

2006 年台風 13 号 被害調査報告

-延岡市の竜巻被害と飯塚市文化施設の屋根被害-

建築研究所構造研究グループ 奥田泰雄・喜々津仁密

1. はじめに

平成 18 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た。沖縄県石垣市では最大瞬間風速 67.0m/s を観測し、石垣島等では 1977 年の台風 5 号以来の被害が発生した。宮崎県・大分県・高知県では台風の接近にともない竜巻などの突風被害が発生した。中でも宮崎県延岡市では F2 クラス（参考資料 1 参照）の竜巻により甚大な被害が発生した。内閣府のまとめ¹⁾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 棟である。竜巻による甚大な被害を受けた宮崎県延岡市では、竜巻の直後に防災担当大臣や衆議院災害対策特別委員会が現地の被害状況を視察した。

建築研究所は、宮崎県延岡市の竜巻被害と福岡県飯塚市の文化施設の台風 13 号による強風被害の状況を調査する目的で、9 月 20 日から 23 日までの 4 日間現地調査を実施した。本報はそれらの被害調査報告である。

2. 気象状況

気象庁福岡管区気象台²⁾によると、台風 13 号の気象状況は以下のとおりであった。

台風 13 号は 9 月 17 日九州に接近し、18 時過ぎに長崎県佐世保市付近に上陸した（図 1 参照）。上陸時の中心気圧は 950hPa、最大風速（10 分間平均）は 40m/s であった。この台風により、長崎市野母崎では 46m/s の最大風速を記録した。また、長崎県福江市、佐賀県佐賀市ではそれぞれ 53.4m/s、50.3m/s の最大瞬間風速を記録した。この台風のコースは、近年甚大な台風被害をもたらした 1991 年の 19 号台風（上陸時の中心気圧は 940hPa）、2004 年の 18 号台風の経路（同 945hPa）と似ている。

台風 13 号が上陸する前の 14 時ころ、台風を中心から東北東約 300km に位置する宮崎県延岡市で竜巻による被害が発生した（図 2 参照）^{3,4)}。今回の台風 13 号にともなう突風被害は延岡市だけではなく、宮崎県日南市⁴⁾、日向市⁴⁾、大分県臼杵市⁵⁾、大分市、高知県安芸市⁶⁾でも被害が発生している。

