, 응답변위법으로 기본 평가를 하고, 필요시 응답스펙트럼방법, 동적해석법(시간이력해석법, 진동수영역해석)등의 동적 내진안정성평가를 병행해야 한다.

4.7.10.1 건축물

- (1) 건축물은 건축법 제38조 제2항, 건축법 시행령 제32조, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제14조를 적용 또는 준용한다. 본 관수로 설계기준에서의 건축물 해당 구조물은 가압장, 배수지, 배수탑, 조절지 등이 해당한다.

4.7.10.2 지중구축물

- (1) 지중구축물은 모노노베-오카베(Mononobe-Okabe) 공식을 적용한다. 지중 구축물은 지중에 구축되는 관수로 관련 시설에 해당한다.

- ① 모노노베-오카베식에 적용될 수평지진계수(K_h)는 다음과 같다.

$$K_h = 2.5C_a \cdot I$$

가. 지진계수(C_a)의 결정은 지진편(KDS 17 00 00: 2017)에 따른다.

나. 위험도계수(I)의 결정은 지진편(KDS 17 00 00: 2017)에 따른다.

- ② 수직지진계수(K_v)는 특별한 경우를 제외하고는 무시하는 것을 원칙으로 한다.

4.7.10.3 관로

- (1) 본 설계기준 "강성관 설계"와 "연성관 설계"의 관두께 결정 방법과 내진설계를 위한 허용변형을 고려하여 결정한다.

4.7.10.4 수관교

수도시설 내진공법지침.해설(일본수도협회)에 따른다.

4.7.11 지진의 영향

- (1) 지진시 구조물과 관로 등 구조의 건전성에 영향을 줄 수 있는 현상은 다음과 같다.
- ① 지진시의 지반 변위 또는 변형
 - ② 구조물의 자중과 적재하중 등에 기인된 관성력
 - ③ 지진시 토압
 - ④ 지진시 동수압
 - ⑤ 수면동요
 - ⑥ 지진시 지반의 액상화
 - ⑦ 지질이나 지형이 급변하는 지반의 지진시 이완 또는 붕괴
- (2) 이에 의한 효과는 다른 하중과 조합되어 설계시에 고려하여야 한다. 항목에 대한 계산은 상수도시설 내진 설계기준(한국수자원공사)을 참고로 한다.

4.7.12 내진설계를 위한 상세 계산

- (1) 농업용 관수로 설계시 필요한 상세 내진 설계는 1998년 환경부에서 발행한 "상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구"와 1997년 한국건설기술연구원에서 발표한 "내진설계기준연구"를 주로 참고로 하되, 수관교의 경우는 "수도시설내진공법 지침.해설"(일본수도협회, 1997)를 참고로 한다.

4.8 부식 및 전식방지

- (1) 농업용 관수로는 관로에 흐르는 물과 수질에 의해 전기화학적 반응으로 인하여 관로의 내부가 부식되는 경우와 관로가 매설된 주변 환경에 의하여 외부 부식이 발생한다. 매설 관의 부식 및 전식을 방지하여 내구성을 확보하기 위해서는 도장이나 도복장 및 전기방식 대책을 수립해야한다. 부식 및 전식대책 수립시 신기술이 효과와 비용에서 유리하고 안전성이 확보되면 이를 활용할 수 있다.

4.8.1 기본사항

- (1) 금속이 물이나 토양과 같은 전해질 속에 놓이게 되면 그 표면의 용존산소, 농도차, 온도차, 불순물, 잔존응력 등에 의해 금속 표면에 부분별로 전위차가 생겨 양극부와 음극부가 형성된다. 이때 양극부에서 음극부로 전류(부식전류)가 흐르는 과정에서 양극부의 금속이 이온상태로 용출되어 점차 전해질 속으로 용해되는 전기화학 반응을 일으키는 데 이를 부식이라고 한다.
- (2) 철관은 철광석을 인위적으로 산화 환원하여 생산된 것이므로 안정된 산화철의 상태로 환원하려는 성질을 가지고 있다. 부식 발생이 용이한 장소는 산성 공장폐수나 오염된 하천수 등이 지하에 침투한 장소, 해변가에서 지하수 중에 다량의 염분을 포함한 장소, 유황분을 포함한 석탄으로 성토한 장소, 부식토, 점토 및 이탄(泥炭)지대, 폐기물의 매립지 등이다. 이러한 부식성

에 약한 장소에 관을 매설할 경우는 관 종류 및 방식공법 선정에 주의해야 한다.

