

台風0613号による強風被害について

丸山 敬・河井宏允・石川裕彦・林 泰一・加茂正人

要 旨

2006年には台風や竜巻、突風による建物強風被害が多発した。とくに、9月の台風13号では八重山諸島や九州において多くの建物が強風被害を受けた。また、同台風は多くの竜巻や突風を伴い、延岡市の竜巻では3名の死者を出し、JR日豊本線の特急“にちりん”が脱線した。本報では、これら台風0613号による建物の強風被害を中心に、その特徴を検証し、防災・減災の観点から建物の耐風性能を高めることが必要であることを明らかにした。具体的な対策としては、1：屋根葺き材、屋上の設置物等の飛散を防ぐこと。2：戸や格子、耐風性能の高いガラスを用いるなど、飛散物に対する防備を高めること。また、3：軽量建物用の耐風設計を整備することが至急の課題であること。等である。

キーワード：台風0613号，強風，建物被害

1. はじめに

2006年9月10日にフィリピンの東海上で発生した台風13号は、15日には中心気圧が930hPa、中心付近の最大風速が50m/sまで発達し、八重山諸島を暴風域に巻き込みながら北よりに進み、16日05時には最低海面気圧923.8hPaを観測した。その後、速度を速めながら北東へ進み、17日夕方には九州北部地方を通過して日本海へと進んだ（Fig. 1）。台風の中心が通過した石垣島地方では猛烈な風が吹き、西表島の竹富町上原では、16日04時22分に観測史上最も強い最大瞬間風速69.9m/s（北東）を観測した。また、石垣市登野城でも16日07時19分に最大瞬間風速67.0m/s（西南西）を観測した。八重山諸島ではこの台風に伴う強風により大きな被害が発生し、停電などにより住民の生活に大きな支障をきたした。

この台風は九州各地にも強風被害をもたらし、長崎県、佐賀県、福岡県で多くの住家被害が発生した。一方、宮崎県では日南市、宮崎市、日向市、延岡市で、大分県では臼杵市、大分市で竜巻や突風によると見られる強風被害により局地的な被害が生じ、全体の被害件数は上記三県に比べて少ないものの、全壊、半壊等、程度の大きな被害が多く発生した（Fig. 2）。とくに、宮崎県延岡市では、死者3名、重傷3名、軽傷140名の被害者をだし、日豊本線で特急「にちりん9号」が脱線するなど、日本における竜巻被害

害としては最大級の被害が発生した。

本報ではこれらの被害について、現地調査や関係諸機関から集めた資料をもとに、建物被害を中心に、その特徴を検証し、防災・減災の観点から有効な対策を考える。

2. 被害の概要

2.1 八重山諸島における被害

八重山諸島はFig. 1に示すように南西諸島の最南端に位置し、11の有人島および、20近くの無人の島から成る島嶼群で、先島諸島の一部を成し、八重山列島とも呼ばれる。行政単位では石垣市、与那国町、その他の島を含む竹富町で構成される。これらの総面積は587km²。2006年5月末の人口は合計4,202人、世帯数約2,203であった。人口および家屋は石垣島に最も多く集まっている。

八重山諸島の台風による被害は、沖縄県八重山支庁総務・観光振興課（2006）によると、人的被害は重傷4人、軽傷者51人、停電による医療器具の停止による2次被害2人を含む合計57人を数え、住宅被害は全壊22世帯、半壊50世帯、一部破損は244世帯と、合計316世帯に達し、住民の約1.4%、世帯の約14%が被害に遭ったことになる。被害総額は各種施設、農林水産関連を含む約36億円であった。建物被害に関して島別の内訳を見ると、石垣島で全壊15、半壊43、

