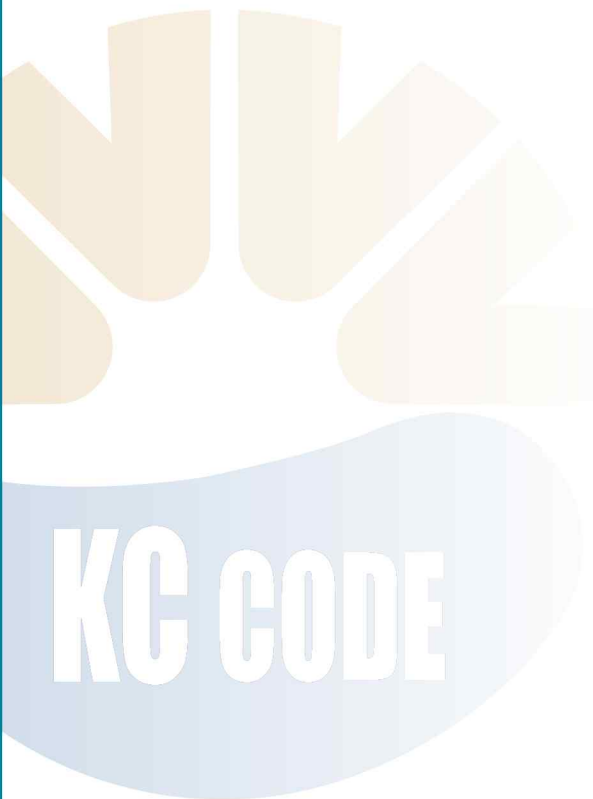


KDS 57 17 00 : 2019

상수도 내진설계

2019년 4 월 10 일 개정

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



환경부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발령한 날부터 시행하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 적용할 수 있습니다.

목 차

1. 일반사항	1
2. 조사 및 계획	3
3. 재료	3
4. 내진설계 일반	3
5. 지반조사	7
6. 지진해석 및 내진설계 방법	8
7. 품질보증에 대한 기본적인 사항	8

KDS 57 17 00 상수도 내진설계

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 상수도시설의 내진성능 확보에 필요한 최소 설계요건을 규정한 것으로서, 지진 발생 시 상수도시설 내진 능력을 최대한 확보하여 상수도 제 기능을 유지함으로써 급수기능을 확보하고 2차 재해를 최소화하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 수도법 제18조 ①항 및 동법 시행령 제29조 ③항, 지진화산재해대책법에 따라 상수도 시설의 내진설계에 적용한다. 상수도시설 중 지진에 따른 시설물 파손 시 응급복구가 불가능하여 장기간 급수가 중단될 수 있는 주요 대상시설에 대해 적용한다.

표 1.2-1 주요 대상시설

구분	세부시설
취수·저수시설	취수댐, 취수탑, 취수구, 취수관거, 집수관거, 침사지
도수·송수·배수시설	관로, 가업장, 배수지, 배수탑, 조절지, 수관교, 수로터널, 수로터널 입·출구부
정수시설	착수정, 응집지, 침전지, 여과지, 정수지, 고도정수처리시설, 배출수처리시설, 설비수용 건축물 등

(2) 기존시설의 정비와 내진성능 개선은 내진설계 개념 및 원칙에 따라 적용한다.
(3) 이 설계기준에 규정되어 있지 않은 사항은 내진 관련 시설물에 대한 설계기준과 객관적으로 입증된 설계법을 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 수도법 제18조 ①항 및 동법 시행령 제29조 ③항

1.3.2 지진화산재해대책법 제14조 및 동법 시행령 제10조(내진설계기준 공통적용사항 적용)

1.4 용어의 정의

(1) 수도시설 : 원수나 정수를 공급하기 위한 취수(取水)·저수(貯水)·도수(導水)·정수(淨水)·송수(送水)·배수시설(配水施設), 급수설비, 그 밖에 상수도에 관련된 시설을 말한다.

* 수도시설 중 내진설계 대상시설은 1.2 적용범위에 해당하는 시설이다.

(2) 내진성능목표 : 국가가 지진에 대비해서 국가적 기능을 유지하기 위하여 설정한 목표를 말한다.

(3) 내진설계 : 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록

하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업을 말한다.

