

免震構造の安全性：耐震性能と耐風性能



神奈川大学 名誉教授

大熊 武司

この2月22日に発生したニュージーランド地震、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東日本大震災でお亡くなりになられた方々に心より哀悼の意を表するとともに、被災されご苦勞を強いられている方々に心よりお見舞い申し上げます。

「想定外の地震発生メカニズムによる巨大地震」と伝えられているこの度の地震発生はあらためて「自然の脅威」を痛感させた。我が国は地震大国でもあり台風大国でもある。「自然への畏怖」という念をもって、耐震・耐風技術・資料の整備を進めるとともに、設計・施工・管理に臨まなければならない。本会耐風設計部会（委員長：筆者）も「免震建築物の耐風設計指針（案）」を会誌“MENSIN”の前号（NO.71 2011.2）に掲載させて頂いたが、気持ちを新たに指針完成にむけて一層の努力をする所存である。

私事で恐縮であるが、一昨年まで在職した神奈川大学では、創立70周年記念事業の一環として横浜キャンパスの再開発が実施された。再開発では、1995年1月の阪神・淡路大震災を踏まえて施設の耐震性向上が強く打ち出され、耐震診断が実施された。その結果、幾つかの施設がスクラップアンドビルドされ、2001年3月末、工学部の講義棟・研究棟の一部が免震校舎として新築された。これによって、筆者も実感をもって免震建物とつきあえるようになった（Web検索：TEDCOMシンポジウム）。

阪神・淡路大震災の教訓は免震建築物への関心を急速に高め、免震層の耐震性能の確保に向けた技術資料が着実に積み上げられてきた。また、「長周期地震動」への関心が高まっており（日本建築学会：長周期地震動と建築物の耐震性 2007）、技術資料の整備も進んでいる（日本免震構造協会：平成21年度建築基準整備促進事業「12 免震建築物の基準の整備に資する検討」報告書）。加えて、この度の地震

災から得られるであろう多くの知見、教訓はこれまでの検討をより深化させるものと思われる。しかし、地震にだけ目を向けた性能確保では耐震性能の低下という想定外の事態を招きかねない。理由は風の影響である。耐風性能の確保は風対策のためだけでなく、耐震性能の低下防止のためにも留意すべきことである。

筆者は学部・大学院での研究生活（1965～1971年）を東京工業大学の藤本盛久先生のご指導を頂いて過ごした。修士課程までは鋼構造に関する研究を進めていたが、博士課程では耐風設計に関する研究を行った。研究テーマを変更したきっかけは、研究室の勉強会における「高層建築物などが増えるこれからの時代は、地震の問題だけでなく、風についての研究が大切だ」、「風の影響についても構造に携わる者自らが勉強しなくてはいけない」という恩師のコメントである。恩師の言葉は早々に実感出来た。7920号台風（1979年の20号台風）時に新宿副都心界隈の高層建築物が有感振動を起こしたいわゆる「風揺れ問題」である。風速の大きさは、最大の平均風速値として、当時筆者らが実測を進めていた「中野電電ビル：高さ115m」の屋上16m高さで約35m/sである。耐風設計という観点からは特に強い台風というわけではなく、最も揺れたビルの加速度も瞬間値で30～50ガルである。しかし、「長時間続く」という地震にはない風特有の現象のために、中野電電ビルの場合を含め、不快になる者や不安になる者が相当数にのぼった。因みに、中野電電ビルの加速度の最大瞬間値は10数ガルであったが、最強の時間帯を過ぎても違和感を訴える者が増えていた。

このイベントを契機に構造関係者の風に対する認識も大きく変わり、風応答への関心が高まるとともに、制振装置の開発・普及が活発になった。また、風揺れに対する居住性評価指針の作成が求