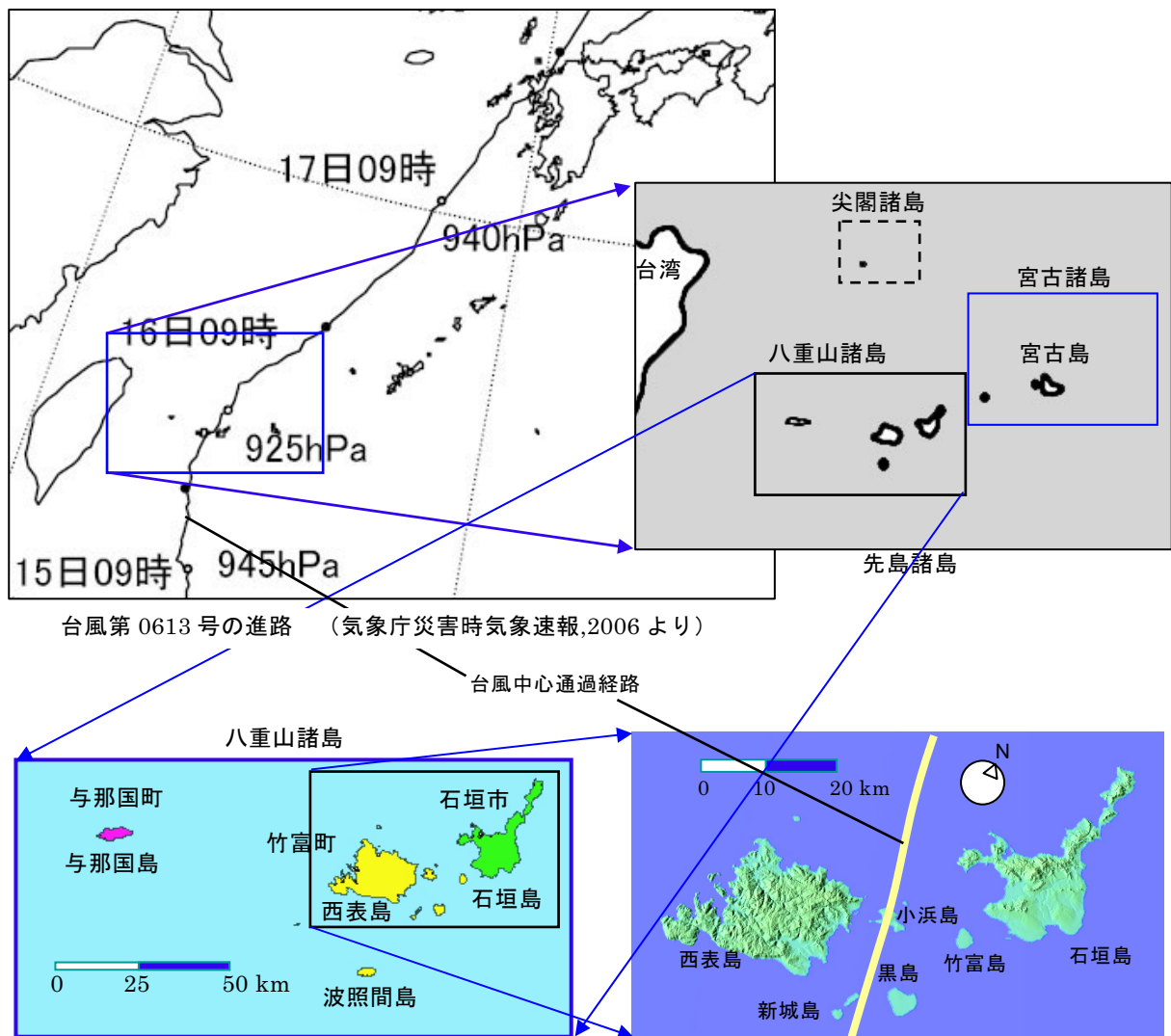


Fig. 1 Track of Typhoon 0613 and location of Yaeyama Islands.

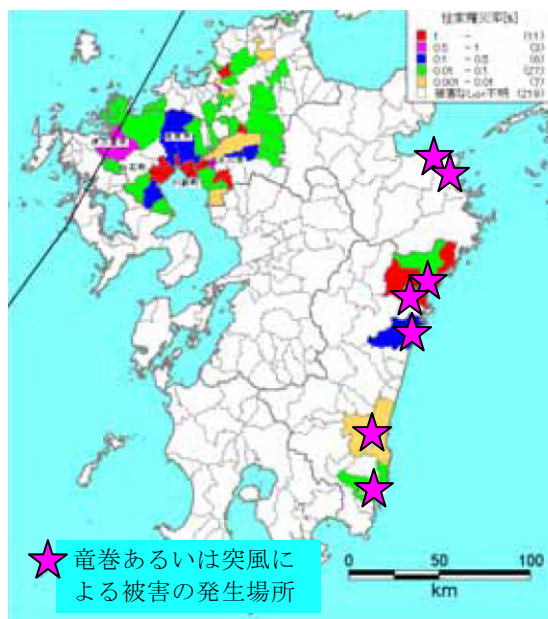


Fig. 2 Distribution of damage to buildings and houses in Kyusyu, and locations of strong gusts and tornados.

