

建築物の強風被害軽減に向けた建築研究所の取組み



構造研究グループ 奥田泰雄

I はじめに

国立研究開発法人建築研究所と国土交通省国土技術政策総合研究所は、台風や竜巻などの突風により建築物に甚大な被害が発生した場合、**国土交通省の要請**に基づき、その被害実態を把握する目的で、被害情報を収集し**現地被害調査**等を実施している。これらの調査結果は速報1)や研究資料例えば2)等の形で公表されている。また、これらの速報や研究資料などでは、被害状況の公表だけでなく、**強風被害の原因**を追究し、建築物の強風被害に対する脆弱性についても明らかにする場合もある。建築研究所と国土技術政策総合研究所は、これらの調査結果を踏まえ、調査結果の普及啓発など、**建築物の強風被害軽減に向けた様々な取組み**を行っている。本報告では平成30年台風第21号や令和元年房総半島台風(台風第15号)での事例を中心に、建築研究所が、国土交通省、国土技術政策総合研究所とともに実施している強風被害調査と強風被害軽減に向けた取組みの概要を紹介する。

II 強風被害調査

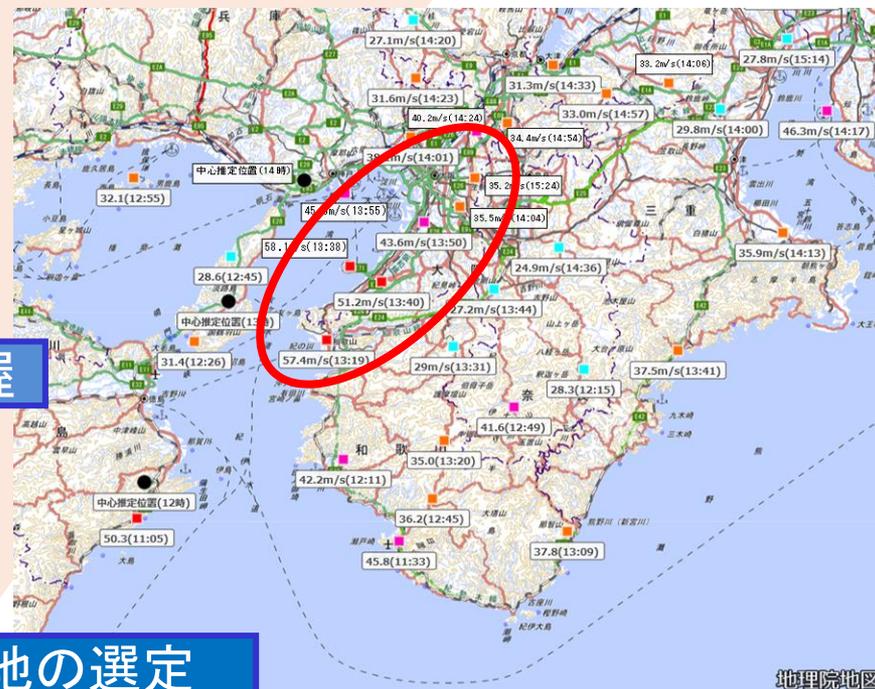
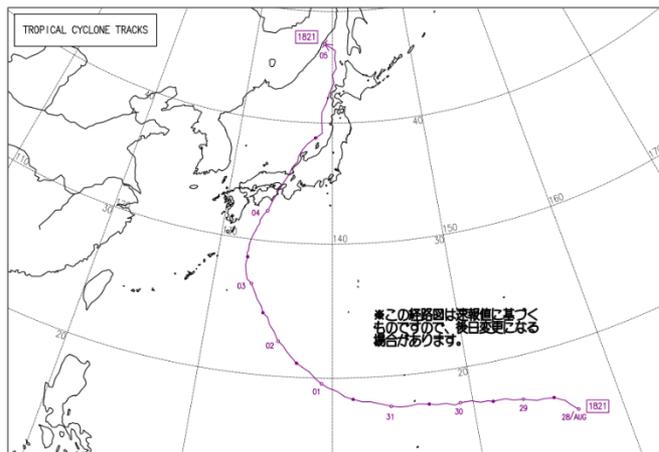
強風や建築物等の被害に関する情報の収集、現地被害調査の実施、被害原因の究明など、建築研究所および国土技術政策総合研究所が実施している強風被害調査に関する取組みを紹介する。

