【第三種郵便物認可】 日本経済新聞 1999年(平成11年)9月27日(月曜日)

21世紀 市場創造 ◇70◇

進化する技術

耐震建築
生きる日本の伝統手法

"Shaping the future"は一九九一年の初夏、米国マサチューセッツ工科大学の第十五代総長チャールズM・ヴェストが就任したときのキャッチフレーズである。このあと、同大学の工学系の研究はデザイン論に中心を移している。衣食住にかかわる身近なものから自動車などの工業製品、我々の専門である建築、橋梁(きょうりょう)など、言うまでもなくデザインが最も重要である。使いやすさだけでなく、美しさ、長い間使える耐久性、簡単なことでは壊れない強さが必要である。同じ量のコンクリート、鋼材を用いて建築・土木構造物を造るとき、使いやすさ、美しさ、強さがなければ、ただの資源の無駄遣いでしかない。

建築、橋梁などは重力を受け、地震、強風などの厳しい環境の中に立ち続けなくてはならない。美しさを決める基本は骨格の構造にあり、着飾ったデコレーションによって美しさを表現し保つことはできない。エジプトのピラミッドのようにがっしりとした安定感の美しさ、ニューヨークのワールドトレードセンターの空へとどいてしまいそうなツインビルの軽快な美しさ、日本庭園の中で静かに美しくただずむ桂離宮、サンフランシスコのゴールデンゲートブリッジの美しさ、これらはすべて構造そのものであり、美しさに何も化粧はない。

コンクリートと鋼を用いて建築、橋梁を造る技術が本格的に我が国に導入され、定着したのは二十世紀のことであり、百年の歴史しかない。一方、我が国には千年以上の素晴らしい木造の歴史がある。建築では法隆寺などの五重塔、伊勢神宮、橋梁では岩国の錦帯橋などである。構造物を剛に造る欧米の方法に比べ、日本は、古来から構造物を無理に剛に造らず、地震や風による揺れを上手に受け流す方法を培ってきた。

阪神大震災(兵庫県南部地震)から五年になろうとしているが、被害を受けた古来の木造建築は解体の後、折れた部材の作り直し、使える古い部材はそのままに再建されたそうだ。自然に対し無理に抵抗しない長年の伝統であり、文化である。地震後に膨大な量のコンクリートの瓦礫(がれき)を作り出してしまった二十世紀の技術には反省が必要である。

八月と九月に続けて起きたトルコとギリシャ、台湾の地震を見て、当地の建築技術の低さ、違反建築を指摘しているが、使われている材料、施工法は異なるものの、五年前の阪神地区の被害写真と並べたとき、我が国の状況がそれほど褒められるものでないことを思い出さなくてはならない。地震や台風は自然現象であり、ある長い期間の中で必ず大きなものが起こる。例えば東京を例としたとき、関東地震から七十六年である。終戦後の貧しかった時期に建てられた弱い建築は仕方ない。しかし、これから建てる建築、橋梁は必ず大きな地震・台風を受けると考えてまじめに造った方が良い。

建築構造の関係では建築基準法が昨年六月に改正され、規則でがんじがらめになっていた従来の方法「仕様に基づいた設計」から、地震、風などの力が作用したときの建物の動きに注目し、その予想される挙動・性能に注目して設計すれば、新しい技術を自由に用いることのできる「性能に基づいた設計」が取り入れられた。この流れは世界の先進国であり、初めに述べたように、これからはデザインがますます重要になる。

このたびの建築基準法の改正では、建築の許認可および中間検査を行う機関が民間にも開放された。NPO法人「建築技術支援協会」を例に挙げると、東京オリンピック前後から現在まで我が国の建築技術の発展を支えてきた優れた熟年の建築技術者の集まりであり、企業会員を持たず、個人の集まりとしてできた我が国初めての協会である。上記の機関として最も適していると期待されている。性能設計への移行および許認可の民間開放は制振構造などの新しい技術の健全な発展を加速しよう。