一部損壊244。小浜島で半壊1, 黒島で全壊5, 半壊5。西表島で全壊2, 波照間島で半壊1であり, Fig. 3 に示すように台風の中心が通過した東側に位置する石垣島に被害が集中している。ライフラインの被害に関しては, NTT西日本によると, 電話が9月30日に全面復旧するまでの間, 加入電話等28,000回線のうち延べ2,600回線が不通となった。また, 沖縄電力(2006)によると, 停電は16日に最大18900戸に達した後, 22日に全戸復旧するまでの6日間に及び, 島民の日常生活に支障をきたした。さらに, 電柱の倒壊, 損傷による交通障害が発生し, 直後の避難, 救援, 復旧活動が阻害された。また, 9月17日22時から翌18日6時まで石垣市内全域で停電のためポンプ作動せず断水し, 22日には全地域復旧した。

2.2 宮崎県延岡市の竜巻による被害

台風0613号の接近に伴い, 延岡市では9月17日午後2時頃に竜巻が発生し, Fig. 4 に示すように市街

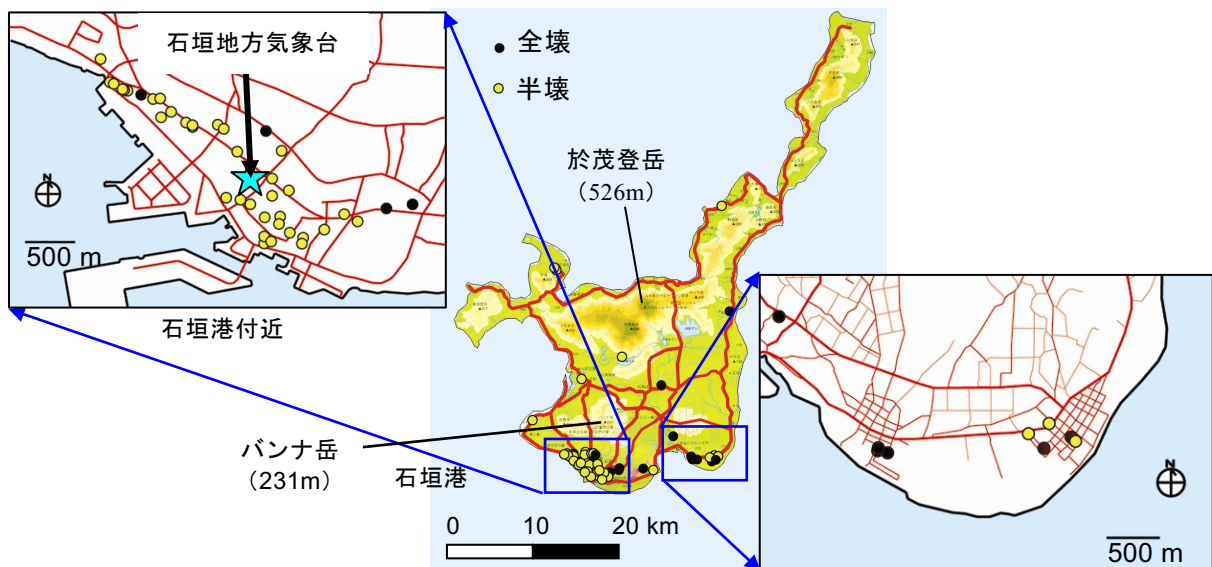


Fig. 3 Distribution of damage to buildings and houses in Ishigaki islands.

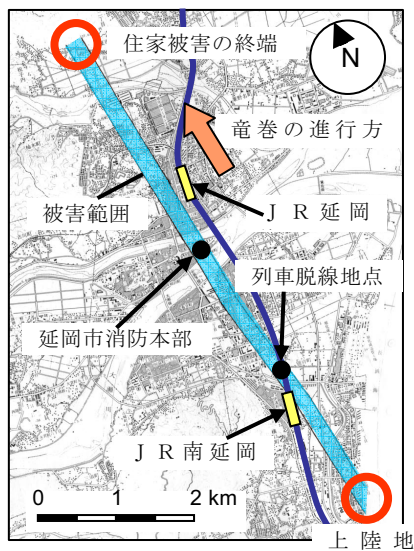


Fig. 4 Track of tornado in Nobeoka city.