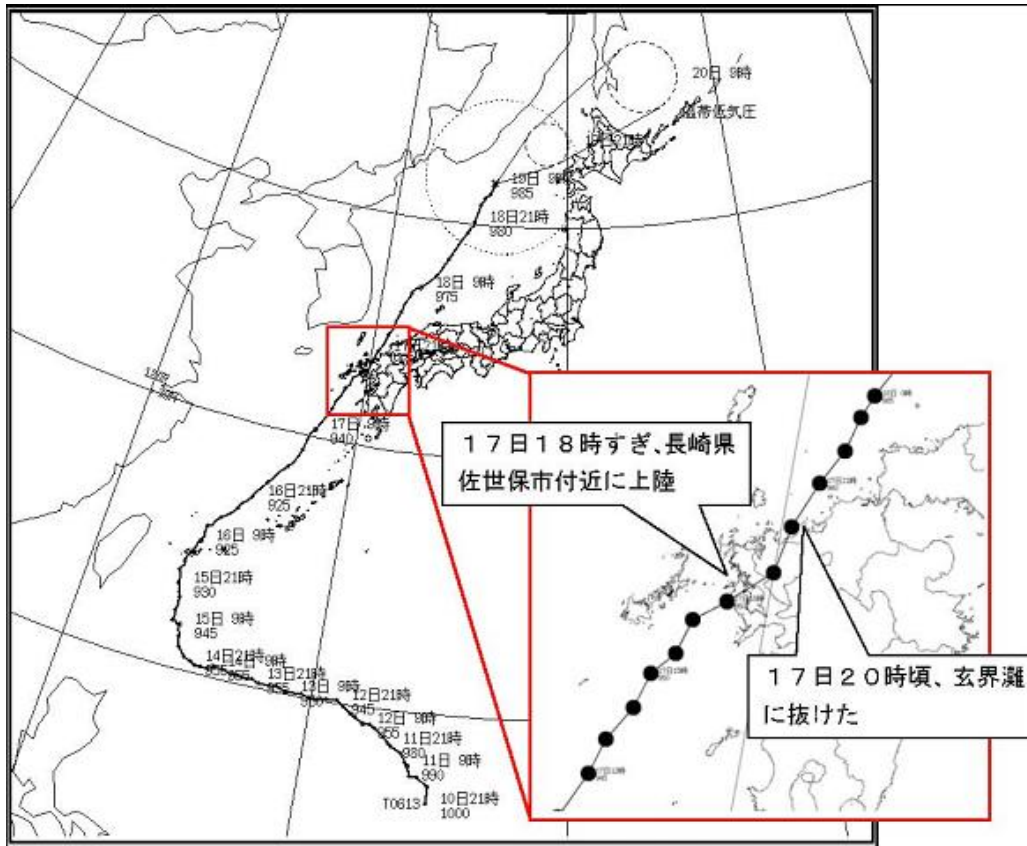


図1 台風13号の経路（気象庁福岡管区気象台：災害時気象資料）

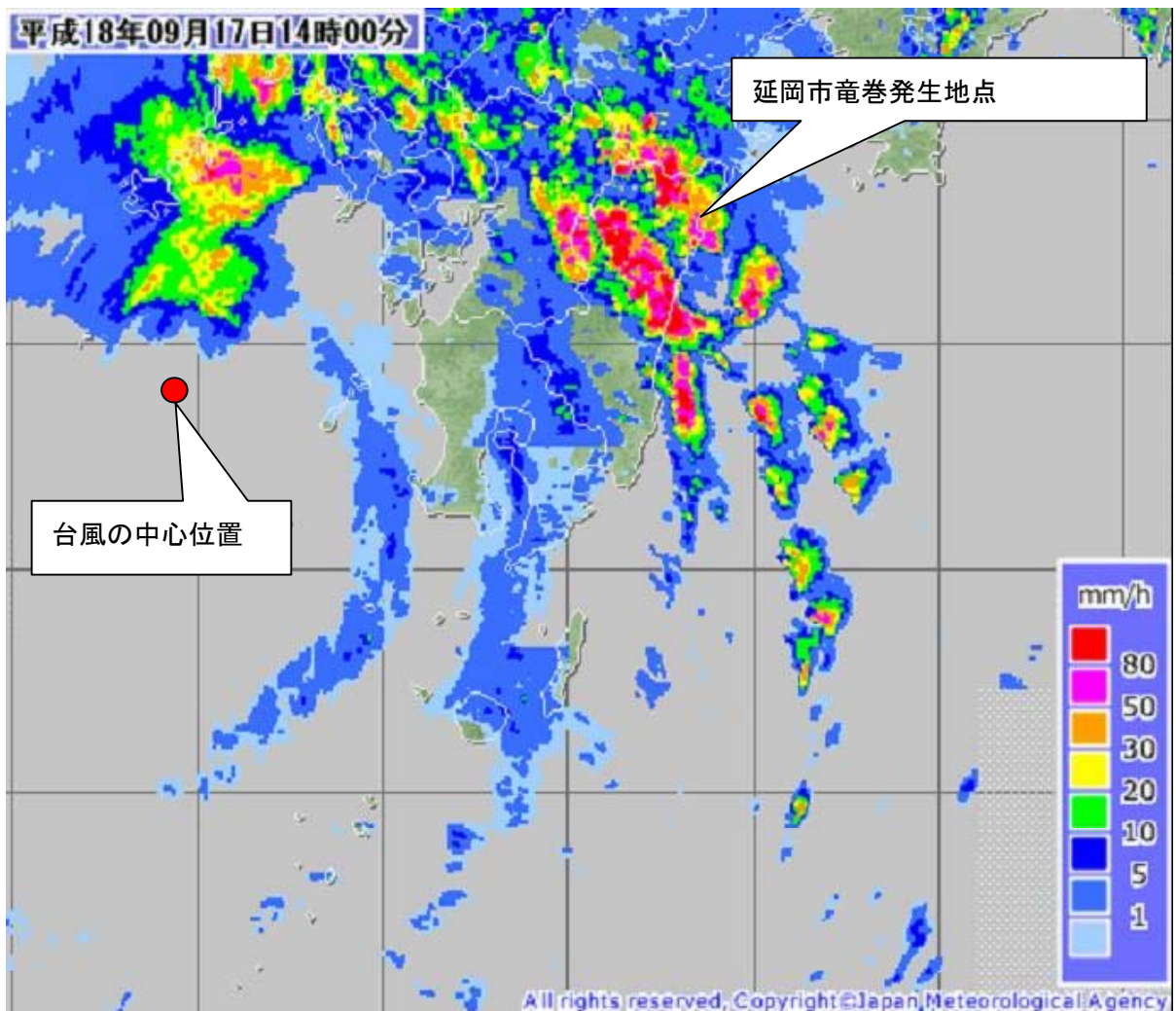


図2 台風13号の中心と延岡竜巻との位置関係（気象庁気象研究所提供レーダー）

3. 延岡市における竜巻被害

3.1 被害概要

9月17日14時ころ台風13号の接近にともなって宮崎県延岡市で竜巻が発生し、人的被害は死者3名、重傷者3名、軽傷者140名、住家被害は全壊71世帯、半壊317世帯、一部損壊599世帯、非住家被害80棟となった(平成18年10月2日現在⁷⁾)。気象庁によると、竜巻の被害は、長さ約7.5km(竜巻は海から上陸し延岡市街地を縦断し小高い山の麓で消滅した)、幅は150~250mである。宮崎地方気象台によると、被害の程度から判断し藤田スケールF2としている(藤田スケールは参考資料1)。

3.2 被災直後の行政対応

宮崎県と延岡市は被災直後に災害対策本部を設置した。延岡市ではまず被災地での行方不明者等の確認を行い、倒壊家屋の下敷きになった被災者がいないことを確認した。9月18日から被害状況の把握のため、市職員が住家の全壊・半壊・一部損壊等の1次調査を実施した。ボランティアが1000名以上も集まり被害の復旧が非常に迅速に行われた。9月19日から延岡市の建築専門家が2次調査を実施し上記の詳細な被害統計をまとめている。

9月19日には、杓掛哲男防災担当大臣(当時)が被災現場を視察した⁸⁾。また、9月22日には、衆議院災害対策特別委員会(委員長 大野松茂議員(当時))が被災現場を視察した(写真1参照)⁸⁾。その際に、延岡市長と市議会議長より同委員会に対して以下に掲げる事項の要望が出された。



