

耐震設計時 고려할 事項 및 解析方法

丘 民 世*

耐震設計時에는 構造物의 수명내에 확률적으로 2~3회 발생 가능한 弱震에 대해서는 전혀 손상이 없도록 하고, 強震 즉, 構造物의 수명내에 가장 크게 피해를 줄 수 있는 地震에 대해서는 인명의 피해가 없을 정도의 부분적 破壞 또는 變形을 허용하도록 하는 것이 일반적이다. 그러나, 地震 발생후 사후대책에 필요한 構造物 또는 安全性이 크게 요구되어지는 施設(고층건물, 병원, 방송국, 소방소, 발전소, 원자력 발전소, 가스저장탱크, 댐 등) 등은 경미한 손상만 허용하거나 전혀 손상이 없도록 設計하는 것이 상식이다.

耐震성이 높고 경제적인 構造物을 設計하기 위해서는 構造物의 剛性, 에너지 분산 능력, 延性度 그리고 사용부재의 強度가 최적으로 조합되어야 한다. 단순히 構造物의 剛性만 높이는 경우는 비경제적이며 고유진동주기가 짧아짐에 따라 構造物은 動荷重에 불리하게 되고, 構造物의 使用성에 문제가 제기되어진다.

이와 같이 構造物의 剛性和 延성이 상반되는 특성을 갖기 때문에 耐震에 유리한 構造의 特性에 대한 일괄적인 해를 제시하기는 매우 어려운 일이나, 기본 원칙으로 고려할 사항을 제시해 보면 다음과 같다.

- 질량이 큰 構造物일수록 地震에 의한 慣性力이 크게 작용되기 때문에 構造의으로 꼭 필요한 경우를 제외하고는 가능한 한 하중배치를 동

적 거동에 유리하도록 해야한다. 예로서 建物의 중간층에 수영장의 설치 및 옥상 등에 정원 설치 등은 地震荷重에 의한 치명적 손상을 유발시킬 수 있으므로 가능하면 피하는 것이 바람직하다.

- 構造物을 명확히 해석, 시공하고 경우에 따라서는 構造物을 손쉽게 보수·보강할 수 있도록 하기위해 構造物은 가능한 한 간단한 구조형태로 設計되어져야 한다.

- Strong column, weak beam 원칙이, 층간 파괴에 의한 비경제적 設計의 우려를 배제시킨다.

- 構造物의 전높이를 통해 수평단면이 일정하고, 균등한 중량분포가 되도록 하므로써 構造物의 수평강성 중심축과 중량의 중심축이 일치되도록 한다. 불가피한 경우에는 강성 중심축과 중량 중심축간 거리를 최소화시켜서 地震荷重에 의한 비틀림 變形을 극소화시키는 것이 바람직하다.

- 構造物의 수평단면 형태가 Γ , \square , T, $+$ 字型인 경우 각 접합 부분에서 應力이 집중될 가능성이 크기 때문에 이러한 형태는 피하는 것이 좋고 構造物의 단면의 가로 세로比가 지나치게 크지 않도록 해야하며, 가능한 한 등근형을 사용하는 것이 바람직하다. 가로 세로比가 큰 긴 형태의 수평단면을 갖는 構造物은 地震荷重의 연속적 작용을 완화시켜 줄 수 있는 횡 이음부를 설치해야 한다.

- 構造物의 수평단면은 가능한 한 대칭도를 높임으로써 계산과 시공이 편리할 뿐만 아니라

* 정희원, 연구이사, 韓國建設技術研究院 構造研究室長, 工學博士

耐震性を 높일 수 있다.

- 構造物の 높이는 수평단면 치수에 비해 지나치게 높지 않도록 해야 한다. 수평단면 치수와 構造物の 높이의 比가 큰 構造物에서는 構造物 하부의 외부쪽 기둥 또는 벽체에 지나치게 큰 단면력이 발생되어질 수 있고, 轉倒에 대한 安定性 확보를 위해서는 기초 면적이 매우 커져야 한다. 대체적으로 구조물의 높이는 수평단면의 작은 치수의 4배 이하가 되도록 設計하는 것이 바람직하다.

- 에너지 분산 능력을 향상시키기 위해서는 構造物の 부정정 차수를 높여서 큰 地震荷重에 대해 많은 塑性節點이 발생하도록 하는 것이 좋다.