地を直線状に通過し、市の中心部を直撃した。延岡市の調査では11月14日現在、非住家を含めた家屋の被害は1,347軒に及び、うち全壊が94軒、半壊は390軒、一部損壊は863軒にのぼった。2006年9月の延岡市の人口が135千人、世帯数が52千世帯であるから、住民の約0.1%、世帯の約2.3%が被害に遭ったことになる。

当時、台風は鹿児島県の西方にあり、その中心は延岡市から西南西に約280km離れていた。竜巻は市街地中心からみて南南東の方向、上陸したと見られる緑が丘付近の海岸から、浜町、J R 南延岡駅の北、特急列車が脱線した（Photo 1）別府町を通り、大瀬川を渡って消防本部を襲った。その後、五ヶ瀬川を渡って J R 延岡駅の西を通り、祝子川を渡って夏田町に至り、その被害は約7.5km、幅約200mに分布し



Photo 1 Derailed train. (Nobeoka city office presents)



Photo 2 Collapsed houses on the track of tornado.

ている。竜巻が通過した中心付近では建物が倒壊する（Photo 2）など、大きな被害が発生した。

被害例としては、飛来物の衝突による外壁や開口部の破損が多く見られ、死亡した3名のうち1名については、部屋の中まで飛び込んできた飛来物によるものとみられている。また、今回の被害では消防本部が直撃されて窓ガラスが割れる被害を受け、停電と相まって、連絡機能が麻痺するなど、救援・復旧の初期活動に支障をきたした。しかし、被災後に



a. Wooden houses are scattering among reinforced concrete houses.



b. Traditional wooden house which is well maintained and undamaged.

Photo 3 Typical buildings and houses in downtown of Ishigaki city.



a. Damage to roof tiles.



b. Blown off roof.



b. Completely collapsed house.

Photo 4 Typical damage to wooden houses.

は市や自主防災組織、ボランティアなどによる迅速な復旧活動が行われた。これは、近年延岡市では大雨による浸水被害が繰り返されており、災害復旧活動の組織化が進んでいたことによると考えられる。

最後に、宮崎は日本の中でも竜巻の発生件数の多い県であり、過去百年の間に被害を発生させた竜巻が延岡市を5回も襲っている。最近では平成15年に被害が記録されているが、現地調査で聞き取りをした限りでは、市民の竜巻に対する防災意識は低い印象を受けた。種類を問わず、大きな被害が起らない間も、いかに防災意識を継続させるかが、防災・減災の重要課題といえよう。

3. 建物の強風被害

3.1 概要

石垣島にはFig. 3 に示すように中央北部に沖縄県の最高峰茂登岳526mがそびえ、そこから東西方向に山地が連なっている。南部のパンナ岳231m付近の高地を除いて、中部の台地からはなだらかな平野が海に向かって続いており、主に牧場やサトウキビ畑が広がっている。被害の多くは南部の建物密集地域の海に近い地域に集中している。石垣市の平成18年度概要調査（2006）によると、家屋総棟数は15,560

棟で、構造別の内わけは木造2,288棟、非木造13,272棟となる。非木造のうち11,330棟が鉄骨コンクリート造で、全棟数の73%と圧倒的に多い。全壊建物は石垣島で15棟で、建物密集地域の外縁部および郊外に多く分布し、一部プレハブを含むが、ほとんどが木造住宅であり、耐風性能の低いものが多かった。全壊建物の総棟数に対する割合は0.1%、木造棟数に対しては0.7%となる。また、全壊、半壊、一部損壊を含めた建物被害数は302棟で、総棟数に対する割合は2%となる。建物被害については、屋根葺き材の飛散、軒天井の剥落、外壁の破損が多く見られ、特に、木造住宅の瓦葺き屋根の被害が多く見られた。

石垣島の建物は歴史的に強風被害をよく受けることから、近年に建てられた建物はほとんどが鉄骨コンクリート造である（Photo 3a）。しかし、依然として一部木造住宅が残っており、漆喰で瓦の隙間を埋めるなど、強風に対する防備をしてあるものが多い（Photo 3b）が、手入れの悪い建物や老朽化の進んだものは被害を受けている（Photo 4）。建物からの飛散物は周囲の建物に被害を与え、また、2次被害の原因となることが多いことから、できるだけなくすべきであるが、このような建物には高齢者の住宅が多く、経済的に手入れができない状況にあるのが問題となっている。



a. Fall down of ceiling panel.



b. Damage to the wall.



c. Protection with shutters and louvers.

