

# Epistula

えびすとら



独立行政法人 建築研究所  
Building Research Institute  
Vol.37 発行：2007.4

## 風がもたらす大きな被害

「風」とは気圧差がもたらす空気の流れをさし、世の中には様々な「風」が存在します。川面をわたる風から甚大な被害をもたらす台風や竜巻まで、その強さや大きさは千差万別です。今回は台風や竜巻といった強風がもたらす建築物の被害についてご紹介します。2006年9月17日、台風13号の接近に伴い宮崎県延岡市では住家が倒壊する、特急列車が横転するなどの被害が発生しました。当初は台風に伴う突風による被害と報じられていましたが、その後の気象台の調査により、台風に伴って発生した竜巻による被害であったと伝えられました。また、2006年11月7日に北海道佐呂間町で9名の死者を出した突風についても、竜巻であったと報じられています。

### では突風、竜巻、台風の違いとは？

突風とは一時的に吹く継続時間の短い強風を総称した呼び名のことで、竜巻、ダウンバースト、局地的な風、乱気流といったものがあります。このうち竜巻は、気象科学事典によると「積雲や積乱雲などの対流性の雲によってつくられる鉛直軸をもつ激しい渦巻きで、しばしば漏斗状または柱状の雲を伴う。米国では陸上竜巻をトルネード、水上竜巻をウォータースパウト、上空竜巻をファネル・アロフトというが、日本では竜巻というこれらすべてを含んだものをさす」とされています。つまり、竜巻は積乱雲などによる上昇気流と下降気流によって生じるものであり(写真1)、直径は数十m～数百m程度の渦巻きです。竜巻の強さはF(藤田)スケール(表1)で表わします。竜巻は米国では年間1,000個程度発生していますが、実は日本でも年間20個程度発生しており、単位面積あたり



■写真1 豊橋竜巻(1999年9月24日豊橋中消防署提供)

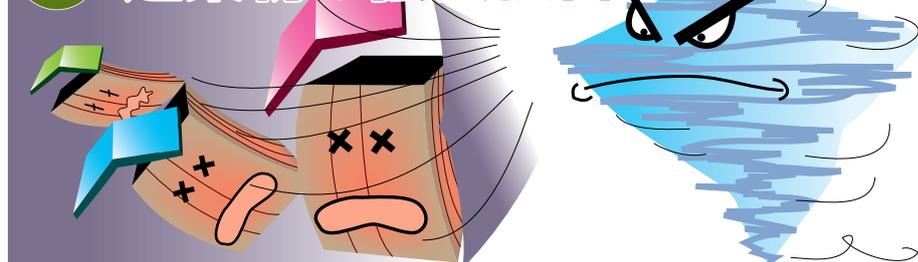
の発生割合は半分くらいで少ないわけではありません。米国では最大でF5クラスのトルネード(オクラホマ1999など)が発生しますが、日本ではF3クラスの竜巻(茂原1990、豊橋1999など)が最大です。しかし、F3クラスの竜巻でも建築物などに甚大な被害をもたらします。

一方、台風とは熱帯低気圧のうち最大風速が17m/s以上に達したものと定義され、大きなものは直径が1,000kmを超える巨大な渦巻きです。台風は毎年27個程度発生し、そのうちの約10個が日本に接近、約3個が日本に上陸しています。2004年には10個の台風が日本に上陸し、各地で観

測記録を更新するような暴風雨が吹き荒れ、内閣府のまとめによると、死者214名、負傷者2,542名、住家被害は全壊約1,200棟、半壊約9,300棟、一部損壊約67,000棟もの甚大な被害が発生しています。

このように強風による被害は毎年のように各地で発生していますが、地震による被害に比べると建築物に与える被害の実態があまり知られていないのではないのでしょうか。建築研究所では、地震による被害だけでなく、このような強風による建築物の被害状況を把握するために現地調査を実施し、強風被害を軽減する対策について研究を行っています。

