

1) - 7 建築物の対竜巻性能検証法の構築 【基盤】

Development of the Verification Method for Tornado-resistant Structural Performance of Buildings

(研究期間 平成 26~27 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering
建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

喜々津 仁密 KIKITSU Hitomitsu
石原 直 ISHIHARA Tadashi
荒木 康弘 ARAKI Yasuhiro

This study aims to develop the verification method for tornado-resistant structural performance of critical buildings. In this study, the tornado-induced wind load model was improved by the result of wind pressure experiments and was incorporated into the proposed framework. Next, for the feasibility study, the way of structural calculation was illustrated for a low-rise steel building. Moreover, relation between estimation of tornado-induced instantaneous wind velocity and damage state observed in structures subjected to high wind is organized, which was incorporated into the framework of Japanese Enhanced Fujita (JEF) Scale.

【研究目的及び経過】

2012 年 5 月 6 日に北関東地方を中心に複数の竜巻が発生し、つくば市内でもフジタスケール F3 の竜巻によって多数の被害をもたらした。さらに 2013 年 9 月には、9 月 2 日に埼玉県越谷市から千葉県野田市にかけて多数の被害をもたらした竜巻をはじめ、国内で計 16 件の竜巻被害が報告されており、相次ぐ竜巻の発生と被害の甚大さは社会的にも大きなインパクトを与えた。一般に個々の建築物が竜巻による突風領域に入る確率は極めて低く、竜巻を通常の設計で考慮するのは合理的ではない。また、気象観測網での捕捉が極めてまれで、設計検証に反映できる工学的な知見が不十分である。このような理由から、竜巻による作用は建築基準体系で想定されていない。

上記の背景を踏まえて本研究では、建築物の対竜巻性能検証法及びそれを反映した設計法の枠組について検討する。具体的には、竜巻に配慮すべき重要な用途や部位を抽出したうえで、急激な気圧降下その他の竜巻特有の作用を直接とり込んだ精緻な突風荷重モデルを提案し、対竜巻性能検証フローを提案する。さらに、重要な用途施設又は部位を例題にして、提案するフローに従った検証例を示す。また、建築物各部（構造躯体・外装材）の被害状態と竜巻の推定風速との関係を系統的に類型化し、竜巻の強さの評定の枠組みの高度化、さらには現行のフジタスケール見直し（改良）の検討に反映させる。

【研究内容】

本研究は 3 つの研究項目を掲げて実施した。以下に各項目での成果の概要をまとめる。

1. 竜巻に配慮すべき重要な用途及び部位の抽出

既往の文献（例えば 1), 2)）を参考に、最近の竜巻被害事例から竜巻の作用に配慮すべき用途と部位を抽出した。また、重要度の定量的・定性的な指標に関する既往の研究を収集した。

2. 重要な用途施設の対竜巻性能検証法の検討

前項で抽出した用途を対象に、本項目では、重要な用途施設の対竜巻性能検証法の検討を行った。設計・検証法の枠組については既往の課題³⁾で図 1 に示す案を提示したが、その具体的な設計・検証手順のフェージビリティを本検討にて行った。

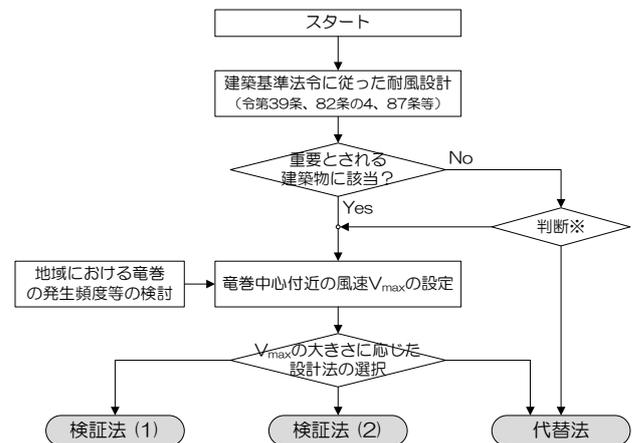


図 1 対竜巻性能検証フローのイメージ

1) 地域ごとの竜巻ハザードの評価

突風による風速の再現期間設定のための既往の確率統計モデル、設計規準を収集した。

2) 竜巻の作用を直接考慮した突風荷重の精緻化（図 1 の「検証法(1)」に関連）⁴⁾

大きさが異なる複数の建築物模型を用いて、竜巻状況

流発生装置による風圧実験を実施した（図 2）。実験で得た風圧係数データに基づき、竜巻状の旋回流と建築物との相対的な大小関係が突風荷重モデルを構成する諸係数に影響することを実験的に明らかにした。また、それに係るパラメータを既往の突風荷重モデルに反映させ、風力係数算定式の精緻化を図った（図 3）。

