

当たり前の免震と高性能の免震

東京大学 神田 順



免震構造協会には比較的早い時期から入会し、学生を免震基礎の見学に連れて行ったりもしているし、免震が力学のみでなく振動論無しには語れないということから興味をもっている。その免震構造に関する議論のかかわりの経験から、構造設計者への期待を述べてみたい。

10年ほど前の当協会のパネル討論であったと思うが、私の考える免震構造の利点を述べたことがある。すなわち、「通常の地震に対しては(安全と言う意味では)大差がなくても、設計地震動を大きく上回るような時を想定すると、免震で設計する利点が強調できる。」例えば、2倍の強さの入力地震動に対して設計しようとする、一般的な耐震設計では、構造部材の耐力を2倍にすることとなり、コスト的にも建設費用として10%増のオーダーとなることが予想されるが、免震構造では、おそらくは2~3%程度ですむのではないかと。

建築基準法の要求レベルで安全とっている限りは免震構造の必然性があまり見えないが、より高い安全性を目標設定するとき、免震の利点が明らかになる。しかし、現実の設計において、そのような形で、基準法レベルを大きく上回る高性能を、具体的な設計目標とすることによって免震構造が展開しているようにはあまり見えない。1998年の建築基準法改正により、免震構造の扱いが、一般の建築構造と

同等になり、当たり前の構造になった。このことは免震構造の普及という意味で大きな前進を意味する。と同時に本来のチャレンジ精神がそがれていないか不安もある。その当たり前と高性能のところを考察してみる。

今日のわが国の免震構造の普及は、世界的に見ても、技術が社会に貢献しているすばらしい実現例と言ってよいと思う。法律で免震部材が一般材料のように規定されていると言うのは、ややおかしい状況ではあるが、本稿ではそれはとりあえず置いておいて、当たり前のことと特殊なことという視点で話を進める。技術の展開には、常にその両面が必要とされている。

そもそもは、建物基部に、水平剛性の小さな支持部材を設置することで地震に対する建築物の性能を画期的に良くすることができる免震構造の実用化は、まさに特殊の始まりであった。それが現実には、1994年のノースリッジ地震、1995年の兵庫県南部地震の洗礼に対しても、計算どおりに性能を発揮することが知られ、「免震構造は揺れない」というところまでは、誰にも受け入れられるようになった。それが免震構造を当たり前の構造として扱うこととなった要因でもある。

社会が新しい技術を受け入れるという体制が整ったとも言えるのが現時点である。問題は、その社会

が免震に「何を求めているか」である。どうも、高性能な免震を求めているというよりは、「当たり前前の免震を求めているに過ぎない」と言った印象が強い。地震に対して安心な構造。そしてその安心は、「免震だから」というだけのことになっておりはしないか。

高精度作業を行う工場、大地震時にあっても機能維持が必要とされる病院・放送局、壊れやすい美術品を収納・展示する美術館・博物館などでは、一般の設計クライテリアと異なる設計条件の議論がなされよう。しかし、戸建住宅や集合住宅、事務所における免震構造の採用が、安全性向上にどの程度の意味を有するかについて、十分な説明がされていると言えるのであろうか。

もちろん、すべての免震構造の設計を、基準法の2倍で検証せよと言うつもりはない。しかし、一般の建物に比べて、「もっと安心です」というだけでは、技術を半分埋もれさせてしまったことになる。冒頭で述べた、より高い安全性能を、具体的、定量的に提供していくことこそが重要である。しかし、この議論は「そもそも安全性をどのように評価し、建築主や利用者と言った、地震学や振動論の基礎知識の無い人も含めて、定量的な安全性をどの程度にすべきか」という点での合意形成に達する、ということとして考えると、今まさに建築構造工学の世界で問題となっている大きなテーマへの挑戦でもある。免震構造を通して、是非そのところの道を切り開いて行って欲しい。

確率的に壊れるのは1000分の1、10000分の1、というような高い安全性を論じて、それを自らの判断で実現しようというからには、建築主や投資家が、その裏にある地震学、振動論、信頼性工学と言った考え方の筋道を理解して初めて可能になるのだと思う。もっともその理解は、方程式を解くと言う意味である必要はなく、工学的な説明を納得するというのでよいが、その説明の努力を設計者が惜しんではいけない。

さらにもう一つの視点を紹介したい。高性能と言

う意味では、通常の許容応力度設計レベルあるいはそれよりも低い入力レベルにおける応答の低減効果にも着目して欲しい。構造設計は安全性だけでなく居住性も重要な要素である。その居住性においてまさに最大の効果が見えてくる。筆者らは、振動知覚を設計クライテリアに取り込むための調査研究を実施したことがあるが、(注)その成果をさらに生かす余地があるように思う。「東京では年に10回程度は地震による揺れを感じるのが普通であるが、免震建物においては1回程度ですむ」とかいうことを、設計時点での具体的な目標設定として生かせるはずということである。この点は、上にあげた加速度を抑えることを用途の特殊性から目標にする場合だけでなく、一般の人の生活においても居住性の向上として、具体的に性能表示を押し出すことが意味を持つ。

超高層建築では、風ゆれに対して、振動知覚をクライテリアとして設計することは今では常識である。そのことは竣工後1年くらいで、ある程度は設計目標が達成されているかの検証ができるので、設計者にとっても厳しい挑戦であるが、一方で構造性能に関する建築主との合意形成のお手本にしやすいとも言える。同じように、免震建築で、振動知覚をクライテリアとして設計に反映する意味が見出せるのではないだろうか。もっとも、有感地震の頻度は、地域特性が顕著で、数年に1度しか感じることがない地域では、あまり意味をなさないかもしれないが。

当たり前前の免震が建築構造学の裾野を広げて行くと同時に、定量的にうたわれた高性能な免震建築を、その価値の理解できる建築主と共同で蓄積していくことにより、先端をさらに極めて行く。今は不動産の販売戦略には、「免震は地震に安全」という一般的認識以上の生かされ方がされていないように思う。まだまだ挑戦が続く免震構造に期待する。

注：1991年から1993年にかけて、東京中心の14棟の免震建物において48の中小地震を対象に振動時知覚調査を行った。結果は、中村・神田・塩谷・長屋著「免震建物における地震時振動知覚の統計調査」日本建築学会構造系論文集472号、1995年6月にまとめている。