KDS 29 17 00 : 2021

공동구 내진 설계

2021년 5월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

• 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복· 상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

• 이 기준은 기존의 공동구설계기준 일반사항에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제 · 개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
공동구설계기준	• 공동구설계기준 제정	제정 (2010.2)
KDS 11 44 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 44 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 11 44 00 : 2018	• 행정안전부 '내진설계기준 공통적용사항' 반영과 내진설계 일반(KDS 17 10 00) 제정에 따른 중복사항의 인용처리 및 지진해석법의 절차와 방법의 기술을 명확히 함	개정 (2018.12)
KDS 29 17 00 : 2021	• 공동구 시설물에 대한 비개착공법 도입 및 대분류 체계(KDS 11 44 00 → KDS 29 17 00) 전환에 따른 신설·개정함	개정 (2021.5)

제 정 : 2016년 6월 30일
개 정 : 2021년 5월 12일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도시활력지원과
관련단체 : 국토안전관리원
작성기관 : 국토안전관리원

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 2
2.1 지반조사 ····· 2
3. 재료 ····· 2
4. 설계 ····· 2
4.1 일반사항 ····· 2
4.2 설계지반운동 ····· 3
4.3 입지조건 ····· 5
4.4 액상화 ····· 5
4.5 지진해석 및 내진설계 ····· 5
4.6 구조 설계 및 구조상세 ····· 10

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 공동구의 안전성 확보를 위하여 요구되는 내진설계기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 공동구, 수용시설, 부대설비의 내진설계에 적용한다.

(2) 이 기준에 규정되어 있지 않은 사항에 대해서는 관련 법 또는 KDS 17 10 00 등 다른 기준에서 정한 바에 따른다.

(3) 이 기준에서 규정된 사항과 관련 법 또는 다른 기준에서 정한 사항이 서로 다른 경우에는 관련 법과 상위 기준을 우선하여 적용한다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 10 지반조사
- KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계 원칙
- KDS 14 20 80 콘크리트 내진설계기준
- KDS 17 10 00 내진설계 일반
- KDS 27 10 05 터널설계 개요
- KDS 27 17 00 터널 내진설계
- KDS 29 10 00 공동구 설계 일반
- KDS 29 14 00 공동구 구조물설계

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준에서 정의하는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- 기반면 : 기반암의 정의에 따른 전단파속도 760m/s 이상인 지층의 상면
- 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼 : 기반암 운동에 대한 표층지반의 응답을 표층지반의 고유주기에 따라 기반면에서 설정한 속도응답스펙트럼
- 표층지반 : 지표면으로부터 기반면 사이의 지반

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 지반조사

(1) 공동구의 내진설계를 위한 지반조사는 통상적인 지반조사 뿐만 아니라 지반의 동역학적인 특성을 파악하기 위한 지반조사가 필요하다.

(2) 지반의 동역학적인 특성을 파악하기 위한 지반조사는 KDS 17 10 00(2.1) 및 KDS 11 10 10을 따른다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 일반사항

(1) 기본 개념 및 내진성능수준

① 지진 시나 지진이 발생된 후에도 구조물이 안전성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있도록 설계 시에 지진하중을 추가로 고려하여 설계를 수행한다.

② 공동구 구조물 내진설계는 성능에 기초한 내진설계 개념을 도입하였으며, 내진성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준을 만족하도록 설계하여야 한다.

③ 기능수행수준은 설계지진하중 작용 시 전기·통신·가스·수도 등 수용시설물의 기능을 유지하는 한도에서 표 4.1-1의 부분적인 피해를 허용하는 성능수준이다.

④ 붕괴방지수준은 설계지진하중 작용 시 구조물의 전부 또는 일부가 붕괴되지 않는 성능수준이며, 가능하면 지진에 의한 피해의 예측이 가능하고 피해조사와 보수를 위해 현장접근이 가능하도록 설계하여야 한다.

(2) 내진등급 및 내진성능목표

① 내진등급은 KDS 17 10 00(4.1.1)을 따른다.

② 공동구 구조물은 내진 I 등급의 내진성능을 갖도록 한다. 단, 수용하는 시설물의 중요도 등을 고려하여 내진등급을 상향할 수 있다.

③ 내진성능수준별 설계지진수준은 KDS 17 10 00(4.1.3, 4.1.4)을 따른다.