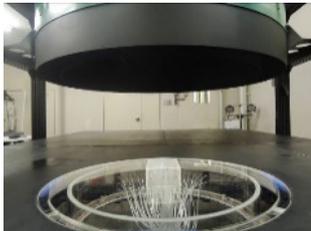


図 2 竜巻状気流発生装置と建築物模型

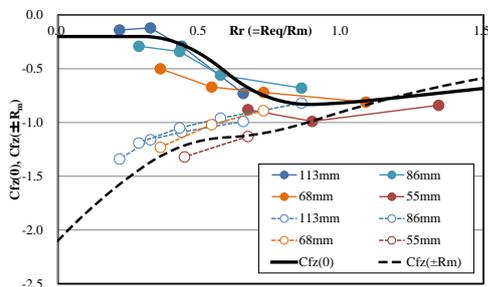


図 3 風力係数 C_{fz} のピーク値（凡例の数値は竜巻状の旋回流の最大風速半径 R_m 、横軸の数値は R_m に対する建築物模型の代表長さ R_{eq} の比を表す）

3) 鉄骨造建築物を対象にした対竜巻性能検証

竜巻による被災後の経済的な損失が大きいために予想される生産施設、物流倉庫等を想定した低層鉄骨造建築物を例題にして、図 1 に示す対竜巻性能検証フローにしたがった検証例を提示した。検証に当たっては、具体的な建築物形状の模型を用いた風圧実験を行い、実験で得た風圧データを活用した。この検証結果により、通常の耐風設計による場合と比較して柱・梁の部材寸法がどの程度大きくなるか検討した。

3. 竜巻の風速と建築物の各部の損傷状態との関係の類型化

ここでは被害の指標として「木造の住宅・店舗」、「木造の非住家建築物」、「木造の畜産施設」、「園芸施設」、「大規模な庇」、「RC 造の集合住宅」の 6 つを対象に、想定される被害の状態と推定風速との関係を系統的に整理した。具体的には、想定される被害の状態を類型化するとともに、既往の構成部材の耐力試験データ等を援用して各被害の状態に対応した風速の推定を行った。また、米国で運用されている改良フジタスケールに規定する風速との比較検証を行った。

表 1、図 4 に木造の住宅・店舗の検討例を示す。ここに示すように、被害度 (DOD) が軽微から甚大になるにつれて、風速の推定結果が大きくなる。本項目での検討結果は、気象庁「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン（平成 27 年 12 月）」⁵⁾ に反映されている。また、気象庁職員が評定業務で円滑に活用できるよう、運用の指針も併せて検討した。平成 28 年度からの竜巻の強さの評定に当たり、本ガイドラインが活用される予定である。

表 1 木造の住宅・店舗の被害の状態と風速

DOD	被害の状態	風速 (m/s)			
		代表値	下限値	上限値	
1	目視でわかる程度の被害、窓ガラスの損壊	30	25	35	
2	比較的狭い範囲での屋根ふき材の浮き上がり、はく離	粘土瓦ぶき	35	25	50
		金属板ぶき	40	30	55
3	比較的広い範囲での屋根ふき材の浮き上がり、はく離	粘土瓦ぶき	45	30	60
		金属板ぶき	50	40	65
4	屋根の軒先又は野地板の破損又は飛散	50	40	65	
5	上部構造の変形に伴う壁の損傷	55	40	65	
6	金属系の外壁材のはく離	60	45	70	
7	小屋組の構成部材の破損又は飛散	65	50	75	
8	上部構造の著しい変形又は倒壊	75	55	85	

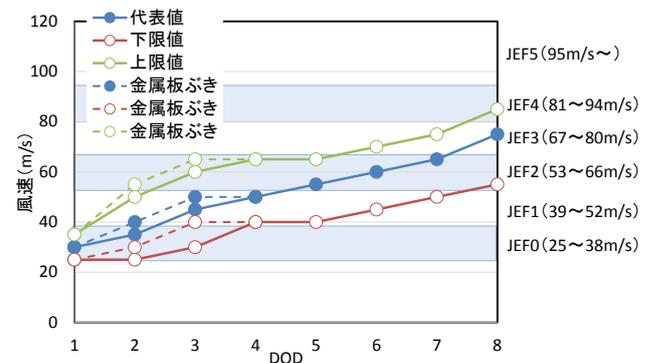


図 4 木造の住宅・店舗の被害度 (DOD) に応じた風速 (案)

【参考文献】 1) 建設大臣官房官庁営繕部監修：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成 8 年版，公共建築協会，1996. 2) International Code Council: Performance Code for Buildings and Facilities, 2012. 3) 喜々津：建築物の竜巻被害軽減に向けた研究と課題，平成 25 年度建築研究所講演会テキスト，2014. 4) 喜々津ほか：竜巻状の旋回流による突風荷重モデルに関する研究その 1 建築物との相対的な大小関係を考慮した鉛直方向の風力係数，日本建築学会大会講演梗概集(九州)，2016 掲載予定. 5) 気象庁：日本版改良藤田スケールに関するガイドライン，2015.