



第91話 地震動と動的解析の評価

今回は、前回に続いて、地震動と動的解析の評価法についてお話しをする。まず、現在観測され、設計に使用されている標準的な地震波を分類すると以下のようである。

- 1) エル・セントロ波を代表とする震源からある程度遠距離で観測された地震波形：衝撃的な破壊力はないが、靱性に欠ける構造物は進行的な破壊状況となる。
- 2) 兵庫県南部地震のような直下型地震動：近距離で観測される地震波には、キラーパルスなどと呼ばれる、やや短周期で卓越し、継続時間が短いものの、振幅が非常に大きな指向性の強いパルス状の波が観測される。この種の波は、耐震性の弱い建物をなぎ倒すように倒壊させる衝撃的な破壊力を有している。
- 3) 設計サイト近くに活断層が存在する場合、長周期成分が卓越するステップ状の変位波形（フリリング・ステップ）：1999年台湾・集集地震で観測された地震波に代表されるように、地表断層の近傍では、地盤の傾斜や強制変位が生じることがある。
- 4) 長周期地震動：関東平野、濃尾平野、大阪平野など大規模な堆積平野では、周辺を固い岩盤や山で囲われた盆地形状となっており、ここに地震波が入射すると長い時間、長周期の揺れが続くことになる。地震波形は表面波であり、卓越周期は濃尾平野では3秒から5秒程度、関東平野では5秒から10秒前後といわれている。

次に、動的解析の結果をどのように評価するかについて考えてみよう。入力地震動がレベル1とレベル2に別れていることから、評価も分けて考える。以下の評価方法は、日本建築センターの時刻歴応答解析建築物性能評価業務方法書による。

- 1) 損傷限界：まれに発生する地震動に対し、建築物に損傷が生じないことを確かめる必要があり、基本的には弾性振動状態となる。
 - a) 各階の応答層間変形角が200分の1を超えない範囲であること。ただし、構造耐力上主要な部分の変形によって著しい損傷の恐れがないことを確かめる。
 - b) 構造耐力上主要な部分に生じる応力が短期許容応力度以内であるか、又は、地震後に有害なひび割れ又はひずみが残留しないことを確かめる。
- 2) 倒壊、崩壊限界：極めてまれに発生する地震動によって、建築物が

倒壊、崩壊などしないことを以下の方法で確かめる。

- a) 各階の応答層間変形角が 100 分の 1 を超えない範囲であること。
- b) 各階の層としての応答塑性率が 2.0 を超えないこと。
- c) 構造耐力上、主要な部分を構成する各部材の応答塑性率が、その部材の構造方法、構造の特性等によって設定された限界値（当該数値が 4.0 を超える場合は 4.0）以下であること。
- d) 応答値が上記の値を超える場合、その超過する程度に応じ、以下の事項が確かめられていること。
 - 1) 部材ごとの応答値を算定できる適切な解析モデルを用いて層間変形角、層の塑性率及び部材の塑性率等の妥当性が確かめられていること。
 - 2) 応答解析に用いる部材の復元力が、応答変形を超える範囲まで適切にモデル化され、かつ、そのモデル化が適切である構造ディテールを有すること。
 - 3) 水平変形に伴う鉛直荷重の付加的影響（P- Δ 効果）を算定できる適切な応答解析が行われていること。

耐震構造と免震・制震構造について、構造形式や地震対策に対する考え方の違いを概観する。地震に対し、安全となるように設計することはいずれも同じであるが、異なる方法で安全対策が成されている。

1) 耐震構造：耐震構造は、いわゆる剛構造（超高層建築は除く）であり、これまで主流となってきた構造である。強固な基礎により地面に固定されており、地震のエネルギーを、建物を構成する主要構造部材の変形能力（靱性）と強さで吸収する。地震動を受けた建物は崩壊に至らないが、大きく変形し、下層階ほど層せん断力が発生して部材は塑性化し、変形が残る。

2) 免震構造：免震構造は柔構造である。建物の基礎部あるいは中間部に、水平方向に柔らかい免震部材を挿入した構造である。地震動を受けると、この免震部材が水平方向に大きく変形し、地震のエネルギーをほとんど吸収する。上部の建物には地震のエネルギーがあまり伝わらず、層間変位もほとんど発生せず、長い周期で揺れる。免震装置としてアイソレータとダンパーが用いられる。

3) 制振構造：制振構造とは、主要構造体（ブレースや壁パネル）に振動エネルギーを吸収する制振部材（ダンパーや質量等）を付加し、地震動や強風によって建物に揺れが生じた時、これを低減する構造である。建物自身が揺れて（変形して）初めてエネルギー吸収装置が働き出すという特性を有する。