写真1 衆議院災害対策特別委員会の現地視察

- ・ 特別交付税の配分にあたりましては、災害による特別の財政需要の増加が見込まれるため、特段の配慮をしていただくこと。
- ・ 災害救助法、被災者生活再建支援法の運用にあたりましては、被災者に配慮した柔軟な対応をしていただくこと。なかでも、被災者生活再建支援法の運用につきましては、住宅の補修費を給付の対象経費に加えていただき、また、被害認定にあたりましては、窓、サッシ、建具等の損傷を対象とするなど、竜巻被害の実情に応じた弾力的な運用をしていただくこと。
- ・ 竜巻発生メカニズム解明による予報システムの構築等竜巻による災害を軽減する対策に早急に取り組んでいただくこと。

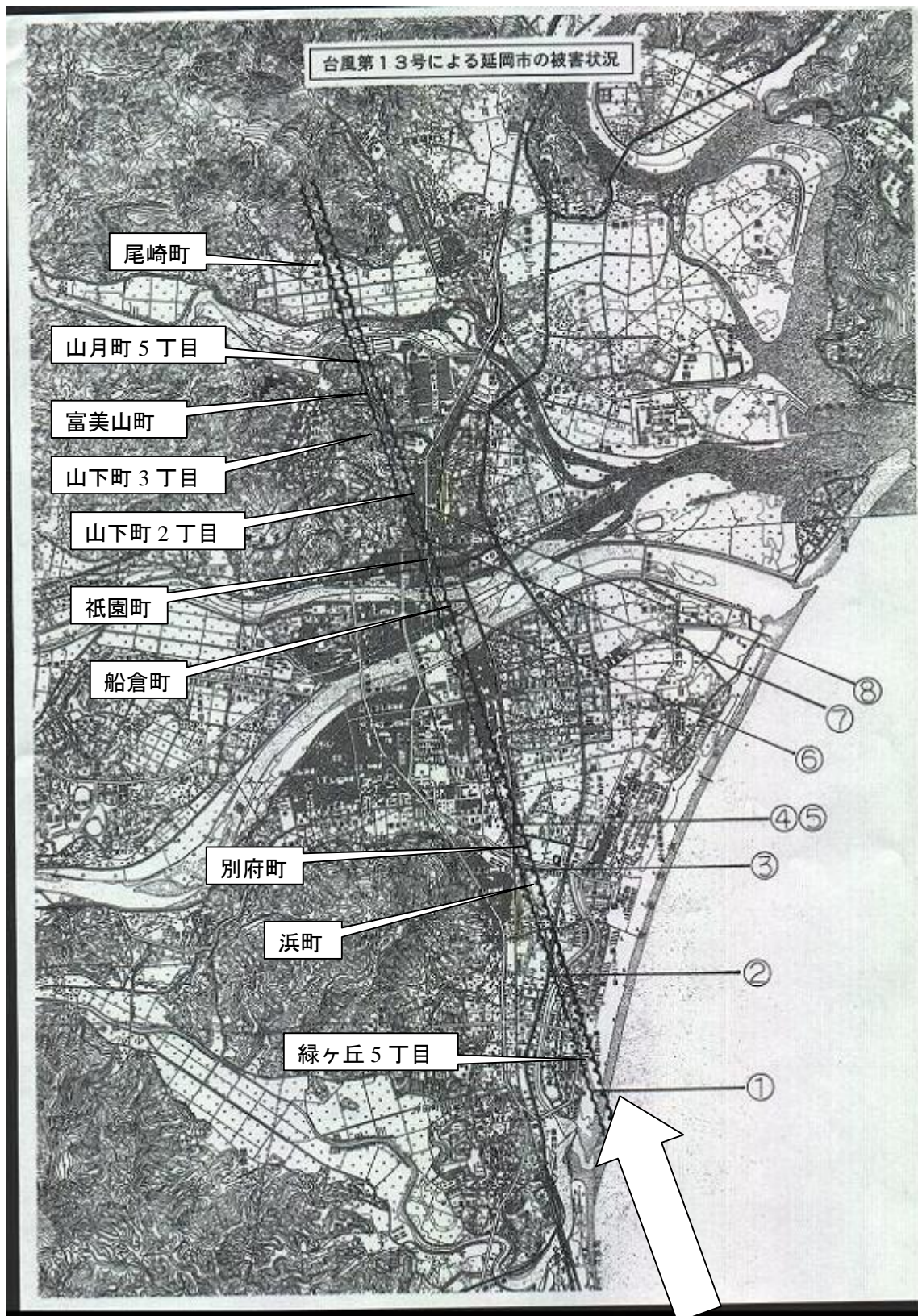


図3 延岡市における竜巻の進行経路（九州地方整備局作成資料に加筆）

被害は延岡市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る。図3は竜巻の進行経路であるが、海上で発生した竜巻が延岡市緑ヶ丘地区の海岸に上陸し南から北に移動した。気象庁によると竜巻の移動速度は約90km/hと推定している。

3.3 JR 特急列車の転覆現場付近の状況（図3中④）

写真2の赤丸は転覆現場、青丸は南延岡駅の位置をそれぞれ表す。また、竜巻の進行方向（図中矢印）に沿って住家屋根を覆った青色のビニールシートが点在しているのがわかる。



写真2 上空からの特急列車の転覆（横転）現場付近の状況（九州地方整備局提供）



写真3 特急列車の転覆（横転）状況（九州地方整備局提供）

3.4 量販店の被害状況（図3中③）

延岡市浜町の量販店（ホームセンター）は竜巻の進路（写真4中矢印）に当たり、鋼板製の1重折板屋根（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箇所あるエントランス部の風除室のサッシが内側に転倒する被害が発生した（写真5,6）。また、77歳の男性が陳列棚の下敷きとなって死亡した。屋根には無数の飛来物の衝突痕があった。なお、写真8のエントランス部窓ガラスの破損は、外からの飛来物によるものと考えられる。