自然に逆らわずに「揺れ」受け流す木造

自然に真っ向から抵抗する欧米から導入した構造法への反省と、自然になじむ我が国の伝統的な構造法について先に述べた。コンクリートと鋼を用いる現在の構造法の中に日本の伝統的手法を取り入れるのが制振構造である。横浜の鶴見つばさ橋のような斜張橋のテンションロッドの定着部にはダンパーが設けられ、ロッドの風による揺れを軽減している。東京湾横断道路や阪神大震災後に再建された高架の高速道路では、橋脚と橋桁の間に積層ゴムが組み込まれ、夏と冬の温度差による橋桁の軸変形に対する「にげ」と、地震時の橋脚への過度な力の軽減に役立たせている。

建築では、基礎構造と建物の間に積層ゴムとダンパーを組み込んだ免震構造がある。我が国に初めてこの方式が取り入れられて十数年が経過し、計算センター、中高層アパート、病院建築などに用いられ、累計の棟数はもうすぐ千に達しようとしている。

研究開発を進めてきた関係者にとって喜ばしいことである。免震構造の有効性が、一般の人々に浸透していないのが残念である。社団法人免震構造協会があり、国内外との連絡をとりながら、健全な免震構造の普及を図っている。トルコの地震の直後、高村外務大臣は我が国の耐震技術をトルコへとコメントしていた。会長の中野消防庁長官は日本の援助による免震アパートの建設を提案している。

もう一つの大きな流れは制振構造である。鋼材料は、自動車のボディー用に開発された塑性加工に適した大きな伸び能力を持つ極低降伏点鋼から、つり橋のケーブルさらにはラジアルタイヤの中に組み込まれる細い鋼線のように非常に高強度のものまで多様である。その降伏応力度の範囲は一平方ミリ当たり一トンから三十トンまでと非常に広い。若干専門的になるが、鋼材料の剛性は鋼材強度の大小によらず一定である。コンクリートについても高い強度の材料が開発され、長年用いられてきた標準的な強さの約五倍のものまでが実用化されている。その強さは一平方ミリ当たり一トンのものまである。

鋼材料とは異なり、コンクリート材料は強度の高いものほど剛性も高くなる性質があるが、強度が五倍になっても剛性は二倍ほどにしか上昇しない。これらの高強度の材料によって柱と梁を造り建築構造を構築すると、材料強度が高い分だけ柱・梁などの部材は細くできるから、部材としての剛性は小さくなり、変形しても壊れにくいしなやかな構造物ができる。

このしなやかな構造体に各種のダンパー、例えば極低降伏点鋼ダンパー、粘弾性体ダンパーまたはオイルダンパーなどを筋違いまたは壁のように建物の各階に組み込むことにより、制振構造ができる。これらのダンパーは地震や台風による振動を低減する大きな効果をもっており、大きな地震を受けた後には、この部分だけを点検すれば良く、柱・梁の点検はほとんど必要ない。

最近の研究によると、これらのダンパーのエネルギー吸収能力は非常に大きいことが分かっており、地震後の取り換えは必要ない。高さが六十mを超える高層建築は、霞が関ビル以来、千数百棟が建てられており、阪神大震災の後、上記の考え方による高層建築の設計はますます増加し、最近では八〇%を超える高層建築に適用されているこのほか屋内野球場、サッカー場の大屋根の振動抑制にダンパーを組み込み、制振構造とすることが多くなっている。

建築構造、橋梁などは限られた地球の資源を大量に用いて造られる。我々は、将来の人々に誇れる構造物を謙虚に造っていかなければならない。「未来を形作る」には責任がともなう。このために、日本古来の技術の発展形といえる制振技術の応用をますます盛んにしていかなければならない。

(東京工業大学教授・建築物理研究センター長 和田 章)

免震構造で着工した新首相官邸の模型(左手前は現官邸)

免震・制振構造 中高層に広がる