

# 巨大地震を前にした構造技術

Structural Engineering Against Great Earthquakes

はじめに

若輩にもかかわらず、本稿の執筆の機会を与えて下さったことに感謝しつつ、生意気盛りの 40 代後半の世代を代表して、忌憚りの無い意見を申し上げることにする。

団塊の世代の後に位置する私たちの世代は、案外、目立たない存在である。高度成長と共に育ち、子供の時に、東京五輪、霞ヶ関ビル、新幹線、大阪万博など、建設の花の時代を目の当たりにし、建築への憧れを強く持った世代である。家庭の中にも、テレビ、洗濯機、電話、クーラーなどが次々と入り込んできて、「成長」や「開発」という言葉に夢を感じていた。東大紛争などの学生運動も、テレビを通して見ていただけで、イデオロギーも強くない。このため、社会に大きな疑問を持たずに、比較的素直に育ってきた気がする。生まれたときから電化製品に囲まれ、豊かで便利な時代に育った次の世代とも、ちょっと異なるようである。

同様のことは、構造技術の世界でも言える。私たちが構造の勉強を始めた時期は、有限要素法や振動論が脚光を浴び、計算機がカードリーダーから TSS (Time Sharing System) に変わり、ワープロやパソコンが登場する時期に一致する。私自身も学生時代にはシェル理論や弾性波動論を勉強していたが、ジェネコン就職後は有限要素法や境界要素法を使った動的解析プログラムをもの凄いい勢いで作った。一つ前の世代の人たちが開拓した方法論を勉強し、それを改良しながら実用化した。今でもこの時期の構造解析プログラムは主力として現役で働いていると聞く。その後、プログラム開発は、構造技術者の手から離れソフトウェアハウスに委ねるようになり、構造技術者は専らユーザーに変質していった。

私たちは、学生時代に基礎を学び、社会に出て道具作りに加わり、その道具を使って建築設計を実践できた、構造技術者としてとても恵まれた世代である。構造旧人類と構造新人類を繋ぐ世代でもある。そんな世代が 50 前後になり、今後の構造技術の行方に対しても、責任が重くなってきた。丁度、社会では巨大地震についての議論が活発になってきている。地震被害軽減は構造技術者が担うべき中心課題である。そこで、本稿では巨大地震を前にした構造技術について考えてみることにする。

南海トラフでの地震 3 兄弟

ここ数年、東海地震・東南海地震・南海地震の切迫性が指摘されている。これらの地震は、過去に繰り返し発生し、我が国の歴史にも大きな影響を与えてきた。江戸以降には、1605 年慶長地震、1707 年宝永地震、1854 年安政地震、1944・1946 年昭和地震が発生した。前後には内陸直下の地震も頻発する。政府の地震調査委員会によれば、今後 30 年間の地震発生確率は、東南海地震は 50%、南海地震は 40%とされ、宮城県沖地震の 99% に次いで高い発生確率となっている。

中央防災会議では、2001 年から、これら 3 地震の揺れや被害の予測を実施し、地震対策を検討してきた。東海地震が単独で発生した場合の被害は、最大で、死者 9200 人 (予知時は 2300 人)、全壊建物 46 万棟、経済損失 37 兆円 (予知時は 31 兆円)、東南海地震と南海地震が同時発生した場合は、死者 17800 人、全壊家屋 63 万棟、経済被害 57 兆円とされている。被害規模は、兵庫県南部地震に比べ、人的被害が 4 倍、物的・経済的被害は 10 倍である。太平洋戦争以来の大被害である。経済力・技術力が十分にある我が国が、確実に被ることが分かっている災害に対して無策であったとすれば、世界の人たちや、次の世代の人たちは私たちを叱責するだろう。その責任の一端は建築構造界にあることは明らかである。

政府は、東海地震に対しては、2002 年 4 月に地震防災対策強化地域を拡大指定し、2003 年 5 月に東海地震対策大綱を示し、同年 7 月には東海地震緊急対策方針を閣議決定した。東南海・南海地震に対しては、2002 年 7 月に「東南海地震・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」を制定し、2003 年 12 月には地震防災対策推進地域の指定をした。

東海地震対策大綱には耐震化に関わる項目が多々示されている。例えば、耐震性が確保されている小売店や病院では営業・診療を継続できるとしている。逆に耐震性に疑問のある病院では、入院患者の転院や家族の引き取りが必要となる。これらの施策には、兵庫県南部地震以降、重要性は指摘されながらも、遅々として進まなかった建築物の耐震化を、警戒宣言時の対応行動の判断基準を突破口として、推進しようとの意図が隠されている。

