

地震学、地震工学の最新の知見を 耐震設計実務に反映するために



建築研究部長 西山 功

(キーワード) 地震調査研究推進本部、地震動予測、建築耐震設計、総プロ高耐震

1. はじめに

最近、南海トラフ沿いで発生する巨大地震の3次元映像を見ることが多い。そこでは、地震が発生し、震源からの放射状の地震波が日本列島を伝播する様子がリアルに再現されている。首都圏の高層ビルが大きく揺れる様子や、大災害を生じた様子まで見せてくれる。小松左京の『日本沈没』の映画を初めて見た時、つくりものと感じたが、その時の映像とは雲泥の差である。映像技術の進歩だけでなく、地震に関する科学的知見の蓄積が一段と進んだためであろう。

さて、阪神・淡路大震災を契機に、地震に関する調査研究を一元的に推進するため地震調査研究推進本部（地震本部）¹⁾が設立された。毎年、調査研究の新たな成果によりホームページが更新・公表されており、昨年7月には、それらをまとめた『全国地震動予測地図』、また、9月には、『長周期地震動予測地図2009年試作版』、がアップされた。

想定した地震に対して、震源モデルや地下構造モデルを定めるなど、レシピ（誰がやっても同じ結果が得られるのでこのように呼ばれているという）に従って、地震動予測が行われている。具体例として、東南海地震の際の愛知県庁での揺れが波形として示されるなどであるが、時間さえかければ、想定する地震時における個別建築物の敷地位置での揺れを計算することも可能となっている。

このような最新の調査研究により提案された地震動予測を、耐震設計実務に利用するための検討が求められている。

2. 地震動予測を耐震設計実務に利用する上で考慮すべき事項

各種地震に対する地震動予測は、前述した地震本部の他、中央防災会議などでも行っている。また、(社)日本建築学会や(社)土木学会などでも別の角度から検討が行われている。しかし、同じ地震による同じ地点での地震動予測が、相互にまったく異なっても堂々と公表されていて、「どっちを信じたらいいんだ！」と地震学者に発言させてしまう状況であるのもまた事実である。

地震動予測には、解析手法もさることながら、震源からどのように破壊が進展するかを記述した

震源モデル、震源から地震動を予測する地点までの伝播経路となる地下構造モデルなどの精緻化が重要となる。地震本部の提案では、これらのモデルを既知として地震動予測がなされているので、使用したモデル化自体に内包される誤差が予測された地震動にどのような影響を及ぼすかについては必ずしも説明が十分ではない。そのため、耐震設計実務への適用を考える側で、このような誤差の影響について十分に把握しておく必要がある。

予測された地震動は、一般に地表面上で評価されているのに対して、耐震設計に用いる地震動は、建物直下で観測される入力地震動であることから、本来、両者は異なるものであり、相互の関係についての検討なしに提案された地震動予測をそのまま入力地震動と見なして耐震設計実務に適用するのは本当は適切ではない。

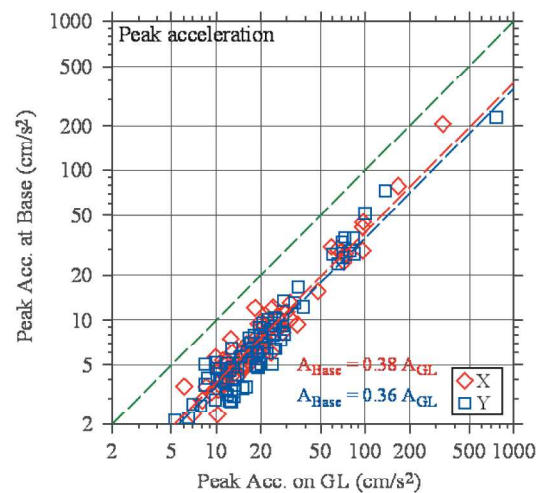


図1 八戸市庁舎における建物内外での強震観測（独立行政法人建築研究所提供）

図1は、八戸市庁舎における建物直下及び建物に近接する地表面上での強震観測結果（岩手県沿岸北部の地震（2008.7.24）での観測データも含まれている）を比較したものである。縦軸が建物直下での観測結果であるが、横軸の地表面上での観測結果に比べて加速度が約40%程度と小さくなっている。両者の関係を形式的に計測震度の差に換算すると、入力地震動が地表面上の地震動に比べて計測震度で0.75程度小さくなる。動的相互作用

