

KDS 11 50 25 : 2016

기초 내진 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 구조물기초 설계기준을 중심으로 도로교 설계기준, 건축구조기준의 기초 내진설계에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설 기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.2)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.5)
도로교 설계기준	• SI단위계 사용, 신기술 및 신공법 반영 개정.	개정 (2005.2)
도로교 설계기준	• 신자재 추가 및 재료 허용응력 등 부분 개정	부분개정 (2008.9)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 그동안 제개정된 각종 규칙, 기준 및 최근 연구성과 등을 검토 반영, 심미적 디자인 추구, 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계법 부록 도입함.	개정 (2010.9)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.4)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.8)
건축구조기준	• 부분 개정	개정 (2009.12)
건축구조기준	• 재검토기한의 연도 수정 등 개정	개정 (2013.12)
건축구조기준	• 특정한 지형조건의 기본지상적설하중 등 개정	개정 (2015.10)
건축구조기준	• 성능설계법 도입 및 돌발상황에 의한 하중 추가 등 기준 전반에 대한 최근 연구결과 및 개선된 공법 반영	개정 (2016.5)
KDS 11 50 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 50 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
2. 기초구조물의 내진등급	1
3. 내진성능목표	1
4. 기초구조물의 설계거동한계	2
4.1 기능수행수준에 따른 설계거동한계	2
4.2 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계	2
5. 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수	2
6. 입지조건과 지반조사	3
7. 액상화 평가	4
8. 기초구조물의 내진설계	4
9. 제방 비탈면의 내진설계	5
10. 옹벽의 내진설계	5

1. 일반사항

- (1) 이 기준은 구조물 기초의 내진설계와 내진성능 평가에 적용되는 기준이다.
- (2) 이 기준은 구조물 기초의 내진성능을 확보하기 위한 최소 설계 요구조건으로서 지진으로 인한 구조물 기초의 피해와 이로 인한 경제적 손실을 최소화하기 위한 기준이다.
- (3) 구조물 기초의 내진성능 평가는 지진의 발생빈도, 지반운동 크기와 구조물 기초의 중요도 등에 따라 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하여 실시한다.

2. 기초구조물의 내진등급

- (1) 구조물의 내진등급은 특등급, 1등급과 2등급으로 구분하고, 기초 구조물의 내진등급은 해당 구조물의 내진등급을 따른다.
- (2) 내진 특등급 구조물은 내진 1등급 구조물 중 복구의 난이도가 높고 경제적 측면에서 특별하게 분류되는 구조물로서 관할기관과 협의하여 결정한다.
- (3) 내진 1등급 구조물은 피해를 입는 경우 많은 인명과 재산상의 손실을 발생시키는 구조물, 지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하는 구조물, 국방상의 필요성에 의하여 분류된 구조물 등으로 관할기관과 협의하여 결정한다.
- (4) 내진 2등급 구조물은 내진 특등급과 내진 1등급에 속하지 않는 일반 구조물 중 관할기관과 협의하여 결정한다.

3. 내진성능목표

- (1) 구조물의 내진성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하며, 기초구조물의 내진성능수준은 구조물의 내진성능수준을 따른다.
- (2) 기능수행수준은 지진 시 또는 지진 경과 후에도 구조물의 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 심각한 구조적 손상이 발생하지 않게 설계하는 것을 성능목표로 한다.
- (3) 붕괴방지수준은 구조물에 제한적인 구조적 피해는 발생할 수 있으나 긴급보수를 통해 구조물의 기본기능을 발휘하도록 설계하는 것을 성능목표로 한다.
- (4) 기초 구조물은 표 3-1에 규정한 평균 재현주기를 갖는 지반운동에 대하여 기능수행수준과 붕괴방지수준을 만족하도록 설계한다.