4.8.2 관 부식의 종류 및 형태

4.8.2.1 관 부식의 종류

- (1) 관의 부식은 주위 환경이나 수질 및 매설환경 등에 의해서 나타나며 자연부식과 전식으로 크게 나누어진다.
 - ① 자연부식은 부식전지의 형성상황에 따라 마이크로셀(microcell)부식과 매크로셀(macrocell)부식으로 구분된다. 마이크로셀(microcell)부식은 금속관의 표면상 미세(미크로)적인 국부전지 작용에 의하여 발생한다. 매크로셀(macrocell)부식은 구조물에 있어 부분적인 환경의 차이나 재질의 차이로부터 금속관 표면의 일부분이 양극부로 되고 다른 부분이 음극부로 되어 양자가 거대한(macro)한 부식전지를 구성함으로써 발생한다. 매크로셀(거대부식전지)의 양극부와 음극부의 위치와 규모는 일반적인 측정에 의하여 구분할 수가 있다.
 - ② 전식은 직류전기 철도의 누설전류 및 전기방식 설비의 방식전류에 의하여 생기는 부식을 말한다. 전식은 미주전류와 간섭에 의하여 발생하며, 미주전류는 전철에서 발생하며 간섭은 매설배관에 외부전류방식에 의한 경우와 인접하는 다른 매설관에 전기적 영향에 의하여 발생한다.

4.8.2.2 관 부식의 형태

- (1) 자연부식은 그 형태에 따라 관의 내면부식과 외면부식이 있으며, 내면부식은 주로 물 등 사용재료에 따라 금속표면의 전기화학적 작용에 의해 발생하며, 외면부식은 주로 토양부식 즉 토양과 접하는 금속체의 토양저항률(토양이 갖는 고유저항)에 의하여 발생한다.
- (2) 강관, 덕타일주철관 등 철관은 안정된 상태(산화철)로 되돌아오려는 작용을 하며 부식이 발생한다. 강재는 콘크리트(pH 약 12) 등의 고알칼리성의 환경에서는 부동태화하고 보통 전위는 $-200 \sim -300\text{mV}$ 정도이며, 토양중에서는 일반적으로 $-400 \sim -800\text{mV}$ 정도의 전위를 보인다.
- (3) 매크로셀 부식은 토질이 서로 다른 곳을 배관이 횡단하는 경우에 생길 수 있는 산소농담(통기차)에 의한 부식과 이종금속의 접촉에 의한 부식 형태가 있다. 관이 콘크리트 구조물을 관통하여 배관된 경우에도 콘크리트(양극)부에서 부식이 발생한다. 토양과 콘크리트 연결부 배관에도 복장되지 않은 관이 매설되어 있다면 기전력 약 300mV (양자의 전위차)를 갖는 매크로셀 부식전지가 형성되어 양극부에서 부식이 발생한다.
- (4) 전식은 전철 등의 미주전류에 의한 것과 그 밖에 전기방식 시설 등으로부터 받는 간섭에 의하여 발생한다.

4.8.3 매설관의 방식방법 선정

4.8.3.1 기본사항

- (1) 매설관의 부식은 토양, 물의 전해질의 존재하의 강 표면의 양극과 음극반응에 의하여 발생하

므로 방식의 기본은 이 반응이 발생하지 않도록 하는 것이다. 이것은 다음과 같은 3가지 방법이 있다.

