

平成 14 年 7 月 26 日
独立行政法人建築研究所

群馬県境町で発生した突風による建築物等の被害について

構造研究グループ 喜々津 仁密
企画部 奥田 泰雄
材料研究グループ 伊藤 弘

平成 14 年 7 月 10 日午後 4 時頃、群馬県佐波郡境町で局地的に突風が吹き、家屋 5 棟が全壊、11 棟が屋根が飛ぶなどの半壊となった。また、飛んできたトタン屋根によって男性 1 人が腕に重症を負うなど計 10 人が重軽傷を負った^I。この突風が発生した時刻は、台風第 6 号が東海道沖から関東地方へと接近しており、台風の進行方向前方に位置する境町では、局地的な突風が発生する直前は南からの暖かく湿った空気が流れ込み、大気が不安定な状態となっていたと思われる。なお、新聞報道によると、利根川をはさんで南側に位置する埼玉県深谷市でも突風による被害が報告されている。

独立行政法人建築研究所では突風が発生した翌日の 7 月 11 日午後境町に向かい、図 1 に示す利根川河川敷に沿った境町平塚地区を主な対象範囲として被害調査^{II}を行った。境町に発生した突風は、境町役場及び現地での聞き取り調査並びに建築物や転倒した墓石等の被害状況の調査結果から、竜巻であると推測される。

図 2 に、平塚地区の風向分布図を建築物等の被害写真と併せて示す。建築物等の被害としては、瓦等の外装材の飛散だけでなく、木造の建築物の小屋組が崩壊又は飛散するなど安全性に関わる被害もみられた。また、現行の耐風設計では考慮されない飛散物による外装材の損傷もみられた。なお、転倒した墓石等から求めた推定風速は、Fujita スケール^{III}に従えば F2 に相当することがわかった。

