

平成 24 年 5 月 8 日

平成 24 年 5 月 9 日 一部修正

平成 24 年 6 月 13 日 一部修正

平成 24 年 5 月 6 日に茨城県つくば市で発生した竜巻による建築物被害（速報）

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

1. はじめに

平成 24 年 5 月 6 日 12 時 35 分頃に発生した竜巻により、茨城県つくば市の北条地区、大砂地区及び筑波北部工業団地を中心に建築物の被害が発生した。国土技術政策総合研究所と建築研究所では、つくば市内での建築物の被害発生直後より、被害の概要を把握するための現地調査を実施した。気象庁の発表によると、この突風をもたらした現象は竜巻であると認められ、当初フジタスケール F2（今後の調査によっては F2 よりも強くなる可能性もある）であると推定されたが¹⁾、6 月 8 日に F3 に変更されている²⁾。（フジタスケールの概要は参考資料 2 を参照）

以下に、現地調査から得た建築物等の被害状況の概要をまとめる。今回の調査で得られた被害状況の知見を利用して、今後調査分析を継続する予定である。なお、平成 2 年以降の主な竜巻の被害概要を参考資料 1 に示すが、隣の土浦市では平成 21 年 10 月 8 日に竜巻が発生している。

2. 調査概要

2.1 調査日程と地区

5 月 6 日（日）午後 つくば市北条地区

5 月 7 日（月）午前 つくば市北条地区

午後 つくば市大砂地区、筑波北部工業団地

2.2 調査者

国土技術政策総合研究所 建築研究部 奥田泰雄，深井敦夫

同 総合技術政策研究センター 槌本敬大

独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 喜々津仁密，荒木康弘

同 材料研究グループ 中川貴文

同 建築生産研究グループ 永井渉

3. 調査範囲

つくば市の北条地区、大砂地区、筑波北部工業団地において調査を実施した。図 1 に示した赤丸の範囲が北条地区、緑丸の範囲が大砂地区、青丸の範囲が筑波北部工業団地である。

