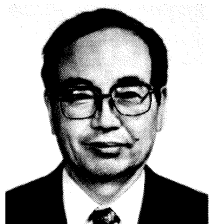


免震と専門家

清水建設和泉研 和泉 正哲 (東北大名誉教授)



宇宙の創始に関わるビッグバン (経済のビッグバンではない!) の話は、荒唐無稽にさえ聞こえるが、E.ハッブルが1927年に発見した宇宙膨張の事実と、A.アインシュタインの一般相対性原理を基にJ.ガモフが展開したビッグバン宇宙論 (1948年) を“多くの専門家”が支持していることから、我々素人も、多分本当のことであろうと受け止めている。もっともアインシュタイン自身も初めは宇宙膨張は無いと考え、彼の式の中に膨張収縮を止めるための“宇宙項”を入れた程で、後年それを一生の不覚と嘆いていたそうである。

此のように、素人にとって専門家は頼りになる存在であり、専門家と言うだけで、例え荒唐無稽でも正しいことを言っていると信用する。しかし、一旦信頼が裏切られると、専門家の関連する分野全体を疑う事になる。地震予知の分野では、想定東海地震が“明日来てもおかしくない”と地震の専門家に言われ続け20年以上が経過した。その結果、有馬・高槻・六甲断層の活動についての一地震学者の警告はジャーナリストや一般人に無視され、1995年に不意打ちの形で直下地震が阪神淡路地域を襲った。一方、我々耐震専門家は、外国の震害を見て、“日本の土木建築物は充分耐震的でこのような壊れ方はしない”と豪語していたが、阪神淡路大震災では、内外の震害の全パターンが現われ6千を超す人命が失われ、日本の耐震専門家と耐震技術は信用を全く失い、その結果、例えば、原子炉の耐震安全性に関し周囲住民が不安を抱く事となった。

既往の耐震技術への不安は、新しい技術への期待となる。神戸の震源域近傍の2つの免震建築物が所期の効果を示し無傷であったことから、世間は免震構法が耐震技術の救世主の様に感じた。

日本に於ける免震構法の歴史は古い。1891年濃尾地震後の河合氏の提案、1930年代の岡博士の設計と建設、1965年の松下 (現東大名誉) 教授らの数理実証等で世界をリードしたが、現在の主流である積層ゴム支持の手法は仏、NZで開発された。もっとも最初に免震のた

めに建物をゴムで支えたのはユーゴスラヴィア (現マケドニア) の学校建築であり (1969年)、筆者も深く関係したが、積層ゴムではなく、そのため建物重量でゴムがはらんでいる。1971年米国のサンフェルナンド地震で、建物の第一層の剛性を低く抑えこの層の変形を許して免震構法としたオリーヴビュー病院が大被害を受けた。言うなればRCピロティ構造であり、大変形時にコンクリート柱が破壊され、復元力特性が負勾配を持つ崩壊型である。1978年に仏の学校と南アの原子炉が初めて積層ゴムで支持されたが、減衰機構は不十分である。NZで開発された鉛入積層ゴムは減衰能力も高く、現在も多用されている。

免震構法の強味は、これが理論と経験の上に得られた“耐震建築の5原則”から逸脱していない点にある。

5原則とは、

1. 良質地盤
2. 軽い (特に屋根の軽い) 構造
3. 強く且つ粘り強い
4. 共振を避ける
5. 高減衰

であり、免震構法は4、5を重視し、建物の基本固有周期を積層ゴム支持機構により伸ばして入力地震動の卓越周期よりも長くし、その支持機構部分の変形の大きいことを利用して減衰機構を効率よく作動させている。周期を伸ばすには、ゴムの材料剛性を下げ、総厚を上げ鉛直応力度を高めればよいが、やり過ぎると不安定となるので、1次2次の形状係数に下限値が設けられている。日本では、例えば、清水-東北大免震共同研究のように建設会社などが研究のために免震建物を建てて地震時の実挙動を観測している例も多く、逆輸入した免震技術の研究、改良を進め、従来建築との実挙動の対比や、支持・減衰機構、上部構造、地盤、気温による免震効果の相違、鉛直加速度の増幅などを調べ、破壊実験も行い、現在、この分野で世界をリードするまでになった。