^I 境町役場の被害調査資料による。

^{II} 聞き取り調査及び墓石等の被害状況からの推定風速の検討等の概要については付録 1 を参照のこと。

^{III} Fujita スケールについては付録 2 を参照のこと。

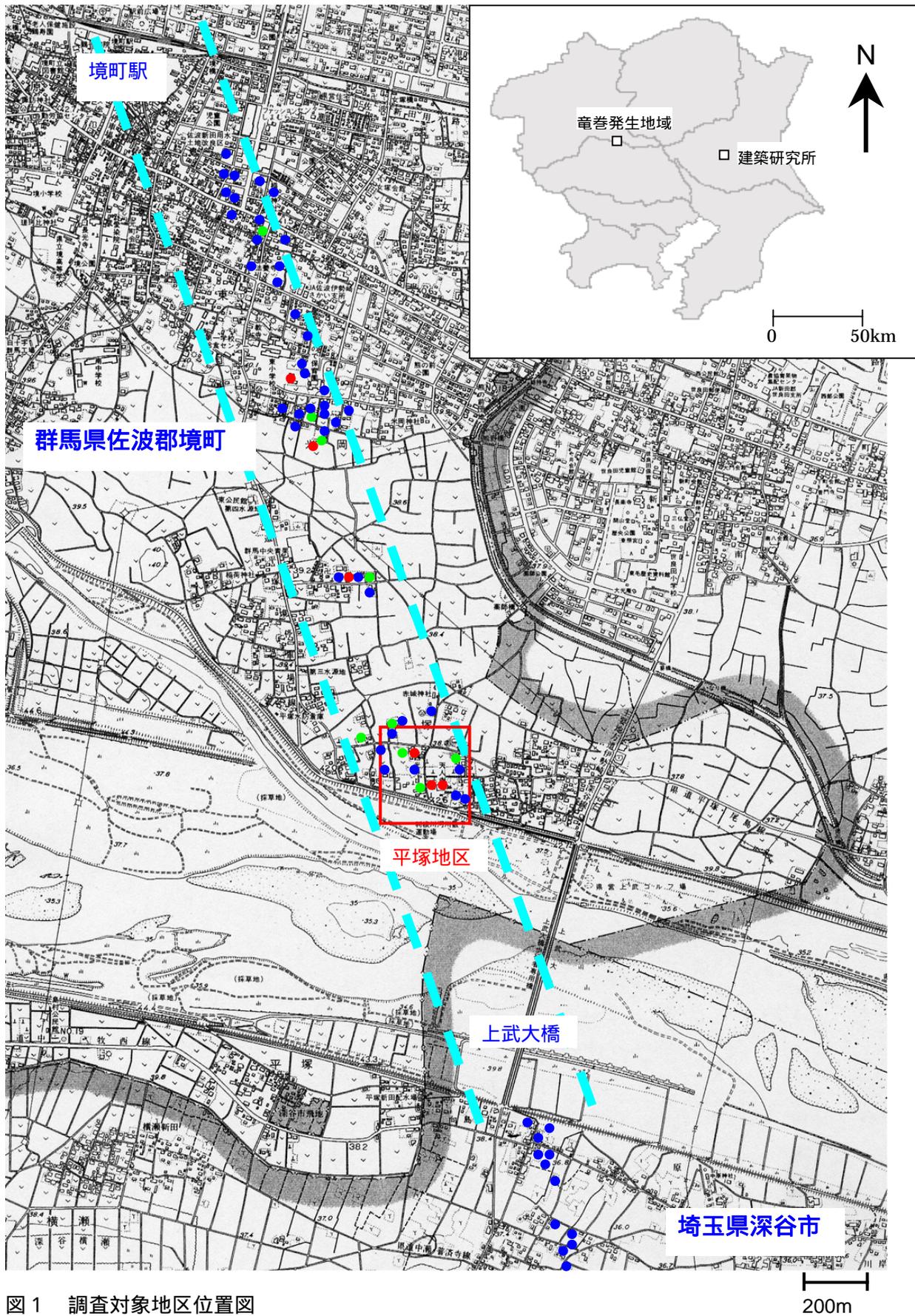


図1 調査対象地区位置図

水色の点線は、突風による被害がみられた範囲を示す。

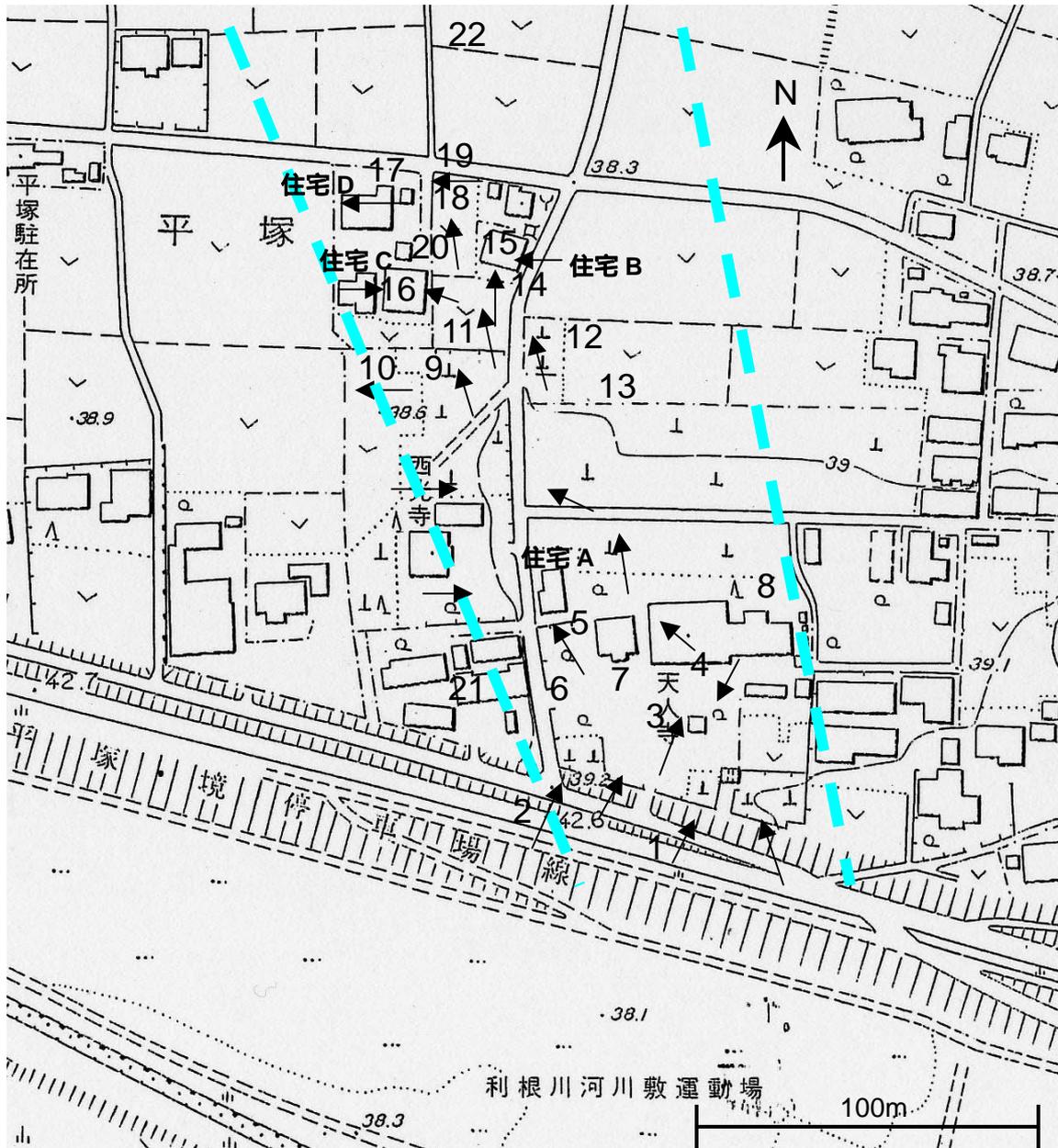


図2 群馬県境町平塚地区の風向分布図

平塚地区の建築物の被害状況や墓石等の転倒状況から推定した風向分布を示し、全半壊した建築物と無被害であるか又は被害が軽微な建築物との間に点線で境界線を示した。図中の番号は、後掲の写真番号の地点と対応する。

調査を行った建築物等の被害写真



写真1 天人寺外観(南からみる)



写真2 倒木(南からみる)
倒れなかった樹木も点在している。



写真3 倒木(北西からみる)



写真4 天人寺
一部鉄骨を用いた小屋組の損傷。



写真5 住宅A室内(南からみる)
在来軸組工法による住宅の小屋組が飛散。



写真6 住宅A外観(南からみる)
