

1985年の台風13号による建築物の被害について

立川 正夫・三谷 勲
(受理 昭和61年5月31日)

DAMAGE TO HOUSES AND STRUCTURES CAUSED BY TYPHOON 8513

Masao TACHIKAWA and Isao MITANI

On August 31, 1985, Kagoshima Prefecture was subjected to the effects of Typhoon 8513. The maximum mean 10 min. wind speed measured by the Kagoshima Meteorological Observatory was 27.9 m/s with gusts to 55.6 m/s.

The strong winds caused significant damage to roofs, temporary houses and small structures. Examinations of the damage revealed that some of the conventional construction techniques, especially roofing techniques, should be improved in consideration of the wind effects.

1. はじめに

昭和60年8月31日未明に薩摩半島に上陸した台風13号は、久々に鹿児島県本土に強風による被害をもたらした。

中型で並の強さの台風で、洋上で西寄りに進路を変える公算大、という予報もあって、無防備のまま就寝した県民は、夜半の急激な風の強まりに驚かされ、あわてて雨戸をしめるというような有様であった。幸い全半壊等、建物軸部が破壊した例は少なかったが、特に海岸や風当たりの強い高台などで屋根葺材の飛散、仮設鉄骨構造物の倒壊など、近年まれな大きな被害が生じた。電柱が多数倒壊し、広範囲に停電が数日間続き、日常生活に支障をきたしたことも、この台風がもたらした大きな災害の一つと数えてよかろう。

ここでは直後に行った現地調査結果に、鹿児島県等から入手した資料を合せ、建築物を中心に被害の状況を述べる。

2. 気象概要

台風13号は30日午後11時に、中心気圧960 mb、最大風速35 m/s、25 m/s以上の暴風雨域東側200 km以内、西側140 km以内で、屋久島の南、北緯29度25分、東経130度30分を北上、そのまま直進して

屋久島を通過、31日午前3時過ぎに薩摩半島南端に上陸した(図-1参照)。この台風のもたらした風は、「中型で並」という言葉から予想されるよりはるかに強く、鹿児島地方気象台では31日午前4時40分、55.6 m/sという観測史上最大の瞬間風速を記録した。表-1に鹿児島県各地の最大風速を、表-2に過去を含めた鹿児島での最大風速の観測値を示す。昭和30年以降、風速計の変更(平均風速:4杯→3杯→プロベラ型、瞬間風速:ダインス計→プロベラ型)があり、また鹿児島地方気象台周辺の急速な市街地化があって、表-2の数値を単純に評価できないが、今度の台風は過去の記録に比べ、最大瞬間風速のわりに最大風速は小さい(突風率が大きい)といえることができる。図-2に今回の風速記録を示すが、風速が50 m/sを越しているのは瞬間的に2回(ベンが浮いていて線として記録されていない)にすぎない。55.6 m/sという最大瞬間風速の値にかかわらず、住家の全壊率がきわめて小さかった理由の一つは、強風の経続時間が比較的短かったためとも考えられる。なお、この台風がもたらした雨はさほど烈しくなく、鹿児島での8月31日の日降水量は54 mm、最大1時間降水量は21 mmで、雨による被害は軽微であった。

表-1 各地の最大風速

	最大風速		最大瞬間風速	
	風速 (m/s)	風向	風速 (m/s)	風向
鹿児島地方気象台	27.9	E S E	55.6	E S E
屋久島測候所	36.5	E S E	56.7	E S E
枕崎 "	25.4	E	56.4	N E
阿久根 "	21.0	N E	46.0	E N E

表-2 鹿児島での最大風速の記録(日本の気候より)¹⁾

年月日(台風名)	最大風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)
1942.8.27	37.3	45.1
1945.9.17(枕崎)	33.9	52.0
1951.10.14(ルース)	35.1	46.5
1955.9.29(22号)	31.7	51.4
台風13号	27.9	55.6

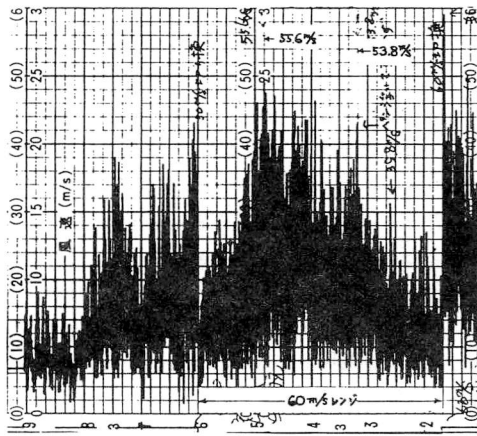


図2 風速記録(鹿児島地方気象台)

3. 被害の概要

鹿児島県消防防災課がまとめた鹿児島県の被害を表-3に示す。県下で2名の死者が出たが、1名は補強中の家屋(倉庫兼車庫)が倒壊、下敷きとなり、他の1名は除去作業中の看板が風におおられ、頭に当たったもので、いずれも強風中の作業が原因した。建物の被害額は、住家、非住家、公共建物を合せ約59億円で、全被害額の約20%となっている。

表-4は土木事務所別にまとめた住家の被害棟数

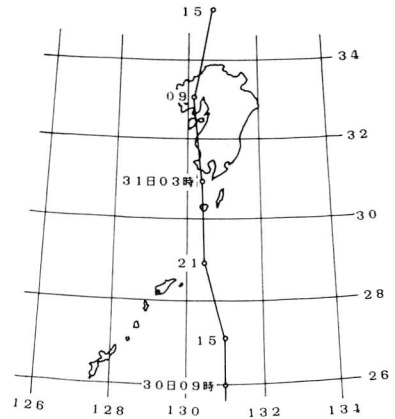


図1 台風進路図

で、被害の絶対量は鹿児島(鹿児島市および鹿児島郡)で最大、次いで指宿の順となっている。なお、被害の合計数について、住家の全棟数を全世帯数(約63万)に等しいと仮定して全壊、全半壊、一部破損以上の被害率を求めると、それぞれ0.009、0.04、4.9%になる。全壊は一万棟に1棟で、率としてはきわめて低い値といえよう。

図-3は各市町村別の一部破損以上の被害率(分子は市町村別被害棟数、分母は同世帯数とした)を示したもので、高い被害率の市町村は、薩摩、大隅両半島の先端と錦江湾の北岸で、東西約70kmの幅の地域内部に分布している。種子、屋久両島では、南部の被害が目立つ。なお、隣接する市町村で、いちじるしく被害率に差のある例があり、一部破損住家の数え方には、市町村で若干差があるのではないかと思われる。

図-4には各市町村の全半壊率(分母は前と同様世帯数)と全壊棟数を示す。なお、全壊率は、1、2棟の違いで大きく値が変わるので省略したが、ちなみに最大は南種子町の0.10%、山川町の0.07%がこれに次ぎ、25棟が全壊した鹿児島市は0.01%という値になる。薩摩、大隅両半島の先端の被害が大きいのは図-3と同じだが、内陸部に全半壊率の高い地域があり、必ずしも図-3の分布と一致しない。過疎地に風害を受けやすい老朽家屋が残されていることが、被害分布をわかりにくくしている一因とも考えられる。

地域別被害に関する一つの資料として、九電各営業所別の電柱の折損・転倒本数とその率(分母は鉄塔を含む電柱本数)を表-5に示す。これによると、折損・転倒率は指宿で最も大きく、鹿児島、熊毛(種子・屋

