

建築物の耐震性不足

工学が理論だけで組み立てられると考えるのは間違いである。中でも耐震工学は、自然と人間のかかわりが強く、理論だけでは説明できない最も難しい分野である。長さ a の片持ち梁の先端に鉛直荷重 P が作用するとき、固定端には曲げモーメント $M=Pa$ が生じる。このような力学は理論であり、誰が考えても同じ結果になる。一方、例えば建築物の耐震設計に用いる地震力の大きさには、普遍的かつ絶対的な値はない。そして、もし地震力が決められたとしても、その地震で建築が受ける被害の程度について、普遍的かつ絶対的な許容状態は決められない。

建築物の耐震性能は、考えるべき地震力の大きさと、これを受けた建築物の応答に関する許容状態の組合せで表せるが、耐震性能の最低基準は国の豊かさに応じて変わり得るし、建築主の要求によってもその建築物の耐震性能は変わる。構造材料の進歩、設計技術の進歩により、建築物の耐震性能を高めていくことも可能である。国が貧しく日々の生活にも困っていたような時代、十分な強さや粘りをもつ材料のない時代、構造解析技術や施工技術の進んでいなかった時代に、高い耐震性能をもつ建築物をつくるのが難しかったことも理解できる。

1950（昭和25）年に発布された建築基準法に定められた耐震設計法は、建物の重量に震度0.2を乗じて求めた地震水平荷重によって、構造

物内に生じる応力度を求め、鉛直荷重時の応力度と加算して、この値が構造材料の短期許容応力度を超えないようにしようとするものである。水平震度0.2は、 $80\sim 100\text{cm/s}^2$ の中小地震動を受けたときの建物の応答に相当する。材料や構造部材、さらには骨組のもつ余剰耐力、粘り強さによって、大地震が来ても大丈夫であろうという考えである。今の目で見ると、この基準は明らかに楽観的だったといえる。

この甘い期待は、1968年の十勝沖地震の被害で打ち破られ、1970年には日本建築学会のRC構造計算規準のせん断設計法が改訂され、建築基準法施行令も改正された。この頃着々と進んでいた超高層建築物の耐震設計の考え方と比べて、当時の一般的な建築物の耐震設計は、考えている地震力の大きさの低さだけでなく、構造物の地震時の挙動への考察が不足していたことでも、十分でないことは明らかであった。その後、産官学の多くの研究成果により、1978年の宮城県沖地震を経て、1981年に耐震基準は新耐震設計法として大きく変わった。

この頃まで、地震被害はRC構造に集中していて、鉄骨構造やSRC構造などの耐震性については、専門家の間でも楽観的な気持ちが続いていたように思う。しかし、1995年の兵庫県南部地震で、これらの構造にも多くの被害が生じ、関係者は大きな衝撃を受けた。それから11年が過ぎ、その後も日本の各地で地震被害が相

次ぎ、既存建築物の耐震性不足、補強の必要性が社会にやっと認められるようになってきた。

耐震基準と耐震設計

震度法が提案される前の明治時代に東京丸の内に建設された煉瓦構造が、1923年の関東地震を受けても無被害であったり、戦後に建てられた神戸地区の学校などで、桁行方向にも耐震壁を設けていた建築物が、1995年の兵庫県南部地震でほとんど被害を受けていないなど、昔から耐震性の高い建築は設計され施工されてきた。重要なことは、建築基準法や学会規準ではなく、設計する人の心や取り組む態度である。建築基準法や学会規準などは、誰でもが耐震設計に携われるように、技術を一般化するためにつくられてきたと考えた方がよい。

社会のどのような問題も、それを扱うための仕組みやルールをつくと、それで囲まれる一つの世界ができ上がる。耐震設計のための建築基準法や学会規準も、同じように一つの世界をつくる。耐震設計の問題は、本当はいつ来るか、どのような強さや性質の地震動が来るか、その建物が存在している間には来ないかも知れないことも含めて、よくわからない地震動を相手に、これもやはりすべての性質や挙動がわかっているわけではない建築構造物をつくらうとしていることに関係している。

人間がつくり上げた世界と、実際の建物が地震に襲われたときの本当の挙動を表す世界が一致していれば

問題はないが、まだまだこれは人智の及ぶところではなく、一致しているなどと考えるのはおこがましい。人間は楽観的にできているから、どうしても人間のつくる世界の方が自然の世界より小さくなってしまふ。重ねて人間は怠け者であり、国の基準や学会基準で囲まれる世界を実際に起こる自然現象の世界だと考えて仕事をする方が楽である。狭い世界の中で、「もつ」「もたない」といって日々建築構造物の強さについて競い合うことになりがちである。

