

# 高齢化社会と高層免震建物と



千葉工業大学

長橋純男

「三八豪雪」のことを聞いたのは30年ほど前のことであつたであろうか。1963年(昭和38年)1月から2月にかけて新潟県から京都府北部の日本海側を襲った豪雪は、長岡市で318cmの最深積雪量を記録するなど、死者・不明者231名、全壊家屋753棟の被害をもたらすとともに、新潟・上野間の急行列車が106時間も遅延して物流に甚大な影響をもたらした、というのである。ガガーリンがウォーストーク1号に搭乗して世界初の大気圏外飛行をし、「地球は青い!」と名文句を発したのは1961年のことである。有人人工衛星が飛ぶ時代に、豪雪で231名もの犠牲者の生じることが呑み込めなかった。

それから18年後、1980年12月から翌年(昭和56年)2月にかけて、日本海側から東北地方の各地を襲った「五六豪雪」は、死者133名、全壊家屋91棟の被害をもたらしたうえ、宮城県・福島県では送電鉄塔が多数折損し、為に仙台・郡山などでは長時間停電して、都市機能が麻痺した。アポロ11号で人類が初めて月面に着陸したのは1969年、気象衛星「ひまわり」が打ち上げられたのは1977年のことである。人間が月面に遊ぶ時代に、そして気象衛星が雲よりだいぶ高いところから地球上の広い範囲を常時見張ることのできる時代に、豪雪による133名の死者である。そして、2006年冬期の「平成18年豪雪」では151名の犠牲者が生じた。

直前予知が難しい地震であれば、突然襲ってくるのであるからいざ知らず、豪雪については相当の予報情報があり、しかも台風の如く高速で襲来するものでもないのであれば、事前の対策はさして困難ではない筈ではないか。…と考えたのは筆者の素人判断であつた。

「五六豪雪」の調査報告(日本建築学会)によれば、構造的被害としては雪下ろしによる雪荷重低減が有効に行われていなかったことが一因ではあるが、建物崩壊による豪雪犠牲者は稀であつたのであり、むしろ雪崩・滑落によるものや、雪下ろし時の落下による場合が多かつたと指摘されている。そこで2006年の犠牲者151名であるが、65%に相当する98名は高齢者であつた

こと、屋根の雪下ろし等の除雪作業中の死者が112名を占めたことが報告されている。高齢化社会が犠牲者の背景となっていることを示唆したものと言えよう。

では、近年に発生した地震災害の場合はどうであろうか。1978年宮城県沖地震では、宮城県における死者27名のうち18名はブロック塀・石塀・門柱・記念碑の転倒による圧死者であつたが、年齢別でみると61歳以上が12名、9名が10歳以下の子供たちであつた。1995年兵庫県南部地震では、死亡率の高い神戸市内の沿岸6区と芦屋市・西宮市の何れにおいても、65歳以上の年齢層の死亡率が他のそれに比し概ね5~10倍も高く、何れの各市区においても半数前後の死者が65歳以上であつた。また、2004年新潟県中越地震では65名の死者が発生したが、震災直接死18名のうち15歳未満と75歳以上がともに6名ずつの計12名と、著しく偏在していることが報告されている。

副題に「真の「安全・安心大国」を目指して」とうたった『国土交通白書2006』は、2004年に続発した台風、集中豪雨等に伴う水害・土砂災害による死者・不明者のうち約60%が高齢者であつたこと、2005年の台風第14号による死者・不明者22名のうち68%が高齢者であつたことなど、近年の少子・高齢化のなかで、高齢者を始めとする災害時要援護者が自然災害により被災する事例が多発していることを指摘している。年金、就業、医療・介護・福祉、一人暮らし、はては高齢ドライバーなど、高齢化社会にまつわる課題は山積なのであるが、災害時における高齢者の被災回避能力や避難行動・避難生活、生活再建等の問題も深刻さを増している。

『平成19年版/高齢社会白書』によれば、65歳以上の日本の高齢者人口割合は2006年10月現在で21%であるが、2025年には30%、2055年には40%と、半世紀後には2.5人に一人が65歳以上の高齢者となる社会(75歳以上人口割合でも26%)が到来すると推計されている。この様な長寿命・高齢化の進むなかにあつて、「都心回帰」の社会現象が指摘されている。かつての高度成長

期、地価高騰の都心部からニュータウンや郊外に移動した人口が、バブル崩壊後の地価下落で増加した、利便性の高い都心マンションに“回帰”した、特に子育てを終えた年輩の世代が、子供や孫とのより多くの触れ合いの便を求めて都心に移り住むケースも多くなっているというのである。