表-3 鹿児島県の被害

被害項目	被害内容	被害金額(千円)
1. 人的被害	死者2人、重傷14人、軽傷87人	
2. 住家	全壊51棟、半壊206棟、一部破損28,892棟	3,214,971
3. 非住家	全壊 1,020棟、半壊 618棟、一部破損 8,057棟	2,262,499
4. 公共建物	全壊50棟、半壊29棟、一部破損 854棟	396,417
5. 衛生関係	病院、診療所等35棟、上水道3ヶ所、清掃施設1ヶ所	47,495
6. 農業関係	農作物、農畜舎、その他	11,347,548
7. 山林関係	林地18ヶ所、施設、林産物	1,591,681
8. 水産関係	漁港11ヶ所、漁船528隻、その他	940,275
9. 商工業関係	店舗、施設、その他	2,591,320
10. 公共土木施設	河川80ヶ所、港湾29ヶ所、その他	4,013,247
11. 学校関係	高等学校78校、中学校70校、小学校147校、その他	502,657
12. 鉄道関係		121,352
13. 電気通信関係		500,000
14. 電力関係		1,624,000
15. 交通安全施設		44,430

合計 29,197,892

(その他 船舶被害座礁49隻、沈没10隻など計70隻)

鹿児島県消防防災課 (60年9月12日現在)

表-4 地区(所管 土木事務所)別の住家の被害棟数

土木事務所名	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	区 域
鹿児島	27	74	9,513		鹿児島市、鹿児島郡
指宿	7	29	2,947		指宿市、指宿郡
加世田		9	1,482		枕崎市、加世田市、川辺郡
伊集院	3	13	502		串木野市、日置郡
川内	1	19	641		川内市、樋脇町、東郷町、里村、上瓶村、下瓶村、鹿島村
宮之城	1	9	84		入来町、宮之城町、鶴田町、薩摩町、祁答院町
大口			40		大口市、伊佐郡
出水	1	7	2,277		阿久根市、出水市、出水郡
加治木		14	8,764		国分市、加治木町、始良町、蒲生町、溝辺町、霧島町、隼人町、福山町
栗野		2	49		横川町、栗野町、吉松町、牧園町
大隅	2		43		曾於郡
鹿屋	3	7	632		鹿屋市、垂水市、串良町、東串良町、内之浦町、高山町、吾平町
大根占	3	9	943		大根占町、根占町、田代町、佐多町
熊毛	3	14	975	70	熊毛郡
計	51	206	28,892	70	

鹿児島県住宅課 (60年9月11日現在)

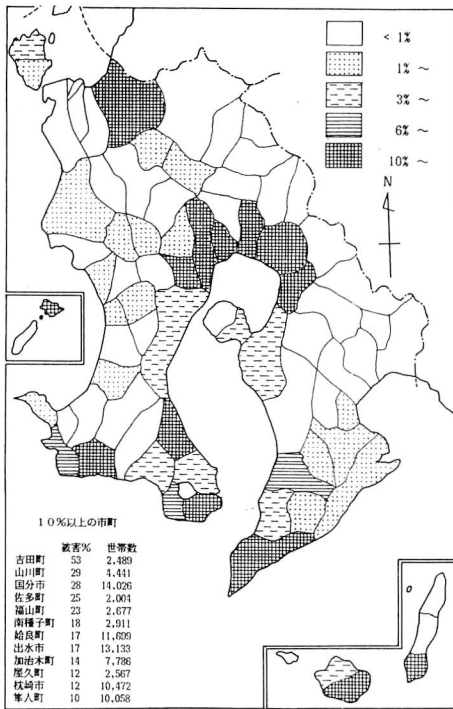


図3 住家の一部破損以上の被害率分布

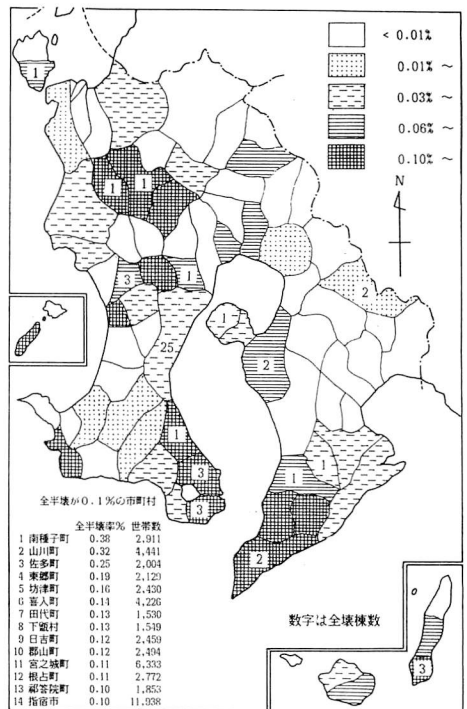


図4 住家の全半壊率分布

久)の順になる。この値は、住家の被害率より強風の分布とよく対応しているようにも思われ、表-5から、県本土では、指宿から鹿児島市にかけての錦江湾西岸に、きわめて強い東風が吹きつけたことが想像できる。

4. 住家の被害

1) 全壊住家

県内の全壊住家は約50棟(表-3参照)であるが、そのうち12棟について6市町(鹿児島、枕崎、出水、喜入、山川、加治木)の職員により調査が行われた。建物の概要と被災原因について調査結果をまとめると表-6のようになる。すなわち、全壊住家は2階建より平家が多く、昭和30年代以前に建てられたものが2/3を占め、被災原因は老朽と構造的欠陥が1位と

なっている。全壊率がきわめて低いことと合せ考え、この台風による全壊は、おおむね質の低い住家で生じたと考えてよからう。図-5に示した例は筋違がなく、柱も腐蝕していて1階部分が完全に崩壊している。

表-6の被災原因の中にがけ崩れがあるが、これは降雨によるものでなく、樹林が強風でゆすられ、がけが崩壊したものである。図-6に被害例を示すが、(シラス)がけ地の安全性の検討が、強風に対しても必要なことを示すめづらしい例である。

2) 半壊住家

全壊住家と同様に、6市町で10棟の半壊住家について調査が行われた。建物の概要と被害箇所、原因について調査結果をまとめると表-7のようになる。全壊の場合と比べ、調査した半壊住家は明らかに規模が

表-5 電柱(電力関係)の折損・転倒

営業所	出水	大口	川内	加治木	鹿児島	志布志	加世田	鹿屋	指宿	熊毛	合計
折損・転倒数	141	49	191	308	603	177	264	387	288	186	2,594
同上率(%)	0.54	0.41	0.48	0.71	1.18	0.65	0.81	0.77	1.72	1.10	

九州電力(60年9月10日現在)

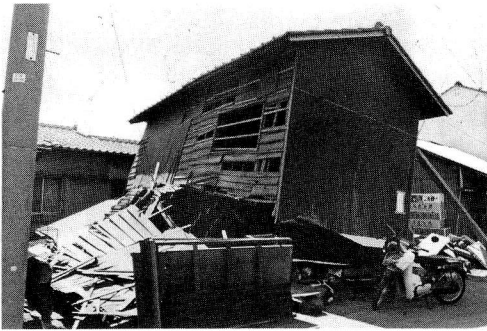


図5 全壊した木造併用住宅（鹿児島市提供）

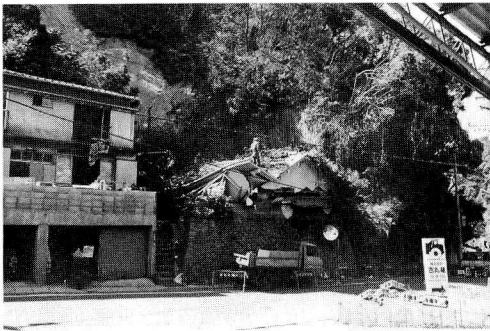


図6 がけ崩れによる全壊（鹿児島市提供）

大きく、また建設年代が新しい。被害箇所はほとんど屋根で、高台或いは周辺に遮蔽物の少ない場所に建っていたこと、接合部金物の不備が主な被災原因となっている。図一七に、半壊に数えられた鉄板瓦棒葺屋根の被害例を示す。

3) 一部破損その他

この台風では、高台できわめて風当りの強い場所でも、ほとんどの木造家屋の軸部はよく風に耐えたが、屋根葺材は大きな被害を受けた。特に瓦の風に対する弱さが目立った。これらについては別にまとめて述べることにする（7. 屋根の被害参照）。