- (4) 내진율 : 내진대상 전체시설물 중 내진설계 반영, 내진설계 미반영이더라도 내진성능평가 결과 만족, 내진성능평가 결과 불만족이라도 내진보강이 이루어진 시설의 총합의 백분율을 말한다.
- (5) 내진등급 : 시설물의 중요도에 따라 내진설계수준을 분류한 범주로서 ‘내진특등급’, ‘내진 I 등급’, ‘내진 II 등급’의 3가지 등급으로 구분한다.
- (6) 내진성능수준 : 설계지진에 대해 시설물에 요구되는 최소 성능수준으로 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’의 4가지로 분류한다.
- (7) 기능수행 수준 : 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능수준을 말한다.
- (8) 붕괴방지 수준 : 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.
- (9) 기반암 : 전단파속도가 760m/s 이상인 지층을 말한다.
- (10) 설계지반운동 : 내진설계를 위해 정의된 지반운동으로서 댐이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 지반운동을 말한다.
- (11) 액상화 : 포화된 사질토 등에서 지진동, 발파하중 등과 같은 충격하중에 의하여, 지반 내에 과잉간극수압이 발생하여, 지반의 전단강도가 상실되어 액체처럼 거동하는 현상을 말한다.
- (12) 위험도 계수 : 평균 재현주기별 지진구역계수의 비를 말한다.
- (13) 유효지반가속도 : 지진하중을 산정하기 위하여 국가지진위험지도나 행정구역을 기준으로 제시된 지반운동 수준을 말한다.
- (14) 응답스펙트럼 : 지반운동에 대한 단자유도 시스템의 최대응답을 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼을 말한다.
- (15) 응답(시간)이력해석 : 지진의 지속시간 동안 각 시간단계에서의 구조물의 동적응답을 구하는 방법을 말한다.
- (16) 재현주기 : 지진과 같은 자연재해가 특정한 크기 이상으로 발생할 주기를 확률적으로 계산한 값으로, 일 년 동안에 특정한 크기 이상의 자연재해가 발생할 확률의 역수를 말한다.
- (17) 지반증폭계수 : 기반암의 스펙트럼 가속도(속도)에 대한 지표면의 스펙트럼 가속도(속도)의 증폭비율을 말한다.
- (18) 지진구역(Seismic Zone) : 유사한 지진위험도를 갖는 행정구역 구분으로서 지진구역 I, II로 구분
- (19) 지진구역계수 : 지진구역 I과 II의 암반지반(S_i) 상에서 평균재현주기 500년 지진의 지반운동 가속도를 중력가속도 단위로 표현한 값을 말한다.
- (20) 지진위험도 (Seismic Hazard) (=지진재해도) : 내진설계의 기초가 되는 지진구역을 설정하기 위하여 과거의 지진기록과 지질 및 지반특성 등을 종합적으로 분석하여 산정한 지진재해의 발생확률을 말한다.
- (21) 설계거동 한계 : 내진성능 수준에 부합되는 구조물의 구성요소에 허용되는 거동(단면력, 응력, 변위, 변형률, 침하량 등)의 한계량을 말한다.

- (22) 관망의 블록화(블록시스템 구축): 상수도관망에 대하여 안정적 체계 및 균등급수 체계를 구축하여 합리적이고 경제적인 시설관리가 용이하도록 관망을 블록단위로 분할하는 것을 말한다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 내진설계 일반

4.1 내진설계의 기본방침

- (1) 이 기준은 상수도시설의 내진성능을 확보하기 위한 최소 요건을 규정한 것이므로, 이 기준을 적용하지 않는 경우 이 기준과 동등이상의 내진성능을 확보하여야 하며 그 근거를 명시하여야 한다.
- (2) 지진 발생 시 시설물의 내진성능 수준은 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’의 4가지로 분류되나, 이 기준에서는 ‘기능수행’ 수준과 ‘붕괴방지’ 수준에 대해서만 고려한다. 다만, 이 기준에서 제시된 방법으로 내진설계를 하는 경우에는 기능수행수준과 붕괴방지구준을 모두 만족하는 것으로 한다.
- (3) 상수도를 구성하는 개별 시설의 중요도, 지진에 의한 시설의 손상으로 초래 될 수 있는 영향 범위를 고려하여 내진등급을 분류한다.
- (4) 상수도시설의 중요도와 성능목표를 고려하여 설계지진의 수준을 정하여야 하며, 설계지반운동은 지반운동의 불확실성과 부지고유특성이 잘 반영될 수 있어야 한다.
- (5) 지진에 의한 영향을 관련 설계기준에 근거하여 설계에 반영하여야 한다.
- (6) 지진 발생 시 토압은 지상구조물, 송·배수관로, 압거, 공동구 등의 횡단면 설계와 안정계산, 배수탑, 저수탑 및 옹벽 등 부속구조물의 안정계산에 적용한다.
- (7) 물과 접하는 구조물은 지진 발생 시 동수압과 수면동요의 영향을 필요에 따라 고려하여야 한다.