Photo 5 Typical damage to reinforced concrete houses and buildings. (a, b; Ishigaki city office presents)



a. Stainless steel sheet.

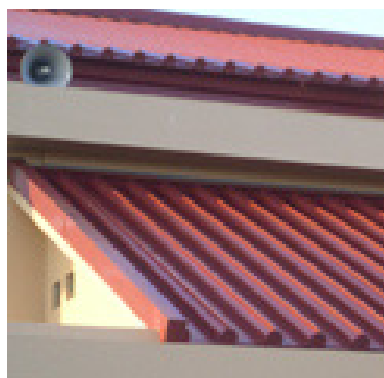


b. Sheet-metal roofing.



c. Corrugate metal roofing.

Photo 6 Damage to the roof of wide span constructions. (b, c; Taketomi-cho office presents)



a. Well maintained roofing.



b. Openings installed partitioned sash with thick glass.



c. Clock protected with lattice.

Photo 7 Details of undamaged roofing and opening.

一方、竜巻が襲った延岡市の中心部は、石垣市のように地域的な特徴をもった町並みではなく、現代日本の平均的な建物が建ち並んでいる。建物被害については、竜巻の中心に近いほど被害の程度は大きく、飛散物による外壁の破損、屋根の飛散、建物の倒壊（Photo 2）等が見られた。被害の詳細は次節以降に述べる。

3.2 建物被害

石垣島における鉄骨コンクリートの建物では、軒天井の剥落（Photo 5a）、外壁の破損（Photo 5b）が多く見られたが、ガラスの破損は本州における台風時の被害に比べて少ない印象を受けた。瓦葺き住宅

の割合が少ないことや、開口部を狭く取っている、雨戸や格子等を設置する（Photo 5c）など、全体的に飛散物を減らし、飛来物からの防備がなされているためと考えられる。体育館など大屋根を有する建物の屋根葺き材がめくれる被害が強風時に多く見られるが、八重山地方では、石垣市中央運動公園の体育館（Photo 6a）、西表島の船浦中学体育館（Photo 6b）、高那のリサイクルセンター（Photo 6c）における被害のみで、その他の小中学校、公民館等、公共建物における大きな屋根被害は報告されていない。多くの施設では、屋根葺き材の施工が良好であり、開口部のガラス面積を小さくしたり、飛散物に対する備えがなされていた（Photo 7）。



a. Broken walls and openings. b. Break on lightweight concrete wall. c. Falling down of concrete wall.

Photo 8 Damage by flying missiles. (b, c; Nobeoka city office presents)



a. Sticking on the house. b. Hanging on electric wires. c. Blocking the road.

Photo 9 Damage by metal roofing sheets. (a, b; Nobeoka city office presents)



Photo 10 Water tank fell down from the roof.
(Ishigaki city office presents)



Photo 11 Stack of flying debris by tornado.
(Hokkaido kaihatu office presents)



Photo 12 Interior damage of Nobeoka firehouse.
(Nobeoka firehouse presents)

開口部の被害は風圧によるものと、飛来物の衝突によるものが考えられるが、建物に被害が生じるような強風時には、多くが飛来物によるものである。強風による人的被害の内容を見ると、割れたガラス片による怪我が大半を占めているので、これを防ぐことは人的被害を減らす上で最も有効である。強化ガラス、合わせガラス、肉厚ガラスを用いる、ガラス1枚の面積を小さくする (Photo 7b) など、ガラス自体の強度を上げる方法は耐風性能を上げる点では有効であるが、飛来物に対する防備の点では、雨戸やシャッター (Photo 5c)、格子などが有効である。また、ガラスが割れた場合に鋭利な破片を生じさせないという点からは、網入りガラスやプラスチックフィルムを張ることも有効であると考えられる。