最も重要なことは、人間がつくったルールに囲まれた世界にとどまることなく、その外にあるかも知れない実際の挙動に想いを巡らすことである。佐野利器、武藤清の著書『家屋耐震並耐風構造』（常磐書房）は、関東地震の12年後に出版された。建設地を襲う地震動の軌跡について、震源地で起きた波の複雑さだけでなく、震源地から建設地まで多くの経路を通して伝播してくることを考えると、自然現象は複雑であり、「之を線で現はすならば恰もくしゃくしゃに纏れた糸の如きものである。此の事實は耐震構造を研究するものとしては常に確りと頭に留むべきことである。構造物への作用を考へるに當り、縷々地震動を単純なものとして扱うことあるに迷い、地震動其のものを単純なものと思ひ違ふものがある。切に心すべきことである」と書いている。一度ルールをつくると、そのルールの中でしかものを考えなくなる人間の弱さを、建築基準法が制定される15年も前に指摘している。

ルールづくりが行き過ぎると、思考の停止に陥り、新しい発想の生まれる可能性も止めてしまう。親切の押し売り、お節介はいけな。同じことは工学教育にも起こり得る。「原理はどうでもよく、こうすればできる」という教え方になってしま

う。思考の停止した技術者が増えることによる危険性を考えなくてはならない。耐震性の不足した建築物が日本中にできてしまった遠因は、便利な耐震基準をつくって、耐震設計をルーチンワークにしてしまい、「規則に書いてあるからこうした」というように、規則を技術者の免罪符にしてしまったからだともいえる。

自由な発想

基準に従って真面目に進めてきた結果として起きてしまった建築物の耐震性不足は、誰にも罪がないような、みんなに罪があるようなおかしな問題である。この居心地のよいおかしな世界から外に出て、原点に戻り、その建築物の地震時の本当の挙動に目を向け、自由な発想、新しい発想で取り組んだ方がよい。

建築物の耐震性に大きな段階を付けると、「建物の機能の維持」「財産価値の保全」「人命保護」となる。現行の建築基準法では、「稀に起こる中小地震動」に対しては、3項目すべてを確保しようとしているが、「極めて稀に起こる大地震動」に対しては、人命を保護するために建築物の倒壊を防止することを目標とし、財産価値、機能維持は入っていない。骨組本体の大きな塑性変形を許容し、地震後には取壊しになることもあり得る。私たちのつくった耐震設計の世界は、理想を求めたものとはいえない。

住宅の品質確保の促進等に関する法律が2000年に施行された。耐震基準が一律であったことに比べ、大きな進歩である。しかし、地震時の構造物の損傷状態には建築基準法と同じものが使われ、機能維持のために建物内部の床応答加速度を評価したり、什器の転倒防止のために床応答速度を評価することはしていない。免震構造や制振構造の高い耐震性能を主張しようとしても、この法律の

枠組みの中では説明できない。

初期建設費のうち、構造本体にかかわる費用は25%程度といわれる。骨組に大きな塑性変形を許容すると、非構造部材や設備にも大きな損傷が及ぶ。現行の建築基準法は本当の最低基準である。耐震補強の目標も同様であり、大地震を受けたときに建築物の倒壊を防止し、人命を守ることが目的になっていることが多い。

耐震補強を行う際には、このような決まりごとにこだわらず、建物の財産価値の保全、機能の維持などの高い耐震性能を求めたり、美しい構造デザインを追求したり、省エネルギーや環境に配慮した設計を行うなど、自由に考えた方がよい。

耐震補強の方法にも色々な考え方が使える。兵庫県南部地震で問題となった特定層破壊を防止するためなら、連層耐震壁を付加することが有効である。静的な地震力には効果はないが、動的な地震力には圧倒的な効果を発揮する。この目的のためなら、壁脚をロッキング支持にしてもかまわない。

少子高齢化が問題になっている。次々に新しい建築をつくるより、古い建築を上手に使うことが重要である。場合によっては部分的に壊して空間をつくり、既存建築物の階数を減じるなどにより、景観に配慮した住みやすい街をつくることも必要である。新しい発想は幾らでも生まれる。耐震性の向上によって古い建物の不動産評価が高まるなどの動きは、当然起こるに違いない。多くの社員をもつ会社で、事務所、工場、社宅の耐震補強に力を入れているところもある。「言易行難」ともいうが、「知難行易」の言葉もある。素晴らしい発想の展開に力を入れれば、市民の安全を守る街の耐震性向上は次々に進むと期待できる。

(わだ あきら)