(3) 설계거동한계

① 공동구가 보유하는 내진성능은 피해를 입은 지역의 사회적, 경제적 영향 등을 종합적으로 감안하여 결정되어지며, 성능수준에 따른 공동구의 설계거동한계는 표 4.1-1과 같다.

표 4.1-1 설계거동한계

피해구분	피해세부사항	
	기능수행수준	붕괴방지수준
허용되는 피해	• 시설물의 미세한 균열 • 미세한 지반침하 • 구조물의 미세한 변형	• 시설물의 미세한 균열 • 미세한 지반침하 • 구조물의 미세한 변형 • 전체 구조물의 안전에 관계없는 2차부재의 파괴
허용되지 않는 피해	• 허용변위를 초과하는 변위 • 편토압에 의한 시설물의 절대위치 변화	• 구조물 내부의 수용시설에 대한 피해 • 과잉간극수압에 의한 액상화 • 지반침하에 의한 주변 시설물의 붕괴나 과도한 침하

4.2 설계지반운동

(1) 설계지반운동의 정의와 고려사항

① 지중구조물인 공동구의 설계지반운동은 기반면에서의 지반운동으로 정의한다.

② 설계지반운동의 고려사항은 KDS 17 10 00(4.2.1.3)을 따른다.

(2) 지진구역 및 지진위험도

① KDS 17 10 00(4.2.1.1)을 따른다.

(3) 지반의 분류

① KDS 17 10 00(4.2.1.2)을 따른다.

(4) 기반면의 설정

① 4.2(3)의 기반암의 정의에 따라 전단파속도 760 m/s 이상인 지층의 상면을 기반면으로 설정한다.

② 기반암이 구조물 저면보다 높은 경우, 구조물 저면을 기반면으로 설정한다.

(5) 설계지반운동의 특성 표현

① 설계지반운동의 세기 및 진동수성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다.

② 암반지반(S_1지반) 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 KDS 17 10 00(4.2.1.4(2))을 따른다. 이때 유효수평지반가속도(S)는 KDS 17 10 00(4.2.1.4(4), (5))에 따라 결정한다.

③ 설계지반운동 시간이력은 KDS 17 10 00(4.2.1.4(8), (9), (10))에 따라 결정한다. 단, 설계지반운동 시간이력은 암반지반(S_1지반)에 대해 작성된 시간이력을 사용한다.

④ 지반운동의 공간적 변화 특성 고려방법은 KDS 17 10 00(4.2.1.4(11))을 따른다.

(6) 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼

① 지진해석 방법으로 응답변위법을 사용하는 경우, 지반응답해석을 수행하지 않고 지반변위 및 주면전단력을 산정하기 위하여 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 사용한다.

② 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼은 기반암 운동에 대한 표층지반(지표면으로부터 기반면 사이의 지반)의 응답을 표층지반의 고유주기에 따라 기반면에서 설정한 속도응답스펙트럼이다.

③ 내진성능수준별 감쇠비(ξ, %단위)는 아래와 같이 적용하며, 별도의 합리적인 해석

에 의하여 감쇠비를 산정하는 경우 이를 적용할 수 있다.

가. 기능수행수준에 대한 감쇠비는 10%를 적용한다.

나. 붕괴방지수준에 대한 감쇠비는 20%를 적용한다.

④ 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼은 ③에 따라 결정된 감쇠비를 적용하고 4.2(5) ②에 따라 구한 암반지반 설계지반운동의 가속도 설계응답스펙트럼을 직접 적분하여 구할 수 있다. 이때, 환산식은 식 (4.2-1)을 이용한다.

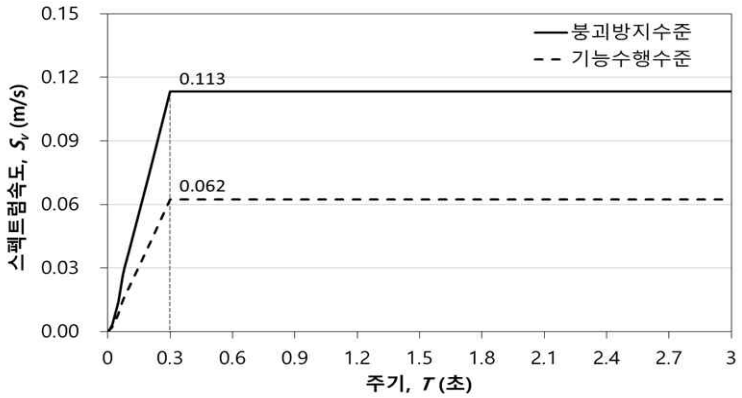
$$S_v = \frac{T}{2\pi} S_a \qquad (4.2\text{-}1)$$