- 슬라브나 보의 단면 두께 또는 높이는 수직, 방향 振幅制限을 고려하여 충분한 치수로 設計해야 한다.

- 두 建物을 연결하는 교량이 있는 경우에는 교량의 한쪽 支點은 롤러로 하는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써 두 建物의 고유진동이 서로 방해되지 않을 뿐 아니라 교량의 지나친 축하중에 의한 破壞를 방지할 수 있다.

- 라멘 構造에서 비전단벽의 이음부에는 뼈대 구조체의 水平變形이 방해되지 않도록 충분한 간격을 유지시킨다. 그렇지 않은 경우 水平變形의 구조에 의한 破壞의 가능성이 있고, 진동주기가 짧아짐에 따라 地震荷重에 대해 불리한 기동을 하게 된다.

- 기초는 가능한 한 간단해야 하며, 上部構造物과 일체가 되어 振動되어야 한다. 일반적으로 견고한 기초 슬라브나 지하실 잠함 기초 등이 바람직하나 수평단면이 작은 構造物에서 부득이 단독기초로 설계하는 경우에는 地震荷重에 의한 水平變形이 기초에 발생되지 않도록 유의해야 한다.

- 構造物の 시공 후 추가적 構造變更을 한 경우(보강재의 철기, 보 및 슬라브의 친공, 비전단벽의 설치 등)에 地震에 의한 피해가 컸던 예를 감안할 때 전문가의 세심한 진단없이 시공 후의 構造的 變更을 해서는 안된다.

설계자는 이상과 같이 地震荷重에 대해 불리한 構造의 特性을 고려하여 設計를 재래적 방법

(풍하중, 자중, 이동하중)으로 수행하고 다음으로 자중과 일정율의 이동하중과 설계 지진하중을 고려하여 構造物の 安全性을 검토하는 것이 일반적인 耐震設計의 순서이다. 여기서 設計地震荷重과 風荷重을 동시에 고려하지 않는 이유는 設計風荷重과 地震荷重이 동시에 올 가능성이 확률적으로 없다고 보기 때문이다.

耐震解析方法은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 그 하나는 지금까지 발생 기록 되어진 모든 지진의 특성이 1 자유도 체계에 반영된 응답 스펙트럼을 기본으로 하여 地震荷重을 대치수평 하중으로 치환시켜 靜的解析(Response spectrum method)하는 간편한 방법으로, 현재 耐震設計를 하고 있는 대부분의 나라에서 채택하고 있는 방법이며, 두번째로는 地震의 加速度로 구축된 構造體의 운동 평형방정식을 짧은 시간 간격(일반적으로 $\Delta t=0.01$ 초)으로 수치해석함에 의해 전 지진의 지속시간 동안의 構造物의 動的舉動을 조사할 수 있는 時間歷解析(Time History Analysis) 방법이다. 時間歷解析法은 엄청난 컴퓨터 계산 용량 및 계산 시간이 소요되기 때문에 현 시점에서는 사용이 제한된다. 예로서, 30초 동안의 地震의 時間歷解析에서 시간간격을 0.01초로 하고 매번 6번의 Iteration이 필요하다고 할 때 선형 정적해석을 하는 경우보다 개략적으로 18,000 배의 계산 시간이 더 소요된다고 이야기할 수 있겠다.

이와 같이 時間歷解析法은 복잡하고 계산 경비가 크게 요구되어지지만 응답스펙트럼 解析法의 정확도를 판정짓는 System ductility의 一種인 반응수정계수(현재 사용되고 있는 계수는 대부분 실험적 또는 계산적 뒷받침이 없는 경험치에 의존하고 있음.) 추정에 대한 합리적인 연구를 위해서는 불가피한 방법이라 하겠다.

앞으로 대형 컴퓨터의 보급이 보다 확대될 것이고 構造物解析에서 좀 더 정확한 결과가 요구되어지는 현 추세를 감안할 때 時間歷解析法에 의한 構造物의 動的거동에 관한 연구는 더욱 활발해질 것이고 중요한 構造物에 대해서는 한번쯤 時間歷解析으로 耐震性を 검토해 볼 필요가 있다고 필자는 생각한다.