屋根以外の被害としては、モルタル壁のはく落、戸袋、サッシュ、シャッターの破損、ガラスの破損、およびブロック塀、カーポート、物置、アンテナ等附属構造物の破損があげられる。図一八はモルタル壁のはく落の例で、強風を正面からうけたと思われる妻側の壁と、それに直交する戸袋部分のモルタルがはく落している。留付けをステーブルにたよるモルタル壁は負圧に弱いと思われるが、このように風上側のモルタル壁が落ちた例をいくつか見た。風圧の変動がその原因

表一六 全壊住家の概要と被災原因
(6市町の調査結果, 単位: 棟)

構造階数	木造平屋 8, 木造2階 2, 不明 2
延床面積	39㎡以下 3, 40~59㎡ 0, 60~79㎡ 3, 80㎡以上 2, 不明 4
建設年度	S29年以前 4, 30~39年 4, 40~49年 4, 50年以後 0
被災原因	a 老朽又は構造的欠陥 5, 高台又は周辺に遮蔽物が少ない 3, a + b 1, がけ崩れ 2, その他 1

表一七 半壊住家の概要と被災原因
(6市町の調査結果, 単位: 棟)

構造階数	木造2階 6, プレハブ平家 1, 鉄骨2階 2, その他 1
延床面積	39㎡以下 1, 40~59㎡ 0, 60~79㎡ 1, 80㎡以上 8
建設年度	S29年以前 1, 30~39年 0, 40~49年 6, 50年以後 2, 不明 1
被災箇所	2階部分減失 1, 屋根の飛散と家屋のねじれおよび2階内装全損 1, 屋根の飛散 8
被災原因	a 接合部金物の不備 2, 高台又は周辺遮蔽物が少ない 3, a + b 2, 老朽 1



図7 鉄板屋根の被害（鹿児島市提供）

とも考えられる。図一九に示す住宅は、壁面ボードに穴があき（テープで仮補修）、破風板に石綿スレートのかげらがつきささっている。このような隣家からの飛散物による被害はかなりあったようで、鹿児島市が行った被害相談には、23件の飛散物被害の補償に関する相談（全体の相談件数の12%, 9月7日現在）



図8 モルタル壁のはく落

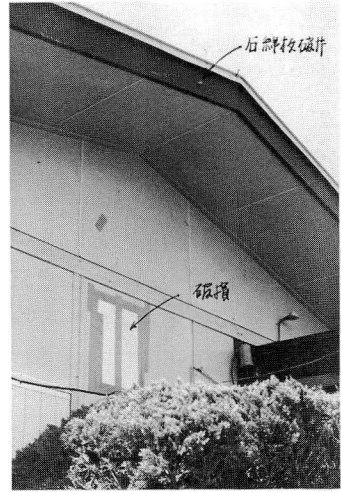


図9 飛散物による被害

がもち込まれた。

4) 集合住宅の被害

鹿児島県住宅管理センターの調査結果にもとづき、二つの住宅団地について被害のあらましを述べる。

原良団地：市の中心から西へ約5 km離れた標高約

100 mの台地に、昭和46年以後建設された1種中耐5階建37棟、1090戸の県営住宅で、被害の概要は表—8に示す通りである。被害箇所のもっとも多いベランダ隔壁は80 cm×180 cm厚さ5 mmの石綿スレート平板で、破損箇所は図—10に示すように、東側(強風方向)

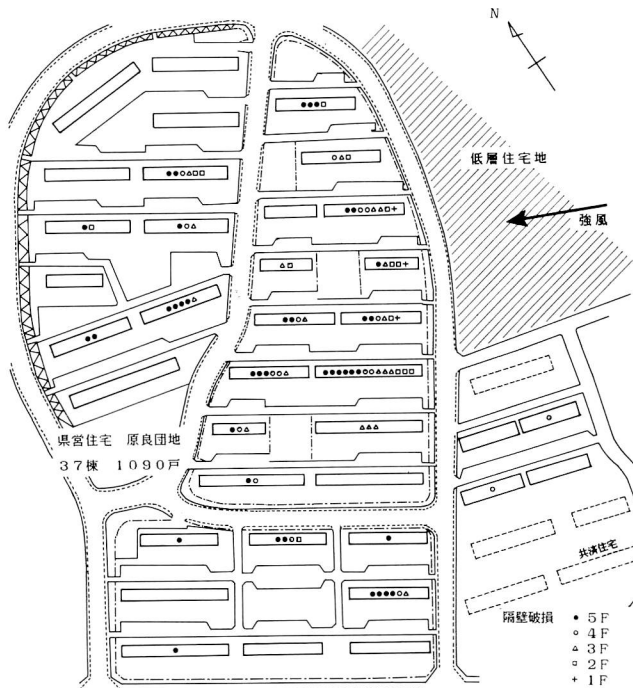


図10 原良団地、ベランダ隔壁の破損箇所

表－8 原良団地の被害箇所数

ベランダ隔壁の破損	93
雨もり	18
木製窓枠、戸の破損	7
ガラスの破損	5
その他：屋上マンホール蓋の落下、排水のつまり、ブロック塀、案内板、外灯、アンテナ等の倒壊	

県住宅管理センター

表－9 鴨池市街地住宅の被害箇所数

雨もり、水の吹こみ	6
ガラスの破損	5
その他：ベランダ目かくし板破損、1階入口扉破損、冠水によるエレベーター使用不能、電話端子ボックス扉破損、冠水による火報ベル誤作動	

県住宅管理センター

が低層住宅地になっている地区の上階に多く生じている。この団地の外部建具は、約半分の棟がアルミ、残りが木製で、木製の場合、雨戸は各戸南側に1箇所だけ設けられていたが、全体として窓枠やガラスの破損は少なかった。強風の方向が棟と平行であったことと、アパート群としての遮蔽効果が十分あったことが、建具被害の少なかったことに関係していると思われる。

表－8に記入してあるマンホール蓋の落下は、屋上水槽の62 cm角の鉄製蓋（重さ18.2 kg）が地上に落下したものである。風速を55 m/sとし、風力係数を0.5とすれば、風圧力は90 kg/m²となり、蓋の単位体積重量54kg/m²を上まわりますが、どのようなプロセスでこれが浮上し、（蓋の下部に空気が流入し）脱落したかはよくわからない。

鴨池2丁目集合住宅：SRC 14階建4棟560戸からなる公団の市街地住宅で、海岸から約1 kmの平坦地に建てられている。南東に面する棟もあり、上階はかなりの強風にさらされたと思うが、被害は表－9に示す通り、比較的軽微であった。なお、冠水によるエレベーターの使用不能、火報ベルの誤作動については設計上考慮すべき点があるように思われる。

5. ホテル等の被害

指宿市では、海岸に接するホテル等の被害が目立った。なお、非公式な記録であるが、指宿消防署の高さ15 mの風速計は、最大風速32m/s、最大瞬間風速57m/sを記録しており、平坦地の被害をみても、鹿児島市を上まわる強風が吹いたという印象をうけた。

指宿観光ホテル：図－11は屋上のスカイラウンジの外観で、屋根の銅板（厚さ0.4 mm、長さ32 mmの銅のスクリュ－釘で下地板に留付け）がはがれ、軒天井の珪カル板（厚さ7.5 mm）が落下している。図ではみられないが、風上面のガラス（厚さ約10 mm）が破れたために、室内が風をはらんで天井全体が浮上り、スカイラウンジは1ヶ月以上使用不能になった。図－

