

【建築基準法が“揺れる”——長周期地震動対策は始まったばかり】

■長周期地震動の影響が徐々に明らかに——超高層ビルが“想定外の大揺れ”? ■■■■■■

●ちょうど50年前、耐震基準改正が霞が関ビルディングに門戸を開いた

前ページで「新耐震基準が“揺れる”」と週刊誌的な見出しが躍ったが、最近話題の長周期地震動による超高層ビル(高さが60mを超えるもの)などへの影響についても、対策が大きく揺れ始めている。本紙は寺田寅彦(1878年-1935年)の箴言を引用する機会が多いが、ここでは彼の「文明が進めば進むほど、災害は激烈さを増す」が“共振”する。わが国では経済成長・拡大期が国土の地震活動の、たまたま平穏期と重なった短いスキの半世紀で、文明を誇示するかのように、そして雨後のたけのこのように、天の高みをめざす超高層ビル群が林立した。余談だが、わが国最初の超高層ビルとして知られる霞が関ビルディングの竣工は1968年。当初計画では当時の31mという高さ制限があったことで9階建てだったが、ちょうど50年前の1962年8月の建築基準法改定で高さ制限が撤廃され、超高層ビルへ計画変更されたという経緯がある。

超高層ビルの多くは、首都圏をはじめ中部・関西の厚い堆積層を持つ平野部の大都市に林立する。ところがこの堆積層が、超高層ビルの立地地盤としては大きな不安要因となることがわかってきたのは2000年ごろで、「地球シミュレータ」を用いた解析で長周期地震動が建物を揺らすほどのエネルギーをもって遠方まで伝わるのが検証され、課題も浮上してきた。

2003年十勝沖地震の際に、震央から約250km離れた苫小牧市内で石油タンクがスロッシング(液面揺動)を起こして火災が発生したことを契機に、長周期地震動は社会的にも注目されることとなった。長周期地震動は、揺れの周期が長い(2、3秒~20秒)波を多く含む地震動で、ゆっくりとした揺れが非常に長く続く特色がある。規模が大きい地震ほどより長周期の地震動が多く発生し、また、地表から地下深くまでの堆積層の影響で長周期地震動はさらに増幅する。このため巨大地震が発生すると、東京、大阪、名古屋のような堆積層の厚い平野部などで、固有周期の長い超高層建築物や免震建築物への影響が大きいと考えられている。

●国が「対策」に着手したところで大震災——検討次第で超高層ビルにも「既存不適格」?

毎日新聞4月6日付けは「長周期地震動:東日本大震災の2倍以上に 東海地震などで」と報じた。「近い将来の発生が心配されている東海・東南海・南海地震が起きた場合、超高層ビルを大きく揺らす『長周期地震動』が、首都圏では東日本大震災の2倍以上の速さで揺らすとの予測を、日本建築学会の小委員会がまとめた……」(文末に記事へのリンク)。

また、週刊アエラ 4月2日号は特集記事として「免震超高層に潜む危険」を取り上げ、その小見出しに「構造設計者がタワーマンションに住まない理由/M8.4で変形限界を超える/大阪、東京、名古屋の順に危ない」など、週刊誌ならではの気になる文言を並べた。

私たちは超高層ビルの足のすくむ高さに一抔の本能的な不安を覚えながらも、最先端技術を信頼し、眺望に感嘆し、超高層ビルを受け入れた。しかし東日本大震災は安全神話を根底から揺るがした。超高層ビルについても建築基準法の間——“最低基準”が問われている。

先端技術ほど生まれたとたんに刻々古くなると言うが、安全技術もその例に漏れない。本紙P. 3で紹介した東京財団の「建築基準法に関する政策提言」は、「地震のメカニズムは、われわれが多くの地震を経験すればするほどより大規模な地震の可能性を認識する統計的構造をもっており、その意味で耐震基準は必ず陳腐化する性質をもっている」と指摘している。