3.3 飛散物による被害

最大瞬間風速67.0m/sを観測した石垣市や、竜巻の中心近くで46m/s以上の風速を観測した延岡市では、種々の飛散物によって外壁および開口部分が被害を受けた (Photo 8a)。飛散物としては、瓦や、外壁の破片など様々なものが高速で飛んでくるため、コンクリートの壁でさえも被害を受けて、穴があいたり (Photo 8b)、剥落したりする (Photo 8c)。屋根葺き材の金属薄板は面積が大きくなると、風下の建物等に引っかかり (Photo 9a)、電線に絡まったり (Photo 9b)、路を塞いだり (Photo 9c) する。飛来物としては、飛散した屋根葺き材や外装材だけでなく建物の付属物も含まれ、石垣島では屋上に設置された給水タンク (Photo 10) が数多く落下してい



a. Lightweight steel storehouse collapsed.



b. Lightweight steel storehouse got upon the neighbouring house.



c. Lightweight prefabricated house got upon the neighbouring house.

Photo 13 Damage by lightweight constructions. (Ishigaki city office presents)



Photo 14 Lightweight prefabricated house blocked the road. (Ishigaki city office presents)



Photo 15 Lightweight prefabricated house broke a telegraph pole. (Ishigaki city office presents)



Photo 16 Remained wooden foundations of a lightweight prefabricated house. (Hokkaido kaihatu office presents)



a. In the suburban area.



b. In the suburban area.



c. In the downtown.

Photo 17 Broken telegraph poles blocked the road. (Ishigaki city office presents)

た。また、竜巻のように、非常に強い風の場合には、建物自体が破壊・分解され、建物内部の家財を含めたあらゆるもの（Photo 11）が飛来物となって、他の建物を襲い、それによってさらに飛散物が増えるというように連鎖的に被害が進展する。

さらに、開口部が破壊されると建物内部に風雨が吹き込み、家財や設備を損なうことになる。役所や消防署（Photo 12）、病院などが被災すると、後の復旧活動にも支障をきたすことになるので、建物の重要度の設定と、その重要度に応じた開口部の防備が至急の課題である。

3.4 軽量建物の被害

石垣市の市街地部で目に付いた被害として軽量建物の被害が挙げられる。Photo 13 に示すように、鉄

骨製の倉庫が倒壊したり、プレハブ小屋が飛ばされて、他の建物の上に載ったり、道を塞いだり（Photo 14）、電柱を折る（Photo 15）等の二次被害を引き起こすものが見られた。

軽量建物の多くは、木杭の基礎に、かすがい等で簡単に留め付けられただけであったり、コンクリートブロックのような軽微な基礎の上に載せただけのことが多い。このため、強風時に大きな揚力や転倒モーメントが加わると、基礎があっても耐えることができず、躯体が壊れることなく建物全体が浮き上がったたり、飛ぶ場合がある。2006年11月に北海道佐呂間で起こった竜巻によりプレハブの現場事務所が飛ばされ、9人の犠牲者を出した被害も基礎と土台との結合が不十分（Photo 16）であったといえる。軽量構造物に関しては、強風時の引き上げ荷重および



Photo 18 Distorted traffic signal.
(Ishigaki city office presents)



Photo 19 Fall down of fence.
(Ishigaki city office presents)



Photo 20 Fall down of block wall.
(Ishigaki city office presents)



a. Distorted vinyl house.



b. Steel green house.



c. Scattered glasses on the ground.

Photo 21 Damage to agricultural constructions. (a. Ishigaki fire defense office presents)



Photo 22 Blown-off of galvanized
iron sheet from the cowshed.



Photo 23 Scattered fodders and
galvanized iron sheets around the road.
(Ishigaki city office presents)



Photo 24 Break of trees
lining a street.

転倒モーメントに耐えうるように、基礎との連結を含めた耐風設計を行うべきである。

3.5 電柱の被害

電柱の折損は、強風の吹きやすい郊外の開けた場所で多く見られる (Photo 17a,b) が、上述のような軽量建物による電柱の被害は市街地内でも多く発生する (Photo 17c) と予想される。交通の遮断は復旧活動を困難にし、停電は日常生活の根幹に関わることであるため、電柱自体の耐風性能を高めるだけでなく、プレハブや倉庫などの軽量建物用の耐風設計を整備することは、電柱の被害を防ぐという点からも至急の課題である。

