

我が身を振り返り来るべき巨大地震に正しく備える

福和 伸夫*

1. はじめに

21世紀に入り、中央省庁が再編され、防災部局が国土庁から内閣府に移管されて以降、中央防災会議を中心に活発な検討が行われてきた。今世紀前半に遭遇すると思われる幾つかの地震に対する被害予測の公表、被害の半減を誓った地震防災戦略の策定、さらには、災害被害軽減のための国民運動の推進と、具体的な施策が展開されつつある。

兵庫県南部地震をきっかけに設立された地震調査研究推進本部も、活断層の調査とその長期評価、堆積平野地下構造調査、全国を密に覆う強震観測網の整備などを経て、2004年に地震動予測地図を公表した。

さらに、本年秋には、揺れる前に警報を発しようとする緊急地震速報の本運用が予定されている。このように、兵庫県南部地震以降、地震防災に関わる科学技術研究の進展は著しく、建築界もこれらの研究成果を踏まえた建築物の安全性の検討が望まれている。

中でも、東海・東南海・南海地震、首都直下地震、宮城県沖地震などの具体的な地震に対する検討結果の社会的影響力は極めて大きい。地震調査研究推進本部の長期評価によれば、これらの地震の今後30年間の地震発生確率は、2007年1月1日現在、87% (M8.0、参考値)・60~70%程度 (M8.1前後)・50%程度 (M8.4前後)、70%程度 (M7.0~7.2程度)、99% (M7.5前後)とされており、今世紀前半には、全ての地震の発生を覚悟しておく必要がある。

これらの地震被害を積算すると、最悪、3~4万人の死者、200兆円に上る経済被害となる。このような甚大な被害を蒙れば、我が国の存立そのものが危ぶまれ、世界への波及も計り知れない。このため、政府は、今後十年で、地震被害を半減すべく、それぞれの地震に対して地震防災戦略を策定してきた。人的・物的・経済的被害の主因は建築物被害にあるため、地震防災戦略の最重点項目は早期の耐震化にある。ただし、財政難の行政の力では耐震化の達成は困難であり、国民一人一人の自助努力による耐震化に委ねるしかない。このため、災害被害

軽減のための国民運動を推進することになった。

マスメディアも、このような情報を度々報道しているため、これらに興味を持つ市民は、積極的に防災情報を取得し、地震災害に関する知見を蓄積している。このため、建築家を遙かに凌ぐ知識をもつ市民は多い。一昨年来の耐震強度偽装問題や度重なる談合事件は、建築界に対する不信感を増大させており、市民の中には自分の安全のために真剣に勉強している人も多い。こういった市民からの厳しい質問に対し、答えに窮している建築家の姿を見る機会も多い。

これから遭遇する地震に対し、少なからず不安感を抱いている市民に対し、彼らの安全を守る建築界の自覚と気概が必要である。建築界の信頼を回復するためには、来るべき地震から国民を守るための建築設計のあり方を分かりやすい言葉で伝えると共に、耐震化の促進などのために国民の先頭に立って活動する必要がある。

本論では、自己反省を含めて、現代社会の地震防災力の現状を再点検し、防災力向上のために、私たちにできることは何かを考えてみる。

2. 現代社会の脆さを考える

我が国は、度重なる地震災害に見舞われ、それによって社会が変動し、歴史を刻んできた。南海トラフ周辺では、1498年の明応の地震、1605年の慶長の地震、1707年の宝永の地震、1854年の安政の地震、1944・46年の昭和の地震と、歴史的に地震が繰り返し発生し、その前後には、西日本の地震活動が活発になる。このため、この時期は大きな歴史の転換期に重なる。

例えば、宝永地震の前には、1657年の明暦の大火が発生している。疲弊した江戸を立て直すため、徳川綱吉が慶長小判を改鑄して元禄小判を作り、インフレの元禄時代となった。その最中の1703年に元禄関東地震が発生し、僅か4年後に宝永の巨大地震が発生した。さらに、その49日後には富士が噴火し、降灰により飢饉が発生している。これを立て直したのが、新井白石の正徳の治、徳川吉宗の享保の改革である。

安政の地震の前後には、1847年善光寺地震、1854年伊賀上野地震、1855年安政江戸地震、1858年飛越地震が発生し、1853年のペリー来航、1859年安政の大獄と時代が重なる。その後、江戸は終焉を迎え、明治時代へと時代が移る。