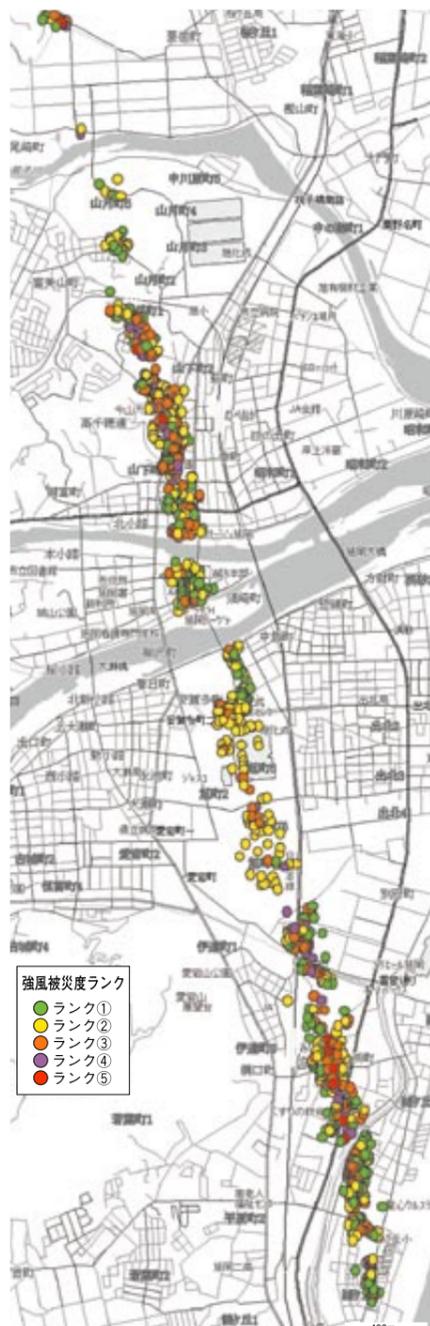
## 特集 建築物の強風被害



## 2006年台風13号と延岡竜巻

2006年9月17日、台風13号は長崎県に上陸し、九州各地を中心に強風被害や洪水をもたらしました。また、宮崎県・大分県・高知県では台風の接近に伴い竜巻などの突風被害が多数発生し、とりわけ宮崎県延岡市ではF2クラスの竜巻により特急列車の横転、住家の倒壊など甚大な被害が発生しました。内閣府のまとめによると、台風13号の被害は、全国で死者・行方不明者10名、負傷者435名、住家の全壊92棟、半壊306棟、一部損壊9,754棟となっています。

図1は延岡市の竜巻被害分布を表した図で、表2の建築研究所が提案している強風被災度ランクに当てはめました。被害は延岡市



©2005 ZENRIN CO.,LTD. (ZO7BI第004号)  
**■図1** 延岡竜巻の建築物等の被害分布 (2006年9月17日)

の中心地を縦断するようほぼ直線状に約7.5kmにわたって分布しています。海上で発生した竜巻が延岡市南部の海岸に上陸し、南(図中右下)から北(図中左上)に移動したものと考えられます。気象庁は竜巻の移動速度を約90km/hと推定しています。

写真2のように竜巻がホームセンターを縦断したため、鋼板製の屋根(長さ約50m)の一部がはく離し、室内の急激な圧力低下により、2箇所の出入口のサッシが内側に倒壊する被害が発生しました。一般の住宅などにおいても、飛来物の衝突による外装材等の損傷、外装材のはく離及び窓ガラスの破損、屋根ふき材・小屋組・天井の破損、住家等の倒壊などの被害が多数発生しています(写真3、4)。

### コラム 藤田スケール (Fスケール)

竜巻などの突風の強さは、シカゴ大学の藤田哲也により1971年に考案された「藤田スケール」により表されます。これは、表1の通り被害状況と風速を対応させたもので、世界的な規準として用いられています。この藤田スケールを用いることにより、今回取り上げた竜巻被害のように風速を測っていない場所でも、被害状況から突風の強さを推定することができます。