여기서, S_v : 스펙트럼속도 (m/s)

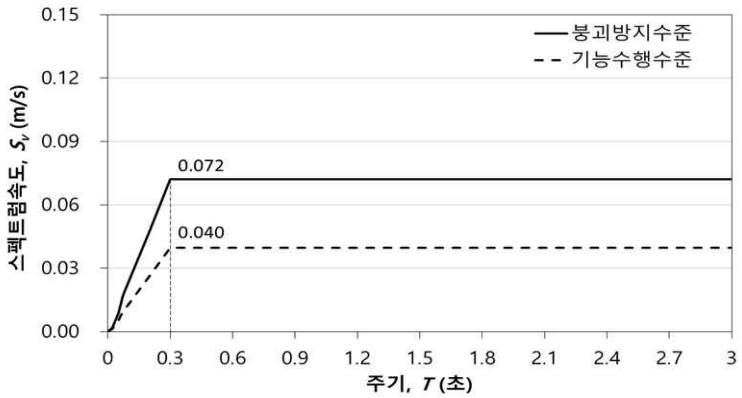
S_a : 스펙트럼가속도 (m/s^2)

T : 고유주기 (s)

⑤ 유효수평지반가속도(S)를 행정구역에 따라 결정하는 경우 ③ 및 ④ 에 따라 구한 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 도시하면 그림 4.2-1과 같다.



(a) 지진구역 I



(b) 지진구역 II

그림 4.2-1 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼

4.3 입지조건

(1) 입지조건

① 대규모 단층대 또는 활성단층지역에는 가능한 한 공동구 구조물 건설을 피하도록 계획하여야 한다. 단, 이를 피하기 어려울 경우에는 지진 발생에 따른 손상이 최소화 되도록 설계하여야 한다. 또한 기능 손상이 발생할 경우에 대비하여 보수·보강이 용이하도록 설계하여야 한다.

4.4 액상화

(1) 공동구 구조물은 지진 시 주변지반의 액상화에 의한 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토하여야 한다.

(2) 액상화 발생 가능성에 대한 평가는 KDS 17 10 00(4.7)을 따른다.

(3) 주변지반의 액상화 발생 가능성이 있는 경우, 공동구 구조물의 부상에 대한 안전성을 검토한다.

(4) (3)에 따라 검토한 결과, 공동구 구조물 종단방향의 일부 범위가 부상하는 경우에는 부상에 의한 종단방향의 구조 안전성을 검토한다.

(5) 공동구 구조물이 경사지반 등에 설치되어 액상화 지반의 측방유동에 대한 영향을 받는 경우 이에 대한 안전성을 검토한다.

(6) 액상화로 인해 공동구 구조물 기초지반의 성능수준이 만족되지 못할 경우 대책공법을 적용한다. 이때, 대책공법의 효과, 시공성, 주변환경에 대한 영향 및 경제성 등에 유의하여야 한다.

4.5 지진해석 및 내진설계

(1) 일반사항

① 공동구 구조물의 내진설계는 지진 시 지반 변위의 영향을 고려하여 구조물에 요구되는 내진성능을 만족하도록 하는 것이다.

② 공동구 구조물은 관성력의 영향을 크게 받는 지상의 일반 구조물과 달라서 관성력의 영향은 적고, 주변 지반의 변형에 따라 그 거동이 지배되기 때문에 내진설계에 있어서는 지진 시 지반 변위의 영향을 적절히 고려하여야 한다.

(2) 지진해석 방법

① 공동구 구조물의 지진해석은 지반 조건, 구조 조건 등을 고려하여 응답변위법 혹은 응답이력해석법을 사용하여 수행할 수 있다.

② 개착식 공동구인 경우 응답변위법을 공동구 구조물의 지진해석을 위한 표준해석법으로 사용하고, 응답이력해석법은 상세한 검토를 필요로 하는 경우나 구조 조건, 지반 조건이 복잡한 경우, 지반과 구조물의 상호작용을 고려하는 경우에 사용한다.

