

免震建築への期待

東北工業大学 川股 重也



高まる期待

9月末に行われた免震構造協会の「免震フォーラム」に参加し、米国免震事情の報告など、興味深く拝聴した。なかでも、本年1月ロスアンゼルス近郊で起ったノースリッジ地震の際の免震建築の健闘ぶりは印象的であった。地表の最大加速度1.82gを記録した猛烈な直下地震により、3つの大きな病院が機能停止に陥り、700人もの重症患者が移送を余儀なくされたのに対して、免震構造の大学病院のみは無損傷で、機能を全うしたという。折から始まろうとしていた緊急の外科手術が、建物の小さな揺れがおさまるや直ちに開始され、無事に終了したという話は感動的である。

他の例も含めて、今回の地震における免震建物の応答は、設計者の期待どおりだったようで、新しい耐震の形式である免震構造は、初めての大地震の試練を見事にクリアしたことになる。

世界的に、免震建築への期待が高まることは間違いない。

日本の免震建築

日本初の免震建築「八千代台住宅」が誕生してから12年を経過し、現在免震建物は70棟を数えるに至っている。試行的な開発の段階を終了して、本格的な普及の時代にはいったと云える。

我が国の建築技術史の上で、免震建築の出現は、静的震度法による耐震設計の創始と普及、超高層ビルの実現に次ぐ第三のエポックと位置づけてよい。それまでさまざまなアイデアによって模索されていた地震応答低減の試みが、驚異的な性能をもつ積層ゴムアイソレータの出現によって、にわかに現実的な目標としてとらえられるようになり、開花しただけでなく、各種の制振技術の開発をうながす端緒となった。逃がれようもなく地震荷重に縛られた耐震設計から、設計の工夫によって応答を制御するという方向への思想の転換をもたらしたのである。

特に、地震荷重の条件が最も厳しい中低層の建物にとって、免震構造は正に福音となるべきものであるが、最近では経済情勢の厳しさの下で、建築件数の伸びが鈍っていると聞く。今こそ関係者の知恵を、免震普及の

ための他面的な戦略展開に向けるべき時であろう。

免震普及の日米比較では、病院、官庁、緊急指令センターなどの建設、歴史的官庁建築の耐震改良など、公共建築への大規模な免震適用が目立つアメリカに対して、我が国の免震建築は、中小規模の民間施設が主流である。先述の大学病院の例を持ち出すまでもなく、地震時の急救、避難、通信広報等の拠点となる公共建築の免震化は、今後の重点課題の一つである。

免震の普及にとって、コストの要因は避けて通れない課題である。免震化することにより、原設計より安くなったと云う例も現われたと聞くが、免震層での出費が上部構造の簡略化によって償還し切れず、何がしか割高になるという建築費の傾向が続いているようである。

免震建築が盛んになり始めた頃、アイソレータの価格の相場が、支持荷重1tあたり1万円ぐらいと聞かされてびっくりした。重量1,000tを支える柱の下に、1,000万円のアイソレータが鎮座します！……現在では当時より大分安くなったらしいが、それでも構造材としては高過ぎる。

もっとも、剪断変形率が400%にも達する大変形に耐えなければならないこと、注文生産であること、厳格な検査を要求されることなどを考えると、高品質即高価格の面を持つことは否定できない。免震建築の普及にともなって量産体制が整い、規格生産が可能になって始めて合理的な価格で供給されるようになるだろう。

免震建築が安くならないもう一つの原因に、上部構造の設計の問題がある。

上部構造の問題

現在の免震建築の振動応答解析では、最大地動速度50cm/secの高レベル入力に対して、応答のベースシア係数が ≤ 0.1 以下におさまり、上部構造は弾性範囲での設計が可能である、というのが設計者の共通認識であろう。応答値が個々の地震波の性質に余り左右されないことも重要である。前者はもちろんisolation作用の結果であり、後者は系が1質点で代表できるほど単純であること、系の減衰が大きいことに起因する。

しかし、建築確認の大臣認定を得る前提となる建築センターの評定では、永年にわたって剪断力係数を在来構造に対する規定値の85%以上とするよう指導（すなわち強制）されて来ており、上部構造の部材に必要な以上の断面を採用することを余儀なくされたようだ。結果は、下部の構造特性とバランスしない過剰設計とならざるを得ない。

評定者は、免震建築が予想外の地動に見舞われて、アイソレータが破断、上部がドスンと落ちて、あとは只の耐震構造になるとでも考えたのだろうか？

免震装置は余裕をもって設計しており、さらに過大入力に対しても、アイソレータ群の破断は漸進的で、一挙に破断することがないことが加振実験によって実証されている（加藤宗明ほか；FBR 免震型プラントの構築に関する研究、その(9)~(15)、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、1992、2783—2789）。破断拡大の過程では、破断したアイソレータも支持機能を失わず、ゴム層の破断面間のスリップにともなう摩擦力によって減衰が増大するという靱性的な挙動を示す。

筆者は、上部構造の配筋や仕口の詳細に、耐震設計で慣用されているやり方を守っておけば、上部構造は応答計算どりの断面設計をしておけば、崩壊に対してフェールセーフであると考えている。つまり上部構造は弾性設計されているので、たとえ免震層にトラブルが生じて、まだまだ余力があるということだ。その場合、どこまで損傷を許すかは設計者の判断の問題であり、評定者が心配するのは余計なおせっかいというものだ。

評定者には、免震層の安全性と信頼性について厳格にレビューして頂きたい。しかし、上部構造の設計は設計者に委せてよいのではないかと思う。

上部構造の評定結果については、筆者ははたで見えてやるせない思いを抱いて来たが、最近になってベースシア係数0.12という評定例が出たと聞いてほっとしている。評定者は免震構造が理解できなかったのではなく、壊さないと気が済まないという耐震設計の思考様式から、にわかには頭が切り替わらなかったの

であろう。

どうか、今後とも開明的な評定をお願いしたい。

地球的視点から

耐震建築が確立している国々では、免震構造は各種の耐震・制震の様式と並んで、その特質に応じて選択され、普及して行くであろう。

一方、地球の地震帯には、近代的な構造技術の恩恵にあずかることのできない広大な発展途上地域があり、問題は一層深刻である。先進国からの技術の指導も熱心に行われているようだが、経済・技術・教育等の悪条件にはままれて、成果の滲透は困難なようである。

これらの地域では、耐震技術を普及させるよりも、免震技術を導入する方が現実的と思われるがどうか。地震対策を免震層に集中的に施しておけば、上部構造は楽な設計と施工が可能になる。

地域に拠点となる免震センターを設けて、装置の生産と設計支援を一括して行い、装置を各建設地点に送り届けるシステムを作れば効率的な免震化が可能となるのではないか。上部構造は地域ごとの伝統様式に改良を加えるぐらいでよいかも知れない。

当面、アジアの地震地域を対象として、国際協力事業を構想してみるのも意義があると思われる。国際的な活動を標榜する免震構造協会として是非取り上げて頂きたいテーマである。

バブル経済崩壊の影響をのぞけば、免震建築の未来にとって明るい材料が揃いつつある。免震構造本来の価値が発揮できる環境が早く整うことを期待している。