■表1 F(藤田)スケール

階級	風速	被害状況
F0	17~32m/s (約15秒間の平均風速)	テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、根の浅い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。
F1	33~49m/s (約10秒間の平均風速)	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。ビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木の幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。
F2	50~69m/s (約7秒間の平均風速)	住家の屋根がはく離れ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、ねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、車が脱線することもある。
F3	70~92m/s (約5秒間の平均風速)	壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家はバラバラになって飛散し、鉄骨づくりでもつぶれる。汽車が転覆し、自動車が持ち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半折れるか倒れるか、また引抜かれることもある。
F4	93~116 m/s (約4秒間の平均風速) [荒唐の被害]	住屋バラバラになって辺りに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでもベシャンコ。列車が吹き飛ばされ、自動車は何十mも空中飛行する。1t以上もある物体が降ってきて、危険の上も無い。
F5	117~142 m/s (約3秒間の平均風速) [信じられない被害]	住家は跡形もなく吹き飛ばされるし、立木の皮がはく離れ、また倒れたりする。自動車、列車などがもち上げられて飛行し、とんでもないところまで飛ばされる。数tもある物体がどこからともなく降ってくる。

■表2 強風被災度ランク(建築研究所)

ランク	被害の程度	被害の状況(例)
①	極く軽微な被害	住宅のテレビアンテナが曲がる。樋が落ちる。小枝が折れ、葉が飛散する。
②	軽微な被害	瓦がずれる。軒先やケラバなどで部分的に瓦が飛散する。太い枝が折れる。
③	顕著な被害	屋根の広範囲で瓦が飛散し、野地板の広い面が見える。部分的に窓ガラスが割れる。太い木が倒れる。
④	甚大な被害	屋根の垂木や母屋が破損する。小屋組が壊れる。多くの窓ガラスが割れる。
⑤	壊滅的な被害	家屋が倒壊する。

※台風や突風といった強風による建築物等の被害の程度を評価するのに用います。(図1、図2)



■写真2 ホームセンターの折板屋根のはく離 矢印が竜巻の通った経路(延岡市提供)



■写真3 竜巻により倒壊した建築物(延岡市提供)



■写真4 竜巻により屋根がはく離した住家(延岡市提供)



■写真6 佐呂間竜巻(2006年11月7日網走管内高井浩子氏撮影)



■写真5 台風13号による飯塚市文化施設(イズカコスモスコモン)の屋根被害 (イズカコスモスコモン提供)

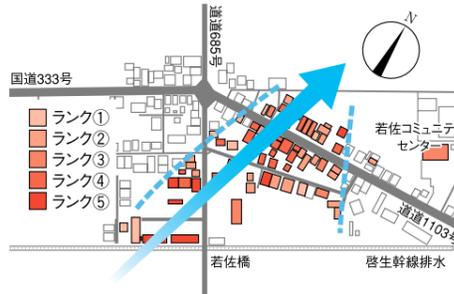
■写真7 佐呂間町若佐地区での被害状況(防衛大学小林文明氏提供2006年11月8日撮影)



■写真8 竜巻の直撃による作業現場仮設建築物の倒壊と飛散の状況(国土交通省北海道開発局提供)



■写真9 竜巻直後の飛散物の状況(国土交通省北海道開発局提供)



■図2 佐呂間竜巻の建築物等の被害分布 (2006年11月7日)

### コラム

#### 竜巻とつむじ風

つむじ風(塵旋風(じんせんぷう)、dust devil)も竜巻と似た渦巻状の風ですが、日射などで温められた空気が渦を巻いて上昇するものです。竜巻は積乱雲などの雲の下で発生しますが、つむじ風は晴れている時に多く発生し、一般的に高さも低く時間も短いのが特徴です。このため、竜巻とつむじ風は全く別の現象とされています。

## 2006年佐呂間竜巻

2006年11月7日、北海道を寒前線が通過するに伴い、北海道各地で竜巻等の突風被害が発生しました。なかでも北海道佐呂間町若佐地区ではF3クラスの竜巻(写真6)が発生しました。この竜巻により死者9名、重傷者6名、軽傷者20名、住家被害全壊7世帯、半壊7世帯、一部損壊27世帯等(2006年12月28日、佐呂間町調査)の被害が発生しました。