つくば市北条地区および大砂地区で見られた被害形態の分類を第 4 節、筑波北部工業団地で見られた被害形態の分類を第 5 節にそれぞれ示す。

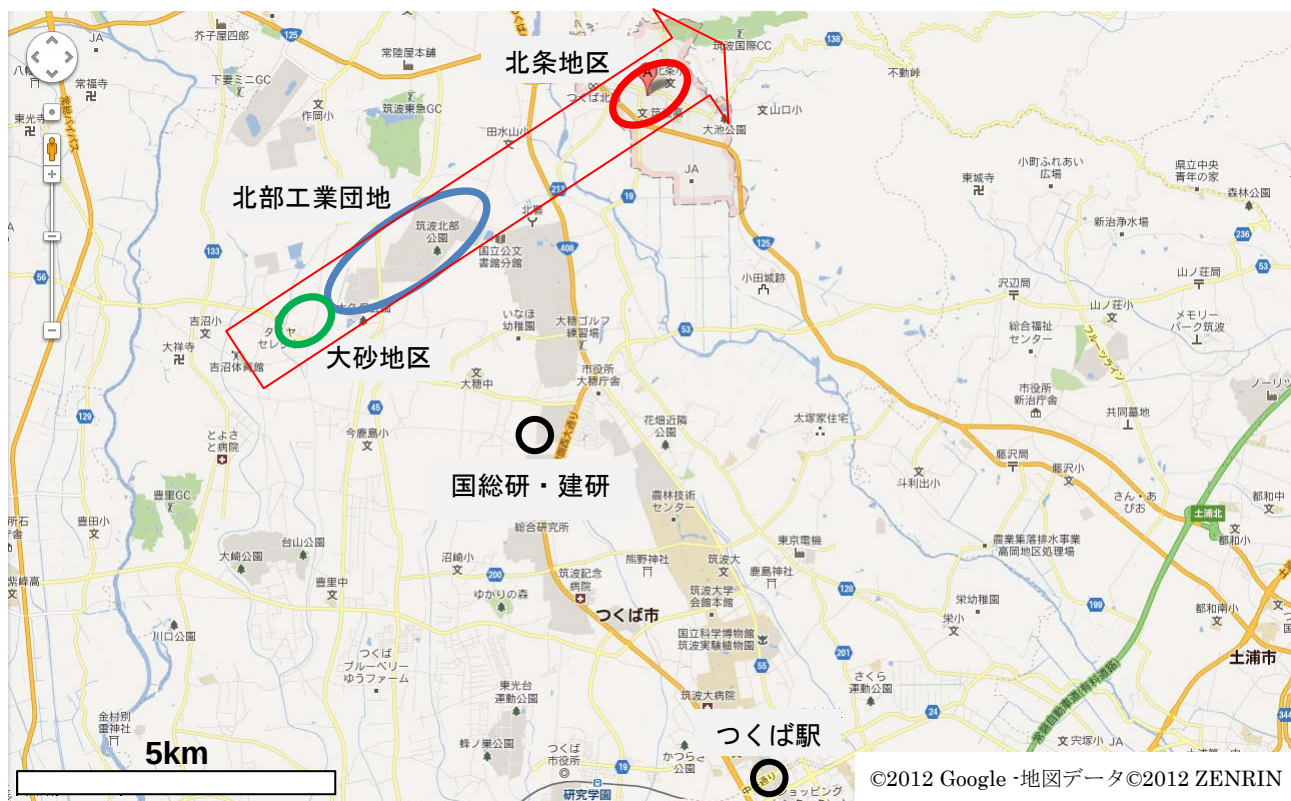


図1 被害調査地域（図中の矢印は推定される竜巻の進行方向を表す）

4. つくば市北条地区等における建築物等の被害概要

つくば市北条地区および大砂地区における建築物等の被害の特徴を以下に示す。

4.1 木造建築物の被害

木造建築物の主な被害事例を以下に示す。（１）から（５）が構造躯体の被害形態、（６）から（７）が外装材等の被害形態である。

（１）基礎を伴う上部構造の転倒

木造建築物 A（写真１、２）では、べた基礎の底面が地盤から離れ、上部構造とともに完全に裏返しになっていた。



写真１ 木造建築物 A

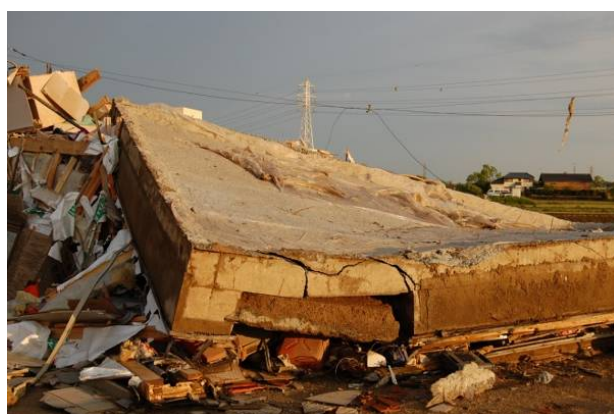


写真２ 木造建築物 A のべた基礎底面の露出

（２）上部構造の倒壊

倒壊した建築物の構造仕様の詳細は正確には把握できないが、木造建築物 B（写真 3 の手前）や C（写真 4）では、竜巻による風圧力が建築物が保有する耐力を上回り層崩壊したと考えられる。



写真 3 木造建築物 B（手前の倒壊した建築物）



写真 4 木造建築物 C

（３）上部構造の飛散

上部構造全体が飛散した建築物（木造建築物 D および E）がみられた。木造建築物 D（写真 5）では一部土台を残す（写真 6）ものの、ほとんどの上部構造が飛散しているのに対し、木造建築物 E（写真 7）では、床板より上の部分が飛散している。



写真 5 木造建築物 D



写真 6 木造建築物 D の土台（土台は残存している）



写真 7 木造建築物 E

(4) 上部構造の水平移動

建築物の上部構造が道路上に移動した事例（木造建築物 F：写真 8）がみられた。



写真 8 木造建築物 F

(5) 小屋組の破壊・飛散

小屋組の被害事例が多く確認された。写真 9 は切妻屋根（比較的古い家屋）、写真 10 は切妻屋根（比較的新しい家屋）、写真 11 は寄棟屋根、写真 12 は片流れ屋根の被害例である。



写真 9 木造建築物 G



写真 10 木造建築物 H



写真 11 木造建築物 I



写真 12 木造建築物 J

(6) 開口部の破損

開口の大小によらず、竜巻による大きな面外荷重の作用や飛来物の衝突によって、開口部が破損したと考えられる事例が確認された。

面外風圧力によって開口部が破損した場合（写真 13、14）は、概して当該外壁構面の開口部全てが破損に至っている場合が多く、飛来物の衝突による場合は、局所的な開口部の破損にとどまると考えられる。



写真 13 木造建築物 K



写真 14 木造建築物 L

(7) 屋根ふき材と外壁材の脱落・飛散等

屋根ふき材の被害事例（写真 15）が多く確認された。また、屋根ふき材の金属板はかなり遠くまで飛散した例が確認された。

一方、外壁材の脱落は、モルタル外壁（写真 16）に多くみられた。モルタル外壁の下地材が腐朽している例も確認された。また、モルタル外壁は、構造躯体のせん断変形、もしくは面外力が生じない限り、脱落しないとされているが、モルタル外壁が脱落した事例がそのいずれによるかは特定していない。