名古屋大学大学院教授

福和伸夫

Nobuo Fukuwa



東海地震緊急対策方針の中でも、耐震化は重要なキーワードである。2004年度までに効果的な耐震補強策の開発・普及等の枠組みを確立し、住宅の耐震診断・補強への支援策を強化するとしている。また、学校、病院、市役所等の公共建築物についても、耐震診断を2005年度を目途に実施し、その結果に基づき耐震補強等を図り、随時それらの状況のリストを公表する、などとしている。

強化地域と推進地域は東西1000キロに及び、日本国民の1/3が住んでいる。この甚大かつ広域な被害に対し、我が国の災害対応能力は全く不足している。これらの地震を凌ぐには、耐震化しか道は無い。被災地域には約1000万の家屋がある。その内、耐震性が不足する建物が半数程度とし、1件あたりの改修費を200万円とすれば、10兆円で改修できる。不可能な数字では無い。想定被害額に比べ遙かに少ない。問題は、金ではなく、人と時間である。建築士や建設業・大工の不足は明らかである。また、戦後60年かけて作ったものを短時間で直すことは不可能である。完璧でなくても良いので、人の命が救える安くて簡単な改修方法が必要である。建築構造技術者が、我が国の将来の命運を握っていると言える。

#### 私たちの実力

迫り来る巨大地震に対して、私たちの技術力は十分だろうか。答えは否だと思う。兵庫県南部地震では、現行耐震基準の妥当性が実証されたと言われるが、本当だろうか。現行耐震基準で想定している揺れは震度6弱と6強の境界辺りである。それにも拘らず震度7の揺れで新耐震設計の建物が微少だったことに疑問は無いのだろうか。被害が軽微だったのは、中低層の建物であって、10階程度の高層建物の被害は相当に大きかった。被害が軽微に留まったのは、設計外の余力の寄与が大きいと思われる。それでも今の地震力で十分と言えるのだろうか。筆者には疑問が残る。やはり、震度6強を超える地域では現行基準以上の耐震性が求められるはずである。

兵庫県南部地震とこれから迎える巨大地震の揺れ方は全く異なる。神戸での揺れは、周期1秒のパルス波が卓越した長さ10秒以下の強烈な揺れであった。一般建築物にとっては最悪の揺れである。巨大地震の前後に起こ

る内陸直下の浅発地震では同様の揺れが懸念される。

南海トラフの巨大地震での大都市の揺れは全く異なる。揺れの強さは高々震度6強、周期数秒以上の長周期成分をたっぷり含んだ長い揺れが延々続く。設計時には想定していない周期特性や継続時間の揺れになる可能性も否定できない。先般の十勝沖地震での揺れを想像されたい。

この揺れで強く揺すられるのは、長周期で減衰の小さい構造物や大型タンク内の液体である。大都市には様々な種類の長周期低減衰構造物が存在する。何れも、重要かつ影響力の大きい構造物である。万一、地盤の揺れと構造物の揺れが同調すれば、設計想定外の揺れになる恐れもある。現在の技術を持ってすれば、周期の近接度合いのチェックは容易である。また、揺れを低減できる技術も獲得済みである。早期の点検が望まれる所以である。

#### 元気を出して勉強しよう

世紀を挟んだ大不況は、構造技術者の技術者魂を蝕んだ。地震活動期を迎え、景気回復の兆しが見え始めた今こそ、構造技術者は、社会の安全を担う責任を再認識し、先頭に立って元気良く頑張らないといけない。このところ、皆、不況下で成果を迫られ、拙速な仕事の中、検証不足・勉強不足が目立った。今こそ、過去の技術を総点検し、そして、再度、猛勉強し、自分たちの実力を再生し、新しい世紀に責任を持てる体制を整える時である。気概と良心をもった技量の高い技術者でなければ、良い建物を作ることはできない。

そのためには、自然に対して謙虚な態度であること、地震時の建物の応答挙動を現象として理解すること、力の流れと変形を体感し建物の崩壊の仕方を実感できる力を持つこと、が望まれる。まず、地震という自然現象を理解すること、そうすれば、自ずと冗長性を持った建物作りを志向する。次に、力学・数学等の基礎学力を付けること、そうすれば、解析ツールという道具には使われない。そして、作って壊す実験、揺れる実験を沢山経験すること、これにより、モデル化と解析の落とし穴を見抜ける力をつけられる。急がば回れである。学生も社会人も、技術者も研究者も足元を見直す時期である。私たち大学人も技術者教育の環境作りと一緒に邁進したい。