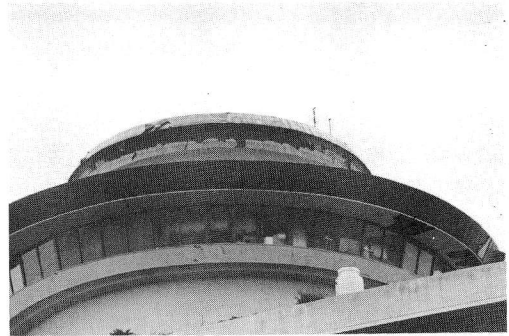


図11 屋根銅板の被害（鹿児島県提供）



図12 軒天井被害（鹿児島県提供）

12は1階の軒天井の珪カル板の吹き飛びで、このような外部軒天井の被害は指宿以外でも随所でみられた。軒天井には、先端からはくりした気流による強い変動風圧が加わる場合もあり、現在の仕様は強風地帯では見直す必要がある。

図－13には、強風ではがされた陸屋根シート防水層を示す。厚さ0.8 mmのゴム系シートで、老化はしていないが、下地との接着にはむらがあった。目撃者によると風圧でふくれ上ってはがれたという。或る程度の面積が浮き上ると、進行を止めることは困難で、特に端部の処理は重要であろう。なお、同じ頃施工し

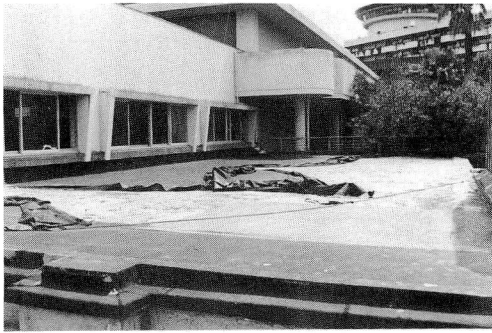


図13 シート防水の被害 (鹿兒島県提供)

た砂付きルーフィングは比較的健全であった。

その他、石綿スレート板、プラスチック板、ガラス等の被害があったが、ガラスの破損は温室を含め100枚程度、うち建物の厚板ガラス約10枚のほとんどは下階のもので、木の枝などの飛来物が原因ではないかという管理者の話であった。

小規模ホテル：図—14, 15, 16 は海に面する鉄骨2階建の小ホテルで、海側のアルミサッシュが破壊し(飛来物はなかったという管理者の話)、天井に穴があき、屋根のアスファルトシングルが飛散した。アスファルトシングルの飛散は、通常表面気流によるものと思われるが、この場合は天井が破れたための小屋裏圧力の上昇が、飛散に若干関係しているかも知れない。

海に面する別の小ホテルでは、鉄板瓦棒屋根が吹飛び、図—17のように隣家に落下した。真木なし瓦棒葺で、たるきの軒桁への留付けは脳天釘打ちであった。

グリーンピア指宿：厚生省の保養施設であるグリーンピア指宿では、広大な敷地にめぐらせた木製パーゴラが、長さ120m程度倒壊した。図—18のような構造で、梁間方向横力に対しては、十分抵抗できる形に組まれていない(斜材はあとで補強)。倒壊部分を撤去したあとの角パイプ柱脚の列を図—19に示す。

その他、グリーンピアでは本館入口のガラスの過半が破損したが、原因はフランス落しの強度不足で、大型開き戸が強風で開いたためである。長大な本館が屏風のように風をさえぎったため、1階入口部分の風圧の上昇は $60\sqrt{h}$ では表せない高い値であったと思われる。耐風設計は細部が重要であることを示す一例であろう。

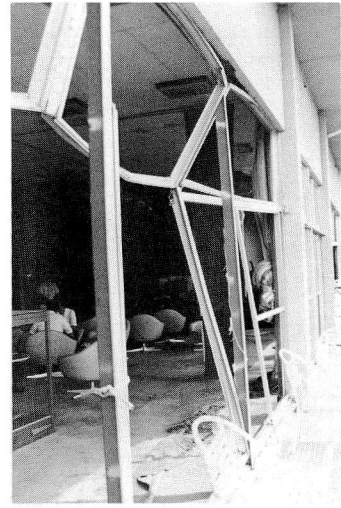


図14 海からの強風によるサッシュの破損 (鹿兒島県提供)

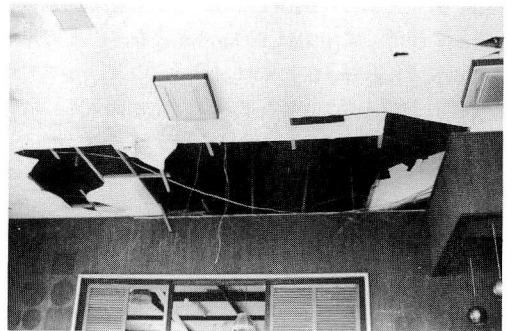


図15 サッシュが破損したための天井の被害 (鹿兒島県提供)



図16 アスファルトシングルの吹き飛び(鹿兒島県提供)

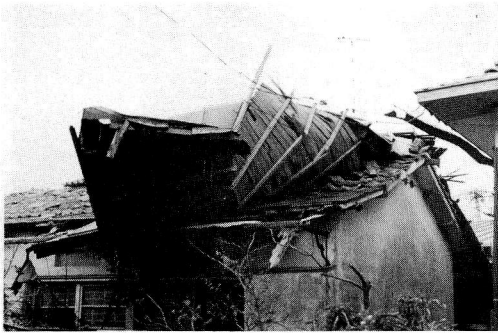


図17 隣家に落下した鉄板屋根（鹿児島県提供）

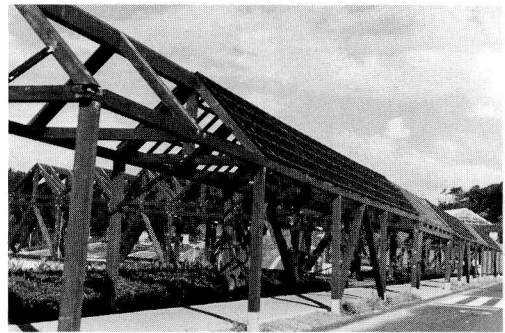


図18 仮補強したパーゴラ（鹿児島県提供）

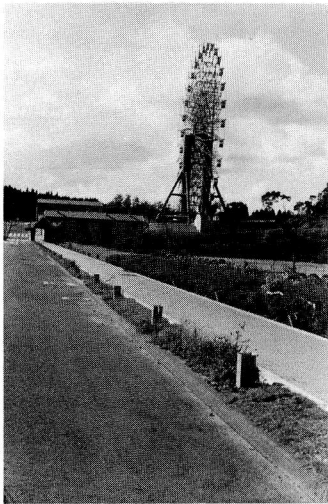


図19 パーゴラ倒壊部分（鹿児島県提供）

6. 鉄骨構造の被害

1) 軽量鉄骨造仮設校舎

鹿児島市立坂元台小学校3棟（2階建， 5×2 教室／棟），同・明和中学校3棟（平家，1教室／棟）および同・武岡小学校1棟（2階建， 3×2 教室／棟）に被害が認められた。3校とも風当たりが非常に丘陵地の頂部に建設されている。

図-20は坂元台小学校校舎の略図（3棟とも同じ，但し事務室等が設けられている所は間仕切壁の位置が異なる）で，基礎はコンクリートブロック3段積の布基礎である。土台と柱の接合部は図-21に示すように，接合ボルトが一面せん断を受けかつ偏心引張を受ける形式となっているため，引張りに対する抵抗力が極めて小さい。倒壊建物の全景を図-22に示す。現場調査で認められた破壊形式で倒壊に関係したと思わ