南面壁面の損傷。2階南面の窓ガラスは破損しておらず、1階も右側の窓ガラスが破損しただけであった。この住宅は2棟続いて屋根が吹き飛ばされ、出口に駐車していた自家用車が北に約10m突風により移動した。



写真7 天人寺外観(南西からみる)
小屋組の崩壊及び外装材の飛散。柱が北側へ傾斜。



写真8 天人寺外観(北からみる)
北側屋根面の外装材の飛散。南側屋根面には瓦が残っている
(写真1参照)。



写真9 墓石の転倒(南東からみる)



写真10 墓石の転倒(北からみる)



写真11 電柱の転倒(南からみる)



写真12 墓石の転倒
一部天人寺からの飛散物がみられる。



写真 13 墓石の移動



写真 14 住宅 B 外観(東からみる)
在来軸組工法による住宅の小屋組が飛散。



写真 15 住宅 B 外観(北からみる)



写真 16 住宅 C 外観(東からみる)
東西両方向からの屋根面外装材の剥離及び飛散がみられる。
ただし、外周部の外装材だけは飛ばされていない。



写真 17 住宅 D 外観(東からみる)
東側妻面及び軒部の外装材の飛散。



写真 18 消防センター外観(北からみる)
開口部のシャッターの破損。



写真 19 標識の折れ曲がり(東からみる)