3.6 工作物の被害

建物以外の被害としては、広告塔の傾斜・飛散、道路標識の折損 (Photo 18) 、フェンス (Photo 19) 、

ブロック塀 (Photo 20) の倒壊等が見られた。

3.7 農業施設、樹木の被害

石垣島ではパパイア等の温室栽培用のビニールハウス (Photo 21a) 、鉄骨製ハウスが多く用いられている。鉄骨製のハウスは、パイプ製の骨組みをもったビニールハウスよりも耐風性能は高いが、表面に張られている透明のプラスチックフィルムの強度が高いと、フィルムが破れる前に、構造体自体が破壊する被害がみられる (Photo 21b) 。構造体の強度を、フィルムの強度との兼ね合いで設計するか、適当な風速で破れるようにフィルムの強度を選定する必要がある。なお、石垣島では、強風により割れたガラス片で耕地が使い物にならなかった (Photo 21c) 過去の経験から、鉄骨製ハウスの表面にガラスが使われる例は非常に少ない。その他、石垣島では牧畜が盛んでトタン屋根の厩舎が多く (Photo 22) 、強風

により飛ばされたトタン板が街路樹や電柱に絡まっている（Photo 23）被害が多く見られた。その他、街路樹の折損（Photo 24）も多く見られ、道路を塞いで交通を遮断したり、電線を切断したりすると、復旧活動を妨げ、日常生活にも支障をきたす。

4. おわりに

2006年は台風だけでなく、竜巻や突風により多くの強風被害が発生した。本報では台風0613号に伴う建物の強風被害を中心に、その特徴を検証し、防災・減災の観点から建物の耐風性能を高めることが必要であることを明らかにした。

そのための有効な対策としては、1：屋根葺き材、屋上の設置物等の飛散を防ぐこと。2：雨戸や格子、耐風性能の高いガラスを用いるなど、飛散物に対する防備を高めること。また、3：軽量建物用の耐風設計を整備することが至急の課題であること。等が挙げられる。

謝 辞

被害調査の実施にあたって、独立行政法人海洋研究開発機構の筆保弘徳氏、石垣市役所総務部、石垣

市教育委員会、石垣市消防本部、石垣市消防署、沖縄県八重山警察署、沖縄県八重山支所総務・観光振興課、竹富町総務課、竹富町教育委員会、N T T 西日本、石垣市健康福祉センター、石垣市中央運動公園、沖縄電力、国際農林水産業研究センター熱帯島嶼拠点、石垣地方气象台、延岡市、九州電力株式会社宮崎支店延岡営業所、延岡市消防本部、宮崎地方气象台、宮崎県総務部ほかの皆様には被害状況の説明や気象データの提供をして頂きました。これらの方々の協力に対してここに記して謝意を表します。また、本研究は平成18年度科学研究費補助金（特別研究促進費、課題番号18900002）、京都大学防災研究所突発災害調査費および日本風工学会突発性災害調査費の援助を受けて行われた。

参考文献

災害時自然現象報告書（2006）：気象庁平成18年台風第13号による9月15日から9月20日にかけての暴風・大雨と突風、2006年第2号災害時気象速報
沖縄県八重山支庁総務・観光振興課（2006）：平成18年台風13号状況報告（速報）、2006年10月
沖縄電力社内報2006/No.39（2006）
石垣市18年度概要調査（2006）

Strong Wind Damage by Typhoon 0613

Takashi MARUYAMA, Hiromasa KAWAI, Hirohiko ISHIKAWA, Taiichi HAYASHI and Masato KAMO

Synopsis

We had many strong wind disasters caused by typhoon, tornados and down bursts in 2006. Typhoon 0613 in September struck Yaeyama Islands, Japan, and significant damage to buildings and houses occurred. In Kyusyu, there was many damage to houses and buildings especially in Nagasaki, Saga and Hukuoka prefectures. This typhoon also brought a number of strong winds and a tornado that struck Nobeoka city in Miyazaki prefectures. Three persons were dead and a train was derailed. This paper focuses on the characteristics of the damage to buildings and houses caused by strong wind of Typhoon 0613 and examined effective measures from the viewpoint of preventing and mitigating these disasters. To prevent the claddings and openings from the flying missiles is important to reduce the strong wind damage. The shutters and the wind resistant glasses are effective. To decrease the number of missile is also essential. The damage caused by lightweight houses is notable in urban area.

Keywords: Typhoon 0613, strong wind, damage to buildings and houses