

東日本大震災から1年を経て免震に思うこと



北海道大学 教授

菊地 優

東日本大震災の発生から1年が過ぎた。地震発生以降、被災地には3度赴き未曾有の震災を目の当たりにしてきた。このたび巻頭言の執筆依頼を頂いたことを、この1年間に震災と対峙する中で、免震について考えたことを述べさせて頂く良い機会であると思ひ、執筆をお引き受けした次第である。

2011年3月11日の地震発生当日、筆者は午前札幌から上京し、午後は東京都内の免震建物の中にいた。地震発生時には、初めに建物内に緊急地震速報が流れ、数十秒後に震動が到達した。建物の中は、ゆっくりとした大きな揺れがあるだけの不安のない空間であった。免震建物の中で展開された一連の事象は、理想的な防災シナリオであったといえよう。ただし、地震後は札幌に戻れないどころか、東京都内での移動も不可能となり、訪問先に宿泊させて頂くこととなった。翌朝は早くから電車を乗り継いで都内を移動し、免震建物を見てまわった。土曜日の朝、そして震災直後であるから、訪問のアポイントメントなど取れるはずもない。それでも事情をご理解頂き快く訪問を受け入れて下さった方々がいらっした。複数の免震建物においてエキスパンション・ジョイント(Exp. J)付近に残された跡から、数cmの動きを確認した。免震レトロフィットされた国際子ども図書館では、朝から平常通り開館されていたのは驚きであった。職員の方からは、書架の本はまったく倒れることもなかったとのコメントを頂いた。

東北地方における免震建物の最大変形量は20～30cmであったと聞く。その変形量からは、設計で想定するレベル2の地震動が入力されたと判断する。3度の現地調査では防災拠点となる免震建物を中心にまわり、いずれの免震建物も十分に機能を発揮したとの感触を得た。石巻消防署は、津波で冠水し免震ピットも浸水したが、免震による応答加速度低減

と屋上に設置された非常用発電機が稼働したことで、地震後も消防署としての機能を維持した。石巻赤十字病院では、地震発生から5分後には災害対策本部が立ち上がり、周囲の病院が医療活動を行えなくなった中で被災者の救護に孤立奮闘した。同病院内の地震時の様子を撮影した映像が公開されており、免震建物内の揺れを知ることができる。この映像は、2日前の地震をきっかけに機材の準備をしていたことで撮影できたと聞く。登米市消防防災センターは、消防署の機能に加えて、防災対策の展示・学習設備を有し、地下の免震部材をも展示物とするユニークな施設である。同センターは、地震発生直後から隣接する南三陸町の被災地へ救助活動に入った。栗原市には、約3Gの大加速度を記録したK-NET築館の観測点が存在する。ここでは栗原市消防本部と栗原市立栗原中央病院の2棟が免震構造である。両建物とも免震が機能して建物に被害はなく、消防本部は翌日から津波被災地への救助活動を展開し、病院は被災地からの患者を受け入れた。その他、遠野市では免震構造の消防庁舎が最近竣工し、気仙沼市立病院も免震構造で新築工事が計画されているなど、防災拠点の免震化の流れは止まらない。

東日本大震災では、約30%の免震建物でExp. Jに可動の不具合や損傷が生じたと聞く。筆者も現地調査にて、タイルの剥落、金物の変形・脱落などを確認した。Exp. Jは設置された状態での事前の可動確認が難しいことに加え、雨仕舞、バリアフリー、デザインに配慮する結果、複雑なディテールとなってしまうことも否めない。しかし、筆者はそのような不具合を深刻に受けて止めていない。むしろ、可動部で人が怪我をしなかったことに安堵している。もし、可動部に人が挟まれたら大変なことになる。想像するだけで、恐ろしい。そう

