

建築の耐震から 都市の耐震へ

和田章

東京工業大学統合研究院教授
NPO法人建築技術支援協会

建築の耐震設計

耐震構造として、「免震構造」,
「バッシブ制振構造」,
「強度抵抗型構造」,
「骨組の靱性に期待する構造」
など多くの方法が研究され、これら
の方法により多くの建築物が建設さ
れている。最も高い耐震性を期待で
きるのが免震構造であり、あとは上
に示した順に続くといえる。技術へ
の驕りは避けるべきであろうが、設
計用地震動の性質と大きさを決めれば、
上記の4種の耐震構造法それぞれ
の可能な範囲で、高低を含めて望
む性能の耐震構造の設計が可能な段
階にある。

蔓延する純ラーメン構造

本年6月20日より新しい建築基準
法が施行されるが、上記の耐震構造
の中で最も多用されており、耐震
壁・筋かいなどがなく、最も耐震性
能の劣る純ラーメン構造、つまり
「骨組の靱性に期待する構造」が最
も計算にのりやすく、よい構造であ
ると誤解され、日本中に蔓延するこ
とが心配である。これらの構造の構
造特性係数 (D_s) は0.25~0.30であ
り、強度に期待した構造の場合の
0.45~0.55に比べ、保有水平耐力は
明らかに小さい。

現状の耐震設計では、稀に起こる
地震力 ($C_0=0.2$) に比べ、極めて
稀に起こる地震力 ($C_0=1.0$) を5倍
としている。都市が大地震に襲われ
た場合、部分的にはこの値を超える
地震動が起きるのであろうが、この都

市内にあるほとんどの建物は、これ
らの2つの値の間の地震力を受ける
ことになる。結果として、強度抵抗
型の建物は激震地域でしか被害を受
けないのに比べ、純ラーメン構造の
被害は広い範囲に分布するはずであ
る。現行の耐震基準では、中小地震
動に対して機能維持、大地震動に対
し倒壊防止という2段階に注目し、
すべての構造の耐震性能を揃えてい
るように見える。しかし、実際の被害
はこの考えとは異なってくる。

初めに結論を書くようになるが、
計算しやすいから耐震性が高いとい
えない。事務所、工場、病院など
の大震災後の事業継続性が盛んに議
論されているが、大地震時に大きな
塑性変形を許容する純ラーメン構造
が日本中に蔓延するのは、絶対によ
くない傾向である。

都市の耐震設計

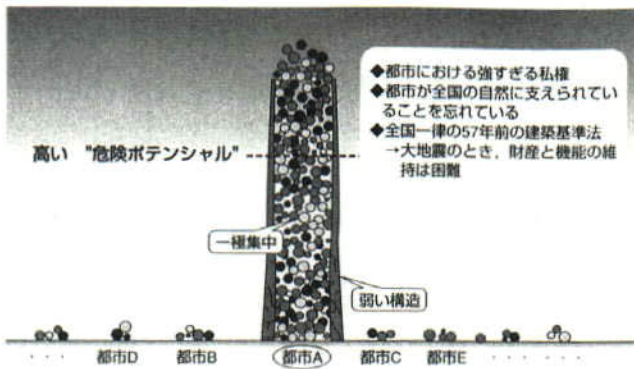
地震の発生は自然現象であり、建
築構造物の耐震設計上最も大きな問
題は、その敷地に将来起こる地震動
はどのような大きさでいつ起こるの
か、われわれには知りようがないこ
とである。発生確率は非常に小さい
が起こり得る大地震動を設計上無視
することは、個々の建物の耐震設計
を行う際、経済性を前提にした工学
的判断としてあり得る。確かに、大
地震動は極めて稀にしか起こらない
から、ある1つの建築物について、
その存続期間の耐震安全性を確率的
に満たそうとするのであれば、これ

でよい。しかし、この行動は都市の
賭けになってしまう。1つ1つの建物
の寿命は60年であっても、都市の寿
命は数百年、千年を超えるから、い
ずれその都市は大地震を受ける。
個々の建築は都市の構成要素であ
り、1つの建築の寿命と地震の発生
頻度の関係だけから個々の建築物の
耐震レベルを決めたのでは、都市の
耐震問題は解決しない。