- ① 강 표면과 전해질 (토양, 수분)을 차단(도복장)
강의 표면에 도복장을 하여 매설환경 중의 토양, 물이 강표면에 접하는 것을 방지하여 부식 전류 및 누출전류의 유출입을 할 수 없도록 한다.
- ② 양극과 음극을 차단(절연 마크로셀 부식에 한정함)
부식전류의 흐르는 경로를 차단하는 방식법으로 한다.
- ③ 양극반응의 진행을 저지(전기방식)
매설관 표면에 방식전류를 유입시켜 양극반응(전류가 유출하는 반응)을 저지하여 부식을 방지한다.

4.8.3.2 방식방법 선정

(1) 매설관의 방식방법으로는 도장이나 도복장 그리고 전기방식이 있으며 방식방법은 다음과 같이 선정한다.

- ① 강관
A의 경우 미주전류의 발생 등을 고려하여 방식방법을 선정한다. B, C의 경우 주의사항은 다음과 같다.
가. 도복장의 종류는 조사(환경), 환경(제조 여부) 등을 고려하여 선정한다. 전기방식을 병용하는 경우는 폴리에틸렌 피복이 바람직하나 환경에 제약이 있다.
나. 전기방식 방법은 조사 결과에 의하여 결정한다. 전기방식 방법은 외부전원법, 유전(희생)양극법, 배류법 등이 있다.
다. 절연 연결과 등을 구조설계상 검토하여 방식대책 구분을 명확히 한다.
- ② 덕타일주철관
폴리에틸렌 슬리브의 사용은 ANSI A 21.5 등에 의한다. 주철관의 경우에는 미국의 주철관 연구협회에서 제시한 주철관 부설시의 토양부식성 평가기준으로합계점수가 10점 이상이 되면 특수방식방법을 채용하여야 한다고 권고하고 있으므로 방식 방법과 적용성을 참고로 부식 방지방법을 선정한다.

4.8.4 매설관의 방식방법

(1) 방식대책은 관종의 특성과 현장여건을 충분히 파악한 후에 수립한다. 매설관의 방식대책으로는 도료 및 도복장 방식과 전식방법이 있다.

4.8.4.1 도료 및 도복장 방식

(1) 현재 국내에서 적용중인 수도용 도복장 강관(KS D 3565)의 내.외면을 방식하기 위한 도복장 방법은 공장도복장과 현장도복장이 있다. 공장도복장은 콜타르에나멜, 아스팔트, 타르에폭시수지도료, 액상에폭시수지도료, 폴리에틸렌(PE) 도복장 방법 등이 있고, 현장도복장은 테

이프도복장, 조인트코트(고무계 시이트, 열수축계 튜브 및 시이트) 도복장 등이 있다. 도복장 도료는 아스팔트(A), 콜타르에나멜(C), 타르에폭시수지도료(T), 액상액포시수지도료(L), 폴리에틸렌테이프(P), 폴리에틸렌 등이 있다.

① 콜타르에나멜 도료

콜타르에나멜 도료는 내수성이 우수하고 화학적으로 안정되어 토양의 영향을 받아도 부착력이 강하고 또 내연성이 우수하며 취급이 용이하므로 강관의 방식재료로서 훌륭한 성질을 갖고 있으며, 가격이 저렴하여 국내 대구경 강관 내.외면 방식재료로 사용될 수 있다.

② 아스팔트도료

역청질 도료인 아스팔트도료는 콜타르에나멜과 비슷한 성능을 갖지만 일본에서도 상수도 내면에 사용시 수도의 소독용 잔류염소에 의한 영향이나 아스팔트는 온도에 의한 유연화 경향이 큰 이유 등으로 인해 도막이 떨어지는 일들이 발생되기도 하므로 관내에는 사용하지 않도록 한다. 또한 아스팔트는 흡수성이 큰 결점이 있으므로 지중에 매설된 강관의 경우 외면 도막의 절연저항이 저하되는 경향이 있고, 침투된 수분에 의해서 강면과의 밀착력이 떨어진다는 것이 매설시험의 결과에서 관찰되기도 하였으므로 사용을 자제한다.