写真 15 木造建築物M



写真 16 木造建築物N

4.2 鉄骨造建築物の被害

鉄骨造建築物の主な被害事例を以下に示す。

(1) 小屋組の破壊・飛散と外装材の損傷

軽量鉄骨造住宅において、小屋組の破壊・飛散、外壁材や窓の損傷がみられた。



写真 17 鉄骨造建築物A

(2) 構造骨組の残留変形

倉庫と思われる建築物において、構造骨組の残留変形が認められた。



写真 18 鉄骨造建築物B

(3) 転倒

車庫として供される鉄骨造建築物の転倒がみられた。



写真 19 鉄骨造建築物 C



写真 20 写真 19 の柱脚の引き抜け状況

4.3 鉄筋コンクリート造建築物の被害

鉄筋コンクリート造建築物の主な被害事例を以下に示す。

(1) 開口部・建具の損壊

5 階建て集合住宅の南側の窓ガラス、サッシの枠、ベランダの手すり等が損壊した。開口の面積が小さいものの、北側でも同様に損壊がみられた。



写真 21 集合住宅の南面の状況



写真 22 窓とベランダ手すりの損壊 1



写真 23 窓とベランダ手すりの損壊 2



写真 24 集合住宅の北面の状況

4.4 飛来物による被害

竜巻通過時に発生する多数の飛来物による外装仕上げ材や開口部の被害も多数確認された。写真 25～26 はショッピングセンターのエントランスでの衝突痕、写真 27～28 は飛来した屋根ふき材または屋根の衝突、写真 29 は飛来した屋根ふき材が電線に引っ掛かった事例である。



写真 25 窓ガラスへの衝突痕



写真 26 外装仕上げ材への衝突痕



写真 27 飛来物(鋼板製屋根材)の衝突



写真 28 飛来物(屋根)の衝突



写真 29 電線に引っ掛かった飛来物(鋼板製屋根材)

4.5 その他の被害

4.4 節までに掲げた以外の被害事例を以下に示す。写真 30～31 はガソリンスタンドおよび駐輪場での屋根の脱落等、写真 32 はブロック塀の倒壊、写真 33～34 は電柱の折損、写真 35 は樹木の折損、写真 36～37 は乗用車の横転等の被害である。写真 33 は複数の電柱が連続して折損または傾斜している状況、写真 34 は折損した電柱が隣接する住家に倒れかかっている状況である。また、軽自動車以外の比較的重量のある乗用車やトラックも横転する事例がみられた (写真 37)。



写真 30 ガソリンスタンドの折板屋根の脱落



写真 31 駐輪場の折板屋根の著しい変形



写真 32 石塀の倒壊



写真 33 電柱の折損・傾斜 1



写真 34 電柱の折損・傾斜 2



写真 35 樹木の折損



写真 36 乗用車の横転等



写真 37 トラックの横転

5. 筑波北部工業団地における建築物の被害

筑波北部工業団地においては、以下の被害形態が確認された。

(1) ガラスの損傷

鉄筋コンクリート造、鉄骨造建築物の外壁面や渡り廊下でガラスの損傷が確認された。



写真 38 渡り廊下のガラスの損傷

(2) 外装材の損傷

鉄骨造建築物の外壁材、軒天井等の損傷が確認された。

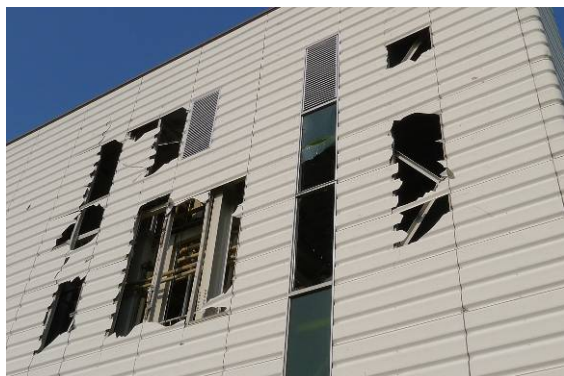


写真 39 外壁材とガラスの損傷



写真 40 軒天井の損傷

(3) 屋根ふき材の損傷

鉄骨造建築物の屋根ふき材等の損傷が確認された。屋根ふき材の折板のなかには、通りを挟んで向かいの工場の敷地まで数十メートル以上飛散したものもあった。



写真 41 屋根ふき材の損傷



写真 42 飛散した折板

(4) その他の被害

敷地内では樹木の折損や、根こそぎ倒れた例が確認された。



写真 43 根こそぎ倒れた樹木

6. まとめ

国土技術政策総合研究所と建築研究所では、5月6日に茨城県つくば市で発生した竜巻による建築物被害について、被害発生直後の状況把握を目的に現地調査を実施した。建築物の構造躯体の被害としては、木造建築物の上部構造の倒壊、移動や小屋組の飛散がみられた。また、外装材等の被害としては、木造建築物の屋根ふき材の飛散、鉄骨造建築物の渡り廊下等でのガラスの損傷、鉄筋コンクリート造集合住宅の窓ガラスやベランダ手すりの損壊、突風による飛来物の衝突による被害がみられた。