長周期地震動の超高層ビルや重厚長大構造物への影響の研究が進むなかで危機感を持った国土交通省は、2010年12月に「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案」をまとめ本格的な対策に乗り出した。この試案では、超高層建築物等の大臣認定の運用を見直し、想定東海地震、東南海地震、宮城県沖地震の3地震(当時)による長周期地震動を考慮した設計用地震動による構造計算を求め、家具等の固定対策に対する設計上の措置について説明を求めた。また既存の超高層建築物等への対策として、3地震(当時)による長周期地震動による影響を再検証し、必要な補強等を行うよう要請する、とした。

この試案を詰めるなかで東日本大震災が発生した。現在は、大震災での長周期地震動の分析・被害検証などと併せ、内閣府「南海トラフの巨大地震検討会」、中央防災会議「防災対策推進検討会議」(のワーキンググループ)でさらなる対策が検討される。ここでもし、超高層ビルの耐震基準について抜本的な方針が打ち出されると、超高層ビル群に「既存不適格」建物が派生する可能性がある。

いっぽう、東日本大震災後、長周期地震動の予報提供をめざす気象庁は4月26日、その「情報のあり方」をとりまとめ、「地域ごとに長周期地震動の発生を知らせる迅速で簡潔な情報と、地点ごとの高層ビルでの揺れの大きさや被害発生可能性を示すより詳細な情報の2段階で発表」などを

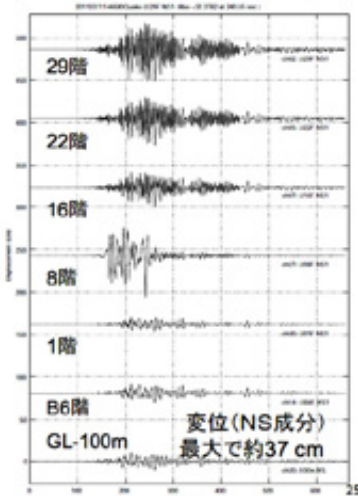


気象庁資料「東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態に関する調査結果」より「東北地方太平洋沖地震における長周期地震動」



気象庁資料「東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態に関する調査結果」より「工学院大学新宿キャンパスでの被害」。高層階(20~28階)でコピー機や重いキャスター付きラックが移動、書架からの書籍や書類の落下・散乱、薬品入れの引き出しの飛び出し、天井材の落下などの事象が起こった

基本方針とした。今後気象庁は新たな検討会で具体的な発表の方法等を詰める。



気象庁資料「東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態に関する調査結果」より「工学院大学新宿キャンパスでの揺れ」。このグラフは長周期地震動の変位波形（NS成分=南北方向の揺れ幅）を示し、29階で最大約37cm、16階で最大24.4cmに対し、1階は最大8.2cmだった（資料出所:工学院大学・久田嘉章教授）

●長周期地震動——その基礎知識と超高層ビル(オフィス、住まい)の防災対策
 〈長周期地震動の基礎知識〉（各情報源は国土交通省、産総研ほか各種資料より）

▼堆積層

関東平野の例:関東平野は柔らかいすり鉢状の堆積層からなる平坦面だが、地下深部の基盤に大規模な凹凸が発達している。大地震の際には地下深部の基盤の形状によって局所的に長周期の地震動が増幅される可能性がある。

▼超高層建築物の固有周期

振り子を揺らして片側に振れて戻ってくるまでの時間が「固有周期」。固有周期は質量が大きくなるほど長く、逆に剛性が大きいほど短い。建築物では高さが高いほど質量が増大し固有周期は長くなる。建築物の設計の場合、建物が建つ地表地盤と建物自体の固有周期をそれぞれ測定し、双方の固有周期が一致して共振しないように設計する。

大都市平野部は揺れに対して6~8秒の周期を持つとされる。一般的に超高層建築物固有周期の目安は、高さ60m(20階建て程度)で1~2秒程度、高さ200m(50~60階建て程度)で4~6秒程度、免震建築物で最大8秒程度。ちなみに、周期に10をかけると揺れやすい高さのビル(例:3秒なら30階建て)の目安。なお、従来、地震学では周期10秒以上の長周期地震動を主な対象としたため、超高層ビルを揺らす範囲の周期は、70~80年代は「やや長周期地震動」と呼ばれた。