③ 비개착식 공동구의 지진해석 방법은 KDS 27 17 00(4.2)를 따른다.

④ 공동구 구조물의 지진해석은 2차원 횡단면해석을 원칙으로 하되 지반상태가 급격히

변화하는 구간 통과 등의 경우에는 종방향에 대한 내진구조해석을 추가로 수행하여야 한다.

(3) 응답수정계수

① 지진에 의한 대상구조물에 발생하는 변형이 탄성한도를 초과하여 소성거동을 하는 붕괴방지수준의 지진에서는 구조물이 비탄성 거동을 하게 되며 탄성거동을 하는 경우보다 부재력이 작아진다.

② 일반 구조물의 경우 이를 고려하기 위하여 부재 설계시 탄성해석으로 구한 탄성부재력을 표 4.5-1의 응답수정계수(R, 연성 계수)를 사용하여 보정하게 된다. 즉, 지진에 의한 탄성부재력을 응답수정계수로 나눈 값이 지진에 대한 설계부재력이 되며 이 설계부재력을 다른 하중에 의한 부재력과 조합하여 부재의 안전성을 검토하여야 한다. 설계부재력 중 전단력과 압축력에 대하여는 적용하지 않는다.

표 4.5-1 붕괴방지수준에서의 응답수정계수 (R)

구분	기둥	보	비고
철근콘크리트 부재	3	3	
강 부재 또는 합성부재	5	5	

③ 기능수행수준의 내진성능을 갖도록 설계하는 경우에는 탄성해석을 수행하게 되며, 응답수정계수(R)는 고려하지 않는다.

④ 붕괴방지수준의 내진성능을 갖도록 설계하는 경우에는 탄성해석과 탄소성해석을 필요에 따라 선택할 수 있다.

가. 탄성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 응답수정계수로 나눠줌으로써 탄성해석만으로 소성변형까지도 고려할 수 있다.

나. 탄소성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 그대로 사용하고 응답수정계수는 고려하지 않는다.

(4) 응답변위법

① 지진 시에 생기는 지반 변위에 의한 지진 하중과 지하 구조물과 주변지반 관계에서의 경계조건을 적절히 모델링하여 정적으로 계산하는 방법을 응답변위법이라 한다.

② 응답변위법에 의한 횡단방향의 지진해석 시 지진하중은 그림 4.5-1 및 그림 4.5-2에 나타낸 바와 같이 지반변위에 의한 하중, 주면전단력 및 관성력을 고려한다.

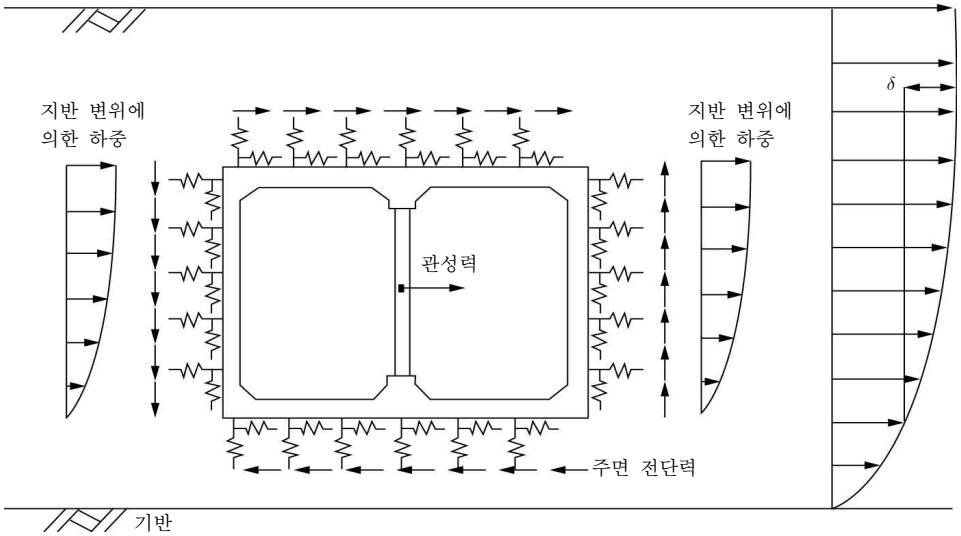


그림 4.5-1 응답변위법의 개념도(개착식)