4.2 상수도시설의 내진등급

- (1) 상수도시설의 내진등급은 내진 I등급과 내진 II등급으로 분류한다.

내진등급	상수도시설	비 고
내진 I 등급	대체시설이 없는 송·배수 간선시설, 중요시설과 연결된 급수공급관로, 복구난이도가 높은 환경에 놓이는 시설, 지진재해 시 긴급대처 거점시설, 중대한 2차 재해를 유발시킬 가능성이 있는 시설 등	
내진 II 등급	내진 I 등급 이외의 시설	

4.3 내진성능목표 및 설계거동 한계

(1) 상수도시설의 내진성능 목표에 따른 설계지진강도는 기능수행과 붕괴방지수준으로 한다.

표 4.3-1 지반운동 수준

성능목표	I 등급	II 등급
기능수행	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지	평균재현주기 1,000년	평균재현주기 500년

(2) 지진 발생 시 과도한 소성변형, 지반의 액상화, 지반 및 기초의 파괴 등에도 불구하고 급수기능 유지가 가능하여야 하고 쉽게 복구가 가능하여야 한다.

4.4 설계지반운동 수준 및 표현 방법

(1) 설계지반운동은 지상구조물에 대하여는 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 자유장운동으로 정의하고, 지중구조물에 대하여 기반암의 자유장운동으로부터 산정된 대상 구조물 위치에서의 지반운동으로 정의한다.

(2) 설계지반운동수준은 지진구역계수, 위험도계수, 지반분류에 의한 지반증폭계수로부터 결정하고 이때 적용되는 지반분류체계를 다음과 같다.

표 4.4-1 지반분류체계

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 ¹⁾ 깊이, H (m)	토층 평균 전단파속도, $V_{S,Soil}$ (m/s)
S ₁	암반 지반	1 미만	-
S ₂	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S ₃	얕고 연약한 지반		260 미만
S ₄	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S ₅	깊고 연약한 지반		180 미만
S ₆	부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반		

※ 기반암 깊이와 무관하게 토층 평균 전단파속도가 120 m/s 이하인 지반은 S₅ 지반으로 분류

주 1) 전단파속도 760 m/s 이상을 나타내는 지층

(3) 설계지반운동의 특성은 표준설계응답스펙트럼으로 표현한다.

① 설계지반운동의 특성은 <그림 4.4-1>, <그림 4.4-2>, <그림 4.4-3>과 같이 표준설계응답스펙트

럼으로 표현하며, 지상구조물은 가속도응답스펙트럼(<그림 4.4-1>과 <그림 4.4-3>)을, 지중구조물은 속도응답스펙트럼(<그림 4.4-2>)을 적용한다.

② 암반지반(S_1 지반) 설계지반운동의 표준설계응답스펙트럼

가. 암반지반인 S_1 의 5% 감쇠비에 대한 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 속도 표준설계응답스펙트럼은 각각 <그림 4.4-1> 및 <표 4.4-2>과 <그림 4.4-2> 및 <표 4.4-2>으로 정의한다.

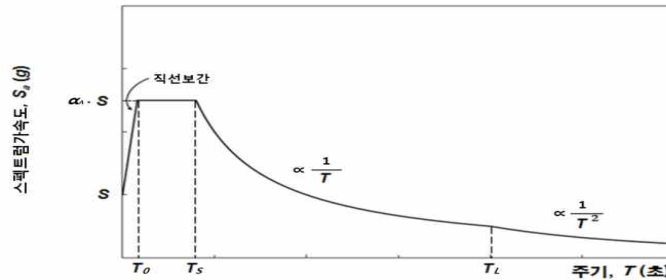


그림 4.4-1 암반지반 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

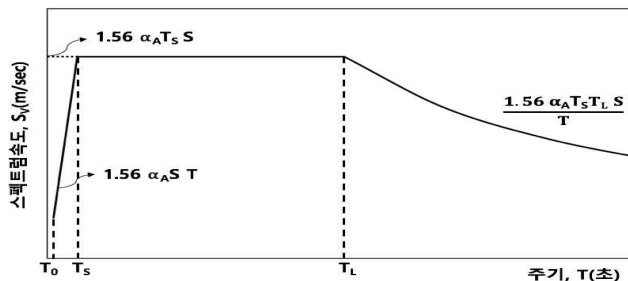


그림 4.4-2 암반지반(기반암) 평설계지반운동의 속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

표 4.4-2 수평설계지반운동의 표준설계응답스펙트럼 전이주기

구분	α_A (단주기스펙트럼증폭계수)	전이주기(sec)		
		T_0	T_S	T_L
수평	2.8	0.06	0.3	3

나. 5% 감쇠비에 수직설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 가.에 있는 수평설계지반운동의 가속도 표준설계스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에 대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 0.77이다.