▼長周期地震動と建物の揺れ方

長周期地震動の地震では、建物がゆっさゆっさと大きく揺れる(短周期だとガタガタと揺れる)。ゆっさゆっさと最上階が大きく揺れる揺れ方を「1次モード」と呼ぶが、工学院大学・久田嘉章建築学部教授は、東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)の長周期地震動では、高層ビル最上部よりも中層階で被害が大きかった可能性があり、「2次モード」という中層階が腰をくねらせたような揺れ方が起きたと推測する。このように今後、地震のタイプ、規模によっては通常の長周期地震動のみならず、2次モードによる被害や、さらなる想定外の被害も排除できない。

▼東日本大震災での長周期地震動の影響

東北地方太平洋沖地震の長周期地震動で、震源から約770km離れた大阪府の「咲洲(さきしま)庁舎」(55階建て、高さ256m)が約10分間揺れた。1階部分(震度2~3程度)では地震に気づかなかった人もいたが、最上階付近の揺れ幅は最大約2.7mに達し、内装材や防火戸の一部で破損などの被害、エレベータ4基で閉じ込めが発生。首都圏でも都庁第一庁舎(48階建て、高さ243m)で最大1.3m、54階建オフィスビルで約1mなどの揺れを観測。建物の揺れは10分以上続き、一部で天井材の落下、コピー機の移動、書類の散乱、パーティションの損壊などがあつた。また、新潟東港では石油タンク内の油が波立つスロッシング現象が発生した。

〈超高層ビル(オフィス、住まい)の防災対策〉

現在の高層・超高層ビルは長周期地震動で大破(倒壊、全潰)することはないとされるが、東日本大震災にみるように、家具転倒やエレベータ停止、断水などは十分想定される。超高層マンションであれば、地上との行き来が困難になる“高層難民”の大量発生も懸念される。

▼“震災時自立型高層住宅”をめざす——公助・共助の対策

東京都は、防災倉庫付きマンション開発の促進を狙う「東京都総合設計許可要綱」を施行。マンションの新築で中・高層階に防災倉庫を設置する場合、倉庫分の面積を延べ床面積に上乗せできる。東京都中央区は、10階建てで25戸以上のマンションを新設する場合、一定階ごとに備蓄倉庫の設置を義務づける。中央区はまた、全国初の高層住宅「震災時活動マニュアル策定の手引き」を発行し、“震災時自立型高層住宅”をめざす。高さ100mを超える超高層建築が80棟を数える港区もまた、新築高層マンションに防災倉庫の設置を義務づける。

いっぽう大阪市も「防災力強化マンション認定制度」を設け、建物の耐震性評価、家具転倒防止策の実施、防災倉庫の設置などの条件をクリアした物件に市が認定プレートを交付し、市のホームページで広報する。このように長周期地震動対策やマンション防災の環境は整いつつあるが、住民自らの防災意識の啓発や防災訓練への参加などが大きな課題となる。

▼超高層ビルオフィス・マンション——個人の対策(自助)

家具固定で身を守るのが基本。9都府県が共同で制作した「高層ビル室内安全ブック~うごくたおれる とぶ おちる+われる~」を本紙4月1日号が紹介したが、まさに今後起きるであろう巨大地震で発生が懸念される長周期地震動を想定し、超高層・高層ビルの住まい、オフィス、住まいへの影響、揺れへの対策、被害軽減を目的とした一般向け冊子だ(下記リンク参照)。

- >>毎日新聞(毎日新聞4月6日付)「長周期地震動:東日本大震災の2倍以上に 東海地震などで」
- >>国土交通省「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」(2010年12月)
- >>室内安全対策「うごく たおれる とぶ おちる+われる」(兵庫県)



9都府県が共同で制作した「高層ビル室内安全ブック」より。この図では、オフィスのチェックポイントがわかりやすく説明されている