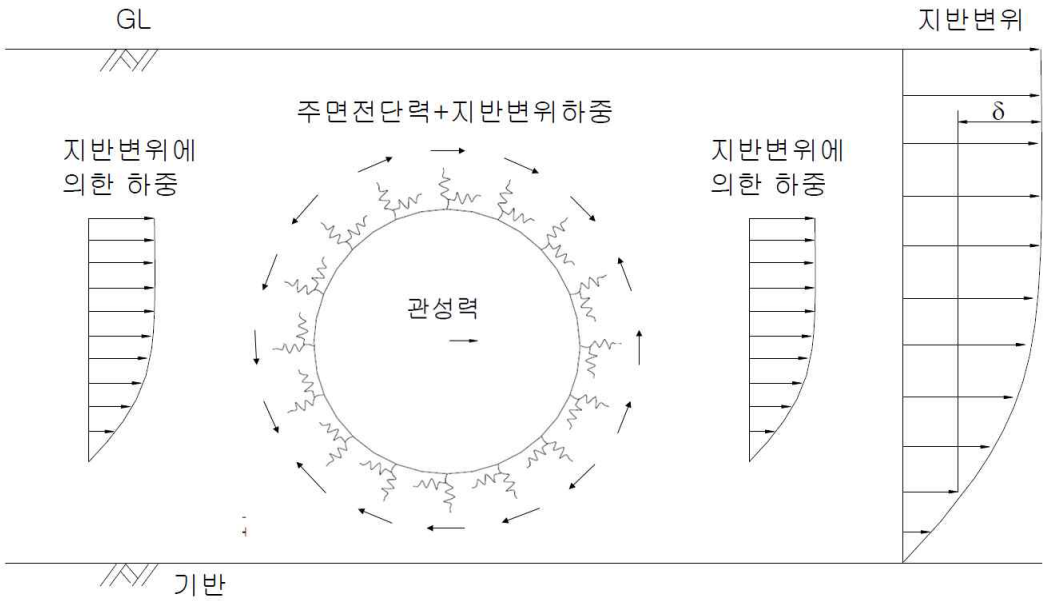


그림 4.5-2 응답변위법의 개념도(비개착식)

가. 지반반력계수 산정

(가) 공동구 구조물의 지진해석에 이용하는 지반반력계수는 공동구 구조물 측벽의 수평방향지반반력계수 및 전단지반반력계수, 공동구 구조물 바닥면의 연직방향지반반력계수 및 전단지반반력계수로 하고, 지진의 세기와 관련하여 내진성능수준별 적합한 특성치를 적용한다.

(나) 지반반력계수는 다음에 제시된 방법 등을 이용하여 산정할 수 있다.

㉮ 각종 조사, 시험 결과에 의해 얻어진 변형계수에 기초의 재하폭 등의 영향을 고려하여 정하는 방법

㉯ 전단파 속도를 이용하여 변형계수를 산정하고 기초의 재하폭의 영향을 고려하여 정하는 방법

㉰ 유한요소법에 의한 방법으로 산정하는 경우 지진 시 지반반력계수를 구하기 위하여 공동구와 지반의 2차원 유한요소 모델을 작성하고, 지반탄성의 방향에 단위하중 1을 구조물에 작용시켜 그 방향의 하중과 변위의 관계에서 지반반력계수 값을 산출한다. 이때 지하 구조물은 상판 및 저판의 강성을 고려하거나, 혹은 강체로 간주한다.

나. 구조물에 적용하는 지진하중

(가) 지진 하중은 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 이용하는 방법 또는 지반응답해석에 의한 방법을 적용하여 산정할 수 있다.

(나) 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 이용하는 방법

㉮ 지진 하중으로서 측벽토압, 주면전단력, 관성력을 그림 4.5-3 및 그림 4.5-4와 같이 작용시킨다. 각 하중은 다음과 같이 구한다.

