

KDS 61 15 00 : 2019

하수도내진설계

2019년 4월 10일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



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.

KDS 61 15 00 하수도 내진설계

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 하수도시설의 내진성능 확보에 필요한 최소 설계요건을 규정한 것으로서, 지진 발생시 하수도시설 내진 능력을 최대한 확보하여 하수도 제 기능을 유지함으로써 환경오염 및 수인성 전염병 발생 등 2차 재해를 최소화하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 이 기준은 하수도법 제12조 ①항 제1호, 지진화산재해대책법에 따라서 하수도설계기준에 의해 신설 및 개량되는 하수도시설의 내진설계에 적용한다.
- (2) 이 기준을 적용할 수 없는 경우(관리동, 운영실 및 사무실 등)나 특수한 형식의 하수도시설인 경우에는 이 기준의 내진설계 개념 및 원칙을 준수하면서 적절한 보완을 거쳐 적용할 수 있다.
- (3) 이 설계기준에 규정되어 있지 않은 사항은 내진 관련 시설물에 대한 설계기준과 객관적으로 입증된 설계법을 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 하수도법 제12조 ①항 제1호

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

1.4 용어의 정의

- (1) 하수도 : 하수와 분뇨를 유출 또는 처리하기 위하여 설치되는 하수관로·공공하수처리시설·간이공공하수처리시설·하수저류시설·분뇨처리시설·배수설비·개인하수처리시설 그 밖의 공작물·시설의 총체를 말한다.
- (2) 공공하수처리시설 : 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설을 말한다.
- (3) 내진성능목표 : 국가가 지진에 대비해서 국가적 기능을 유지하기 위하여 설정한 목표를 말한다.
- (4) 내진설계 : 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업을 말한다.
- (5) 내진율 : 내진대상 전체시설물 중 내진설계 반영, 내진설계 미반영이더라도 내진성능평가 결과 만족, 내진성능평가 결과 불만족이라도 내진보강이 이루어진 시설의 총합의 백분율을 말한다.

- (6) 내진등급 : 시설물의 중요도에 따라 내진설계수준을 분류한 범주로서 ‘내진특등급’, ‘내진 I 등급’, ‘내진 II 등급’의 3가지 등급으로 구분한다.
- (7) 내진성능수준 : 설계지진에 대해 시설물에 요구되는 최소 성능수준으로 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’의 4가지로 분류한다.
- (8) 기능수행 수준 : 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능수준을 말한다
- (9) 붕괴방지 수준 : 설계지진하중 작용시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.
- (10) 기반암 : 전단파속도가 760m/s 이상인 지층을 말한다.
- (11) 설계지반운동 : 내진설계를 위해 정의된 지반운동으로서 댐이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 지반운동을 말한다.
- (12) 액상화 : 포화된 사질토 등에서 지진동, 발파하중 등과 같은 충격하중에 의하여, 지반 내에 과잉간극수압이 발생하여, 지반의 전단강도가 상실되어 액체처럼 거동하는 현상을 말한다.
- (13) 위험도 계수 : 평균 재현주기별 지진구역계수의 비
- (14) 유효지반가속도 : 지진하중을 산정하기 위하여 국가지진위험지도나 행정구역을 기준으로 제시된 지반운동 수준을 말한다.
- (15) 응답스펙트럼 : 지반운동에 대한 단자유도 시스템의 최대응답을 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼을 말한다.
- (16) 응답(시간)이력해석 : 지진의 지속시간 동안 각 시간단계에서의 구조물의 동적응답을 구하는 방법을 말한다.
- (17) 재현주기 : 지진과 같은 자연재해가 특정한 크기 이상으로 발생할 주기를 확률적으로 계산한 값으로, 일 년 동안에 특정한 크기 이상의 자연재해가 발생할 확률의 역수를 말한다.
- (18) 지반증폭계수 : 기반암의 스펙트럼 가속도(속도)에 대한 지표면의 스펙트럼 가속도(속도)의 증폭비율을 말한다.
- (19) 지진구역(Seismic Zone) : 유사한 지진위험도를 갖는 행정구역 구분으로서 지진구역 I, II로 구분한다.
- (20) 지진구역계수 : 지진구역 I과 II의 암반지반(S_1) 상에서 평균재현주기 500년 지진의 지반운동 가속도를 중력가속도 단위로 표현한 값을 말한다.
- (21) 지진위험도 (Seismic Hazard) (=지진재해도) : 내진설계의 기초가 되는 지진구역을 설정하기 위하여 과거의 지진기록과 지질 및 지반특성 등을 종합적으로 분석하여 산정한 지진재해의 발생확률이다.