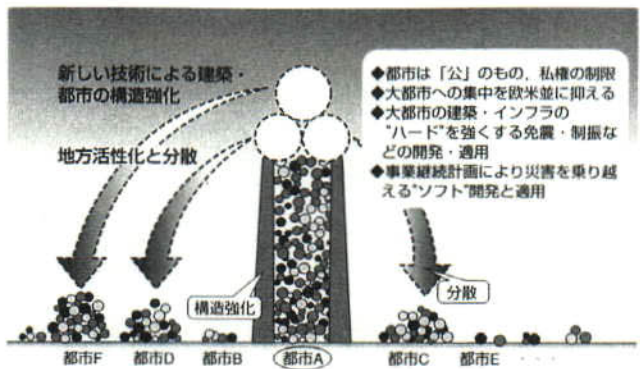
耐震設計レベルと

個人の財産権の侵害

建物は千年を越える都市の構成要
素だという理由で、将来起こり得る
最大級の地震動に対して、何事も起
きないように個々の建築物を丈夫に
設計することは簡単ではない。その
建築物が数十年後に取り壊されるま
で大地震を受けなかった場合、無駄
な構造をつくってしまったと社会か
らいわれる。わが国の建物の平均寿
命は40年もないといわれるが、この
ような建物を、400年に一度の大
地震に耐えられるように丈夫につく
たとする。400年の間には10回建て
直されることになり、これらの建物
群のうちただ1つの建物が、400年
に一度の大震災に遭い、その効果を
発揮する。残りの「9の建物」は、
設計で考えていた大地震を受けず
に人為的に取り壊されるから、これ
らにとって、この耐震設計は過剰
であったことになる。このように考
察すると、高すぎる耐震性をもつ
建物を、個人や私企業に対し要求
するのは難



大都市への過度の集中と次の大震災



大地震を乗り越えて活動できる都市

しくなる。国が個人や私企業に対して過剰な要求をすることは、日本国憲法・第29条が保障している財産権を侵すといわれる。このため、建築基準法は最低基準として、大地震動に対して、建築物の機能維持や財産価値保全を要求できず、人命保護の観点から倒壊を防止することしかいえていない。

**コスト増を伴わない
耐震性の飛躍的向上**

新しい技術開発を進め、従来からの建築構造に費やしていたものとはほぼ同じ費用で、飛躍的に高い耐震性をもたせる構造方法の開発が必要である。余計な費用を要しないならば、極めて稀にしか起こらない大地震動に対して、建築構造物を無損傷にすることの合理性が生まれてくる。社会は、この耐震構造を無駄な設計とはいわなくなるはずである。都市に建てられる個々の建物の耐震性が圧倒的に高くなれば、結果として都市の安全性も高まっていく。都市の寿命を1000年、2000年とすれば、これらに見合った再現期間の地震動を設計に用いる必要が生じるが、これも新技術を用いれば可能になり得る。

これからの方向

耐震工学の研究の焦点は、この飛躍的に高い耐震性の追及にある。明治維新以降、ヨーロッパから日本に導入された鉄筋コンクリート構造、鋼構造の建築物は、この100年間に多くの地震被害に遭い、21世紀にな

って、ようやくその限界がわかってきたように思う。免震構造、パッシブ制振構造などの新しい技術を進歩させ普及させ、個々の建物の耐震性を向上させることによって、都市の耐震性の向上に努めなくてはならない。求める耐震性能を固定して、コストダウンを図るのでなく、コストをほぼ一定にする中で、より高い耐震性能をもつ建築構造を都市に普及させる必要がある。

さらに重要なこと

ドイツの全人口8千万人に対し、最も大きな都市のベルリンの人口は340万人であり、われわれ日本から見ても、ハンブルグ、ミュンヘン、ケルン、フランクフルト、シュツットガルト、デュッセルドルフ、ハノーバーなど、有名な都市がドイツの中でそれぞれ目立っている。米国の全人口2億9千万人に対し、最も大きなニューヨークの人口は820万人である。米国には、ロサンゼルス、シカゴ、ヒューストン、フィラデルフィア、サンディエゴ、デトロイト、ボストン、シアトル、サンフランシスコなど、大きな都市がそれぞれ活躍している。

このような欧米に比べ、わが国の人口1億2千万人に対し、東京首都圏の人口が3千万人というのは間違いなく多すぎる。集中した大都市の人口を分散させ、日本の多くの都市が東京に目を向けるのではなく、それぞれの都市間、さらに中国・韓国・

その他の東アジア、世界に向かってそれぞれ活躍する必要がある。

まとめ

寺田寅彦は「文明が進むほど災害は進化する」といった。3月末に、過疎地といわれる能登半島で地震が起きたが、被災した方々への仮設住宅をつくるのに1か月を要した。東京が大地震を受けて仮設住宅をつくらうとしたら、建てる場所があったとしても10年の歳月が必要だという。われわれ技術者は、社会や人々の要求、欲望を満たすように、法律を守り、もちろん物理学・数学・力学などを基本にして、次々のプロジェクトの完成に力をかけ、鉄道、道路などの交通網、水道、ガス電気などのライフライン、多くの建築物を構築してきた。結果として作り上げられた大都市は、平常時には、効率的であり活気があり、日本の経済を活性化し、文明を享受できるようになった。しかし、個人の欲望に刺激され、経済の活性化に推された過度の集中の追求、集中によって得られる高い効率、高度に制御された交通網やエネルギーを多用して作り上げた快適な社会、これらすべては自然災害に対する抵抗力から見ると逆効果である。1人1人の市民や技術者は誠実である。ただ、その行動の積分値としての文明化が、おそろしく危険な社会をつくってしまうことを、そろそろ振り返らなければならない。

(わだ あきら)