新技術論 ◇38◇

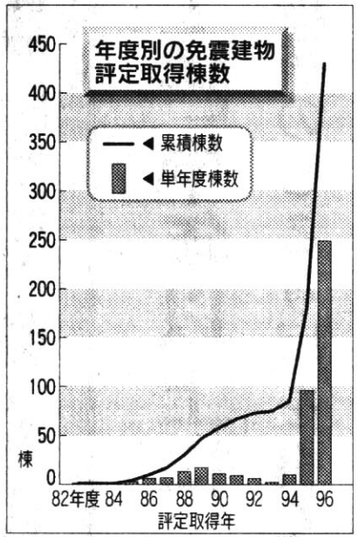
これからの社会資本整備

最新の耐震技術
建物の「生活・機能」を維持

現建築基準法では壊れることを覚悟

最近のニュースで、縄文時代に木造の建物が建てられていたとの遺跡調査が報告された。縄文時代にも周辺に大きな森や林はあったろう、一万年以上も続いた時代に木材を使って家を建てようとした人がいないと考えるほうが不自然である。各時代、最善の努力と工夫をして人間は暮らしているはずである。

同じころの新聞に、東京に大きな地震が襲ったことを想定した災害予測が紹介されている。死者は七千人とある。解説には過小評価ではないかと書かれているが、阪神大震災において六千数百人の方が亡くなられたことを考えると、同感である。問題は、読者が傍観者として、これらの記事を読み流してしまうことにある。関東大震災からすでに七十四年が過ぎた。これからそう遠くない時期に大きい地震は起きるであろう。阪神地区に建てられていた建物とその他の地域にある建物に何も違いはない。大変な地震災害になると思う。このままでいたら自分も被災者の一人になると考えたほうがよい。家族や友人のことも考えてほしい。大切なのは命だけではない。この何倍もの人たちが大きな傷を負う。その上、毎日の幸せな生活、仕事、世界の政治・経済活動の中での日本の役割、ここまで発展した社会を一瞬に壊してしまうことになる。



我々は、建築に関する多くの技術を培ってきた。最新の耐震技術は、建物の下部を水平方向に動きやすく作り地震動を建物の中に入りにくくする「免震構造」と、建物の骨組みをしなやかに作り、その骨組みに地震のエネルギーを吸収する減衰装置(ダンパー)を組み込む「制振構造」である。縄文時代の人々がやっていたように、我々も最善の方法で建築物を建てなくてはならない。

一般的な建築物に対する建築基準法の耐震設計法では二段階の強さの地震動を考えている。第1レベルは、建物の重量の二〇%の力が横から作用するとし、これに対して建物には何も問題が起きず、元の形に戻るように考えている。これは普通の建物が六十年間は使われるとして、その間に数回は受ける程度の地震動(八〇―一〇〇ガル。ガルは加速度の単位)の大きさに対応した考えである。

第2レベルは、建物の寿命の間に受けるであろう最大級の地震動として、上記の五倍(四〇〇―五〇〇ガル)を考えている。これに対して建物を無損傷にすることは難しいため、ある程度壊れても仕方ないとし、倒壊(完全に倒れてしまうこと)だけは防いで、中にいる人を救おうと考えている。そのために骨組みを粘り強く作る方法が用いられるが、壊れることを認めているため、地震後には点検、修復が必要であるし、場合によっては取り壊すことになる。現行の建築基準法によった建物で、阪神大震災によって倒壊はしなかったものの、その後に取り壊された実例もある。

建設費が気になるところだが、最近の話題では、従来の工法とほぼ同額、場合によっては安い建設費でできるという話もある。もし若干建設費が高くなったとしても、大きな地震を受けたときに普通の建物の中にいたことを想像してほしい。結果は免震構造の建物とは大違いである。人の命はお金には換えられない。毎日の幸せな生活を続けられる価値は何ごとにも換えられない。イニシャルコストでなくライフタイムで考えるべきである。