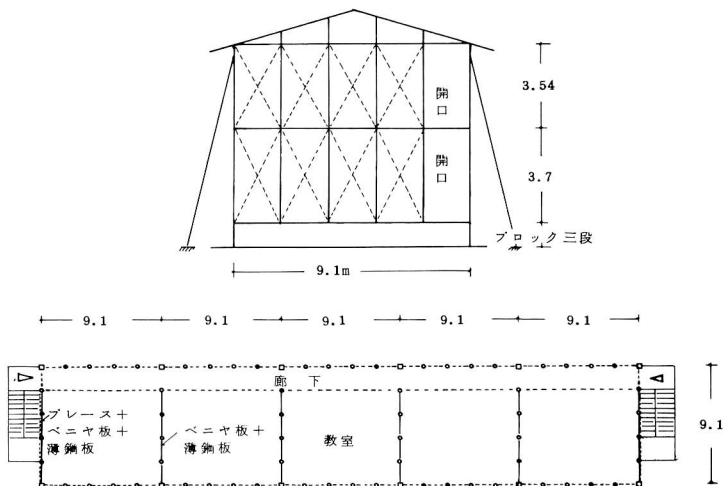


図20 坂元台小学校仮設校舎略図

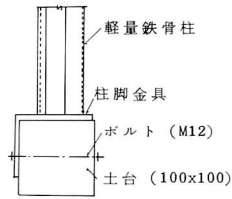


図21 土台-柱接合部



図23 コンクリートブロック布基礎の浮き上がり

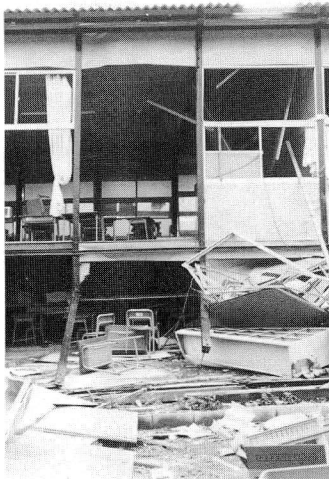


図25 耐風補強プレースの破壊

れるものは次の4つである。

1. 基礎コンクリートブロックの浮上り (図-23 参照)。
2. 柱脚部-土台接合部の破壊 (図-24 参照)。
3. 耐風補強プレースの破壊 (図-25 参照)。
4. 妻面プレース接合部の破断 (3 mm 程度の鋼板に止金具が溶接されている。図-26 参照)。

母材の耐荷能力を発揮することなく局所的な弱部で破壊している個所が随所に認められるが、仮設建築物

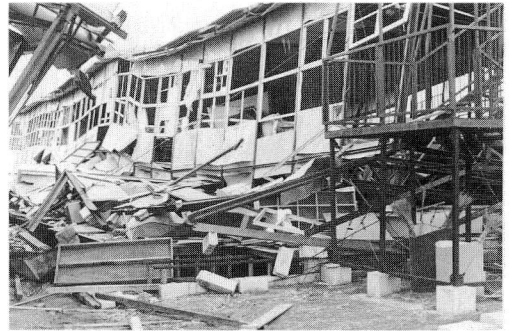


図22 坂元台小学校被害全景

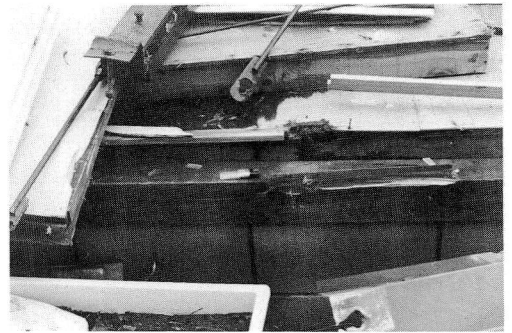


図24 柱脚-土台接合部の破壊

の常として、恒久建築物に比べ自重が軽くかつ基礎浮上りに対する処置が不十分であるため、完全倒壊に至ったのであろう。

図-27 に示す仮定 (破壊状況から判断して、1階の床荷重は浮上り抵抗に関与しないとしている) のもとで、基礎コンクリートブロック底面での浮上り力を算定すると、総計で約17トン (耐風構面当り2.8トン) となる。従って、前記2~4の破壊に対する配慮が充分なされていたとしても、本校舎は基礎部の浮上りで倒壊に至ったと推定される。

明和中学校の配置図を図-28 に示し、A、B両棟およびC棟の被害の様子をそれぞれ図-29 および図-30 に示す。いずれも平屋の仮設校舎でB棟はA棟の所まで飛んでおり、C棟は土台が基礎からはずれている。配置図からわかるように、A、B両棟は校舎 (RC造四階建) および屋内体育館で遮られた風が集中して通り抜ける位置に建設されており、坂元台小学校の場合より大きな風圧を受けたであろうと予想される。平屋の校舎であるため、基礎は坂元台小学校の場合に比べ軽微で、末口約10 cmの木杭にくぎ止め、柱直下部

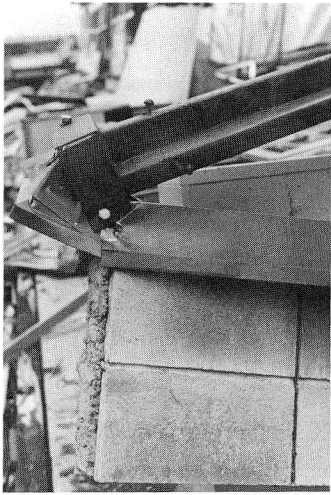
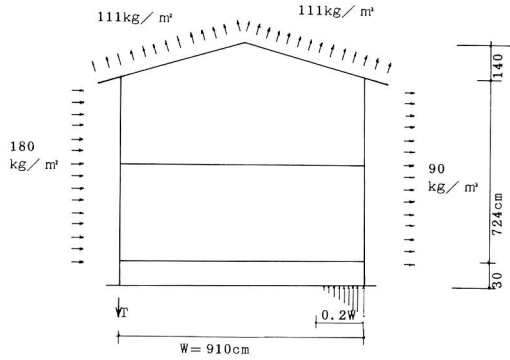


図26 妻面ブレース接合部の破壊



荷重の仮定

	単位重量	重量/棟
屋根 天井 母屋	50kg/m ²	20.7t
積載荷重 (2F)	30	12.4
床 はり (2F)	55	22.8
壁面	10	10.5
鉄骨フレーム	525/フレーム	13.7
基礎コンクリート ブロック等		10.3

総重量 90.4t

図27 荷重の仮定

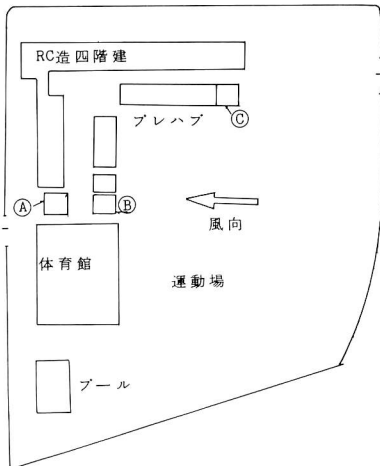


図28 明和中学校配置図



図29 明和中学校仮設校舎の被害 (A)(B)棟

等の要所のみかすがい止め (図一31 参照) である。また床荷重は直接床下の基礎杭 (木杭) に伝わり、風圧による浮上りにほとんど寄与しない構造となっている。

図一32 に武岡小学校校舎の被害の様子を示す。坂元台小学校と同じく二階建の仮設校舎であるが、風に対する遮蔽効果がある程度は期待できる立地条件 (風上側に住宅地) にあるため、坂元台小学校のような完全倒壊はまぬがれ、屋根葺材 (金属板) の破損に止まっている。