とか入力損失として知られているが、地表面上での地震動予測と実際の建物に作用する力としての入力地震動とは区別して扱うべきことは明白である。

3. 建築基準法における告示波

平成10年の建築基準法改正によって平成12年に性能規定化された施行令では、それまでの耐震規定（昭和56年（1981年）の建築基準法改正（新耐震設計法））で使用してきた地震力から換算して工学的基盤での加速度応答スペクトル（5%減衰）を規定した。告示スペクトルと呼ばれており、このスペクトルにフィットする告示波は、大臣認定のための時刻歴応答解析における入力地震動として用いられている。

入力地震動と地表面上での地震動とは区別されるべきことは前述したが、1方向の波として作成された告示波からやはり形式的に計測震度を計算することがある。第2種地盤で、計測震度が約5.9となることが知られている。実際の地震時の計測震度は、3方向成分の地震波から算定するので、告示波についても同様に3方向成分を考慮すると、計測震度は約6.05となる。この数値上の事実のみから、現行の耐震設計基準で設計した建物は、計測震度6.05より大きい震度（6強や7）となると必ず倒壊するのではないかと危惧する意見があるが、そう単純ではない。

新耐震設計法に基づき設計された建物について、阪神・淡路大震災における神戸市内の震度7及びその周辺地域における被害調査により、各建物は概ね良好な耐震性能を発揮したことが建築震災調査委員会により中間報告²⁾ されているからである。

告示波から形式的に計算される計測震度が約6.05であるのに、なぜ震度7地域でも致命的な被害が少なかったのか。計測震度7地域であっても図1に示したような理由で実際には入力地震動が小さかった可能性も考えられる。また、耐震設計実務においては使用材料の強度として規格下限値を用いているので、そこにも余裕度があるし、建物の塑性化後の応力再配分による耐力上昇等々が見込める点も理由の一因だろう。

4. 総プロ高耐震～地震動情報の高度化に対応した建築物の耐震性能評価技術の開発～

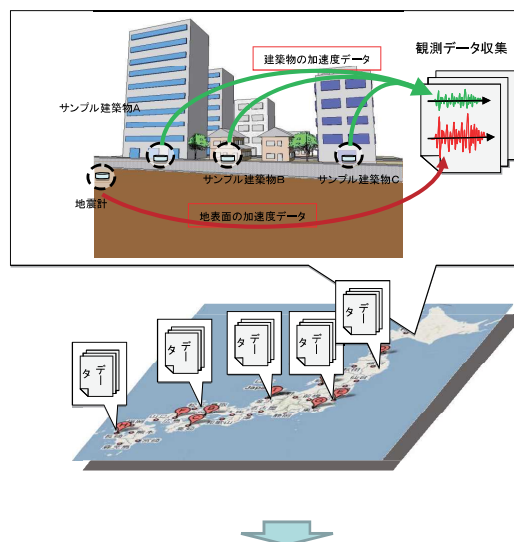
地震学、地震工学の最新の知見に基づいた地震動予測をそのまま建築耐震設計に使用してよいか、また、使用するためにはどのような検討が必要か、などについて調査研究するため、総プロ高耐震³⁾ プロジェクトを平成22年度から実施する。

調査研究の中心は、建物内外での既存の強震観測データを用い、地盤建物連成系の検討を行うことにより地表面上での地震動と入力地震動との関係を調査するとともに、既存の強震観測では扱わ

れていない地盤条件や構造種別・規模の建築物に対する建物内外での強震観測データを蓄積することによって、地盤条件、建物規模、周波数毎の入力地震動と地表面上での地震動との関係などを整理することである。

具体的には、図2に示すような調査を実施することにより、①建築物と地盤の特性の双方を考慮した地震力評価手法、②強震観測結果に基づく継続的な耐震設計技術の改良方法、③強震観測結果に基づく地盤を含めた効率的な耐震改修技術の開発を行う。

研究実施には、民間、大学等の関係機関にも協力を呼び掛け、少しでも多くの建築物の地震観測記録を収集・分析することが不可欠であり、関係諸機関、諸氏の絶大なる協力を期待している。



地表面上での地震動と建物直下に作用する入力地震動との関係を明らかにする

図2 総プロ高耐震における調査研究のイメージ

5. おわりに

建築物の耐震設計法は、過去の地震から多くを教訓として学びとり、現在の形に至っている。

地震本部などによる最先端の地震学、地震工学の知見を建築耐震実務に大胆に取り入れていくためには、地震動側の研究とともに、建築物側の研究もバランスよく推し進め、これまで以上に高いレベルでの性能規定化を目指す必要がある。

建築研究部では、このような調査研究の一環として、平成22年度より総プロ高耐震に着手する予定である。

【参考文献】

1. <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>
2. <http://www.lib.kobe-u.ac.jp/directory/eqb/book/11-43/index.html>
3. <http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/index.htm>