

## [KDS 17] 4.2.1 지반운동

## 4. 설계

## 4.2 지진재해

## 4.2.1 지반운동

## 4.2.1.3 설계지반운동의 정의와 고려 사항

- (1) 설계지반운동은 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서 지반운동으로 정의한다.
- (2) 국가지진위험지도(국가지진재해지도)의 값은 유효수평지반가속도( $S$ )이다.
- (3) 설계지반운동의 특성은 흔들림의 세기, 진동수성분 및 지속시간으로 정의한다.
- (4) 설계지반운동은 통계학적으로 독립인 수평 2축운동과 수직운동으로 정의한다.
- (5) 수직운동은 수평 2축운동과 별도로 정의한다.

## [해설]

- (1) 설계지반운동은 구조물에 작용하는 지진하중을 산정하기 위하여 입력하는 지반운동으로 일반적으로 구조물이 건설되기 전의 부지 정지작업이 완료된 지면으로 정의한다. 이는 구조물이 완성된 후 복토되는 지층이 얇아서 구조물의 지진하중 산정에 큰 영향이 없을 것이라는 가정에 기초한 것이다. 만약, 상당한 깊이로 넓은 범위에 걸쳐 복토되는 경우에는 구조물이 건설되기 전의 부지 정지작업 완료면이 보수적인 결과를 주지 않는 경우가 있으므로 보수적인 평가가 되도록 설계지반운동의 위치를 결정할 수 있다.
- (2) 국가지진위험지도에 등고선 형태로 표현된 수치는 암반지반에 대한 유효최대지반가속도이며, 수평방향에 대한 크기를 의미한다. 다만, 이후 설명되는 설계지반운동의 특성표현에서 수평성분과 수직성분에 대한 설명이 구분되어 있으므로 국가지진위험지도 및 행정구역별 기준으로 제시된 암반지반의 유효최대지반가속도는 유효수평지반가속도( $s$ )로 구분된다. 단주기 구간의 재해도 값이 제시된 경우에는 유효수평지반가속도를 가속도평활구간에 해당되는 스펙트럼 가속도의 평균값을 2.5로 나누어서 산정하지만 이 기준에서는 유효수평지반가속도는 수평 양방향 최대지반가속도의 기하평균으로 정의한다.
- (3) 지진발생 시 구조물의 거동에 영향을 미치는 지반운동의 주요 요소는 흔들림의 세기, 진동수 성분과 지속시간(강진지속시간) 등이다. 이러한 지진파의 요소는 단층에 의한 지진 발생 메커니즘, 지진파의 진행경로, 그리고 국부적인 지반상태에 따라 달라진다. 설계지반운동은 이러한 세 가지 사항을 고려하여 결정한다.  
국내 지반의 증폭특성을 고려하여 설계지반운동을 결정하기 위해서는 국내에서 계측된 지진기록을 사용하는 것이 이상적이다. 2016년 경주지진과 2017년 포항지진 시 진앙거리가 가까운 관측소에서 계측된 기록 등 국내 기록을 활용할 수 있다. 그러나, 설계지진으로 고려할만한 흔들림의 세기, 강진지속시간 등을 기록한 국내 지진기록은 극히 제한적이므로 국외 강진지역에서 계측된 지진기록을 활용할 수 있다. 인공적으로 합성하여 시간이력 등을 생성하는 경우에도 상기 요소들을 충분히 고려하여야 한다.

- (4) 응답스펙트럼으로 주어지는 설계지반운동은 수평 2축운동은 동일하고 수직운동은 응답스펙트럼 형상은 동일하게 하되 세기를 달리하여 정의한다. 그러나 설계지반운동을 시간이력으로 제시하는 경우 각 방향별로 동일하거나 유사한 지반운동 시간이력을 사용하지 않고 **통계적으로 독립인 것을 사용하여야 한다.** 이는 동일하거나 유사한 지반운동 시간이력을 사용하면 시설물에 대해 특정한 방향으로만 입력운동을 고려하기 때문에 현실적이지 않기 때문이다. 이때 통계적으로 독립인 것은 수평 2축운동만 사용하는 경우 이들 두 방향 성분이 독립이어야 하고, 수평 2축운동 및 수직운동을 모두 사용하는 경우 2방향으로 이루어지는 3가지 조합에 대해서 각각 독립이어야 한다. 지반운동 시간이력에서 통계적으로 독립인 조건은 상관계수가 일정 값 이하인 것으로 표현하며 **일반적으로 0.16 이하가 되도록 한다.** 2방향 지반운동 시간이력을 각각  $x_1(t)$ 와  $x_2(t)$ 라 할 때 이들의 상관계수를 산정하는 식은 다음과 같다.

$$\rho_{12} = \frac{E[(x_1 - m_1)(x_2 - m_2)]}{\sigma_1 \sigma_2}$$

여기서  $E$ 는 기댓값, 즉 평균을 나타내고  $m_1, m_2, \sigma_1, \sigma_2$ 는 각각  $x_1, x_2$ 의 평균과 표준편차를 나타낸다.

- (5) 일반적으로 수평방향 지반운동의 응답스펙트럼과 수직방향 지반운동의 응답스펙트럼은 그 세기가 다를 뿐만 아니라 진동수 성분에도 차이가 있어서 응답스펙트럼 형상이 다르다. 이는 지진규모와 거리에 따라, 또한 암반지반과 토사지반의 분류에 따라서도 차이가 있다. 따라서 수직운동은 수평 2축운동과 별도로 정의해야 하며 수직운동의 응답스펙트럼은 설계재현주기에 가장 영향이 큰 지진규모와 거리에 대한 지반운동의 특성을 반영하여 그 세기 및 형상을 결정하는 것이 합리적일 것이다. 그러나 설계지진이 특정한 지진규모-거리를 대표하기는 어렵고 수평방향과 수직방향의 응답스펙트럼 형상이 평균적으로 크게 차이를 보이지 않는다면 수직운동은 수평운동에 대하여 세기의 비( $V/H$  비)만 적용하여 다르게 할 수 있다.