写真 20 消防センター壁面(南からみる)
ALC パネルの壁材に飛散物が突き刺さっている。



写真 21 天人寺西側の住宅(南からみる)
一部屋根が損傷しているが、建築物の倒壊/崩壊には至っていない。



写真 22 畑(南側からみる)
畑の中には多くの飛散物が散見され、遠方の住宅の外装材被害もみられる。

(付録 1) 被害調査概要

今回の被害調査にあたっては、まず境町役場を訪問し、被害の多かった地区の場所を事前に把握して、併せて突風発生直後の境町役場で収集した被害状況結果をヒヤリングした。境町役場では、突風発生後 16 時 10～15 分頃に電話連絡が入り、16 時 30 分に町長を本部長とする対策本部が設置され、情報収集に当たった。境町での被害は、利根川に架かる上武大橋より東武伊勢崎線境町駅までにかけて約 4km にわたっているが、今回の被害調査の対象範囲としては、利根川河川敷に沿った平塚地区を主な対象範囲とした。

調査の内容は、被災者や目撃者等に対する聞き取り調査と、被害を受けた建築物や墓石等の転倒物の調査に分けられ、以下にその概要を述べる。

(1) 聞き取り調査

平塚地区の被災者や突風による被害の目撃者等を対象に、聞き取り調査を実施し、突風の目撃状況、その時の体感、降雨の有無等を伺った。被災者又は目撃者の主なコメントを、以下に記す。

- ・ 4 時過ぎに台所において、窓を開けても閉まらずほとんどの窓が割れるまで一瞬だった。
- ・ 1000cc クラスの乗用車が家の前から北方向へ約 10m 移動した。
- ・ 東小学校の先生が、校舎から竜巻状の現象を目撃したらしい。
- ・ 上武大橋の方面から竜巻がやってきた。
- ・ 雨は比較的強く降っていたが、強風は直前まで吹いていなかった。
- ・ 飛行機が墜落するような大きな轟音がした。
- ・ 寺の屋根からの瓦が、ビニール袋のようにヒラヒラと回りながら飛んでいた。
- ・ 3 年前に竜巻が発生し、畑の中のビニールハウスが被害を受けた。
- ・ 明治 44 年 8 月にも竜巻被害があり、10 数棟全壊し死者も出た。

(2) 被害を受けた建築物等の調査

平塚地区の全半壊した建築物や工作物及び墓石、電信柱等の転倒物の被害状況を調査した。被害を受けた建築物はほとんどが木造であり、瓦等の外装材の飛散だけでなく、小屋組が崩壊又は飛散するなど安全性に関わる被害もみられた。また、現行の耐風設計では考慮されない飛散物による外装材の損傷も一部みられた。

本文に掲げた群馬県境町平塚地区の風向分布図をみると、局部的に南からの方向以外の突風が吹いた跡がみられるが全体的には南からの突風による被害が多くみられる。また、幅 100m 程度の直線状に被害が分布していることや風向が一方向ではないこと等から、この突風は竜巻によりもたらされたと判断できる。なお、境町で突風が発生した時点で、同町は台風 6 号の中心から台風の進行方向に向かって概ね 300km 前方に位置しているが、これは過去に日本で報告された竜巻の発生地点と台風の中心との位置関係¹と同様の傾向を示す。

次に、実際に転倒した墓石及び折れ曲がった標識から、風速の推定を試みた。形状等を測定した墓石の諸元は下記のとおりである（外観は写真 9、10、12、13 参照）。

¹水谷武司：自然災害と防災の科学、東京大学出版会、pp.83、2002

名称	状況	高さ H	見付幅 B	奥行 D	地上から底面までの高さ [mm]
墓石 A	転倒	640	290	240	1050
墓石 B	転倒	690	290	245	720
墓石 C	転倒	1600	385	400	1250
墓石 D	転倒	910	360	370	950
墓石 E	転倒	650	390	260	700
墓石 F	転倒	770	310	280	730
墓石 G	転倒せず	700	280	240	880
墓石 H	移動(ずれ)	950	380	410	1660