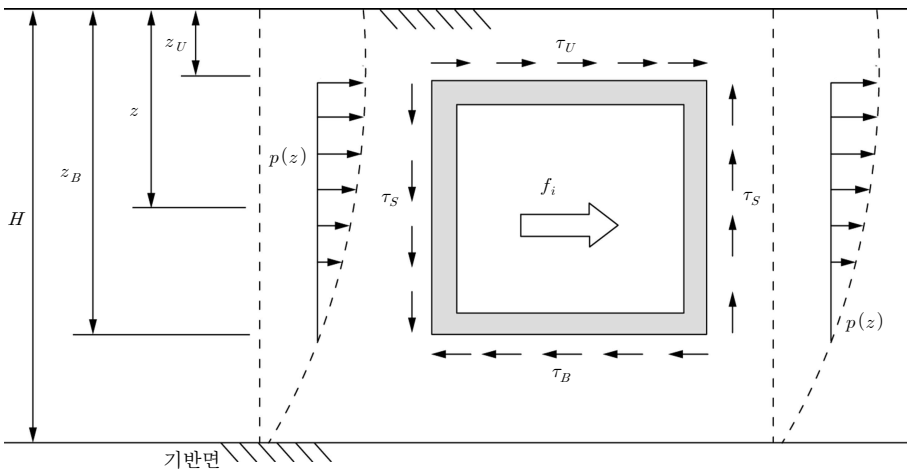


그림 4.5-3 지진하중 산정(개착식)

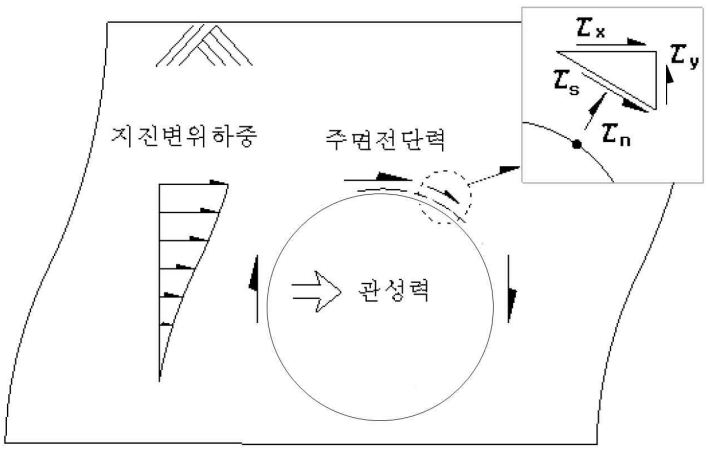


그림 4.5-4 지진하중 산정(비개착식)

$p(z)$: 지진 시 측벽토압 = $K_H \cdot \{u(z) - u(z_B)\}$

τ_U : 지진 시 상판에 작용하는 주면전단력 = $G_D/(\pi H) \cdot S_v \cdot T_S \cdot \sin(\pi z_U/2H)$

τ_B : 지진 시 저판에 작용하는 주면전단력 = $G_D/(\pi H) \cdot S_v \cdot T_S \cdot \sin(\pi z_B/2H)$

τ_S : 지진 시 측벽에 작용하는 주면전단력 = $(\tau_U + \tau_B)/2$

τ_n : 지진 시 터널 곡면에 작용하는 법선방향 주면전단력

τ_s : 지진 시 터널 곡면에 작용하는 접선방향 주면전단력

f_i : 관성력 = $m_i \cdot a_i = (w_i/g) \cdot a_i$

여기서, $u(z)$: 지진 시 깊이 z 에서의 수평방향지반변위 (m) = $2/\pi^2 \cdot S_v \cdot T_S \cdot \cos(\pi z/2H)$

z : 지표면으로부터의 깊이 (m)

z_U : 지표면으로부터 구조물 상판 상부까지의 깊이 (m)

z_B : 지표면으로부터 구조물 저판 아랫면까지의 깊이 (m)

K_H : 측벽에 대한 지반의 수평방향지반반력계수 (kN/m^3)

G_D : 지반의 동적전단탄성계수 (kN/m^2) (성능수준별 지반변형률 크기에 대하여 보정한 값)

g : 중력가속도 (m/s^2)

a_i : 해당깊이에 대해 보정한 수평방향가속도 (m/s^2) (기반면에서 S, 지표면에서 $F_a \cdot S$를 적용하여 깊이에 따라 직선보간한 값)

S : 유효수평지반가속도 (g)

F_a : 단주기 지반증폭계수 (KDS 17 10 00(표 4.2-8)로부터 구한 값)