当該店舗は、被害発生後速やかに復旧作業を進めて、9月22日より一部営業を再開している。



写真4 上空からの被災直後の状況（矢印は竜巻の進行方向を表す：九州地方整備局提供）



写真5 エントランスのサッシの転倒



写真6 エントランスのサッシの転倒



写真7 店舗内の被害状況



写真8 エントランスの窓ガラスの破損



写真9 鋼板製屋根ふき材の飛散

* 写真5～9 (株)ホームインプルーブメントひろせ提供



写真10 鋼板製屋根ふき材の修復状況

3.5 緑ヶ丘五丁目公園周辺の被害状況（図3中①）

写真11は、竜巻の上陸地点での被害の様子である。手前の林は海岸沿いの防風林で一部倒木が見られる。図4は緑ヶ丘5丁目公園の現地調査により、被害状況を示したものである。竜巻の回転性の風により様々な方向に樹木や工作物が折損や傾斜している。



写真11 上空からの被災直後の緑ヶ丘5丁目公園周辺の状況（九州地方整備局提供）

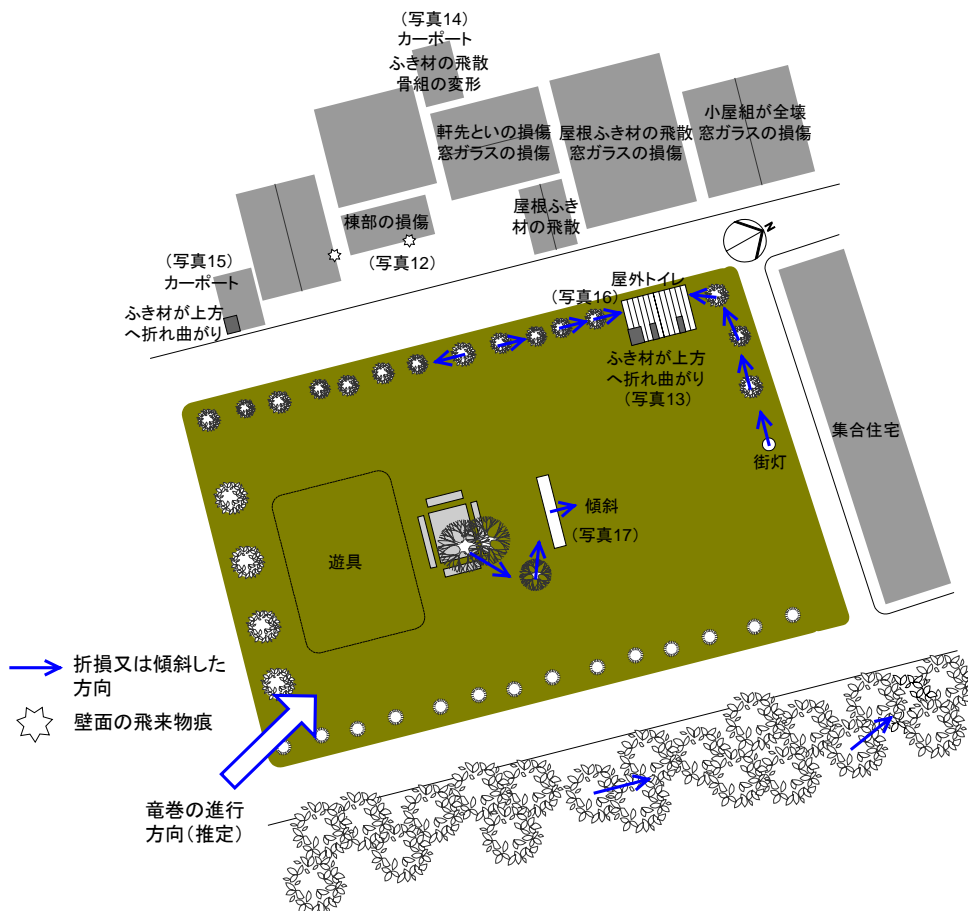


図4 緑ヶ丘5丁目公園周辺の被害状況



写真 12 倉庫外壁の飛来物痕



写真 13 屋外トイレ屋根の損傷



写真 14 カーポート屋根の飛散及び骨組の損傷



写真 15 カーポート屋根の破損



写真 16 樹木の転倒



写真 17 RC 造壁の傾斜

*写真 12～17 は緑ヶ丘 5 丁目で撮影されたもの

3.5 建築物の主な被害事例

(1) 飛来物の衝突による外装材等の損傷



写真 18 住家外壁の被害(中島町)



写真 19 住家外壁の被害(山下町)



写真 20 住家外壁の被害(緑ヶ丘)

* 写真 18~20 九州地方整備局提供



写真 21 店舗外壁の被害(山下町)

(2) 外装材のはく離及び窓ガラスの破損



写真 22 住家外壁のはく離(山下町)



写真 23 店舗外壁のはく離(山下町)



写真 24 S 造店舗外壁のはく離と窓ガラスの破損
(山下町)



写真 25 破損した窓ガラス片の屋内壁面への突き刺さり
(山下町)



写真 26 店舗外壁及び窓ガラスの損傷(浜町)

* 写真 22～24 九州地方整備局提供



写真 27 店舗外壁のはく離(山下町)