昭和の地震の前後には、1923年関東地震、1925年北丹後地震、1927年北但馬地震、1930年北伊豆地震、1933年昭和三陸地震、1943年鳥取地震、1945年三河地震、1948年福井地震と続く。この時代には、1925年普通選挙法・治安維持法・ラジオ放送開始、1927年金融恐慌、1932年世界恐慌、1936年2.26事件、1937年日中戦争、1941年太平洋戦争、1945年終戦が重なっている。関東地震と、金融恐慌や中国進出との関わりや、終戦と南海地震との関わりを考えると、自然災害と社会変化との関係が浮かび上がる。

このように、南海トラフでの巨大地震前後には、西日本は地震の活動期となり、社会的にも疲弊し、歴史の転換期になりやすい。我々は、兵庫県南部地震以降、地震活動期の中にいるようだが、建築界には、まだ、そんな自覚が芽生えていない。相変わらず、必ずやってくる地震に対して目を背け、安全性軽視の建築設計を行っているようにも感じられる。

度重なる自然災害に対して、かつての日本人は、災害に強いまちを作ってきた。家屋は災害危険度の小さい場所に構え、家作りもしっかりしていた。畳上げなどを通して常時メンテナンスも行っていった。過去の災害も、新しい町並みがひどく被災しているのに対して、昔ながらの町並みが平然と残っている様子を見ることがある。かつては、自然の怖さを十分に熟知し、自然と折り合いを付けながら自律的な社会を形成していたと思われる。昭和の南海地震や南海地震の後、生活に困窮したという話は余り聞かない。当時は、ランプ、竈、井戸、汲み取り便所の生活であり、近所には田畑があったので、庭に掘って小屋さえ作れば問題なく生活ができたのだろう。

かつての日本と、今の日本とを対比してみると、私たちのまちの脆さが明らかになる。表1をじっくり眺めてみて欲しい。戦後の復興の中、高度成長を成し遂げるため、大都市に人を集中させ、土地不足から海や田畑を埋立て、軟弱な地盤にまちを広げた。そこに、多数の家屋を密集して建て、家屋は高層化・大規模化した。今や、住民は高層階で、家具に囲まれて、ライフラインに頼った生活をしている。生活を支えるインフラや、火力発電所、工場も、かつての地震で強い揺れを受けた軟弱地盤に集中して立地している。また、都市の巨大化により遠距離通勤となり、高架や地下を走る高速の公共交通機

表1 過去の地震発生時と現代との社会環境の違い

比較項目	戦前	現在	現在の危険度
まちの立地場所	良好な地盤	軟弱な地盤	強い揺れ、液状化危険度
住宅密集度	隣棟間隔が大きい	密集住宅地	高い延焼危険度
住宅の構造	平屋・草葺き・板葺	2～3階建て瓦葺き 中～超高層集合住宅	耐震的余力の減少 長周期問題の懸念
寝室の場所	1階	2階以上	強い揺れ
家具	少ない家具	大量の家具	室内危険度の増大
建物規模	低・小	高・大	同時被災者の増大
ライフライン	ランプ・かまど 井戸・くみ取り便所	電気・ガス 上下水・EV	生活困難者の発生 高層住民の難民化
通勤・通学手段	徒歩、職住近接	鉄道・車、遠距離通勤	交通途絶で勤務困難
交通の場・速度	地上走行・遅い速度	高架・高速	揺れ大、脱線、停止困難
放送・情報通信	ラジオのみ	ラジオ・TV・Internet 電話・携帯	高い情報依存
社会システム	自律分散的、下等生物	中央集約的、高等生物	高効率だが脆い社会
地域コミュニティ	自律的・地域内共助	希薄	行政への依頼心大 ボランティア頼み
家族の態様 家族内で弱者救済	大家族	核家族 独居老人	次世代への語り継ぎ 弱者世帯の急増
国民性	連帯的・自律的・自助 ハングリーさ	行政頼み・楽観的 贅沢・飽食	生きる力の減退 無関心・無責任・贅沢

関に依存している。高度に情報化し、放送・情報・通信に頼り、コンピュータが停止すると社会が破綻する。個が社会より優先される時代となり、地域コミュニティが失われ、核家族化した。無責任・行政頼みの国民性となり、生きる力が減退したように思う。

地震のときの外力が増大したのに、体力が弱り、神経回路は複雑化し、精神力も弱っている。まるで、ひ弱な人間と同じ状態にある。現代は、かつてと比べ、自信を持って安全と言えるだろうか。強い揺れ、高い延焼危険度、耐震的余力の減少と長周期地震動問題、家具転倒を含む室内危険度、建物の大規模化に伴う同時被災者の増大、ライフライン停止時の生活困難者と高層難民化、交通途絶による出勤・帰宅困難、電車の脱線、情報破綻、心の病、色々なことが想像できる。

