

自然現象と向き合う



日本設計

小林 秀雄

前提条件

$$[M]\ddot{x} + [C]\dot{x} + [K]x = -[M]\ddot{y}$$

これは免震・制振構造の設計者であれば、よく知っている地震外力が作用するときの振動方程式である。実際の解析では構造材料の非線形性を考慮することから、時々刻々における微小時間で力の釣り合いを積分しながら応答値を求めることになる。今では免震・制振構造の構造設計において動的地震応答解析は無くしてはならないものとなっている。解析の結果を動画で見ればあたかも地震時における建物の揺れを表現している。しかし、実務ではいくつかの前提条件のもとに解いている。

ひとつは、減衰マトリクス [C] である。剛性比例型の [C] マトリクスは、 $2h/\omega$ [K] で表現され、減衰定数 h は慣用的に使用されている数値を使用している。減衰は建物重量や剛性とは異なり分かりづらいものである。実際の減衰定数は同じ鉄骨造であってもカーテンウォールなどの仕上げの種類や設置状況、さらに入力レベルによっても建物ごと異なる。設計者はこのような事象を知りながらも、設計段階では設計している建物の実際の減衰を把握することが不可能であることから慣用的な減衰定数を使用している。建物によってはレーリー減衰のように質量のファクターを考慮し、高次に対して配慮する場合もある。今後は建物のモニタリングシステムが普及してきているので、減衰に関する知見も増えてくるだろう。

もうひとつは、右辺にある外乱である。設計用入力地震動による外乱が今でこそ告示波が提示され、告示スペクトルにフィットした地震波を入力する。告示波が提示される前の入力地震動は、観測波が主体であり波の形状を見ると全く異なる顔をしてい

る。観測波はあくまでも観測された地震波形であり、その地震動を設計用地震動とすることは様々な固有周期を持つ建物の設計用とするには無理があった。実際に観測波のピークの周期帯を外す設計が行われていた。告示波はそのような観測波に右往左往される設計から解放させてくれた。しかし、この告示波も入力レベルについては確率論的な観点も含まれており設計の前提条件としての位置づけである。そのことを発注者にしっかりと説明しなければならない。

自然現象と向き合う

日頃、構造設計に従事する人間として、重力、風、そして地震など様々な外力に対して建物が安全であるように構造設計をしている。ここでの外力は建築基準法に定められた外力であって、自然界に存在している外乱を構造設計のレベルをある基準を満足できるように、設計外力として数値に置き換えたものである。風荷重は統計的に基準風速が定められている。地震荷重も同様に過去の地震の経験や研究などから変化し続けている。プレート境界で発生する地震や内陸型の地震によって発生する地震動について研究は進みメカニズムなど解明されてきている。ただ、地震波の作成方法によっては地震動の大きさが大きく異なることもある。自然現象をこれで十分だと説明することは難しい。時刻歴応答解析の結果、目標値を満足していると、つい安全だと勘違いしてしまうことがある。入力地震動も含めて、あくまでも解析に用いた前提条件に基づいた安全性の検証である。

設計行為における前提条件を忘れてしまうと、自然からの思いがけないしっぺ返しをうけるかもしれない。改めて、設計の原点に気を付けていこうと思う。