③ 복장재(覆裝材)

도막중에 섬유질의 물체를 넣어 사용하게 되면 도막의 두께와 강도를 증대시킬 수 있으므로 충격이나 균열을 일으키는 외력에 대한 저항성이 증가하게 된다. 이러한 목적으로 사용하는 것이 복장재(覆裝材)로서 역청질 도료를 이용하는 지하 매설용 강관의 외면방식도장에 없어서는 안 되는 중요한 것이다. 현재 국내에서 인정하고 있는 복장재로는 글라스 클로스, 글라스 매트, 아스베스토스 펠트, 헤시언 클로스 등이 있으나 미국의 경우 근래에는 크라프트지 일체형 폴리에틸렌 복장재 등이 채용되기도 한다.

④ 도복장 방법

우수한 도복장재료라 할지라도 도복장 방법의 적부여하에 따라서 도복장강관의 수명을 지배한다. 따라서 작업표준을 확립하여 완전한 도복장작업이 수행되어야 한다. 국내 관련 KS 규격에서는 재료나 품질이외에도 도복장 작업 착수이전의 준비작업으로부터 완제품 제작 완료시까지의 제반사항을 비교적 상세하게 규정하고 있다. KS D 8307 규격에 규정된 도복장 방법은 미국 수도협회 규격(AWWA C203)에서 규정한 방법과 거의 유사한 방법으로서 미국의 경우 대부분의 토양 환경에 대하여 아스베스토스 펠트 도복장(KS D 8307)만으로도 충분한 방식효과를 얻을 수 있으나 부식성이 강한 토양이나 해저 또는 강을 횡단하는 경우의 매설관 외면은 추가로 글라스 매트를 도복하도록 권장하고 있다.

4.8.4.2 전기방식(電氣防蝕)

(1) 전기방식 방법으로는 전류를 방출하는 측에서 레일이음을 용접하는 등 이음부의 접속을 견고히 하고 레일과 변전소 연결전선의 강화 증설, 레일과 대지간(對地間)의 절연증대를 위한 침목 및 도상의 개량 등 방법을 사용하도록 협조를 구하는 것이 바람직하다.

① 전류를 방출하는 측에서의 대책

누설전류를 방출할 가능성이 있는 전기 철도측과 협의하여 누설전류를 경감하는 것이 좋

다. 그 것을 위해서는 레일을 전기적으로 접속하고 있는 이음부의 용접 또는 본드(bond)의 강화, 레일과 변전소를 잇는 전선의 강화 증설, 레일과 지중간의 절연향상을 위한 침목 등 가능한 방법을 강구토록 협조를 구한다.

② 금속관을 매설하는 측에서의 대책

매설하는 금속관의 전기방식 대책으로는 다음과 같은 방법이 있다.

가. 외부전원법

관과 불용성 전극사이에 직류전원을 설치하여 전원 → 전선 → 불용성전극 → 지중 → 관 → 전선 → 전원으로 흐르는 전기회로를 형성하여 관에서 유출되는 전류를 없애는 유입전류를 만들어서 전식을 방지하는 방법이다. 이 방법은 유출전류가 큰 경우 등에 적합하다.

나. 선택배류법

관이 레일에 대하여 정(+전위로 되는 장소에 선택배류기를 통하여 관과 부(-)의 귀전선 또는 레일을 도선으로 전기적으로 접속하여 관에 흐르는 전류가 직접 땅으로 유출되는 것을 막으며 이것을 일괄하여 레일 등에 귀류시키는 방법이다. 이 방법은 대책지점이 레일 등에 근접하고 있어야 적용할 수 있는 등의 제약조건이 있다.

다. 강제배류법

관과 레일과의 사이에 직류전원을 설치하여 관으로부터 레일로 강제적으로 배류전류를 흘리는 방법으로 원리는 나)와 동일하다. 레일대지 전압의 정(+) 값이 크고 레일 부근에서 관에 유입된 전류가 레일로부터 멀리 떨어진 지역에서 관으로부터 유출되며 거기에 전식을 일으키는 경우에 대한 전기방식법이다.

라. 유전(流電)양극법

관에 표준전극단위가 낮은 금속(magnesium 등)을 양극으로 설치하고 양극과 관과의 사이에 이중 금속전지를 형성시켜서 관에 방식전류를 유입시키는 방법이다.