표 3-7 지반운동 수준

성능목표	특등급	1등급	2등급
기능수행	평균재현주기 200년	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

4. 기초구조물의 설계거동한계

4.1 기능수행수준에 따른 설계거동한계

- (1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물은 부분적인 항복과 소성변형을 허용할 수 있으나, 주변 구조물 및 부속 시설들은 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.
- (2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진 시 그 주변 지반의 소성거동은 허용할 수 있으나, 기초 구조물 자체와 모든 상부 구조물 및 부속 시설이 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.

4.2 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계

- (1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물의 구조적 손상은 경미한 수준으로 허용하며 이로 인한 주변 구조물 및 부속 시설들의 소성거동은 허용하지만, 취성과파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
- (2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진하중 작용 시 소성거동을 허용할 수 있으나, 이로 인하여 기초구조물 자체와 상부 구조물에는 취성과파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
- (3) 기초 구조물과 그 주변의 지반에는 과도한 변형이 발생하지 않아야 하며, 지반의 액상화로 인하여 상부 구조물에 중대한 결함이 발생하지 않아야 한다.

5. 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수

- (1) 구조물 기초설계 지반운동을 결정하는 데 고려할 사항은 다음과 같다.
 - ① 설계 지반운동은 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장 운동으로 정의한다.
 - ② 국지적인 토질조건, 지질조건, 지형조건 등이 지반운동에 미치는 영향을 고려한다.
 - ③ 설계 지반운동은 기본 지진재해도(보통암 지반 기준)로 평가한다.
 - ④ 설계 지반운동은 진폭, 주파수 내용 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성을 합리적으로 정의한다.
 - ⑤ 토사지반에 중요도가 높은 구조물을 설치하는 경우, 부지특성 평가기법과 부지 응답해석을 수행하여 해당부지에 적합한 설계 지반운동을 결정한다.
 - ⑥ 설계 지반운동은 수평 2축 방향과 연직방향 성분으로 나타낸다.
 - ⑦ 설계 지반운동의 수평 2축 방향 성분은 그 특성이 서로 동일하다고 가정할 수 있다.
 - ⑧ 설계지반운동의 연직방향 성분의 진폭은 수평방향 성분의 3분의 2로 가정할 수 있고, 주파수 내용과 지속시간은 수평방향 성분과 동일하다고 가정할 수 있다.
- (2) 설계지진계수(지표면 자유장 최대가속도)는 해당 지역의 보통암 암반 노두 설계지진계수(최대가속도)에 그 지역의 지반(증폭)계수를 곱하여 결정한다.
- (3) 지반운동에 따른 지반종류는 표 5-1과 같이 5종으로 분류한다.

표 5-1 지반의 종류

지반 종류	지반종류의 호칭	지표면 아래 30 m 토층에 대한 평균값		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 (타격횟수/300 mm)	비배수전단강도 (kPa)
S_A	경암 지반	> 1,500	—	—
S_B	보통암 지반	760 ~ 1,500		
S_C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360 ~ 760	> 50	> 100
S_D	단단한 토사 지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100
S_E	연약한 토사 지반	< 180	< 15	< 50
S_F	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

- (4) 지반(증폭)계수는 내진설계기준연구(II)(건설교통부, 1997년)을 준용하거나 부지 고유의 응답해석을 수행하여 결정한다. 부지고유의 응답해석 결과는 내진설계기준연구(II) 결과의 80% 이상인 경우에 한하여 사용한다.
- (5) 중요구조물에 대하여 토사지반의 증폭현상을 파악하기 위하여 암반노두와 토사지반에 지진계를 병행설치하는 것이 필요하다고 판단되는 경우, 설치 여부 등을 관할기관과 협의하여 결정할 것을 권장한다.