(3) 屋根ふき材・小屋組・天井の被害



写真 28 屋根ふき材と天井の被害(別府町)



写真 29 瓦の被害(緑ヶ丘)



写真 30 体育館屋根ふき材のはく離(緑ヶ丘)



写真 31 住家軒天井の損傷(山下町)



写真 32 屋根ふき材の飛散(浜町)

(4) 住家等の倒壊



写真 33 木造住家の倒壊(山下町)



写真 34 デッキ上木造住家の倒壊(山下町)

(5) 看板・樹木等の被害



写真 35 看板の損傷(緑ヶ丘)



写真 36 看板の損傷(浜町)



写真 37 ガソリンスタンド屋根の損傷(山下町)



写真 38 樹木の転倒(緑ヶ丘)

3.6 各国の規定等における竜巻の風荷重と飛来物の取り扱い(参考資料 2)

建築基準法施行令第 87 条に定める基準風速 V_0 は、各気象官署等の過去の台風や季節風等の最大風速(10 分間平均風速)の記録から定めたものであり、竜巻の風荷重を考慮して定めたものではない。ASCE⁹⁾、Australian/New Zealand Standard¹⁰⁾、National Building Code of Canada¹¹⁾も、一般の建築物に対しては「トルネードの作用を考慮した耐風設計は経済的ではない」¹¹⁾ことからトルネードの風荷重は適用除外としている。ただし、National Building Code of Canada¹¹⁾では、東部カナダでの被害調査結果から、基礎と床版との緊結、屋根システムと壁との緊結が不十分な建築物ではトルネードによる人的被害が甚大である、と報告している。米国 National Science and Technology Council では、竜巻を含む総合的な風対策のレポートとして Wind Storm Impact Reduction Implementation Plan¹²⁾を 2006 年 4 月に刊行している。

また、建築基準法施行令第 39 条に、「屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁(中略)は、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によつて脱落しないようにしなければならない。」とあり、平成 12 年建設省告示第 1458 号に風圧力に対するガラスの許容耐力は示されているが、飛来物に対する帳壁等の設計をどのようにすれば良いか明示的には記されていない。日本建築センターは 1991 年台風 19 号による住宅の強風被害を調査研究した結果、住宅の開口部を飛来物の衝突から防ぐ方法として開口部に雨戸や格子・格子戸の設置を推奨している¹³⁾。一方、ASCE⁹⁾の規定では、ハリケーンの強風による飛来物に対してはハリケーン常襲地域や飛来物影響地域を定め、その地域内の建築物については建築物区分(建築物の重要度等によって分

類) に応じて想定する飛来物に対して、試験等により安全性が確認されたシャッターやガラス等を使用することを求めている。Australian/New Zealand Standard¹⁰⁾では、トルネードによる飛来物の影響は建築物の構造設計にとって重要であるが、局所性、発生頻度から除外している。ただし、送電線やパイプラインといった長い構造物ではその影響を受ける可能性が高いとしている。

4. 飯塚市文化施設（イヅカコスモスコモン）の屋根被害

4.1 強風の状況

9月17日20:30ころ、イヅカコスモスコモンの北約1kmに位置する飯塚消防本部にイヅカコスモスコモンから被害の通報があった。飯塚消防本部での最大瞬間風速は21:20ころの38.1m/s（南南西）、最大風速は15.3m/s（南南西）であった（図5参照）。