運動場フェンスの被害

丘陵地斜面に造成された高等学校 (鹿児島市立) の

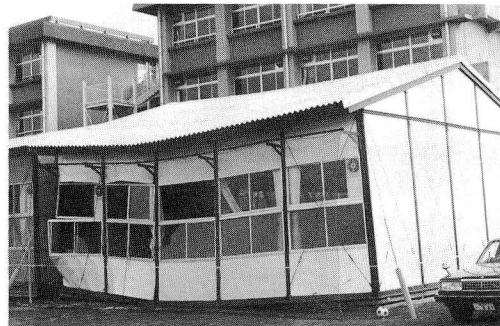


図30 明和中学校仮設校舎の被害 (C)棟

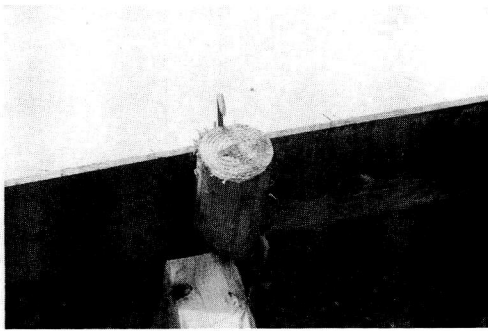


図31 明和中学校仮設校舎 基礎—土台接合金具

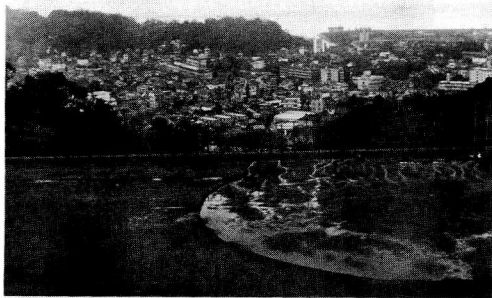


図33 フェンスの被害全景

グラウンドのフェンスが倒壊した。図—33は被害全景である。写真遠方は錦江湾で、フェンスを倒壊させた風は海側からこの丘陵地に向って吹いた。

図—34は同フェンスの構造図である。支柱は60.5φの亜鉛メッキ鋼管を用いたトラス柱である。柱脚部は全引抜力を付着強度に期待する形式で、基礎フーチングに前もって設けられた穴(直径約20cm)に鋼管を挿入した後、モルタルを充填している。

観察された破損は次の1~4であった。

1. 柱脚部の抜出し。
2. トラス柱弦材(60.5φ)の座屈、屈曲、および破断。
3. 腹材(FB9×50)の座屈および接合ボルト(M12)の破断。
4. ブレース(金網構面内、12φ)接合部金具の破壊。

各部の破壊の様子を図—35~39に示す。

風速 $v=60\text{ m/sec}$ 、速度圧 $q=225\text{ kg/m}^2$ (一様分布)、風力係数 $C=1.2$ (金網)、1.0(パイプ)、金網

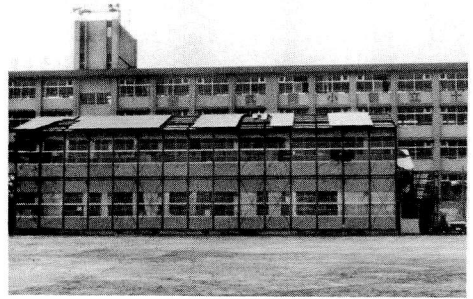


図32 武岡小学校仮設校舎の被害

充実率 $\alpha=0.144$ 、モルタル付着短期許容応力度 $f_a=6\text{ kg/cm}^2$ 、鋼材の降伏応力度 $\sigma_y=2.4\text{ ton/cm}^2$ と仮定して、各部の応力 σ と短期許容応力度 f との比 σ/f を求めた。その結果は次の通りであった。

- 柱脚部の抜出しに対して……………0.9
- トラス柱弦材の座屈に対して……………1.23
- 腹材の破断に対して……………1.35
- 腹材接合ボルトの破断に対して……………1.81

柱脚部の抜出しは他の破壊要因に比べ余裕があるにもかかわらず、大部分の柱脚部において抜出しが認められたことから、柱脚部の充填モルタルの強度が設計強度に比べ著しく低かったと予想される。施工業者から建設時の様子を聞いた所、納期が切迫していたため雨天の多い期間ではあったが柱脚部の工事を行ったとのことであった。詳細な事は聞いていないが、鋼管挿入用の穴に溜まった雨水を完全に排水せずにモルタルを充填したため、水セメント比が高くなりモルタル強度の低下を招いたものと予想される。引抜被害を受けていない支柱について、現場引抜試験を行った所、引抜最大耐力は6.7トンと9.7トンであった。付着応力度に換算するとそれぞれ 3.5 kg/cm^2 および 5.1 kg/cm^2 であり、先に仮定した値 $f_a=6\text{ kg/cm}^2$ に比べ著しく低い。なお実験の詳細については文献²⁾を参照されたい。

本フェンスは各支柱(トラス柱)が金網および構面内ブレースで連結されているので、金網構面内の応力に関しては不静定構造物となる。従ってある柱においてボルトの破断、柱脚部の抜出し等が生ずると、応力の再分配により隣接柱の応力が急増し破壊に至る。この応力の再分配が連鎖的に生じフェンス全体の倒壊に至ったものと思われる。

鋼管の引張強度は一般に座屈強度に比べて大きいにもかかわらず破断が生じている。破断部は腹材接合用

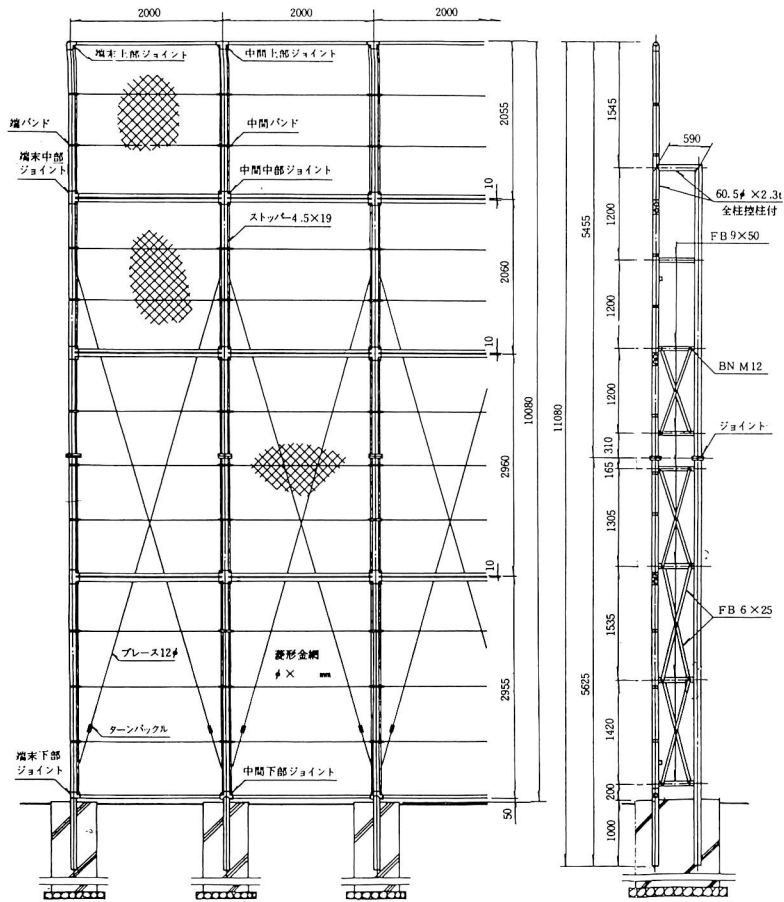


図34 フェンス構造図



図35 柱脚部の抜出し



図36 支柱の座屈

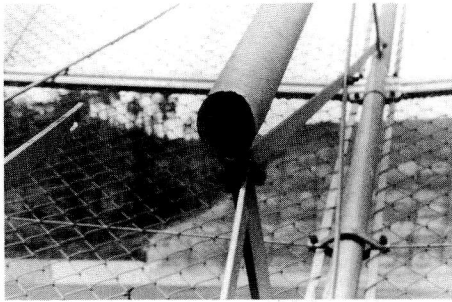


図37 支柱の破断

ガセットプレートが溶接されている部分(図-37参照)であり、腹材の重心線とトラス柱弦材の重心線が一点に会していない。(図-34参照)。このため、破断部近傍は単純な引張力でなく、偏心曲げモーメントを受け、更に溶接による材質変化により応力集中や繰返し応力に対して弱くなっている。従って変動風圧下で局部的に大きな応力を繰返し受けたことにより破断に至ったものと予想される。

