

災害拠点建築物の機能継続技術の開発 —平成25年度新規総合技術開発 プロジェクトの取り組み—

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部 建築新技術研究官 本多 直巳
基準認証システム研究室 研究官 壁谷澤 寿一

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は地震や津波により東日本の広範囲の建築物に未曾有の大きな被害をもたらした。また、被害の内容を見ても、これまでの地震災害では顕在化していなかった①建築物の津波による構造被害(写真—1)、②非構造壁、天井材に代表される非構造部材の損傷による建築物の機能喪失(写真—2)、③防災拠点となるべき庁舎建築物の被害が確認された。

また、2012年5月につくば市、2013年9月に越谷市等で発生した竜巻では、建築物にも大きな被害が発生したところである。

こうした近年頻発する災害に対し、市役所や避難所などは災害直後から復旧活動等を行う場として、構造的に安全であることはもとより、その機

能が維持されることが求められる。

そこで、国土交通省では本年度から4カ年の予定で総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」(以下「災害拠点総プロ」という)を実施し、津

波、地震、竜巻などの災害後も直後から機能が維持できる災害拠点建築物の設計に資する技術開発を行い、建築物が防災拠点として機能を維持するために配慮すべき設計ガイドラインを策定することとしている(図—1)。



写真—1 津波による鉄筋コンクリート造外壁被害



写真—2 鉄筋コンクリート造建築物の非構造壁被害

研究開発項目	25年度	26年度	27年度	28年度
1) 津波や竜巻外力を想定した技術開発				
①抵抗カ避難ビル				
②外装材脱落設計法				
③避難拠点防護街区				
④飛来物対策評価法				
2) 地震動外力を想定した技術開発				
①非共振天井材				
②使用安全性簡易確認装置				
③損傷制御設計法				
3) 設計ガイドライン作成WG				

図—1 災害拠点総プロのスケジュール

2. 津波対策に関する技術開発

東日本大震災以前においては、建築物と津波

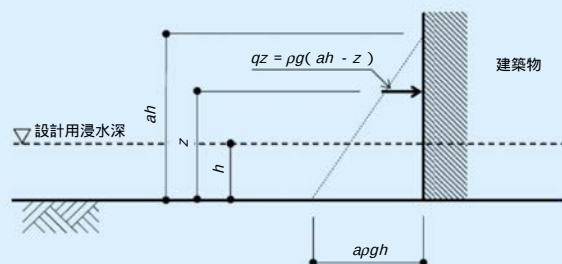
荷重に関する研究は多くはなく、いまだに未解明の部分も多い。また、津波に対する建築物の基準類としても、2005年の内閣府による「津波避難ビル等に係るガイドライン」において参照されている一般財団法人日本建築センターの自主研究に示された津波避難ビルの構造設計法があるのみであった。

内閣府の「津波避難ビル等に係るガイドライン」では、設計用浸水深の3倍に相当する静水圧を津波波圧とする算定式が示されていた。震災後に制定された「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」(平成23年11月17日付国住指第2570号、以下「津波避難ビル新ガイドライン」という)においては、東日本大震災の被害調査結果に基づき、この算定式の見直しを行っている(図—2)。

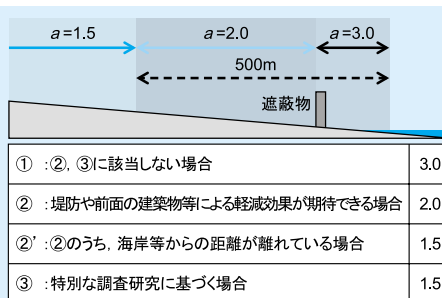
その結果、設計用浸水深の3倍に相当する静水圧を基本としながらも、津波の勢いが軽減されることが見込まれる場合には、この倍率(水深係数 a)を低減できることとしている。具体的には、津波避難ビル等から津波が来襲する方向に施設または他の建築物等の遮蔽物がある場合について水深係数を3.0から2.0に、さらにそのうち、津波避難ビル等の位置が津波が来襲する方向で海岸および河川から500m以上離れている場合について当該2.0を1.5まで低減できることとした(図—3)。

$$qz = \rho g (ah - z)$$

qz : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)、 ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)、 g : 重力加速度 (m/s²)、 h : 設計用浸水深 (m)、 z : 当該部分の地盤面からの高さ ($0 \leq z \leq ah$)、 a : 水深係数。基本は3.0とする。



図—2 津波波圧算定式



図—3 津波避難ビル等の設計用外力(水深係数 a)

しかしながらこの新しい設計手法においても、建築計画や外壁材を工夫し、いわゆる波力を「受けながす」手法については技術的知見も少なく取り入れられていない。現地被害調査結果においては、写真—3に示すようにALCパネルや鋼板等の外壁材が流失しているものの、柱梁骨組は残存している事例が特に鉄骨造建築物で顕著に見られた。これらの建築物では津波来襲時に早期に外壁材が流失することで作用する外力が小さくなったことが骨組残存の要因として考えられる。一方で、写真—4に示すように外壁材がほぼ残ったまま津波により転倒した被害が見受けられた。外壁材については、外壁材そのものの耐力や下地材との取付け部の耐力等を考慮して開口部とみなせるか否かについて慎重に検討する必要がある。



写真—3 外壁材が全面的に流失した建築物



写真—4 外壁材が残存したまま転倒した建築物

そこで災害拠点総プロでは、津波避難ビルの技術基準の見直し等に資する検討として、外壁材の脱落による津波波力低減効果に関する技術的知見を、水理実験等を通じて整理することとしている。

また、この他に津波避難ビル新ガイドラインでは明らかになっていない、①流体中の建築物に作用する力（抗力）を考慮した設計法、②周辺建築物等による津波荷重の遮蔽効果を考慮した設計法について、技術開発を行うこととしている。