図2は、佐呂間竜巻の建築物等の被害分布で、強風被災度ランク(表2)に当てはめました。竜巻は、長さ約1kmの範囲を南西(図中左下)から北東(図中右上)に移動しています。被害範囲の幅は100~250mくらいです。強風被災度ランク④及び⑤の建築物を概ねカバーするように結んだ線が、竜巻中心部の進行経路であると推定すると、竜巻の進行方向右側に被害が広がっていることがわかります(図2の矢印)。新佐呂間トンネル作業事務所では、3棟の仮設建築物(全て2階建て軽量鉄骨造)のうち1棟が北側に飛ばされ、1棟が倒壊しました(写真7)。仮設建築物が吹き飛

ばされたところは、写真8のように木ぐい群のみが残されている状態となっています。仮設建築物の周辺では飛来物が多数見られました。写真9は多数の飛来物により被害を受けた店舗です。倉庫のラチス梁のような構造骨組みのほか、屋根ふき材といった外装材、内装材、建具、さらには冷蔵庫のようなものまであります。写真6の竜巻の写真にも、竜巻によってまき上げられた飛来物が写っています。このような飛来物が建築物の壁、屋根、窓ガラスといった外装材に衝突することで外装材が損傷し、さらに被害は拡大していきます。

## 強風被害軽減のための建築研究所の取組み

竜巻や台風といった強風による建築物等の被害は、屋根ふき材や外壁といった外装材の被害が多いこと、外装材等が飛ばされ飛来物となり周辺の建築物等に新たな被害を及ぼすこと等が挙げられます。また竜巻の被害は、台風被害に比較し被害範囲が極めて狭いこと、被害範囲の境界が明確であること等の特徴があります。竜巻は極めて激しい突風現象であり、これに十分耐える建築物をつくることは非常にコストがかかります。さらに、1棟の建築物が竜巻の被害を受ける確率が非常に小さいことから、建築基準法や日本建築学会荷重指針での風荷重規定では、台風や季節風といった強風を対象としており、竜巻の荷重は想定されていません。米国・オーストラリア・カナダ等でも同様です。

一方、飯塚市文化施設(イズカコスモスコモン)の場合のように、特定の建築物の屋根に被害が発生するなど、通常想定される強風においても被害が発生する場合があります。建築研究所では、このような屋根の被害を軽減する目的で、被害原因の追求とその対応策について、平成17年度から重点的研究開発課題として取り組んでいます。現在は、課題名「地震・強風被害で顕在化した非構造部材の被害防止技術の開発」として、鋼板製屋根の安全性の高い設計・施工方法の確立に向けて取り組んでおり、得られた研究成果は、実務者向けのガイドラインやマニュアル等に取りまとめる予定となっています。

## 材料研究グループ

材料研究グループでは、建築物を構成する材料および部材に関する研究を実施しています。材料研究グループがこの10年間に取り組んだ研究課題は約80に及び、近年話題となったシックハウスの問題に対応した課題を含む、さまざまな課題に取り組んできました。これらの研究は、建築基準法の改正やJIS等の規準類の策定、共同研究による新たな製品の開発など、多方面で成果が活用されています。現在実施している研究は、「ユーザー保護」、「資源循環型社会」、「居住者の健康」、「長寿命化とストック管理」、「将来を見据えた新しい技術」などの視点から課題が設定されており、重点的研究開発課題としては、1.「既存建築ストックの再生・活用手法に関する研究」、2.「川砂・川砂利を原骨材とする構造用再生粗骨材の品質管理ならびにそれら再生粗骨材を使用したコンクリートの調合と品質・評価に関する研究」、

3.「無線ICタグの建築における活用技術の開発—既存ストック流通促進のための建物履歴情報の管理・活用技術の開発—」に取り組んでいます。材料研究グループは、建築材料・部材に関して、現在そしてこれから必要な技術を的確に予測し研究を実施することにより、建築技術の向上に貢献していきます。



屋外暴露試験により発生した塗膜の雨筋汚れとその評価見本帳

## 建築生産研究グループ

建築生産は建物の建築計画から施工、維持管理まで幅広く研究対象としています。この中で建築生産研究グループでは、建築生産技術の合理化や信頼性の向上などを目的として、建築計画に関するマネジメント技術の研究開発、ユニバーサルデザインの活用による住みよい住宅などの研究を行っています。また、竣工後の建物の安全性を維持するため建物の劣化診断や補修方法などに関する技術的な研究も行っています。