この都心マンションであるが、数年来、高層マンションの建設ラッシュであり、免震構造で設計される高層マンションも増加の一途である。『MENSIN』No.58巻末のリストによれば、地上50階建共同住宅(軒高168.5m、大阪市)をはじめとする軒高100mを超える高層建物13件(2000.10~2007.4認定)の多くは共同住宅である。

言うまでもなく、積層ゴムアイソレータを用いた免震建物は、アイソレータに建物重量が圧縮荷重として作用していることが前提の構造物である。1983年に八千代台免震住宅が竣工して3年後、1986年に日本建築学会に「免震構造小委員会」が設置され、免震建物の設計に関わる基本的な考え方が議論されたのであるが、当時の議論においては、「当面は原則として第3種地盤には建設しないこと」と合わせて、「アイソレータには引き抜きを生じさせないこと」が前提とされていたと記憶している。そして、1995年兵庫県南部地震以前、免震建物の設計・施工の実績がまだ少なかった頃(1985~1994年度の10年間に日本建築センターが構造評定を完了した免震建物は82件)は、多くの設計においてこれらの基本的な考え方が大方の設計者によって配慮され、「レベル2」の設計用入力地震動に対する設計クライテリアとしても、アイソレータには引き抜きを生じさせないことが一般的であった。

しかしながら、兵庫県南部地震以降、免震構造の設計・施工物件が急速に増大するとともに事情は著しく変わり、第3種地盤における建設も少なからず実施され、更には、取り分け2000年建築基準法改正後には、引き抜きを許容する設計もみられるようになった。日本建築学会『免震構造設計指針』第3版(2001改定)の第Ⅱ編5章5.5節「時刻歴応答解析による応答予測」における引き抜き関連の記載(p.96)が、初版(1989)及び第2版(1993改定)の該当箇所と比してだいぶ趣が変わっていることは、この辺の事情を反映したものであると思われる。そこで、2000年建築基準法改正後における「極めて稀に発生する地震動」入力に対しては、「1N/mm<sup>2</sup>」までの引張面圧を許容する傾向が一般的になってきたのである。

従来の耐震設計においては、(イ)上下動の最大加速度振幅は水平動の1/2程度であり、(ロ)地盤-建物の動的相互作用効果により建物への入力加速度は減衰する、

(ハ)上下動の加速度時刻歴の主要動部は水平動のそれに対して位相差がある、とみなされてきた。そこで、免震建物の設計における強震動上下成分の設定には、(1)静的に鉛直震度0.30~0.35を付加する、(2)水平動スペクトルに「上下動成分係数」を乗じて作成した上下動時刻歴による応答量を水平動による付加軸力にSRSSで加算する、(3)既往観測波上下動による応答量を水平動による付加軸力に時刻歴で加算する、等が一般的である。しかしながら、特に直下地震を想定する場合には、上記(イ)~(ハ)の仮定や、(1)、(2)の方法による安全性の検討が、実現象・実挙動に近い適切なものであるのか、観測記録に基づいた検証が必要である。

たとえば、上下動と水平動の応答スペクトル比としてT=0.1秒前後で0.80~0.85程度の値が一般的に用いられているが、地表あるいは建物最下層床位置で観測された強震動記録には、上下動成分のスペクトル値が水平動のそれより大きな強震動が少なくなく、免震建物の鉛直方向1次固有周期帯域であるT=0.1~0.2秒でSa=1.5~2.0G(h=5%)の大きなスペクトル値を示す強震動も国内外において少なからず観測されている。さらに筆者らは、強震動水平・上下3成分同時入力による高層免震建物(アスペクト比H/B=3、4)の立体骨組振動系モデルによる応答解析によって、(1)多くの免震設計において耐震性能目標とされる引張面圧 $\sigma_t=1\text{N/mm}^2$ を超える応答量をアイソレータに作用させる強震動が、直下地震ばかりではなく、プレート間巨大地震の強震記録をも含めて少なからず存在すること、(2)アイソレータに引き抜きを生じさせる強震動は、また耐力及び剛性の大きい圧縮側に対しても、限界圧縮強度を超える程の大きな圧縮応力が生じる可能性のあることを確認している。

アスペクト比の大きな高層免震建物の設計では、もちろん種々の引き抜き対策が講じられているときく。それはそれとして、引き抜きに対する安全性の検証に用いる上下動の強さの想定が、いささか過小評価気味なのではないかと、筆者は危惧しているのである。

白川静『字通』によれば、「高」は神明のことに用いるのが原義の由、「高」のもつ「とうとい」「うやまう」などと関わる「上位」の意味が「高齢」(senior citizen)にはある。最近では、アスペクト比が6を超えるような高層免震マンションも建設される時世である。都市景観に物議を醸しかねない「高層」ではなく、地震時安全性について高い信頼性を得られるような「高層免震マンション」のあり方が可能であれば、と願う次第である。