私たちの町の立地条件を示す一例として、三鷹駅から各駅停車で千葉駅に向かったときの駅名を順に並べると以下ようになる。三鷹駅→吉祥寺駅→西荻窪駅→荻窪駅→阿佐ヶ谷駅→高円寺駅→中野駅→東中野駅→大久保駅→新宿駅→代々木駅→千駄ヶ谷駅→信濃町駅→四ツ谷駅→市ヶ谷駅→飯田橋駅→水道橋駅→御茶ノ水駅→秋葉原駅→浅草橋駅→両国駅→錦糸町駅→亀戸駅→平井駅→新小岩駅→小岩駅→市川駅→本八幡駅→下総中山駅→西船橋駅→船橋駅→東船橋駅→津田沼駅→幕張本郷駅→幕張駅→新検見川駅→稲毛駅→西千葉駅→千葉駅。39駅の駅のうち、クボという名前が付く駅が3駅、谷が4駅、田と稲が3駅、野と原が3駅、橋が5駅、船が3駅、川が2駅、井・水・津・沼が各1駅、22駅の名前が水や谷に関わる名前になっている。武蔵野台地には谷が沢山刻まれている。そして下町の沖積低地を経て、千葉に達している。「津田沼」などは、津と田と沼からなる。いかにも災害に弱い地名である。

大都市では、住宅地は丘の上、そして駅が谷底になっている場合が多い。東京の区の名前を見てみると、千代田、港、墨田、江東、品川、大田、世田谷、渋谷、中野、荒川、板橋、江戸川、主要な地名では、日比谷、四谷、渋谷、世田谷、永田、神田、日本橋、京橋、新橋、八重洲など、軟弱な地盤を示す地名ばかりである。蒸気機関車だった時代、人々は火と煙を嫌い、町から外れた地盤条件の劣悪な場所に主要な駅を立地させた。東京駅、名古屋駅、大阪駅、何れも当てはまる。かつて海や湿地帯だったところが、今や交通至便な場所となり、高層ビルが林立している。

3. 南海トラフでの地震から建築物を守る

南海トラフでの巨大地震の特徴はハッキリしている。3つの地震が最長2～3年の間に連動したり単独で続発したりすること、そしてその前後に内陸の活断層の地震も頻発することである。3つの地震が連動すれば、被害は西日本全域の広域に及び、我が国の災害対応力を遙かに超える被害となる。他地域からの救援は期待することができない。各地の被害を災害対応力以下に押さえ込み、発災後は、社会のそれぞれの単位が自力で災害対応をする必要がある。

巨大地震の時の大規模堆積平野の揺れの特徴も明らかになってきた。巨大地震は震源断層が数百キロにも及び、断層が全て破壊するには百秒以上の時間がかかり、周期の長い波をたっぷり放出する。一方、大都市が立地するのは盆地状の大規模堆積平野であり、周期数秒のやや長周期域で揺れやすい地盤になっている。お椀状の堆積平野では、タライの中の水と同じように一旦揺れたらいつまでも揺れ続ける特徴がある。すなわち、巨大地震の時、大都市は、やや長周期の揺れを更に増大させ、長時間揺れ続けることになる。

かつてから存在していた中低層の建物は、過去の地震で、この揺れを何度も経験しており、対策手法はある程度確立されている。問題なのは、かつての地震の時には存在しなかった長周期の揺れに敏感な構造物であり、超高層建物、免震建物、長大橋、煙突・鉄塔、タンク内の石油などがある。中でも、心配されているのが、多数の人が住み勤める超高層建物である。元来、超高層建物は、長周期地震動が余りないことを前提にして作られた経緯があり、当初は長周期地震動への配慮は十分では無かったと思われる。最近では、減衰能を人工的に付与する制震装置が付加された建物も増加し、長周期地震動への対策も行われつつあるが、敵である長周期地震動の姿が完全に解明されていないので、安全性に確信が持てないでいるのが現状であると思われる。

一般に高層建物の応答は、速度が保存される。耐震設計クライテリアとして層間変形角1/100、設計周期(秒)として0.02H(H:建物高さm)、逆三角形モードを仮定すると、設計上は314cm/sの速度応答を想定することになる。高さ250mクラスの高層ビルの場合、周期5秒で片振幅2.5mの揺れになる。設計者やビルのオーナーは、高層ビルの最上階に行って、周期5秒で往復5mを何度も繰り返し全力疾走しながら、窓の