それぞれ墓石の材質は硬石材とし、みかけ比重は 2.6 とした。また、墓石に作用する風は一様流とし、空気密度 は 1.25kg/m^3 、風力係数 C_f は 1.2、移動したのものについて静止摩擦係数は 0.3 とした。推定風速 U の算定式は、下記の通りとなる。

$$0.5H \cdot F_w > 0.5D \cdot W \quad : \text{転倒した場合} \quad (1)$$

$$0.5H \cdot F_w < 0.5D \cdot W \quad : \text{転倒しない場合} \quad (2)$$

$$F_w > \mu W \quad : \text{移動した場合} \quad (3)$$

ここで、 H : 高さ、 F_w : 風力($=\frac{1}{2}\rho U^2 \cdot H \cdot B \cdot C_f$)、 B : 見付幅、 D : 奥行、 W : 墓石の重量及び μ : 静止摩擦係数 である。それぞれ算定式から求めた結果、推定風速 U は下記のとおりとなり、場所にもよるが $50 \sim 70\text{m/s}$ の結果となった。

名称	状況	推定風速[m/s]
墓石 A	転倒	55.8<U
墓石 B	転倒	54.9<U
墓石 C	転倒	58.8<U
墓石 D	転倒	72.1<U
墓石 E	転倒	60.0<U
墓石 F	転倒	59.4<U
墓石 G	転倒せず	U<53.4
墓石 H	移動(ずれ)	65.3<U

一方、折れ曲がった円形の標識の諸元は下記の通りである（外観は写真 19 参照）。

地上から標識中心までの高さ	2180mm
標識の半径	300mm
柱の長さ	2490mm
柱の断面の半径	約 60mm(外径) 約 56mm(内径)

標識を支持する柱の材質は、JIS G3444(一般構造用炭素鋼管) - 1994 に定める STK490 とし、降伏点は 315N/mm^2 とした。また、寸法は同規格の付表 1 に定める外径 60.5mm、厚さ 2.3mm としたので、断面係数は 5.90cm^3 となる。

標識の風力係数は 2.3 とし、柱が破断した場合についての算定式は下記の通りとなる。

$$(M_p + M_c)/1.27Z$$

(4)

ここで、 Z : 鋼管の降伏点、 M_p : 標識の曲げモーメント、 M_c : 柱の曲げモーメント及び Z : 柱の断面係数であり、1.27 は円形断面の形状係数である。

(4)式により求めた結果、推定風速は 47.8m/s となる。

以上の墓石及び標識の被害状況をもとにした計算結果より、付録 2 に示す Fujita スケールに当てはめると、今回の竜巻は F2 となる。なお、1990 年に茂原で発生した竜巻は F3、1999 年の豊橋で発生した竜巻は、F2 から F3 であった^{1,II}。

(付録 2) Fujita スケールについて^{III}

F0 17 ~ 32m/s (約 15 秒間の平均風速)

煙突やテレビのアンテナが壊れる。小枝が折れ、また根の深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、ガラス窓は割れる。また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)

住家の屋根がはぎ取られ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れ、またねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、また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、鉄骨造でもつぶれる。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 ~ 116m/s (約 4 秒間の平均風速)

住家がバラバラになってあたりに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨造でも倒壊する。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 トン以上もある物体が降ってきて、危険この上ない。

(謝辞)

境町役場及び被害に遭われた関係各位には、突風発生直後にも関わらず被害調査の実施にご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

^I桂順治：1990 年 12 月 11 日千葉県に発生した竜巻による暴風災害の調査研究、平成 3 年 3 月

^{II}桂順治：台風 9918 号に伴う高潮と竜巻の発生・発達と被害発生メカニズムに関する調査研究、平成 12 年 6 月

^{III}藤田哲也：たつまき - 渦の驚異 - 上