S_v : 스펙트럼속도 (m/s) (기반면에서의 설계속도응답스펙트럼에서 주기 T_S에 해당하는 값)

T_S : 표층지반의 고유주기 (s) = $1.25 \cdot T_G$

T_G : 표층지반의 특성값 (s) = $\sum (4 H_i / V_{si})$

H_i : 제 i 번째 토층의 두께 (m)

V_{si} : 제 i 번째 토층의 전단파속도 (m/s)

H : 기반면의 깊이 (m)

(다) 지반응답해석에 의한 방법

㉮ 지반응답해석을 수행하여 표층지반의 깊이별 수평 변위, 주면전단력, 깊이별 가속도를 구하고 (나)를 참조하여 지진하중을 산정한다.

㉯ 지반응답해석 시 설계지반운동의 시간이력은 이 기준의 4.2(5)③에 따라 결정한다.

(5) 응답이력해석법

① 공동구 구조물을 응답이력해석법을 사용하여 해석하고 설계하기 위해서는 설계지진하중을 산정하는 것이 중요하다. 설계지반운동의 시간이력은 이 기준의 4.2(5)③에 따라 결정한다.

4.6 구조 설계 및 구조상세

(1) 일반사항

① 구조설계 방법은 강도설계법을 표준으로 한다.

② 내진설계는 기능수행수준과 붕괴방지수준에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

(2) 내진설계 시 하중조합

① 공동구 구조물의 내진설계에 있어서 하중조합은 KDS 14 20 10(4.2.2)를 따른다.

(3) 내진설계 시 구조상세

① 공동구 구조물의 내진설계에 있어서 구조상세는 KDS 14 20 80의 해당 요건을 적용한다.

(4) 부재 접합부

① 구조적 성능이 현저하게 다른 두 구조물의 접합부는 특별한 경우를 제외하고 분리구조를 원칙으로 한다. 접합부는 충분히 보강하여 안정성을 확보하여야 한다.

(5) 기타 상세 설계

① 수용시설 설계

가. 수용시설물로서 상수도, 전력케이블, 통신케이블, 가스관, 열수송관 등의 설치는 공동구 본체에 고정되어 지진 시 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 충분히 지지되도록 하여야 한다.

② 부대설비 설계

가. 부대설비로서 조명, 환기, 배수시설 등은 공동구 본체에 고정되어 지진 시 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 충분히 지지되도록 하여야 한다.

건설기준 재검토기한

국토교통부장관은 이 고시에 대하여 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2021년7월 1일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
성주현	국토안전관리원	조계춘	한국과학기술원
윤준웅	국토안전관리원	변요셉	한국건설기술연구원
서정은	국토안전관리원	정혁상	동양대학교
정민형	국토안전관리원	추연욱	공주대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김두기	공주대학교	박헌준	서울과학기술대학교
안재광	기상청	이진선	원광대학교

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	강병윤	한국농어촌공사
구재동	한국건설기술연구원	김대상	한국철도기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	김동민	㈜한국종합기술
김나은	한국건설기술연구원	김범주	동국대학교
김태송	한국건설기술연구원	김운형	㈜다산컨설턴트
김희석	한국건설기술연구원	남문석	한국도로공사
류상훈	한국건설기술연구원	박이근	㈜지오알앤디
원훈일	한국건설기술연구원	박인준	한서대학교
이승환	한국건설기술연구원	박종호	평화지오텍(주)
이용수	한국건설기술연구원	박치면	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	신영완	㈜하경엔지니어링
최봉혁	한국건설기술연구원	여규권	㈜삼부토건
허원호	한국건설기술연구원	이규환	건양대학교
		최항석	고려대학교

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김숙자	계룡시청	박철우	강원대학교
김영근	㈜건화	이종석	LH
김희대	㈜세광종합기술단	최준성	인덕대학교
박준석	한양대학교		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
박용선	도시활력지원과	박가나	도시활력지원과
윤동영	도시활력지원과	성언수	시설안전과

KDS 29 17 00 : 2021

공동구 내진설계

2021년 5월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도시활력지원과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel:1588-8788 E-mail:kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel:1588-8788 E-mail:kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel:031-910-0444 E-mail:kcsc@kict.re.kr
http://www.kcsc.re.kr