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 하수도시설의 내진성능을 확보하기 위한 최소요건을 규정한 것이므로, 이 기준을 적용하지 않는 경우 이 기준과 동등이상의 내진성능을 확보하여야 하며 그 근거를 명시 하여야 한다.
- (2) 지진 발생 시 시설물의 내진성능수준은 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’의 4가지로 분류할 수 있으며, 이 기준에 의한 하수도시설은 ‘기능수행’ 및 ‘붕괴방지’ 수준에 대해서 고려한다. 다만, 이 기준에서 제시된 방법으로 내진설계를 하는 경우에는 기능수행 수준과 붕괴방지수준을 모두 만족하는 것으로 한다.
- (3) 하수도를 구성하는 개개 시설의 중요도, 지진에 의한 시설의 손상으로 초래될 수 있는 영향 범위를 고려하여 내진등급을 분류한다.
- (4) 지진에 의한 영향을 관련 설계기준에 근거하여 설계에 반영하여야 한다.
- (5) 하수도시설은 내진성능이 우수한 재료와 제품을 사용하여 건설 및 설치하여야 한다.
- (6) 지진 발생 시 피해 위험이 높은 관로와 구조물의 접속부, 관로의 이음부는 내진성능이 확보될 수 있도록 한다.

4.2 내진등급 및 등급별 내진성능 목표

- (1) 하수도시설의 내진설계는 원칙적으로 내진 II 등급의 성능을 갖도록 한다. 다만 하수도시설의 방류수역내에 상수원보호구역, 수변구역 또는 특별대책지역이 있는 경우 등 지진재해 시 중대한 2차 피해가 예상되는 중요도가 높은 시설은 내진 I 등급을 적용한다.

내진등급	하수도시설
내진 I 등급	방류수역 내에 상수도보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등이 있는 경우, 군사시설 등 주요시설과 연결된 하수도시설
내진 II 등급	내진 I 등급 이외의 시설

- (2) 등급별 내진성능 목표에 따른 설계지진강도는 기능수행과 붕괴방지수준으로 한다.

표 4.2-1 지반운동 수준

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

4.3 설계지반운동 수준 및 표현방법

- (1) 설계지반운동은 지상구조물의 경우, 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 자유장운동으로 정의하고, 지중구조물의 경우는 기반암에서의 자유장운동으로부터 산정된 대상 구조물 위치에서의 지반운동으로 정의된다.
- (2) 설계지반운동수준은 지진구역계수, 위험도계수, 지반분류에 의한 지반증폭계수로부터 결정하고 이때 적용되는 지반분류체계를 다음과 같다.

표 4.3-1 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 4.3-1>, <그림 4.3-2>, <그림 4.3-3>과 같이 표준설계응답스펙트럼으로 표현하며, 지상구조물은 가속도응답스펙트럼(<그림 4.3-1>과 <그림 4.3-3>)을, 지중구조물은 속도응답스펙트럼(<그림 4.3-2>)을 적용한다.
 - ② 암반지반(S₁ 지반) 설계지반운동의 표준설계응답스펙트럼

가. 암반지반인 S₁의 5% 감쇠비에 대한 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 속도 표준설계응답스펙트럼은 각각 <그림 4.3-1> 및 <표 4.3-2>과 <그림 4.3-2> 및 <표 4.3-2>으로 정의한다.

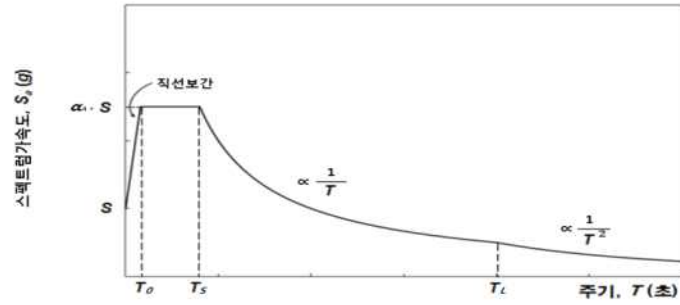


그림 4.3-1 암반지반 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

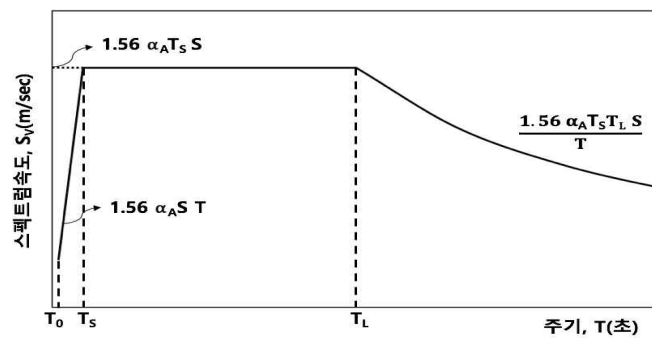


그림 4.3-2 암반지반(기반암) 수평설계지반운동의 속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

표 4.3-2 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 4.3-3>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 4.3-3 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($S_2 \sim S_5$ 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 4.3-3>과 같이 구할 수 있다.