最新の話題として、高さが六十㍍を超える超高層建築の基部に積層ゴムを組み込み、免震構造にすることで、建物をさらにゆっくり揺れるようにする「高層免震」の技術が開発されている。この効果は抜群である。街区をそのまま免震構造にしてしまうことも考えられている。二十一世紀に向け、日本の免震、制振の技術は世界をリードして進み始めたと言える。

大きな組織の場合、過去から継承されてきた方法を継続的に維持することが第一となりがちで、これが新しい技術の普及の妨げになる場合もある。しかし、これらに属する人々が免震構造の良さを理解した後には、「次のプロジェクトには免震構造を」と互いに競い合うようになると違いないと考える。二十一世紀を目前にして、免震構造、制振構造が常識になることを大いに期待する。

免震構造の健全な普及を目的として、一九九三年に日本免震構造協会が設立され、活発な活動を続けている。

(東京工業大学教授・建築物理研究センター長 和田 章)

免震・制振

ることをさらに期待する。

地震工学における最も重要な知見に、建物の固有周期(建物が一回揺れるのにかかる時間)は高い建物ほど、高さに比例してゆっくりになり、地震時に建物に作用する力は、ゆっくり揺れる建物ほど小さくなる性質がある。例えば、建物の高さが五倍になれば、作用力は五分の一になる。約三十年前に建設された震が関ビルもこの性質を利用して設計され、地震国日本に超高層建築の建設が可能になった。さらに、揺れを小さくするために、減衰性能を高めることが有効であることも分かっている。東京・新宿などにある高層建築の固有周期は約五秒であり、最近の超高層建築には、揺れを小さくするためにダンパーを建物の各階に組み込む制振構造が多く採用されている。

免震構造は、建物と基礎構造の間の縁を切って作り、建物の重量は間違いなく支え、水平方向にはできるかぎり柔らかく支持する方法でこの間をつなぎ、ここにダンパーを組み込むことによって作られる。ここを免震層と呼び、ここには数㌢の厚さのゴムと鉄板を三〇―四〇の層状にして作る積層ゴムが使われる。これに、建物が載ったときの鉛直方向の縮みは一―三㍉程度であり、ほとんど問題ではない。ゴムの上に建物を載せることに心配はご無用である。

これによって、建物の高さに関係なく、四秒程度の周期でゆっくり揺れる建物を作ることができる。先ほど、建物に作用する力は固有周期がゆっくりになる程、小さくなる性質があることを述べたが、これに鋼材、鉛、粘性体などを用いたダンパーを組み込んでいるため、免震層の上の建物に作用する水平方向の力は、レベル2(四〇〇―五〇〇ガル)の地震動を受けても、建物の重量の一〇―一五%程度にしかならない。この力は、基礎が固定されている従来の建物がレベル1の地震動を受けたときの二〇%より小さい。一言でいえば、普通の建物に比べ、数倍以上安全であることになる。建物内部の揺れ方も同時に小さくなり、建物の柱や梁(はり)に生じるゆがみも、一般の建物が小さな地震を受けたときよりも小さくなる。病院でも計算センターでも何も問題は起きない。当然、建物の財産価値も失わない、人々も安全である。生活はそのまま続けられる。

米国では古い建築物の耐震改修に免震構造を用いる例が多い(工事中のサンフランシスコ市庁舎=日本免震構造協会提供)

病院や計算機センターなどだけでなく、すべての建物がそれぞれ機能や生活を持っている。これらを継続的に維持させようという考えは、建築基準法の中にはない。

大きな企業、公的な機関のように、全国に多くの建物を所有しているような場合、個々の建物を十分に強く作るために多くの費用を使うより、少ない費用ですべての建物を作り、地震後に壊れたものだけ建て直す方が経済的という確率計算は成り立つ。しかし、個人の所有である住宅の場合は倒壊してしまえば、すべてを失うことになる。阪神大震災の後に、免震マンションの建設が急増し、ほとんどが完売したのはこうした理由からである。地震直後にも機能を維持させたい多くの建物に、免震構造が使われるようになったのもこのためである。

被害の影響がその建物だけにおさまらず、対外的に大きな影響をおよぼす政府の中枢の建物、原子力発電所などに免震構造が使われ

積層ゴムを使い揺れをゆっくり