考えると、可動部に人が近づけないように、1階以上の柱頭免震とすることが理想的なのかもしれない。

東日本大震災では東北地方以外でも、超高層ビルではエレベータの停止や非構造部材の損傷、石油タンクでは液面のスロッシング現象による油漏れなど、地震動の長周期成分が要因と思われる被害が報告されている。長周期地震動は、免震が最も苦手とする相手である。2003年十勝沖地震でその存在が注目され、超高層ビル、免震建物などの長周期構造物では、地震安全性の再検討を強いられた。現在でも免震の分野では、長周期地震動対応が主要な研究テーマである。その研究内容は、免震部材に大振幅・長時間・多数回繰り返し変形といった過酷な状況を強いるものばかりである。不思議なことに、上部建物に講ずべき対策についての検討はあまり見られない。筆者が長周期地震動に対する免震建物の応答を検討する中で得た極限挙動は意外なものであった。免震建物は塑性化すると、基礎固定の在来建物と比べて冗長性に大きく劣るという免震構造の弱点が明らかになった。この弱点は従来から一部の構造技術者の間で経験的に知られてきたが、それを理論的に証明できたのである。建物の塑性化は、極端な耐力低減あるいは過大な地震動入力で生じる。免震構造は、想定外の事象には弱いのである。免震構造の設計では、応答加速度低減による建物機能維持のみを期待し、地震力低減によって生じた建物の余力には手をつけにくいぐらいの余裕が欲しい。とにかく、免震建物は絶対に塑性化させてはいけない。

東北地方では、869年に貞観地震という巨大地震が発生し大津波に襲われたことが、日本三代実録に記述されている。貞観津波が運んだ堆積物の調査から、浸水の範囲は今回の津波の浸水域とほぼ同じであったという。その後、1611年には慶長三陸地震が発生した。慶長三陸津波の浸水域は1933年の昭和三陸津波より広がったとの調査結果がある。また、北海道の太平洋岸でも同時期の津波痕跡が発見されており、この地震が北海道東方沖から三陸までの連動型地震であったとの可能性も指摘されている。仙台平野を襲う大津波への警鐘は、東日本大震災以前か

ら発せられていたが、注目されなかった。数十年サイクルで発生するM8クラスの地震であれば、一個人が存命中に一度は経験し、直接語り継ぐことができよう。今回のような巨大津波をもたらす地震の発生周期は500~1000年とも言われ、それを経験できない世代が存在する。東日本大震災では地盤・建物の揺れ、液状化、津波などの膨大な映像が記録された。我々には、その記録を確実に後世に伝える義務がある。貞観地震を記述した日本三代実録が、現在の強震観測網や高度な解析技術に劣らない防災上の有益性を持っていることを、我々は認識せざるを得ない。津波が地層に記した堆積層というメッセージも然り。そして、それらの警告を見過ごしてしまったことを憂慮すべきである。情報の不伝達は、免震の世界でも起こっている。岡隆一が考案した免震基礎を採用して1928年に建設された建物では、免震構造であることが後世に伝わらず、可動部分がモルタルで固められてしまったと聞く。先述の免震Exp.Jの被害には、可動部分であることが情報伝達されずに固定されたことが原因のものもある。

東日本大震災では震動を要因とする建物の深刻な構造被害の大半は、新耐震設計法以前の建物であったと報告されている。1995年阪神淡路大震災でも同様の調査報告を聞いた。建物の倒壊による人命損失を防ぐという耐震設計の大原則は概ね守られたと判断して良いだろう。しかし、それ以上のことを求められたら、答えは免震しかない。宮城県内の防災拠点の免震建物が、それを証明している。この震災では免震建物でも数々の不具合が露呈したが、致命的ではない。むしろ、この震災での教訓を生かし、最強の免震を生み出す機会としたい。では、最強の免震の条件とは何か。これは協会会員諸兄にもぜひ、ご助言、ご指導を賜りたいことである。筆者としては、安全に可動部が機能すること、上部構造が弾性を維持できること、そしてフェールセーフを備えていることの3つは外せない。最強の免震を実現し、これを地震に打たれ強い社会資本形成の決定打とすべきである。最後にそう主張して、拙稿の結びとする。