6. 입지조건과 지반조사

- (1) 구조물의 위치는 활성단층 지역, 활성단층 인접지역 그리고 액상화 현상 및 과도한 침하 등이 발생할 가능성이 있는 지역은 가급적 피한다. 불가피한 경우에는 지반을 개량하여 지진에 의한 피해가 발생할 가능성을 저하시킨다.
- (2) 지반조사는 지층의 구성, 각 지층의 동역학적 특성 파악 및 실내시험용 시료채취 등을 수행하는 현장시험과 채취된 시료를 이용한 실내시험을 포함한다.
- (3) 내진설계에서는 지진에 대한 설계 지반운동을 결정하기 위하여 기준면을 확인할 수 있는 심도까지 시추를 시행한다. 기준면은 보통암 지반(전단파속도 $V_s = 760$ m/s 이상)으로 한다.
- (4) 액상화 저항능력을 평가하기 위한 시추조사는 지표면 아래 20 m까지 실시한다.
- (5) 설계 지반운동 결정을 위하여 지반의 층상구조, 기반암 깊이, 각 층의 밀도, 지하수위, 전단파 속도 주상도, 각 지층의 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 감소곡선과 감쇠비 곡선 등을 조사한다.
- (6) 액상화 평가를 위해서는 시추주상도, 지하수위, 표준관입시험의 N 값, 콘관입시험의 q_c 값, 전단파 속도 주상도, 지층의 물리적 특성 등을 결정한다. 또한 상세한 액상화 예측을 위해서는 시료를 채취하여 실내 반복시험(cyclic test)을 실시한다. 재성형 시료를 사용할 경우 가능한 한 현장조건과 유사하게 성형한다.

7. 액상화 평가

- (1) 기초 구조물은 지반 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토한다. 액상화 발생 가능성은 대상현장에서 액상화를 유발시키는 전단저항응력과 지진에 의해 발생하는 지진전단응력의 비로서 정의되는 안전율로 평가한다.
- (2) 설계 지진 규모는 지진구역 I, II 모두 리히터규모 6.5를 적용한다.
- (3) 액상화 평가는 구조물 내진등급에 따라 붕괴방지수준의 경우에서 실시한다.
- (4) 내진 특등급 및 1등급 구조물인 경우 현장과 실내 시험결과를 적용한 지진응답해석을 수행하여 지진전단응력을 결정하고, 액상화 전단저항응력은 실내반복시험 결과를 이용하여 산정한다.
- (5) 액상화 평가에는 구조물의 내진등급에 따라 현장시험 결과($N_{값}$, $q_{c,값}$, $V_s,값$ 등)를 이용한 간편 예측법 또는 실내 반복시험을 이용한 상세 예측법 등을 적용한다.
- (6) 간편 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.5를 적용한다. 안전율이 1.5보다 작은 경우 상세 예측법을 실시한다.
- (7) 상세 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.0을 적용한다. 안전율이 1.0 미만인 경우 대책공법을 마련하고, 1.0 이상인 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.
- (8) 액상화평가 결과, 대책이 필요한 지반의 경우는 지반개량공법 등을 적용하여 액상화 저항능력을 증대시키도록 하여야 한다.

8. 기초구조물의 내진설계

- (1) 기초구조물에 대한 내진설계는 등가정적 해석방법, 응답변위 해석방법과 동적해석 방법 등을 사용한다.
- (2) 기초에 대한 내진설계는 기초 구조체의 최대응력, 기초지반의 최대반력, 상부구조의 최대변위 그리고 기초의 전도, 활동 및 지지력 등을 검토한다.
- (3) 기초 내진설계 시 하중은 구조물의 자중, 상재하중에 의한 관성력, 지진에 의한 동수압 및 토압 등을 고려하여 결정한다. 또한 액상화 지반의 측방유동에 대한 영향을 하중에 고려한다.
- (4) 얕은기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.
 - ① 기초에 작용하는 등가정적하중은 기초지반과 상부구조물의 응답특성을 고려하여 결정한다.
 - ② 얕은기초는 지지력, 전도, 활동에 대하여 안전하여야 하고, 변형 및 침하량이 허용치 이하이어야 한다.
 - ③ 액상화가 발생할 수 있는 기초지반은 적합한 액상화 대책공법을 적용한다.
- (5) 말뚝기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.
 - ① 등가정적해석에서는 기초지반과 상부구조물의 특성을 고려하여 지진하중을 말뚝머리에 작용하는 등가정적하중으로 환산한 후 정적 해석을 수행한다.
 - ② 무리말뚝 기초의 경우 무리말뚝 해석을 통하여 구조물의 하중을 각 단일말뚝에 분배하고, 이 때 가장 큰 하중을 받는 단일 말뚝에 대하여 등가정적해석을 수행한다.