外の風景の変化を体験してみると良い。

簡単な振動論を勉強すると、減衰定数が h の建物の共振時応答は、定常状態では地動の $1/2h$ に増幅されることが分かる。鉄骨系の高層ビルの場合、減衰定数は $h=0.01$ 程度なので、定常状態に至ると地動の50倍にまで揺れが増幅されることになる。また、共振振幅の8割まで増幅するのに必要な波の数は約25波になる。高さ250mの建物の固有周期は5秒程度なので2分以上の揺れが必要なことになる。これに対し、長周期の建物は、固有周期より短いパルス的な入力に対しては、応答しにくい。このため、兵庫県南部地震では震源域の高層建物の応答は抑制されていた。兵庫県南部地震と南海トラフの巨大地震の揺れは対照的であり、高層建物の影響度も全く異なる。

やや長周期域の地盤の卓越周期や、十分な継続時間を考慮せずに、60秒程度の継続時間の告示スペクトルに適合した地震動のみで耐震性を検証していたとしたら、想定外の応答を経験することになるだろう。地震動強さの予測精度は倍半分程度と言われているが、少なくとも、地盤と建物の周期は簡単に計測することができ、地盤との共振の有無は容易にチェックできる。また、揺れの継続時間も近年の地震観測記録から把握できるようになった。当該地盤のやや長周期の卓越振動数に基づくスペクトル振幅の補正や、観測地震動の継続時間の特性を位相特性に組み込むことにより、長周期地震動を配慮した設計は比較的容易にできると思われる。

4. 市民の一人としての地域防災活動

確実に発生する地震に対し、カネも技術もある私たちが何もせずに地震を迎え、多大の被害を出して、次の世代の人たちや、世界を窮地に陥れることは許されないことであり、災害軽減のために最大限の努力をすることは、私たち現役世代の責務である。

筆者は、南海トラフでの地震が発生すれば被災地の中心に位置する名古屋で、建築構造の教育・研究に携わっている。名古屋は人口約1,000万人が居住する東海地域の中心都市である。三大都市圏とはいえ、首都圏とは地力の差は大きい。例えば、人口当たりの建築構造士の数は、愛知県は東京都の約 $1/5$ しかいない。産業界もトヨタ系企業やライフライン企業を除けば、東京に本社を置く企業の支店組織しか無く、防災を担う専門家は、産・官・学、何れにも数少ない。三重・岐阜・静岡の状

況はさらにひどく、建築学科のある大学は三重にしか無い。地域では、専門家の数は少なく、一人の専門家が負う責任は大きい。しかし、専門家と住民との距離は近く、異なる分野の専門家とは相互に顔の見える関係にある。逆に言えば、一人の専門家の頑張りで、地域の防災力が向上でき、様々な連携も実現しやすいという特性がある。

名古屋は、東海地震の震源域の見直しに伴い、2002年4月に東海地震に対する地震防災対策強化地域に参入され、これをきっかけに地域が大きく動いた。最初に取り組んだのはヒトの連携・育成・啓発である。上にも述べたように、地域には防災を担う人間が少ない。そこで、専門家の連携を強化する共に、住民との媒介役であるメディアータを育成し、さらに住民の中に入って啓発活動のモデル作りをした。

専門家については、産・官・学の防災専門家の連携と、学の中での理・工・文の連携を強化した。前者は名古屋地域地震防災研究会として、後者は文理融合型の名古屋大学環境学研究科として結実した。名古屋大学の有志は、2001年に地震防災ホームドクター宣言をし、ヒト・コト・モノの観点から実践的防災研究を行う安全安心プロジェクトを推進すると共に、学内外の防災活動の応援役として災害対策室を設け、定期的に防災アカデミーを催したりしている。

また、数少ない専門家では全ての住民と直接接することができないため、住民とを媒介するメディアータを育成し連携を図っている。メディアとの勉強会NSLを始め、教育委員会、防災ボランティア、農協、商工会議所などとの協働を進めている。NSLは、ローカル局各局による多数の防災特番や、新聞各社の防災特集記事の連載などの下支えにもなった。また、教育委員会では、小学校での親子参加型地震防災教育や、高校生防災セミナーを実施している。

さらに、住民の防災活動の応援役として、啓発の担い手である防災リーダーを育成する「あいち防災カレッジ」を実施したり、まち作りや耐震化の相談役である「防災まち作りアドバイザー」や「耐震化アドバイザー」の育成などを通して、様々な人材を育成してきた。