마. 이음부의 절연화

전식 위험구역 중 변전소 근방 등 전위차가 극단적으로 큰 곳을 제외한 장소에 관을 부설하는 경우에는 관의 이음부에 전기 저항을 갖게 하여 관로 전체로서 미주전류(迷走電流)의 귀로가 되기 어려운 구조로 만드는 것이 전기방식법으로 유효하다.

바. 차단

마.를 보다 효율적으로 절연하는 방법으로서 관주위에 차폐물을 설치하는 방법이 있다. 이 방법은 미주전류(迷走電流)에 대한 차폐물로서의 효과를 발휘함과 동시에 토양부식에 대해서도 방식 효과를 갖는다. 차폐물로는 절연물이나 반도체가 고려되며 절연물은 폴리에틸렌 슬리브법, 폴리에틸렌 코팅법 등의 절연피복이 있으며, 반도체로서는 외관으로 금속관 등을 사용하는 공법이 있다.

또한 (1)은 전기방식대책에 한하지 않고 도복장만으로는 대처할 수 없는 부설조건에 도복장을 병용하면 효과적인 방식대책으로 된다.

일반적으로 도막저항이 우수한 폴리에틸렌피복강관 또는 중소관경과 도막저항이 적은 단거리 관로에는 유전(流電)양극법이, 전식범위가 높고 도막저항이 큰 대구경 장거리 관로에

는 외부전원법, 특수부분에는 선택배류법이 유리하다. 이와 같이 전기방식 방법의 사용에 있어서는 대지전위를 측정하여 가장 합리적인 방법을 선택하지만 두 가지 방법 이상을 조합하여 사용하는 것이 바람직하다.

관 매설공사시 PE 코팅관이나 아스팔트 도복장강관의 경우 운반 및 설치과정에서 피복의 손상 없이 100% 완벽하게 시공하였을 경우에는 전기방식을 적용하지 않아도 된다. 하지만 공사현장의 실정상 운반이나 설치하는 과정에서 피복이 손상될 수밖에 없으며 용접부위는 절연을 아무리 잘해도 시일이 흐르면 물이 침투하게 된다. 이렇게 피복이 손상된 부위나 용접부 절연이 취약한 부분은 3~5년이 지나면 집중적으로 부식이 진행하여 그 부위의 관두께가 얇아져서 높은 수압에 견디지 못하고 파열된다. 이러한 부식을 막기 위하여 피복 손상을 전체 단면적의 약 3~5% 정도로 계산하여 피복 코팅 강관에 전기방식을 보완하여 부식을 방지한다.

상수도 관로의 전기방식법은 외부전원법을 원칙으로 하고 있으며, 현장여건과 관로의 길이를 고려하여 방식방법을 선정한다.

4.8.5 매설관의 방식대책

- (1) 관을 매설할 때에는 전식과 기타 부식을 방지하기 위하여 다음과 같이 방식대책을 수립한다.
 - ① 전식이 있는 철로 가까이에 금속관을 매설할 때에는 충분한 상황을 조사하여 전식과 기타 부식을 방지하기 위한 적절한 조치를 취한다.
 - ② 부식성이 강한 토양, 산이나 염수 등의 침입이 있는 지역에 관을 매설할 경우는 상황을 조사한 다음에 관종을 선정하고 적절한 방식대책을 취한다.
 - ③ 관의 콘크리트 관통부, 이종토양간의 부설부, 이종금속간의 접속부에는 매크로부식이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취한다.
- (2) 산성의 공장폐수 등이 지하에 침투한 장소, 해변의 지하수 중에 다량의 염분이 함유된 장소, 유황분을 함유한 석탄재로 성토한 곳, 이탄지대, 쓰레기로 매립한 지대 등에 부식되기 쉬운 관을 부설할 때는 콘크리트로 씌우거나 아스팔트계도장, 에폭시계도장, 플라스틱피복 또는 각종 부식방지용 테이프 등으로 관외면의 방식공을 시행하여야 한다. 이때에 이음부분의 볼트 너트도 스테인레스 강재를 사용하거나 방식산화피막처리, 에폭시 등에 의한 도장, 고무피복, 폴리에틸렌 튜브로 이음부분을 피복하는 등 방식공법을 사용해야 한다. 콘크리트 관종도 유리탄산이 많은 산성토양 중에 매설할 때 시멘트 성분이 용해하며, 경질염화 비닐관에서도 자외선, 고온, 저온, 유기용제 등의 영향을 받지 않도록 한다.