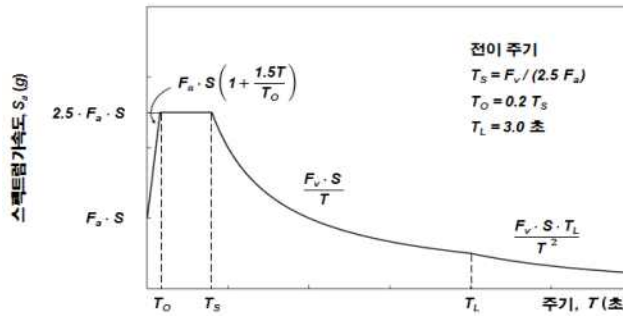


그림 4.3-3 토사지반 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

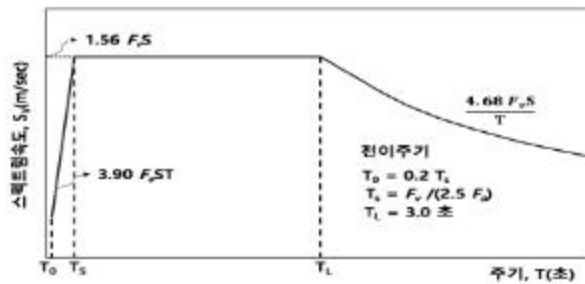


그림 4.3-4 토사지반 수평설계지반운동의 속도 표준설계응답스펙트럼(5% 감쇠비)

나. 유효수평지반가속도(S)에 따라 단주기 지반증폭계수(F_a)와 장주기 지반증폭계수(F_v)는 <표 4.3-4>을 이용하여 결정한다. 유효수평지반가속도(S)의 값이 중간 값에 해당할 경우 직선보간하여 결정한다.

다. 감쇠비에 따른 스펙트럼 형상은 해당 토사지반에 적합한 가속도 시간이력을 이용하여 공학적으로 적절한 분석과정을 통해 결정할 수 있다.

표 4.3-4 지반증폭계수(F_a 및 F_v)

지반분류	단주기 지반증폭계수, F_a		장주기 지반증폭계수, F_v	
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$
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 수직설계지반운가속도 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) 하수도시설의 내진설계를 위해서는 통상적인 지반조사뿐만 아니라 지반의 동역학적 특성 파악을 위한 지반조사가 필요하다.
- (2) 하수도시설의 내진설계 시, 지반조사는 KDS 17 10 00 내진설계일반에 따라 검토하여야 한다.

6. 지진해석 및 내진설계 방법

6.1 입지조건

하수도시설은 내진성능을 확보한 위치에 입지하여야 한다.

6.2 하중

내진설계에서는 상시상태에서 고려되는 하중 외에 지진으로 인한 추가하중도 고려하여야 한다.

6.3 기본적인 지진해석 및 설계 방법

하수도시설의 지진해석 및 내진설계는 1.2 적용범위에 해당되는 시설 및 설비에 대해 실시하되, 시설별로 관련 내진설계기준과 연구결과를 반영하여 합리적인 지진해석 및 설계방법을 적용하여야 한다.

7. 품질보증에 대한 기본적인 사항

7.1 일반사항

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

7.2 설계품질관리

타당성 조사, 기본설계, 실시설계의 각 단계별로 내진설계에 대하여 검토하여야 한다.

7.3 시공품질관리

- (1) 공사도급자에 의해 직접 고용된 자가 아닌 제3자가 품질보증계획에 의한 검사 및 시험을 수행해야 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) 하수도시설의 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) 하수도 구조물과 관로의 유지관리와 내진설계 기술 개발 및 개선을 위한 자료수집이 필요하다고 판단되면 관할기관은 사업자로 하여금 지진응답 계측을 위한 기기를 설치하고 유지하도록 요구할 수 있다.
- (2) 하수도 구조물과 관로의 지진응답을 계측하기 위한 계측기기의 설치위치, 종류 및 개수는 이 기준의 목적을 달성할 수 있도록 결정되어야 한다.