各部の応力 σ と短期許容応力度 f との比 σ/f の値は破壊形式によってかなり異なるにもかかわらず、種々の破壊形式が認められた。現場引抜試験結果から本フェンスの倒壊主因は柱脚部の付着強度が不足していることによると推定されるが、複数の破壊形式が生じるに至った過程は次のようなものであろう。

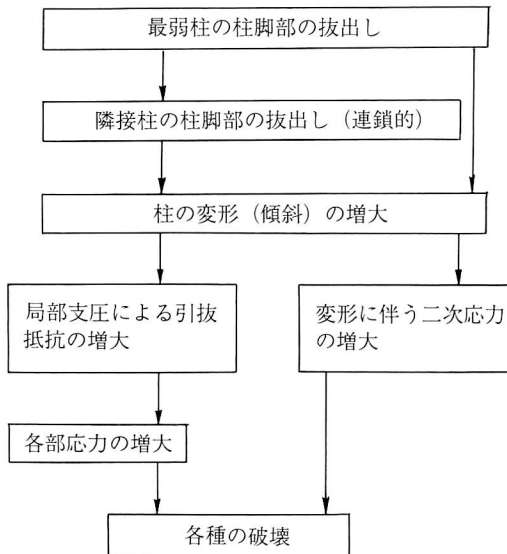


図38 腹材の座屈およびボルトの破断

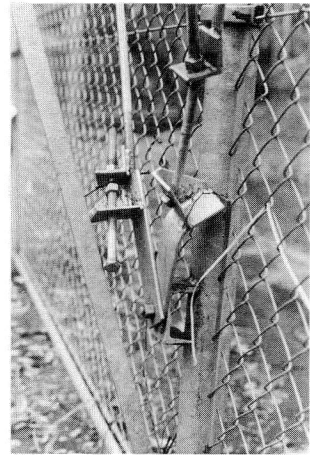


図39 プレース接合金具の破壊

7. 屋根の被害

1) 瓦屋根

この台風で最も大きな被害をうけたのは瓦屋根(粘土瓦、セメント瓦共)である。図-40、41は昭和58年に竣工した県歴史資料センター「黎明館」の屋根(日置瓦)の被害で、少なからぬ瓦が浮上り、移動或いは破壊している。図-42に示すように、3.5寸勾配のコンクリートスラブの上にたるきを設け、通常の工法で瓦が葺かれ、全ての瓦が銅線で瓦棧に緊結されていた。つり穴の配置は図示の通りで、袖瓦の袖垂れにはつり穴はなく、裏面に面と平行に穴が設けられている。ス

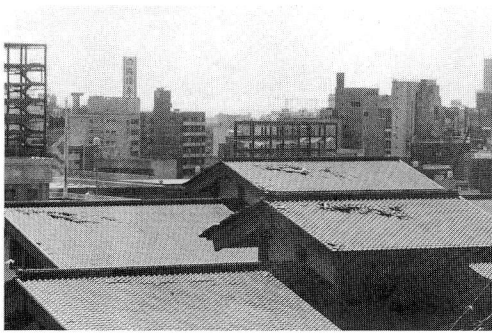


図40 黎明館屋根（管理棟，展示棟，北西面，鹿児島県提供）

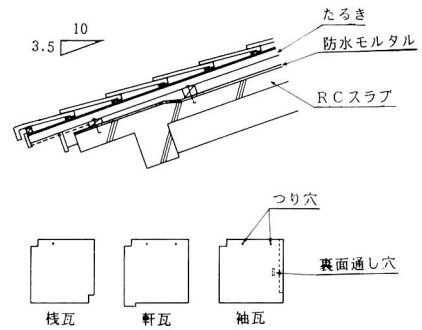


図42 黎明館瓦葺詳細

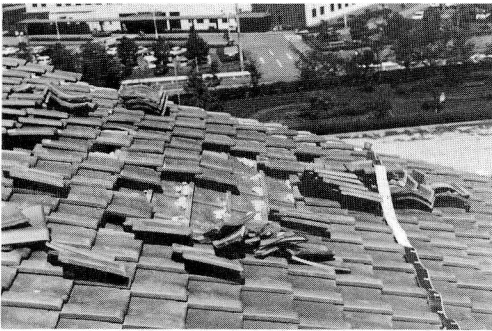


図41 黎明館屋根瓦（管理棟，東隅，鹿児島県提供）



図44 瓦の被害例（鹿児島県提供）

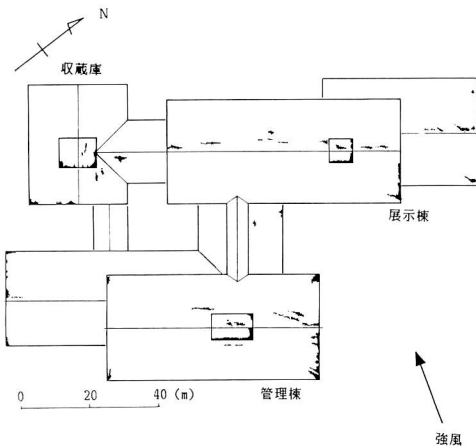


図43 黎明館瓦被害位置

ラブの上に設けられた屋根であるから、勿論内外の風圧差による瓦の飛散はあり得ない。すべて瓦周辺のはげしい気流によるもので、銅線（或いは釘）による瓦

尻の緊結が、風のめくり上げによるモーメントに必ずしも有効でないことを示すよい例である。図43の屋根伏図に瓦の被害位置を示すが、強風方向のけらば、軒先と、風下になる北側斜面の棟に平行な部分の被害が目立つ。このような棟に沿った風下面の被害は、棟ではくりした流れが3次元渦を形成するためではないかと思われる。反面、南東斜面の中間部がおおむね健全であるのは、瓦の横重ねが登り方向に向かって右からの風に有利なこと（南斜面の瓦は東からの風に強い）に関係があると考えられる。

一般住宅の瓦屋根は、S型スレートのように瓦棧を用いず釘打ちするもの（降灰地区ではこの工法は好まれない）を除いて、周辺以外を釘等で留付けた例はきわめて少なく、風当たりのよい場所では、切妻、寄棟等の屋根の形にかかわらず軒並みに被害を受けた。図

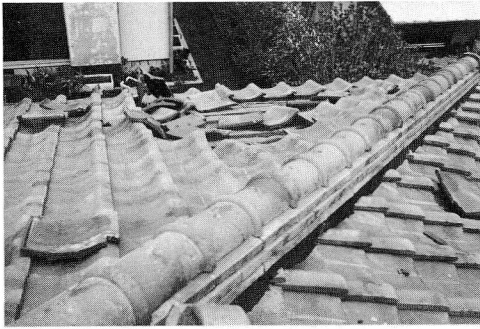


図45 陶器瓦の被害例

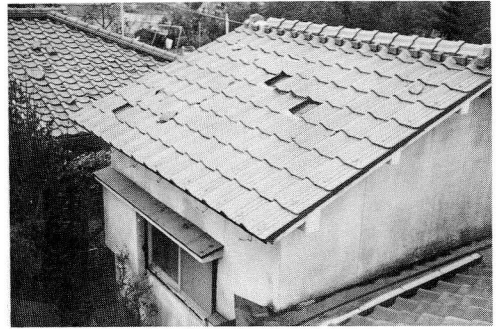


図46 飛来した瓦による被害例



図47 石綿スレートのはく離 (棟付近)

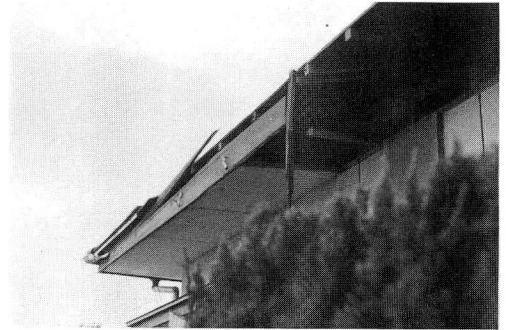


図48 軒先の浮上り

—44 に著しい被害例を示す。

図—45 は東向き斜面の高台にある住宅の瓦の被害で、一般の瓦より重く、耐風性が若干高い陶器瓦を用いているが、風上側軒先や隅角部付近の瓦が飛散した。なおこの場合も、横重ねから風が入りにくい南側の瓦の被害は比較的軽かった。