平成18年度から5カ年の期間でスタートした第2期中期計画では「住居取得における消費者不安の構造分析および対策技術に関する研究」や「住宅・住環境の日常的な安全・安心性能向上のための技術開発(安全安心プロジェクト)」といった課題が建築生産研究グループに関連する「重点的研究開発課題」として重点的・集中的に行うこととしており、建築生産研究グループはそれらの主担当グループとして中心的な役割を担っています。また、「安全安心プロジェクト」のスタートに合わせて「ユニバーサルデザイン実験棟(愛称:安全安心ラボ)」もオー

ブンしました。これは住まいや暮らしにおける安全や安心、例えば「ユニバーサルデザイン」「建築内事故の防止」「防犯」といった、主に「ひと」を対象とする研究を行う施設となっています。本施設は他機関からの関心も高く、スタート以来、既に700名近い方々が来訪しており、ここを拠点とした産官学連携の共同研究体制の構築も期待されています。平成19年1月23日(火)には、冬柴国土交通大臣も「ユニバーサルデザイン実験棟」を視察されました。写真はその時の様子です。



視察の様子(左から冬柴国土交通大臣、本橋建築生産研究グループ長、布田主任研究員)

## 編集後記

えびすとらは本号で復刊一周年を迎えました。2001年の独法化後しばらくの中断がありました。年四回の発行を果たせたのは、ひとえに編集委員会の皆さんの熱意の賜物です。1年前の復刊時の状況を紹介しますと、まず以前のスタイルの継続についての議論がありました。外観は大きく変えず、えびすとらが意味する手紙の装幀を踏襲しました。ただし、配色や字体、その配置などは想像以上に議論を重ねて手間をかけて決めたことについて

は強調しておきます。年度が変わると、グループによっては、編集委員が交代するかもしれませんが、この時点までご協力いただいた「第一期編集委員」の構造O氏、環境S氏、防火H氏、材料Y氏、生産N氏、住・都T氏、国地H氏&S氏、総務Y氏&S氏、企画A氏&T氏の皆様には、企画・執筆・編集に多大な御協力を頂き、心から感謝したいと思います。また、次号より心意気も新たに、よりわかりやすい紙面作りに向けて努力したいと思います。読者の皆様にはご期待いただきますよう御願ひ申し上げます。(編集委員長O)

## 平成19年度科学技術週間に伴う施設公開のご案内

建築研究所では、文部科学省が行っている「第48回科学技術週間」(平成19年4月16日~22日)における取組みの一環として、4月21日(土)に一般の方を対象にして、実験施設と展示館を公開します。

実験施設の見学は、1コース3施設程度を紹介するツアー形式となっており、ユニバーサルデザイン実験棟や実大構造物実験棟などの実験棟を案内します。各実験棟では、担当の研究者が実験の実演などを行いながら、その施設で行っている研究をわかりやすく説明致します。また、展示館では建築研究所が取り組んでいる最新の研究内容をパネルで紹介致します。

見学ツアーへの参加には、事前の予約が必要です。予約方法・ツアーの内容などの詳細については、建築研究所のホームページ(<http://www.kenken.go.jp/>)に掲載致しますのでそちらをご覧ください。定員になり次第受付を終了させて頂きまますので、早めの予約をお願い致します。

## 出版のご案内

建築研究資料 No105

「平成16年新潟県中越地震における小千谷総合病院の地震応答に関する調査報告書」(飯場正紀、福山洋ほか)

建築研究資料 No106

「壁面緑化による建築敷地・街区での温熱環境改善効果に関する研究」(鈴木弘孝)



建築研究所本館前の桜  
Photo K. Bogaki

# Epistula

えびすとら



第37号 平成19年4月発行  
編集: えびすとら編集委員会  
発行: 独立行政法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

Tel. 029-864-2151 Fax. 029-864-2989

●えびすとらに関するご意見、ご質問をお寄せください。

また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。

(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)