3. 地震対策に関する技術開発

東日本大震災では、「現行耐震基準に基づき設計された建築物、耐震改修された建築物では、構造安全性という観点から十分な性能を発揮した。しかし、鉄筋コンクリート造における非構造壁の破損、鉄骨造体育館の水平プレースの破断、天井落下などの非構造部材の被害などにより、その後、建築物を利用できない事例が多く見られた。」とされている¹⁾。

このうち、非構造壁の破損に関しては、旧耐震基準、新耐震基準いずれの建築物にも見られ、制振ダンパーで補強された建物でも確認されている（写真—5）。こうした被害の原因としては、建築物設計において構造部材設計と非構造部材設計が完全に分業化されていること、非構造壁の地震時の挙動や損傷防止方策の研究が十分に進んでいないことなどが指摘されている¹⁾。

このような鉄筋コンクリート造の非構造壁の課題に対し、災害拠点総プロでは、通常は構造スリ



写真—5 制振補強したにもかかわらず被災した建築物



写真—6 新耐震建築物の天井被害事例

ットにより切り離されている変断面部材（そで壁付き柱）を活用し、架構の剛性および耐力を増加させることで大規模地震に対して非構造壁の損傷を抑制する設計法を提案し、実物大の試験体によりその性能を確認することとしている。

また、東日本大震災では、学校、ホール、空港などで天井落下の被害が、かつてない範囲で生じた（写真—6）。こうした被害を受け、2013年7月から8月にかけて、建築基準法施行令、建築基準法施行規則等の改正、関連告示の制定・改正がなされた²⁾。これら一連の政省令、告示では、特定天井（脱落によって重大な危害が生ずるおそれのある天井。6 m超の高さにある水平投影面積200 m²超等の要件）について、斜め部材等により地震等による天井の揺れを抑制すること、天井面と壁等との間に一定の隙間（クリアランス）を設けること等により天井の損傷、脱落を防止することを基本とする規定が設けられた。

災害拠点総プロでは吊り天井について、壁面等との間に隙間を設けない方法について振動台実験で性能を検証した上で評価法を開発することとしている。

4. 竜巻対策に関する技術開発

2012年5月6日に発生した竜巻ではつくば市北条地区を中心に建築物等に構造被害が確認されている。竜巻による被災地域の長さは17kmにも及び、75棟もの建築物が全壊と判定されている。国土交通省国土技術政策総合研究所および独立行政法人建築研究所は発災翌日の5月7日からつくば

市北条地区を中心に悉皆調査を実施し、建築物の被害を5段階の強風被災度ランクを用いて評価した³⁾。この竜巻では、強風被災度ランクで4以上の割合は20%を超え、甚大な被害を受けた建築物の割合が多い竜巻であったことが分かる。

写真—7に北条地区の鉄筋コンクリート造建築物での開口部等の被害状況を示す。本建築物は鉄筋コンクリート造5階建てであり、南面の開口部等が全ての階にわたって著しく損壊していた。低層階の被害状況を見ると、2階のベランダには多くの飛来物が堆積していること、1階の桁行中央にある鉄筋コンクリート造の手すりにひび割れが認められたことから、多数の飛来物の衝突を被ったことが想定されている。一方、4～5階のベランダには低層階よりも比較的堆積物は少ないが、4階の桁行中央付近にある手すりが屋外方向に引き抜けていた。

このように、つくば市で発生した竜巻では、堅牢な鉄筋コンクリート造等の建築物においては構造躯体に竜巻により生じた被害は確認されていないものの、開口や扉などの非構造部材については他の構造種別と同様に被害が生じており、このような被害が生じた場合には復旧拠点としての継続使用は困難であるといわざるを得ない。竜巻の風圧力に対する設計については竜巻の設計風速や風力係数など未解明な課題が残されており、国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所で竜巻状気流発生装置等を用いて調査研究を行っているところである。一方、飛来物衝突による非構造部材の損傷については加撃体や速度、外装材の種類も含めてほとんど技術的知見がなく、個別設計技術の性能評価は現状困難となっている。米国で

は外装材の飛来物耐衝撃性能試験についてASTM E 1996に試験の仕様等が示されており、飛来物の耐衝撃性能試験装置を用いて、加撃体を外装材に一定速度で衝突させて外装材の損傷度を評価する方法が示されている⁴⁾。

災害拠点総プロでは飛来物による外装材性能を評価するために、ASTMの仕様に準拠した試験を実施し、日本国内における外装材について衝撃性能試験による性能評価法の確立を目指している。

5. 設計ガイドライン

これまで述べてきた津波、地震、竜巻に対する新たな技術開発に加え、既存の研究や知見なども整理し、災害拠点建築物の設計ガイドラインをとりまとめることとしている。

災害拠点建築物の機能継続ということを考える際には、東日本大震災で長期にわたった電気・ガス・上下水道等のインフラ途絶への対応等が重要となる。このため、災害に対する設備システムの機能維持対策についても検討を行うこととしている。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告，2012 3，国土技術政策総合研究所資料No.674 / 建築研究資料No.136
- 2) 建築基準法施行令の一部を改正する政令（平成25年政令第217号），建築基準法施行規則及び建築基準法に基づく指定資格検定機関等に関する省令の一部を改正する省令（平成25年国土交通省令第61号），特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件（平成25年国土交通省告示第771号），他
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成24年（2012年）5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害調査報告，2013.1，国土技術政策総合研究所資料No.703 / 建築研究資料No.141
- 4) ASTM E 1996-04(2004)：Standard Specification for Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, Doors, and Impact Protective Systems Impacted by Windborne Debris in Hurricanes, ASTM Standard.



写真—7 被災した鉄筋コンクリート造建築物