다. 수평 및 수직 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 수평 속도 표준설계응답스펙트럼의 감쇠비(ζ , %단위)에 따른 스펙트럼 형상은 <표 4.4-3>에 제시한 감쇠보정계수 C_D 를 표준설계응답스펙트럼에 곱해서 구할 수 있다. 단, 감쇠비가 0.5%보다 작은 경우에는 적용하지 않으며 해당 구조물의 경우 시간이력해석을 권장한다.

표 4.4-3 감쇠보정계수(C_D)

주기 (T, sec)	T=0	$0 \leq T \leq T_0$	$T_0 \leq T$
C_D	모든 감쇠비에 대해서 1.0	T=0일 때, 1.0 T= T_0 일 때, $C_D = \left(\frac{6.42}{1.42 + \zeta}\right)^{0.48}$ 그 사이는 직선보간	$C_D = \left(\frac{6.42}{1.42 + \zeta}\right)^{0.48}$

③ 토사지반($S_2 \sim S_3$ 지반) 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼

가. 토사지반인 S_2, S_3, S_4, S_5 지반의 5% 감쇠비에 대한 수평설계지반운동의 가속도 표준설계 응답스펙트럼은 기반암의 스펙트럼 가속도와 지표면의 스펙트럼 가속도의 증폭비율을 의미하는 '지반증폭계수(F_a, F_v)'로부터 <그림 4.4-3>과 같이 구할 수 있다.

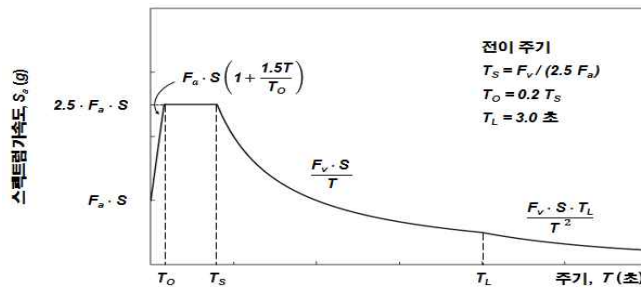


그림 4.4-3 토사지반 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

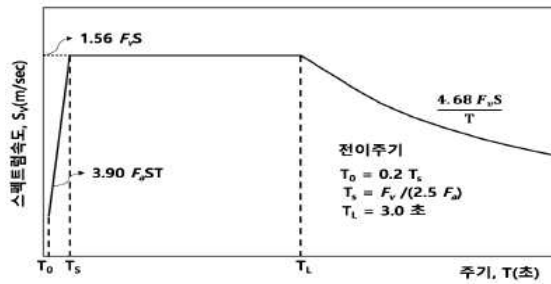


그림 4.4-4 토사지반 수평설계지반운동의 속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

나. 유효수평지반가속도(S)에 따라 단주기 지반증폭계수(F_a)와 장주기 지반증폭계수(F_v)는 <표 4.4-4>을 이용하여 결정한다. 유효수평지반가속도(S)의 값이 중간 값에 해당할 경우 직선보간하여 결정한다.

다. 감쇠비에 따른 스펙트럼 형상은 해당 토사지반에 적합한 가속도 시간이력을 이용하여 공

학적으로 적절한 분석과정을 통해 결정할 수 있다.

표 4.4-4 지반증폭계수(F_a 및 F_v)

지반분류	단주기 지반증폭계수, F_a		장주기 지반증폭계수, F_v	
	S≤0.1	S=0.2	S≤0.1	S=0.2
S_2	1.4	1.4	1.5	1.4
S_3	1.7	1.5	1.7	1.6
S_4	1.6	1.4	2.2	2.0
S_5	1.8	1.3	3.0	2.7

라. 5% 감쇠비에 대한 $S_2 \sim S_5$ 지반의 수직설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 가.에 있는 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에 대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 공학적 판단으로 결정할 수 있다.