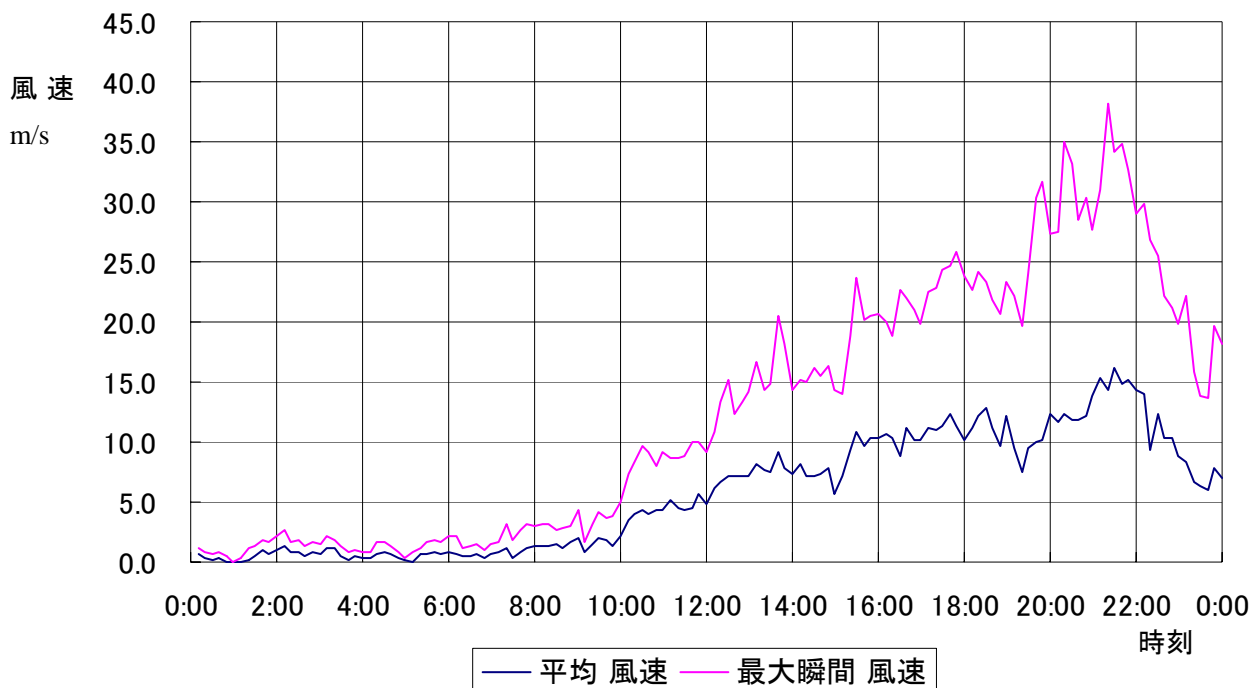


図5 飯塚消防本部での風の記録（2006年9月17日21:20ころに最大瞬間風速38.1m/s（南南西）と最大風速15.3m/s（南南西）を記録）

4.2 飯塚市文化施設の屋根

このホール屋根は面積が約2750m²で半円形の曲面をもつ屋根で、頂部高さ約29m、軒高さ約19mである。屋根はステンレス防水シートにより葺かれている。ステンレス防水工事は1980年ころから普及した工法で、この屋根の仕様は1986年に出版された日本建築学会建築工事標準仕様書（JASS8:防水工事）のとおりとみられる。働き幅450mmのステンレスシートを現場でのシーム溶接により吊子を取り付け、コンクリートアンカー（SUS304 M6）で下地材（RCスラブ+15mmならしモルタル）に固定している。ステンレスシート（SUS304 厚さ0.4mm）の温度伸縮の影響は吊子内のスライド機構で逃す構造（スライド工法）になっている。吊子は厚さ0.2mm、幅25mmのステンレス製（SUS304）であり、緊結ピッチは450mm（板幅方向）、600mm（シーム溶接方向）である。なお、平成4年1月竣工後、屋根のメンテナンスはこれまで特にしていなかったとのことである。

4.3 被害状況

被害は鋼板製屋根（ステンレス防水シート）が約 1400m² はく離し（写真 39 参照）、その一部がホールの周辺や隣接建築物の屋上等の 3 ヶ所に落下した（図 6、写真 41～44 参照）。屋根は西面南角のケラバからはく離を開始と推測される（写真 40 参照）。なお、ホール周辺の建築物等の被害はきわめて軽微であった。



写真 39 ホール鋼板製屋根の被害直後の状況（飯塚市教育文化振興事業団 提供）



写真 40 屋根の剥離が開始したとみられる隅角部（西南角）の状況



写真 41 落下した屋根ふき材



写真 42 落下した屋根ふき材



写真 43 隣接建築物に飛んだ屋根ふき材



写真 44 屋根の剥離

(写真 41～44 飯塚市教育文化振興事業団 提供)



写真 45 吊子の状況



写真 46 吊子の状況



写真 47 吊子の状況



写真 48 吊子の間隔



図6 コスモスコモンの被害状況（矢印は飯塚消防本部での最大風速の風向）



写真49 鋼板製屋根ふき材端部（けらば側）の留め付けの弛み状況

吊子の破壊性状は伸長後切り裂き破断したものが多く、吊子と下地の間のコンクリートアンカー等の破断したものは確認できなかった（写真45～48参照）。

屋根材の端部（けらば部に相当）は比較的容易に持ち上がる（写真49参照）。一方、隣接する他方の端部（軒先部に相当）は容易には持ち上がらなかった。

5. 大学・研究機関等の調査

今回の台風13号にともなう強風被害に関して、宮崎地方气象台、大分地方气象台、九州大学、京都大学、宮崎大学、大分工業専門学校、東京工芸大学、山口大学ほかの研究者らが調査を実施している。

6. まとめ

延岡市の竜巻被害と福岡県飯塚市の文化施設の台風 13 号による強風被害の状況を調査する目的で、現地被害調査を実施した。延岡市の竜巻は藤田スケールで F2 クラスのもので、延岡市を長さ約 7.5km にわたって縦断する被害が発生した。また、飛来物や竜巻に対する各国の規定を調べた。

最近の鋼板製屋根の被害については、平成 16 年の台風による、大型放射光施設 (SPring-8)、山口情報芸術センター、香川県大川体育館等といった大規模な建築物の被害が報告されている。被害の特徴としては、周辺の建築物等に目立った被害がない中で、当該建築物の屋根に被害が発生している点である。この飯塚市文化施設 (イイツカコスモスコモン) の場合もそのような被害の特徴を有している。建築研究所では、このような鋼板製屋根の被害を軽減化する目的で、被害原因の追求とその対応策について、平成 17 年から研究 (研究課題名: 強風被害で顕在化した屋根ふき材の構造安全性に関する研究、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) を行っている。

謝辞

本調査を実施するにあたり、被災直後にもかかわらず、宮崎県延岡市の皆様には現地被害調査にご協力いただいた。また、国土交通省、九州地方整備局、国土技術政策総合研究所、宮崎県、延岡市、イイツカコスモスコモンほか関係各位にもご協力をいただいた。飯塚市文化施設 (イイツカコスモスコモン) の現地調査では、財団法人日本建築総合試験所 西村宏昭氏にご協力いただいた。記して感謝の意を表したい。