今では、こういった防災の担い手たちが、相互に協力して、至る所で活動している。この活動は、地から湧き出すボトムアップ的活動であること、個々が自律して別々に動いていること、参加者が住民の立場で地域を守りたいという思いを強く持っていること、相互に「人

の顔が見えたネットワークであることなどに特徴がある。筆者らはこれらの活動を支援する道具として、「ぶる」と名付けた様々な教材を作ってきた(<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/labofT/bururu/>)。

なお、これらの活動の詳細については、時事通信の防災リスクマネジメントWEBで、「恐るべし名古屋」というタイトルで連載され、出版もされている。

5. おわりに

最近十年間に蓄積された地震防災に係わる科学技術的知見は目覚ましく、従来は正体を十分に掴めていなかった地震の揺れの姿が少しずつあぶり出されてきた。私たち建築物の耐震設計を行う者にとって、これらの成果は極めて重要である。従来のように、最低基準である建築基準法の地震力に寄りかかった耐震設計から脱却するチャンスである。

南海トラフで発生する巨大地震の揺れは、兵庫県南部地震の揺れとは全く異なるものであることは、明らかである。周期の長い揺れが、極めて長い時間続く。この揺れは、私たちが従来の耐震設計で想定していた揺れとは異なるものであ、いわゆる告示波ではカバーしていない揺れである。三大都市圏には、昭和東南海地震・南海地震のときには存在していなかった種類の長周期構造物が、当時建物が存在しなかった場所に多数建設されている。これらの構造物にとっては初体験となる揺れである。長周期構造物の多くは、社会的に影響力の大きなものである。常に、最新の知見を用いてこれらの安全性を再点

検し、不具合があれば適切に対応し続ける謙虚さが求められる。

かつての日本は、住民は災害危険度が小さい場所に住み、個々の災害対応力もあり、それぞれが自律的に災害から生き残る社会になっていた。効率は悪かったかもしれないが、下等生物的な遅しさがあつた。現代は中央集約型で効率重視の高等生物になってしまい、軟弱地盤にまで町を広げ、そこに密集して建物を作り、電気・ガス・上下水道・交通機関に頼り切ったひ弱で脆い社会を作ってしまった。かつてと同じ地震が発生したとしても、現代の方が遙かに大きな災害となる可能性が高い。

法的には耐震基準を遵守していたとしても、確実に来ることが分かっている地震で、建築物が倒壊し、人命を損なうことがあつたとしたら、社会的には許されないことだと思われる。制定目的を「建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資する」とした建築基準法の趣旨に則れば、今世紀前半にはほぼ確実に遭遇する地震に対しては、居住者の生命・健康・財産を保護することが建築界に与えられた責務であると感じる。また、私たちは地域住民の一人として、地域の防災活動の輪の中に入り、防災活動のリーダー役を担っていくべきでもある。

ウィトルウィルスが二千年も前に建築十書で語った、「強」無くして「用」無し、「用」無くして「美」無し、という言葉の重みをもう一度噛みしめたい。

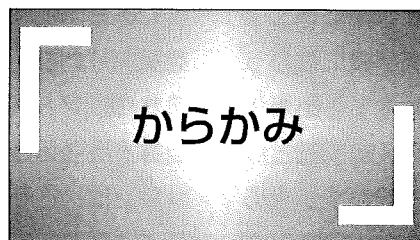
*ふくわ のぶお 名古屋大学大学院

用語考 (その150)

ふすまのことをカラカミと呼んでいた記憶のある方も少なくなってきたようだ。しかし、ふすまがなぜカラカミなのだろう。カラカミは唐紙のことである。文字通りには中国の紙ということになる。

そこで、ふすまに描かれていた図柄を思い出そう。禅宗の方丈の水墨画は別として、普通は、カラフルな絵が描かれている。幾何模様のもの

もある。実は、版木や型紙を用いて彩色プリントする技術は、中国から



伝わり、これが後の千代紙のようになる。つまり、カラー・プリントし

た紙が唐紙なのである。この唐紙を張った襖障子なのでカラカミと呼ぶのである。明かり障子の方は、無地の薄い和紙を使用して光を取り入れ、襖障子の方は、その光で図柄を楽しむというわけである。

近年、外国の壁紙文化を尊ぶ方もいるが、和風の空間のカラカミ文化も再評価されていいように思う。

(東京工業大学理工学研究科教授 青木義次)