今回の竜巻の災害で亡くなられた方及びそのご遺族に対し深く哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。なお、本調査を実施するに当たり、調査建築物の関係各位には

現地被害調査にご協力頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成24年5月6日に茨城県つくば市付近で発生した突風について，平成24年5月7日
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/new/2012050601/2012050601.pdf>
- 2) 気象庁：平成24年5月6日に発生した竜巻について（報告），平成24年6月8日
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1206/08b/toppuhoukoku120608.pdf>

参考資料 1

平成2年以降の主な竜巻の被害概要と国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告

平成2年12月

茂原竜巻（千葉県茂原市・富津市ほか）

F3 (70-92m/s)

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）

（建築研究所による調査報告）

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/78.htm>

平成11年9月

豊橋竜巻（愛知県豊橋市・豊川市ほか）

F3 (70-92m/s)

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）

平成14年7月

境町竜巻（群馬県境町、埼玉県深谷市）

F2 (50-69m/s)

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）

（建築研究所による調査報告）

<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/str/list/topics/tatsumaki/index.pdf>

平成16年6月

佐賀竜巻（佐賀県佐賀市、鳥栖市ほか）

F2 (50-69m/s)

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）

（国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告）

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2005saga/index.pdf>

平成18年9月

延岡竜巻（宮崎県延岡市）

F2 (50-69m/s)

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

（建築研究所による調査報告）

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2006taifu13/2006taifu13.pdf>

平成18年11月

佐呂間竜巻（北海道佐呂間町）

F3 (70-92m/s)

被害の長さ約 1.4km：幅約 100m～300m

死者 9 名、重傷者 6 名、軽傷者 25 名
全壊 7 棟、半壊 7 棟、一部損壊 25 棟
(建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2006saroma/2006saroma.pdf>

平成 20 年 5 月

アイオワ州トルネード (米国アイオワ州パーカスバーグ)
死者 8 名、重軽傷者 50 名以上
住宅の全壊 394 棟、過半の損壊 65 棟、一部損壊 162 棟
(建築研究所による調査報告)

EF5 (89m/s-) 拡張フジスケール

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2008iowa/index.pdf>

平成 21 年 7 月

美作竜巻 (岡山県美作市)
被害の長さ約 10km
軽傷者 2 名
全壊 2 棟、一部損壊 72 棟

F2 (50-69m/s)

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/090719-okayama.pdf>

平成 21 年 7 月

館林竜巻 (群馬県館林市)
被害の長さ約 6.5km
全壊 25 棟、半壊 33 棟、一部破損 361 棟

F1 又は F2 (33-69m/s)

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/090727-gunma.pdf>

平成 21 年 10 月

土浦竜巻 (茨城県土浦市)
被害の長さ約 2.8km : 幅約 200m~300m
全壊 1 棟、半壊 11 棟、一部破損 94 棟

F1 (33-49m/s)

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/091008-tuchiura.pdf>

平成 24 年 2 月

出雲竜巻 (島根県出雲市)
被害の長さ約 7km

F0 (17-32m/s)

(国土技術政策総合研究所による調査報告)

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24shimane/h24shimane.pdf>

参考資料 2

フジタスケール

竜巻やダウンバーストなどの風速を、構造物などの被害調査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 年に考案された風速のスケール。F スケールともいう。各スケールの風速の下限 V は

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

で与えられ、F1 はビュフォートの風力階級の第 12 階級、F12 は M1（マッハ 1 は音速〈約 340m/s〉に等しい）になるよう定義してある。（気象科学辞典(1998 年第 1 版)より）

F0	17～32m/s (約 15 秒間の平均)	テレビの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)	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、強い木は幹が折れたりする。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)	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がある。
F3	70～92m/s (約 5 秒間の平均)	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、自動車はも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、引き抜かれることもある。
F4	93～116m/s (約 4 秒間の平均)	住家が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、自動車は何十メートルも空中飛行する。1 トン以上ある物体が降ってきて、危険この上もない。
F5	117～142m/s (約 3 秒間の平均)	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。数トンもある物体がどこからともなく降ってくる。

（気象庁ホームページより）

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado1-5.html>