図—46 に示す S 型スレートは、留付けが有効であったにもかかわらず、飛来した瓦で 3 箇所が破損している。このような被害を防ぐためには、地域全体に対する屋根葺材の留付けについての強力な普及運動が必要であろう。

以上のような被害の外に、棟瓦がかなりの長さ飛ばされた例を少なからず見た。最近では棟瓦を針金で緊結しないのがむしろ普通となっているが、これも改める必要がある。

2) 長尺鉄板瓦棒

図—7、図—17 に著しい被害例を示したが、全体として被害を受けた長尺鉄板屋根の数は少なかった。近年緩勾配屋根が流行らなくなったこともあって、長尺鉄板屋根の全体に占める割合が小さくなったが、そのことを考慮に入れても、被害率は瓦よりはるかに小さいという印象を受けた。40 年代に何回かあった強風被害の経験と、標準工法の普及がそれなりの効果を上げたとも考えられる。ただし、軽量緩勾配屋根の耐風性は、あくまでも適切な設計と施工で確保できることを忘れるのは危険である。少なくともたるきの軒桁への留付けは、ひねり金物等を用いることを慣行化したい。

3) 石綿スレートその他

石綿スレート (コロニアル) は最近急速に普及しつつあるが、棟包みなどの飛散を除けば被害は少なかった。耐風性能は瓦より一段上と考えてよからう。図—47 に、風当りの強い斜面に建つ住宅で、棟近くが一部はくりした例を示す。図—48 は軒先が破壊し、たるき (脳天釘打ち) が軒桁から浮上した例で、この部



図49 急勾配屋根の石綿スレート

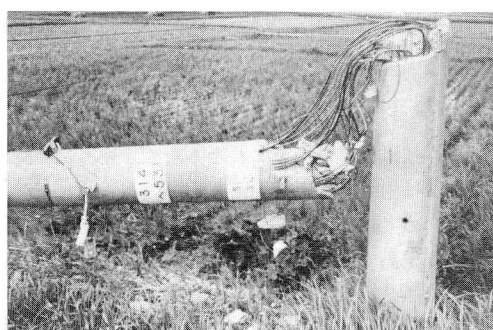


図50 コンクリート電柱の折損（九州電力提供）

分の石綿スレートがかなりの面積飛散した。この種の屋根も、鉄板屋根と同様な金物補強が必要である。

図一49は急勾配屋根の上端部分が飛散した例で、他にもこれに類する被害を見た。この場合は上部の押えに問題があるようだが、一般に、風上側の急斜面には、きわめてうすい境界層をもつ上向き気流がはりつく可能性がある。そのような場合の屋根葺材の安定性は、今後の興味ある問題の一つである。

アスファルトシングルは石綿スレートに比べてはるかに使用例は少なく、図一16に示したものの以外、住宅や商店で部分的なはがれを散見したにとどまった。

4) 屋根葺材の飛散防止方法

附属家屋のプラスチック板を除けば、最も問題となるのは瓦である。建設省告示109号に屋根周辺部の瓦の留付けが、また住宅金融公庫共通仕様書に登り5枚おきの留付けが指示されているが、瓦はあくまで1枚ごとに留付けるのが原則であろう。間隔をおいて留付けた瓦の耐風性に関するデータは無い筈である。更に、今までの留付けがほとんど瓦尻位置であることは問題で、これでは下方又は斜め下からの吹上げの風によるめくり上げモーメントに抵抗できない。一部に使用されているが、隅部にかみ合せを作った（耐風）瓦のような製品の普及と、新しい留付け方法の開発が急務と思われる。

研究レベルでは、瓦の飛散の主因は屋根面に付着した表面気流による³⁾という認識にたった実験的研究の促進が望まれる。近年イギリスでこの種の研究が行われている⁴⁾が、我が国はかなり立ち遅れているといえよう。

石綿スレート（コロンアル）は、留付けない瓦より明らかに耐風性能は高く、飯塚は加力実験および計算から、専用釘を用いるかぎり釘穴位置での板の折損が



図51 ブロック塀の倒壊

釘の引抜けに先行し、風力係数を0.5、安全率を2として70 m/sの風に耐えるとしている⁵⁾。しかし、今年度の台風では率は少ないがやはり折損飛散の被害があった。境界層厚のうすい強風がはりつくとき、どのような現象が生じるかは問題で、やはり今後の研究対象になろう。

8. その他の構造物

図一50にコンクリート電柱の折損例を示すが、この台風ではきわめて多数の電柱が折損、倒壊した（表一5参照）。現在これらの構造物の設計は送電用支持物設計標準（JEC—127—1979）で行われているが、電柱の被害が市民生活に与える影響が大きいに、被害原因については専門分野の中で十分検討がなされることを期待したい。

図一51にはブロック塀の倒壊例を示す。この場合は120 cm間隔にたて筋が入っていた。風上が運動場で開けていたこと、上部に金網を設けていたことが主因である。住宅地等における無筋ブロック塀の倒壊は各所でみられた。

図一6にシラス崖の崩壊による全壊例を示したが、

城山その他、急傾斜の法面の表土がくずれ落ちた例がかなりみられた。

9. む す び

台風の強風災害は広域にわたるため、被害の全貌を知ることは困難である。見落しも多いと思われるが、印象も含めて調査結果をまとめると次のようになる。

1. 鹿児島で 55.6 m/s という観測史上始めての最大瞬間風速を記録したが、風当りのよい高台に住宅団地が広がったという悪条件にかかわらず、全半壊住宅の棟数は少なかった。強風の経続時間が比較的短かったこととともに、木造住宅の耐風性能が、一般的に昔より高くなった証拠とみることもできよう。筋違、布基礎の普及のほか、最近では住宅の大型化、生活様式の変化が、耐風性能を高めていると考えられる。

2. 主体構造とアンバランスに屋根の弱さは眼にあまるものがある。屋根葺材の飛散は、隣家にも災害を及ぼすことを考え「屋根は飛ぶもの」という考えを早急に改めたい。この点に関し、行政、業界および研究者の協力が是非必要と思われる。外部天井（軒天井）も盲点の一つで至急改善の必要がある。

3. 本台風で被害を受けた軽量鉄骨造プレファブ校舎、グラウンドフェンスと同等の構造物は鹿児島市内に多数存在するにもかかわらず、本報告に示した被災構造物のみが完全倒壊等の大きな被害を受けた。検討の結果、若干の構造的弱点が認められたが、完全倒壊と

いう大被害を受けるに至った主因は、立地条件（いずれも強風をまともに受け、地形および隣接建物との関係で風圧が増幅する所に建設されている）に対する配慮の不足にあったといえよう。

全般に、東南に海を望む斜面および斜面直上の被害が目立ったが、このような場所に、木造や軽量の鉄骨構造物を安易に建てることは危険である。建築基準法施行令に傾斜地等の設計速度圧に関する明確な規程がないのも問題といえる。

謝 辞

鹿児島県土木部、県住宅管理センターおよび鹿児島市から多くの資料をいただいた。深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 和達清夫：日本の気候，東京堂，1958.
- 2) 三谷勲，馬籠祥一：亜鉛メッキ鋼管—モルタルの付着強度について，鹿児島大学工学部研究報告，第28号，1986.
- 3) 立川正夫：強風による屋根瓦の飛散について，日本建築学会大会梗概集，1971.
- 4) R.A. Hazelwood: The interaction of the two principal wind forces on roof tiles, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 8, 1981.
- 5) 飯塚五郎蔵：住宅デザインと木構造，丸善