④ 설계지반운동 이력

- 가. 지반가속도, 속도, 변위 중 하나 이상의 시간이력으로 지반운동을 표현할 수 있다.
- 나. 3차원 해석이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도 성분으로 구성하여야 한다.
- 다. 부지에서 계측된 시간이력이 사용되는 것이 원칙이나, 필요시에는 대상 부지에서 예상되는 시간이력과 유사한 다른 지역에서 계측된 지반운동 시간이력 또는 ⑤항에서 기술하는 인공합성 지반운동 시간이력을 사용할 수 있다.

⑤ 인공합성 지반운동 시간이력

- 가. 실제 기록된 지진 지반운동을 표준설계응답스펙트럼에 부합되도록 수정하거나 표준설계 응답스펙트럼에 부합되도록 인공적으로 합성하여 생성한다.
- 나. 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다.
- 다. 인공합성 지반운동의 지속시간은 지진의 규모와 특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여야 한다.

5. 지반조사

- (1) 상수도시설의 내진설계를 위해서는 통상적인 지반조사뿐만 아니라 지반의 동역학적 특성 파악을 위한 지반조사가 필요하다.
- (2) 상수도시설의 내진설계 시, 지반조사는 KDS 17 10 00 내진설계일반에 따라 검토하여야 한다.

6. 지진해석 및 내진설계 방법

6.1 입지조건

상수도시설은 내진성능을 확보한 위치에 입지하여야 한다.

6.2 하중

내진설계에서는 상시상태에서 고려하는 하중 외에 지진으로 인한 추가 하중도 고려하여야 한다.

6.3 기본적인 지진해석 및 설계 방법

상수도시설의 지진해석 및 내진설계는 <표 1.2-1 주요 대상시설>에 해당되는 시설 및 설비에 대해 시행하되, 시설별로 관련 내진설계기준과 연구결과를 반영하여 합리적인 지진해석 및 설계방법을 적용하여야 한다.

6.4 급수기능 확보를 위한 내진설계

상수도시설에 대한 내진설계는 급수기능 확보를 원칙으로 한다.

- (1) 상수도시설의 주요 대상시설은 내진성능이 우수한 재료와 제품을 사용하여 건설 및 설치하여야 한다.
- (2) 지진 발생 시 피해 위험이 높은 관로와 구조물의 접속부, 관로의 이음부는 내진성능이 확보될 수 있도록 한다.
- (3) 중요시설의 다중화, 계통간 상호연결, 관망의 블록화, 긴급차단밸브의 설치 등으로 지진 재해 시 단수 시간과 범위를 최소화 하여야 한다.

7. 품질보증에 대한 기본적인 사항

7.1 일반사항

- (1) 상수도시설의 내진성을 확보하기 위한 품질보증은 각 시설의 내진성능수준 확보에 필요한 품질보증요건을 문서화하고, 설계, 시공 및 운영 각 단계별로 계획적으로 확인 할 수 있어야 한다.
- (2) 품질보증활동과 관련된 수행과정 및 결과는 기록하여 보존하여야 한다.

7.2 설계품질관리

타당성 조사, 기본설계, 실시설계의 각 단계별로 내진설계를 검토하여야 한다.

7.3 시공품질관리

- (1) 공사도급자에 의해 직접 고용된 자가 아닌 제3자가 품질보증계획에 의한 검사 및 시험을 수행하여야 한다.
- (2) 품질보증계획에는 검사 및 시험계획, 품질시험 및 검사요원의 기준, 시험실 및 시험 검사 장비에 대한 기준, 검사와 시험결과로 부적합 판정이 난 경우의 후속 조치사항 등이 포함하여야 한다.

7.4 유지관리

- (1) 상수도시설의 유지관리는 시설의 내진성능이 저하되지 않도록 유지관리계획에 따라 실시하여야 한다.
- (2) 시설운영기간 중의 내진성능 확보를 보증할 수 있도록 구조물을 구성하는 하중전달 경로상의 부재나 충분한 연성도가 확보되어야 하는 구조요소에 대한 내진성능 평가 요건이 포함된 유지관리계획을 수립하여야 한다.

7.5 지진기록 계측에 관한 요구사항

- (1) 상수도시설의 유지관리와 내진설계 기술 개발 및 개선을 위한 자료수집이 필요하다고 판단되면 관할기관은 사업자로 하여금 지진응답 계측을 위한 기기를 설치하고 유지하도록 요구할 수 있다.
- (2) 상수도시설의 지진응답을 계측하기 위한 계측기기의 설치위치, 종류 및 개수는 이 기준의 목적을 달성할 수 있도록 결정되어야 한다.