参考文献

1. 内閣府: 平成 18 年台風 13 号による被害状況について (第 3 報)、2006.9.29
2. 気象庁福岡管区气象台: 九州・山口県の災害時気象資料(台風第 13 号)
http://www.fukuoka-jma.go.jp/emr1/T0613_kyushu.pdf
3. 気象庁宮崎地方气象台: 平成 18 年 9 月 17 日に延岡市の突風について
http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/gyomu/osirase/houdouhappyousiryoku_miyazaki060919.pdf
4. 気象庁宮崎地方气象台: 平成 18 年 9 月 17 日に宮崎県で発生した竜巻について (継続調査の報告)
http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/gyomu/osirase/houdouhappyousiryoku_miyazaki060927.pdf
5. 気象庁大分地方气象台: 平成 18 年 9 月 17 日に臼杵市佐志生の突風について (現地調査結果の報告)
http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/gyomu/osirase/houdouhappyousiryoku_oita060922.pdf
6. 気象庁高知地方气象台: 平成 18 年 9 月 17 日の突風について 高知県 (安芸市) 現地調査報告書
http://www.osaka-jma.go.jp/kochi/saigai/060917_topuu.pdf
7. 宮崎県: 平成 18 年台風 13 号による被害状況、2006.10.2、<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/bousai/917.html>
8. 衆議院会議録: 災害対策特別委員会、2006.9.18、
http://www.shugiin.go.jp/index.nsf/html/index_kaigiroku.htm
9. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-02), American Society of Civil Engineers, 2002
10. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 1170.2 –Wind Actions), 2002
11. National Building Code of Canada, 1995
12. National Science and Technology Council: Windstorm Impact Reduction Implementation Plan, NSTC Reports
<http://www.ostp.gov/nstc/html/Windstorm%20Impact%20Reduction%20Implementation%20Plan%20FINAL.pdf>
13. 日本建築センター: 飛来物に対する計画、住宅の台風設計施工点検指針、1993.3

参考資料 1 最近の主な竜巻の被害

1990.12	茂原竜巻 千葉県茂原市・富津市ほか 被害の長さ 5km：幅最大 1km 死者 0 名、重傷者 7 名、軽傷者 72 名 全壊 85 棟、半壊 176 棟、一部損壊 1843 棟（千葉県）	F3 (70-92m/s)
1999.9	豊橋竜巻 愛知県豊橋市・豊川市ほか 被害の長さ 19km：幅最大 550m 死者 1 名、重傷者 14 名、軽傷者 400 名 全壊 40 棟、半壊 309 棟、一部損壊 1980 棟（豊橋市）	F2 (50-69m/s) から 3 (70-92m/s) 程度
2002.7	境町竜巻 群馬県境町、埼玉県深谷市 被害の長さ 5km：幅最大 100m 死者 0 名、重傷者 1 名、軽傷者 11 名 全壊 7 棟、半壊 31 棟（境町・深谷市）	F2 (50-69m/s)
2004.6	佐賀竜巻 佐賀県佐賀市、鳥栖市ほか 被害の長さ 8km：幅最大 300m 死者 0 名、重傷者 0 名、軽傷者 15 名 全壊 13 棟、半壊 34 棟、一部損壊 322 棟（佐賀市・鳥栖市ほか）	F2 (50-69m/s)
2006.9	延岡竜巻 宮崎県延岡市 被害の長さ 7.5km：幅最大 250m 死者 3 名、重傷者 3 名、軽傷者 140 名 全壊 71 棟、半壊 317 棟、一部損壊 599 棟	F2 (50-69m/s)

藤田スケール (F0~F12) (気象科学辞典より)

竜巻、トルネード、ダウンバースト等の風速を建築物や構造物の被害状況から簡便に推定するために、シカゴ大学の藤田哲也により 1971 年に考案された。各スケールの風速の下限値 V は

$$V=6.3 (F+2)^{1.5} \text{ [m/s]}$$

で、F1 はビュフォートの風力階級の第 12 段階、F12 は音速に等しくなるように定めた。1/4 マイル(約 400m)の風程で評価された平均風速で示されている。

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)	住家の屋根がはぎとられ、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、汽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。汽車は転覆し、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し、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) [荒廃的被害]	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。鉄骨づくりでもペシャンコ。列車が吹き飛ばされ、自動車は何十 m も空中飛行する。1 t 以上もある物体が降ってきて、危険この上もない。
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、立木の皮がはぎとられてしまったりする。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。

参考資料 2 各国の規定等におけるトルネードの風荷重と飛来物の取り扱い

(1) Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 1170.2:2002)

1.1 SCOPE

This standard sets out procedures for determining wind speeds and resulting wind actions to be used in the structural design of structures subjected to wind actions other than those caused by tornadoes.

第 1.1 節の適用の範囲 (SCOPE) では、トルネードによる場合以外の強風による作用が対象とされている。なお、Commentary では、「トルネードによる飛来物の影響は重要ではあるものの、局所的かつ発生頻度が低いことから、それらの事象は対象外とする。また、送電線やパイプライン等のかかりの距離に渡って敷設される構造物に対してトルネードが横切れば、その影響を被る可能性がある。」と解説されている。

(2) ASCE 7-02

6.5.4.3 Limitation. Tornadoes have not been considered in developing the basic wind-speed distributions.

基本風速の設定に関して規定した第 6.5.4 節では、トルネードによって生じる突風の風速は適用の範囲外とされている。

WIND-BORNE DEBRIS REGIONS. Areas within hurricane-prone regions located

1. within 1 mile of the coastal mean high water line where the basic wind speed is equal to or greater than 110 mph and in Hawaii, or
2. in areas where the basic wind speed is equal to or greater than 120mph.

