21世紀 市場創造 ◇32◇

環境

建物の耐震技術

免震・制振構造に脚光

免震部材・減衰装置 エネルギーを吸収

阪神大震災から三年八カ月しか過ぎていないが、日本全体で見ると次の地震は必ず起こる。少しさかのぼっただけで、新潟地震、宮城県沖地震などが思い起こされる。阪神地区は当分来ないと言う人もいるが、関東地区は条件が異なる。関東大震災は一九二三年（大正十二年）に起きてから七十五年になる。江戸時代にも大きな地震は起きている。明治時代と昭和時代には起きなかったが、関東地方がいつまでも静かであり続ける保証はない。日本中、同じように心配な地区はたくさんある。

阪神大震災では、古い木造住宅だけでなく多くの現代的な建物にも被害が発生した。特に七〇年以前に建設されたものに危険性の高い建物がたくさんある。日本中どこにでもある建物だ。それ以降の建物でも、柱と梁（はり）だけでできているような建物は倒壊しないまでもひび割れなどが発生し、地震後の継続利用は無理である。

阪神大震災の前までは一部の建物にしか使われなかった耐震技術が、最近は脚光を浴びるようになってきた。免震構造と制振構造である。我が国には、建設中のものも含めて六百棟近い免震構造の建物がある。

例えば、世界的建築家のル・コルビジェの設計した東京・上野の西洋美術館。その設計は一九五〇年代後半なので、現在の耐震設計基準を満たしていなかった。そこで、建設省の技術者の決断によって、基礎部分に積層ゴムアイソレーターを組み込み、建物全体を免震構造にした。この工事では建物本体には何も手を加えず、ル・コルビジェの設計を尊重して行われた。

米国では免震構造の建物は三十棟ほどしかないが、ソルトレーク市などのように約百年前に造られた市庁舎の建物が免震構造に次々に改造されている。新しい建物では、サンフランシスコ国際空港ターミナルビルが免震構造で建設中である。我が国では多くのマンションに使われ、郵政省の郵便貯金、簡易保険などの計算センターは免震構造で建てられている。最近は病院建築に免震構造を使うのはほとんど常識となっている。

免震構造は建物と基礎の間に、鉛直方向の力は間違いなく支えつつ、前後左右の水平方向には動きやすい部材を設け、地震による力を建物の中に入りにくくした構造である。この部材には厚さが数㌢の鉄板とゴムを何層にもわたって層状に張り合わせて作った積層ゴムアイソレーターが用いられることが多い。このほか、地震のエネルギーを吸収し建物の揺れを抑えるためにダンパーが組み込まれる。地震時の「がたがた」した揺れはここで吸収されてしまう。

航空機内の厨房（ちゅうぼう）では、揺れても食器などが飛び出さないように食器棚が整然とストックされ、すべてロックされている。我々が住んでいる建物も、大地震の際にはとんでもない揺れ方をする。普段は棚の中に並べてあるものが大地震の際には躍り出し、棚が動いたり、倒れたりして騒然とした状態になる。本当は機内食の棚のように、しまう度にロックしておけばいいのだが、地震は日常的なことではないから、そんなことはできない。

免震構造の良さは、大地震時に建物が壊れないだけでなく、揺れ方がゆっくりになり、建物の中の安全性が圧倒的に高まることにある。食器棚が倒れることなど忘れて生活していても、地震の時にも安全なわけである。

東京・上野の西洋美術館は建物全体を免震構造にした

壊れにくく安全に コスト安い場合も

東京が大地震を受けたとき、機能を完全に維持しなければならない建物の一つに首相官邸がある。八月下旬、首相官邸の新築の計画が発表され、免震構造とソーラー発電が用いられるという。現時点において、最も間違いのない決断である。もし免震構造を使わなかったとしたら、一般の建物より丈夫に造ることになり、建物は大地震を受けても壊れないであろう。

しかし建物の中が安全とはいえない。建物を丈夫に造れば造るほど、建物内部における「がたがた」した揺れ方は激しくなるからである。阪神大震災の際、テレビが飛んできたりピアノがひっくり返ったりしたのは、地震に強かった壁式構造のアパートである。

免震構造は従来方法で造るより建設費が余計にかかると思われている人が多いと思う。積層ゴムアイソレーターは最近の量産化で単価が下がり、十数年前の三分の一以下になっている。建物の構造に作用する地震の力が従来の工法より圧倒的に小さくなるため、柱、梁などの建設費が安くなる。これらを考慮すると全体の建設費が安くなる場合もある。

あと二十五年で関東大震災から百年。これから建てる建物の場合は必ず大きな地震に遭うと思った方が良い。新しく建物を建てるなら、まず免震構造にしてみようと考えてほしい。免震構造の建物が大地震に遭った場合、人的被害がなくなること、地震後すぐに営業できることなどを含めて考えるとその効果は計り知れない。

もう一つの技術、制振構造には二つの方法がある。地震計を用いて建物の揺れを計り、それに基づいて建物の揺れをコンピューターとオイルジャッキの力などにより制御する能動的（アクティブ）制振と、建物の骨組みの中に減衰装置（ダンパー）をたくさん組み込み、地震による建物の揺れを減衰させてしまう受動的（パッシブ）制振である。

アクティブ制振構造は、将来の発展に期待するところであるが、現状では中小地震による揺れの制御に限られる。大地震の時にはブレーキを使って装置の動きを止めてしまうしかなく、大地震時の建物の安全性向上のためには使えない。もし免震構造を使わないのであれば、高層建築だけでなく中層建築の場合でも、これから説明するパッシブ制振構造を用いるのがおすすめである。

建築物の骨組みは主に柱と梁で造られる。これに床が載せられ、壁や窓が付けられて建築物になる。地震時の揺れを減らすためにはこの骨組みの中に減衰装置を組み込めばよい。減衰装置にはいろいろな形が考えられるが、壁状のもの、筋かい状のものが用いられ鋼板や粘性体、粘弾性体が使われる。これらの減衰装置は建物の重さを直接支えているわけではないので、地震が起きた時、地震のエネルギーを吸収しても、建物そのものは安全である。

これに対して一般の耐震構造は地震の際に柱や梁が壊れることで地震のエネルギーを吸収する方法によっているため、地震の後に建物が使えなくなってしまう。制振構造を利用しうまく設計した場合、一般の構造よりコストが低くなることも重要である。

免震構造、制振構造は両者とも建築基準法の条文には書かれていない新しい技術である。今年の春に建築基準法が全面的に改正され二年後に施行されるが、性能を満たせば新しい技術・材料を自由に用いて良いようになった。この新しい法体系を機能させるためには新しい技術を正しく理解し、評価する第三者の審査機関が必要であるが、新しい技術の発展のために、良いタイミングの法改正であるといえる。

一方、将来の子孫のためには、地球環境をこれ以上破壊すべきではない。建築が環境に与える影響は非常に大きいと言われている。我が国の建物は六十年を寿命として造られているものの、統計によると、その半分の寿命もまっとうしないで取り壊されている。英国の集合住宅など百三十年も使われ、これからも同じように使われようとしている。

我が国は木と紙で建物を造ってきた歴史があり、新しい物好きの人種であり、地震、台風などの自然環境が厳しく、建物を恒久的なものと考える習慣がなかったものと思われる。これからは意識を変えていかねばならない。そのためにも、地震・台風を受けても壊れない建物の造り方として、免震・制振構造に期待するところが大きい。

（東京工業大学教授・建築物理研究センター長 和田 章）