- ③ 말뚝기초 주변지반에 대하여 액상화 가능성, 말뚝머리의 횡방향 변위 및 침하, 말뚝 본체의 파괴가능성 등을 검토한다. 액상화 가능성이 있는 지반에서는 말뚝의 주변마찰력을 무시한다.
- (6) 말뚝설계 시 특별히 요구되는 사항은 다음과 같다.
- ① 지반과 교량의 불확실한 응답특성들을 고려하여 말뚝의 내진설계에서는 일반 설계에서의 요구조건 이외에 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.
 - ② 말뚝의 내진설계에서는 극한지지력 개념을 사용하며 설계지진하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.
 - ③ 말뚝은 말뚝캡에 적절히 연결하여야 한다.
 - ④ 콘크리트로 채운 말뚝에 특별한 정착장치를 설치하지 않는 경우에는 말뚝으로 인발력이 전달될 수 있도록 충분한 길이의 철근을 매립하여 정착하여야 한다.
 - ⑤ 속채움이 없는 강관말뚝, 나무말뚝, 강말뚝은 말뚝의 허용지지력의 10% 이상인 인발력이 전달될 수 있도록 정착하여야 한다.
 - ⑥ 보강철근은 말뚝과 말뚝캡을 일체로 하며 하중전달을 용이하게 하기 위해서 말뚝캡까지 연장되어야 한다.
 - ⑦ 말뚝의 내진설계에서는 기둥이 지표면 위에서 휨모멘트에 의하여 항복하기 이전에 말뚝이 지표면 아래에서 파괴되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 지중 벽체 구조물과 같이 지반변위가 지배적인 기초 구조물에 대해서는 응답변위 해석법을 적용한다.
- (8) 기초 구조물에 대한 동적해석이 필요한 경우에는 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 응답스펙트럼법, 시간이력 해석법 등을 사용할 수 있다.
- (9) 기초 구조물에 대한 동적해석에서는 현장시험과 실내시험으로 얻은 지반의 특성치를 적용하여 해석한다.

9. 제방 비탈면의 내진설계

- (1) 제방 비탈면의 내진설계법에는 등가정적 해석법 및 동적 수치해석 방법 등이 있다.
- (2) 동적 수치해석결과에서 지진으로 인하여 비탈면에 설계 거동한계를 초과하는 변형이 발생하지 않아야 한다.
- (3) 액상화 현상에 따른 지반 유동파괴가 발생하지 않아야 한다.

10. 옹벽의 내진설계

- (1) 옹벽의 내진설계법에는 등가정적 해석법, 벽체의 영구변위를 허용하는 영구변위 산정법과 수치해석 방법 등이 있다.
- (2) 등가정적해석에서 옹벽에 작용하는 동적토압은 Mononobe-Okabe 토압이론을 적용하여 산정한다.
- (3) 옹벽의 기초 및 기초지반은 미끄러짐 파괴, 지지력 파괴, 전도파괴, 전체 활동파괴 등에 대하여 안전하여야 한다.

- (4) 앵커시스템은 지진으로 인해 유발되는 토압 및 지반변형에 안전하게 견딜 수 있도록 설계한다.
- (5) 옹벽 배후 지반에 설치된 구조물의 변형은 설계거동 한계를 초과하지 않아야 한다.
- (6) 옹벽 주변지반에 액상화의 가능성이 있는 경우 그 영향을 고려한다.



집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	하익수	경남대학교
박두희	한양대학교	한진태	한국건설기술연구원
최창호	한국건설기술연구원		

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
남문석	한국도로공사	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 25 : 2016

기초 내진 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

관련단체 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
<http://www.kgshome.org>

작성기관 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
<http://www.kgshome.org>

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