第 6.2 節の用語の定義では、Hurricane-prone regions (ハリケーン常襲地域) を定めており、さらにその中でも次の 2 つの条件に該当する地域は、Wind-borne debris regions (飛来物影響地域) としている。

- 1) 基本風速の値が 110mph 以上であって、沿岸から 1mile 以内の地域
- 2) 基本風速の値が 120mph 以上の地域

6.5.9.3 Wind-Bourne Debris. Glazing in buildings classified as Category II, III or IV located in wind-borne debris regions shall be protected with an impact-resistant covering or be impact-resistant glazing according to the requirements specified in ASCE E1886-97 and ASCE E1996-99 referenced therein or other approved test methods and performance criteria.

飛来物影響地域内における建築物区分 II、III 又は IV に該当する建築物の外装材は、飛来物対策として、ASCE E1886-97, 1996-99 に定める試験方法と性能基準に応じた impact-resistant covering (ASTM E1886 及び ASTM E1996 によって性能が確かめられたシャッター等) で防御するか又は impact-resistant glazing (ASTM E1886 及び ASTM E1996 によって性能が確かめられたガラス等) を用いなければならない。なお、ここで

想定する飛来物は、トルネード（及びダウンバースト）以外の強風によって生じたものと解される。

表 1 建築物区分等に応じて想定する飛来物

建築物区分		区分Ⅱ及び区分Ⅲ（医療施設、拘置所、発電所その他の公共施設を除く）		区分Ⅲ（医療施設、拘置所、発電所その他の公共施設に限る）及び区分Ⅳ	
外装材の高さ		$Z \leq 9.1\text{m}$	$9.1\text{m} < Z$	$Z \leq 9.1\text{m}$	$9.1\text{m} < Z$
地域区分	1	飛来物 B	飛来物 A	飛来物 C	飛来物 C
	2	飛来物 B	飛来物 A	飛来物 C	飛来物 C
	3	飛来物 C	飛来物 A	飛来物 D	飛来物 C

注 1)

建築物区分Ⅰ～Ⅳ：表 3 参照

注 2)

地域区分 1：飛来物影響地域のうち、基本風速の値が 110mph 以上の地域及びハワイ

地域区分 2：飛来物影響地域のうち、基本風速の値が 120mph 以上 130mph 未満の地域又は基本風速の値が 120mph 以上であって沿岸から 1mile 以上離れた地域

地域区分 3：飛来物影響地域のうち、基本風速の値が 130mph 以上の地域又は基本風速の値が 120mph 以上であって沿岸から 1mile 以内の地域

表 2 飛来物区分

飛来物区分	種類 (重量、長さ)	衝撃速度
飛来物 A	鋼球 ($2\text{g} \pm 5\%$)	130ft/s (39.6m/s)
飛来物 B	2×4 製材 ($2050\text{g} \pm 100\text{g}$ 、 $1.2\text{m} \pm 100\text{mm}$)	40ft/s (12.2m/s)
飛来物 C	2×4 製材 ($4100\text{g} \pm 100\text{g}$ 、 $2.4\text{m} \pm 100\text{mm}$)	50ft/s (15.3m/s)
飛来物 D	2×4 製材 ($4100\text{g} \pm 100\text{g}$ 、 $2.4\text{m} \pm 100\text{mm}$)	80ft/s (24.4m/s)

表 3 建築物区分

建築物の種類（主なもの）	区分
洪水、強風、豪雪、地震及び氷雪（以下「自然災害」という）によって倒壊した場合であっても、人命に及ぼす影響が少ない(<i>low hazard</i>)建築物や構造物 例) 農業施設、仮設構造物、小規模貯蔵施設 等	Ⅰ
建築物区分Ⅰ、Ⅲ及びⅣに掲げる種類以外の建築物や構造物	Ⅱ
自然災害によって倒壊した場合、人命に及ぼす影響が大きな(<i>substantial hazard</i>)建築物や構造物 例) 300 人以上一度に収容できる建築物 等 自然災害によって屋外に漏洩すると危険な有害物質を十分量貯蔵し、かつ、建築物区分Ⅳに掲げるものを除いた建築物や構造物	Ⅲ

<p>重要施設として供される建築物や構造物</p> <p>例) 救急病院、消防署や警察署 (緊急車両の車庫を含む)、緊急避難シェルター、発電所その他の公共施設、国防機関 等</p> <p>基準値を超える大量の有害物質を貯蔵する建築物や構造物</p>	IV
--	----

(3) National Building Code of Canada, 1995

With some exceptions, such as nuclear power plants, it is generally not economical to design buildings for tornadoes beyond what is currently required by NBC Subsection 4.1.8. because of the low risk of loss to individual owners. It is, however, important to provide key construction details for the safety of building occupants. Investigations of tornado-damaged areas in Eastern Canada have shown that the building in which well over 90% of the occupants were killed or seriously injured by tornadoes did not satisfy two key details of building construction:

- (i) anchorage of home floors into the foundation or ground
- (ii) anchorage of roofs down through concrete block walls

カナダ基準の本文中ではトルネードへの適用の可否については特に言及されていないが、上記の Commentary では、原子力発電施設等を除いて、トルネードの作用を考慮した耐風設計は経済的ではないとしている。また、基礎と床版との緊結、屋根システムと壁との緊結が十分にされていない建築物でトルネードによる人的被害が甚大である調査結果が示されている。またトルネード対策に資する参考値として、屋根面に作用する負圧として 2000Pa、風上壁面に作用する正圧として 1000Pa、風下壁面に作用する負圧として 2000Pa をそれぞれ考慮することが推奨されている。