4.8.5.1 방식대책 고려사항

- (1) 매설관의 방식대책은 다음의 사항을 고려하여 수립한다.
 - ① 가장 침식되기 쉬운 각종 볼트류는 스테인레스강 제품을 사용하거나 볼트를 설치한 후에 에폭시(epoxy)나 기타 적당한 도료로 피복하여야 한다. 또 관 전체를 플라스틱 포대로 피복하는 방법도 효과가 있다.
 - ② 철관류의 방식대책으로는 되메우기 토사의 치환이나 폴리에틸렌슬리브(polyethylene

sleeve)피복, 아스팔트(asphalt)계통 도장, 타르에폭시(tar epoxy)도장, 또는 외면을 콘크리트 포대나 각종 방식테이프로 감싸도록 한다.

- ③ 이음부의 볼트 및 너트류는 관 몸체보다도 부식이 비교적 빠르므로 특히 주의하여야 한다. 대책으로서는 내식성 볼트 및 너트(스테인레스강제품 또는 방식 산화피막처리, 에폭시분체도장 등)의 사용, 폴리에틸렌 슬리브를 피복하거나 붙인 후에 타르에폭시나 기타 적당한 도장을 하는 것 등에서 최선의 것을 선택하도록 한다.
- ④ 각종 밸브실 내부배관(밸브, 플렌지, 신축관, 배기밸브 등)과 가압장 등의 배관중 습기에 노출된 각종 배관류는 공장도복장으로는 부족할 수 있으므로 상수도관 도복용 테이프나 액상에폭시 등 내식용 재료로 별도 방식을 한다.

4.8.5.2 방식대책 주의사항

- (1) 농업용 관수로는 농업생산과 직결되어 있고 구간에 따라 고압으로 수량이 많이 흐르고 있으므로 부식에 의한 피해가 발생하지 않도록 방식조치를 하여야 하며 다음사항을 주의한다.
 - ① 철관류는 내면 부식의 원인이 되는 수질인자에 관하여 충분히 수질검사를 행하고 이에 대한 제거대책을 강구한다.
 - ② 철관, 제수밸브 등 땅속에 매설된 금속재료는 토질내에 특수한 성분을 포함하였을 경우 심하게 부식을 받는 경우가 있다. 주의할 토질은 지하수에 해수를 포함하였을 경우나 석탄재 등에 의하여 매립된 장소나 토양이 습윤하여 황산염을 포함하고 있는 경우로서 부식은 염소이온 또는 각종 산에 의하거나 황산염 환원박테리아(SRB)의 번식에 의하는 것이 많다. 이와 같은 토질은 재료 선택에 착오가 없도록 하는 것이 중요하며 사용하는 재료의 보호에 주의한다.
 - ③ 경질염화비닐(PVC)관은 적외선 및 현저한 고온이나 저온에 대해 재질의 성질이 떨어진다. 아스팔트 주트나 크레오소트, 신나 등 유기용제에도 침투당하기 때문에 이와 같은 영향을 받을 우려가 있는 장소에서는 부설을 피한다.
- (2) 한편 국내에서도 부식방지에 관한 자세한 사항은 환경부 제정 "상수도 시설기준"(2004) 및 한국수자원공사의 "전기방식 설계기준" 및 한국건설기술연구원(KICT)의 "수도관 개량을 위한 의사결정지원 시스템 개발", "수도관 개량을 위한 관로진단 매뉴얼" 및 "상수관 부식방지기법" 보고서 등을 참고 한다.

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

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

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용댐	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상욱	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용댐	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설턴트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용댐	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	이주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준
KDS 67 25 30 : 2018

농업용 관수로 관체의 구조 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.