められた(日本建築構造技術者協会：主集 制振構造 Structure No.32、1989、日本建築学会：居住性能評価指針 1991,2004)。

さらに、1993年に竣工した横浜ランドマークタワー(高さ296m)は、建物頂部に設置されたハイブリッド方式の制振装置への関心だけでなく、「主要骨組が建物全体にわたって風荷重によって設計された高層建築物の出現」ということで関心を集めた。因みに、設計のクライテリアは「再現期間100年の風速による荷重効果に対して許容応力度設計、同500年に対してほぼ弾性的挙動の確保」(日本建築センター：高層建築物の構造評定用風荷重について 1991)である。「弾性的挙動の確保」の具体は「多少の塑性化は許容するが、風圧力の継続時間内に進行性の変形を生じさせない」ということで、弾塑性風応答、累積疲労損傷等への関心を高めた。ランドマークタワーはまた、煙突やタワー等だけでなく高層建築物についても、渦発生に原因する風直交方向振動に十分な注意が必要であることを示した。因みに、捩れ振動については、風直交方向振動との連成を防ぐために剛性の確保という対応が取られている。

このような時代の風の後押しされて、耐風設計技術が整備されていった(日本建築学会：建築物荷重指針 1981,1993,2004、日本建築センター：建築物風洞実験ガイドブック 1994,2008)。また、地震に関わる問題と風に関わる問題を同じ土俵で整理するという試みもなされた(日本建築学会：動的外乱に対する設計 1999、同：風と地震による繰返し荷重効果と疲労損傷評価 2004)。しかし今、新たな耐風設計技術の整備が求められる建築物が増えている。1995年の阪神・淡路大震災の教訓を踏まえて増加している免震建築物、特に高層免震建築物である。構造骨組が大地まで達している建築物では、「設計用風荷重が設計用地震力に比べて小さいから、耐風安全性に問題ない」と判断しても基本的には問題ないであろうが、複数のそれもそれぞれが特有の復元力特性を持つ免震部材のみで構成される「免震層」の検証をこのような論理で済ませることは合理的とは言えない。

実際、最近でもこういう例があった。「極めて希な暴風時の設計用風荷重が一次設計用地震力に比べて小さいことを確認した」とあるが、かなり接近しているので免震層の状態を確認したところ降伏しており、詳細に検討するに至った。また、滑り支承やオイルダンパーについては、「風荷重評価には考慮していないので安全側である」とするだけで、「実際にはそれなりに負担をしている」ということの認識を持っていなかったという例もある。さらには、「地震時の振動に比べれば暴風時の振動は相当小さい。何故こまごまとしたことを」という声は今なおあるとも聞いている。しかし、相手は「免震層に安全を託す建築物」である。「長時間繰返し作用する。平均風力という静的成分も作用する。建物の形状によっては、渦発生に原因する周期性の高い変動風力も作用する」という風力特有の作用に対する応答性状に思いを巡らせ、耐震性能の低下防止という視点を含めて、丁寧に検証することが必要である。

幸い、本会から「耐風設計指針の作成」という機会を頂いた。作成部会がスタートして3年半ほど経過してしまっただが、この度、なんとか「指針の本文案」を公表させて頂くことができた(紙面の都合で解説の一部がカットされているので、当面は会誌NO.66(2009)を併せご覧頂きたい)。具体については前号をご覧頂くとして、指針(案)では冒頭に、上述したような状況を踏まえて、指針の基本的考え方・策定の基本方針を明示した。要約、次の3点である。

①地震応答とは異なる免震建築物特有の風応答性状の実用的評価法を提示する。

②評価は、免震層全体としての挙動の評価、その応答挙動に対する各免震部材の安全性検証、の2段階評価とする。

③設計・計算作業に入る前の確認作業の一助として、留意すべき事項を列挙する。

評価法の具体については「付録」に示す予定であるが、現時点では、関係文献の例示でご容赦頂きたい。

最後に、「十分な耐震・耐風性能を有する免震層に支えられた免震建築物」の推進のために、皆様の一層のご理解・ご支援を改めてお願いしたい。