剛性の高い在来建築では地盤がゴム支持ほどは効果

的では無いにしろゴムの代わりをしており、免震建築同様大きな入力に対する程地盤も大きな免震効果を示している。また、入力損失やエネルギーの逸散により減衰機構の役目も果たしている。

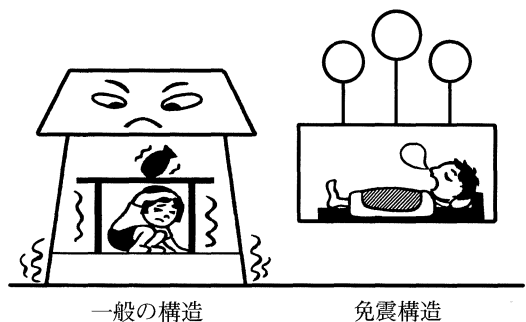
免震構法の弱点は、適用範囲が限定されている事であろう。最も免震効果が期待出来るのは、硬質地盤上の剛な建物である。ところで、地盤、支持機構、上部構造を簡単にモデル化し、地震応答計算を行うと、例えば軟弱地盤で杭頭に免震機構を設けた中高層ビルのように免震には不向きと思われる建物でもその応答加速度値が、同じ条件下の非免震ビルよりも小さく収まる事が多い。しかし、このモデルの挙動から直ちに軟弱地盤上の中高層建築も、“免震効果は減るがそれでも免震の方が在来構法よりも有利”とは断言出来ない。モデル化の際に無視し或いは単純化した処に実物との乖離が存在し得るからである。例えば地盤の変形・沈下や杭の移動・破損は免震建築に“より不利”に働く。軟弱地盤とその下部の基盤の構造は、高さ/幅比の大きい建物の周辺部のゴムに引張りを生じさせる入力地震動を形成し建物を転倒させるかも知れない。免震構法の専門家ならば、モデルの挙動の外に実物の挙動を心に描く必要がある。それが免震建築が人々の信頼を裏切らず普及するための必須の条件である。

1933年のロングビーチ地震で強震計記録を得た米国は、応答スペクトルと言う素晴らしいアイデアを1940年代に案出した。それから半世紀以上を経過した現在、やや誇張して言えば、耐震理論分野でこれを凌駕するような良い考えは出ていない。確かにコンピュータの発達で、線形から非線形、単純から複雑、小規模から大規模へと数値解析が変化してはいるが、仮定条件が多く実用のための精度が著しく改善されたとは言いがたい。

応答スペクトルを極めて概括的に捉えると、加速度スペクトル値はピーク後は構造物の1次固有周期 T に反比例し、速度スペクトルはほぼ一定、変位スペクトルは T に比例する。 T の長い免震建築も超高層ビルも絶対加速度値の減ることは大いに望ましいが、応答速度値については注意する必要がある。上部構造に部分的破壊を生じると、エネルギー供給が意外に大きく破壊が進行する。免震建築と言えども耐震建築の5原則は出来る限り多く満たしたい。なお、地盤の軟弱な場

合は加速度のピークは長周期側に寄る。また、関東大震災時の地動に強力な長周期表面波も存在したらしい。

最後に再びはじめの宇宙の話に戻ろう。ニュートン力学は経験を基に組み立てられ、建築構造学の基礎理論でありまた惑星の運行も説明し得たが、第2則と万有引力の2個の力の定義式を持つ矛盾を突かれ、一般相対性原理の出現となった。この理論は幾つかの事例で実証されたが、我々素人の常識を超える現象の存在を示唆した。偉大な天才とは言え同じ人間が造った理論が、人間の経験を超越することは素晴らしい。しかし、我々にとって、無から有を生じたことになるビッグバン現象は、爆発寸前状態がどんなであったかの説明が無い限りイマイチの感を払拭することが出来ない。A. ビレンキンによれば、量子論と一般相対性原理とが合体して量子重力理論が完成すれば、無からの宇宙創生が理論的にも可能になるとのことである。そのとき、アインシュタインが恥じとした宇宙項が活用されると言うから、世の中は面白い。



もし、将来完全な免震構造が造られるようになれば、世の中の心配の種が1つ減るのだが

拙著建築構造力学2(培風館)より転載