1) 強風に関する情報収集

気象レーダー・気象衛星・気象官署・アメダス・気象台報道発表など

台風の経路、中心気圧、強風記録など

	都道府県	市町村	地点	更新した値		
				m/s	風向	年月日 時分(まで)
1	大阪府	泉南郡田尻町	関空島 (カンクウジマ)	58.1	南南西	2018/9/4 13:38
2	和歌山県	和歌山市	和歌山 (ワカヤマ) *	57.4	南南西	2018/9/4 13:19
3	大阪府	泉南郡熊取町	熊取 (クマトリ)	51.2	南	2018/9/4 13:40
4	徳島県	海部郡美波町	日和佐 (ヒワサ)	50.3	東	2018/9/4 11:05
5	徳島県	阿南市	蒲生田 (カモダ)	48.8	東	2018/9/4 11:13
6	福井県	敦賀市	敦賀 (ツルガ) *	47.9	東南東	2018/9/4 15:00
7	愛知県	常滑市	セントレア (セントレア)	46.3	南南東	2018/9/4 14:17
8	滋賀県	彦根市	彦根 (ヒコネ) *	46.2	南東	2018/9/4 14:13
9	和歌山県	西牟婁郡白浜町	南紀白浜 (ナンキシラ)	45.8	南南東	2018/9/4 11:33



強風域の把握

現地被害調査地の選定

気象官署やアメダスで観測された最大風速や最大瞬間風速と建築基準法令で定めている基準風速 V_0 の換算値との比較を行う。現行の**建築基準法で定める風圧力を超過するような強風が発生したかどうか**の判断にも利用している。

観測された風速値は風速計の地表からの設置高さや周囲の状況に影響を受けているため、単純に風速値の大小だけで比較できない場合がある。

$$V_{III} = V_0 \cdot E_r(III) \quad \text{①} \quad \text{: 風速}$$

$$V_{III}' = V_0 \cdot E_r(III) \cdot \sqrt{G_f(III)} \quad \text{②} \quad \text{: 瞬間風速 (相当値)}$$

$$V' = \sqrt{\frac{q \cdot 9.8}{0.6}} \quad \text{③} \quad \text{: 瞬間風速 (旧基準)}$$

$$q = \begin{cases} 60\sqrt{h} & (0 \leq h < 16) \\ 120^4\sqrt{h} & (16 \leq h) \end{cases} \quad \text{④}$$

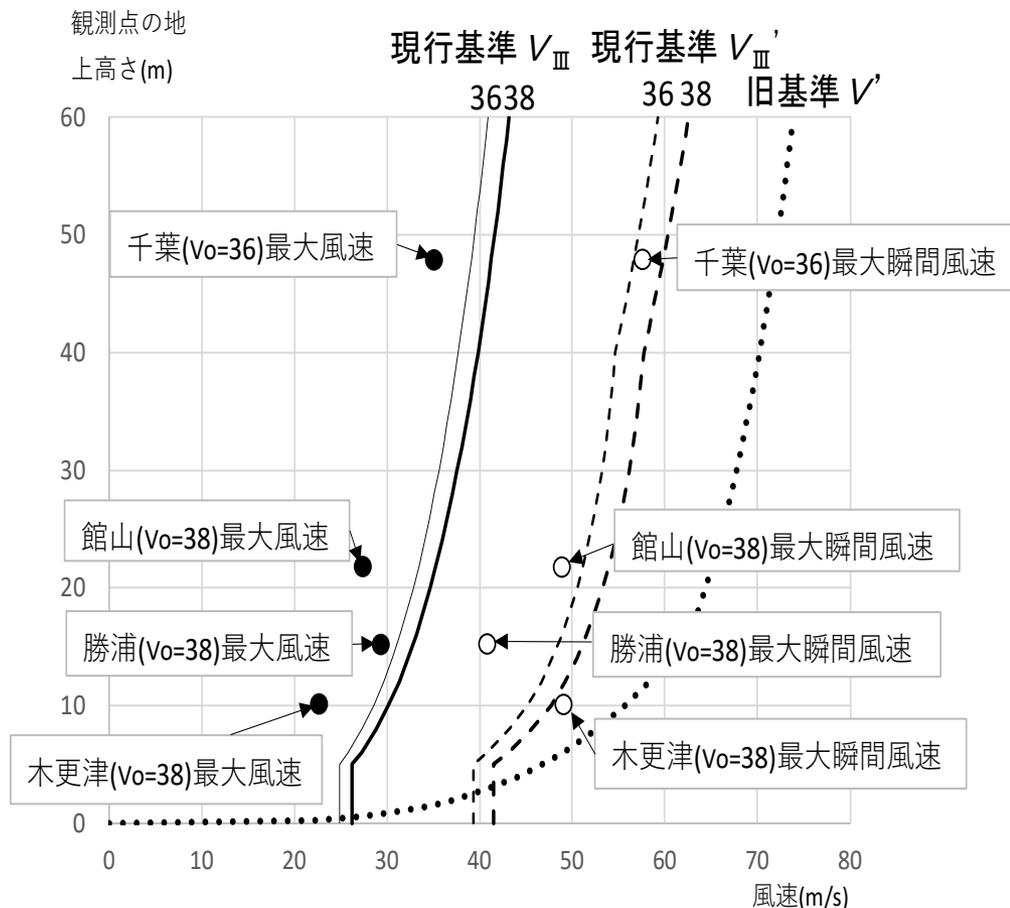
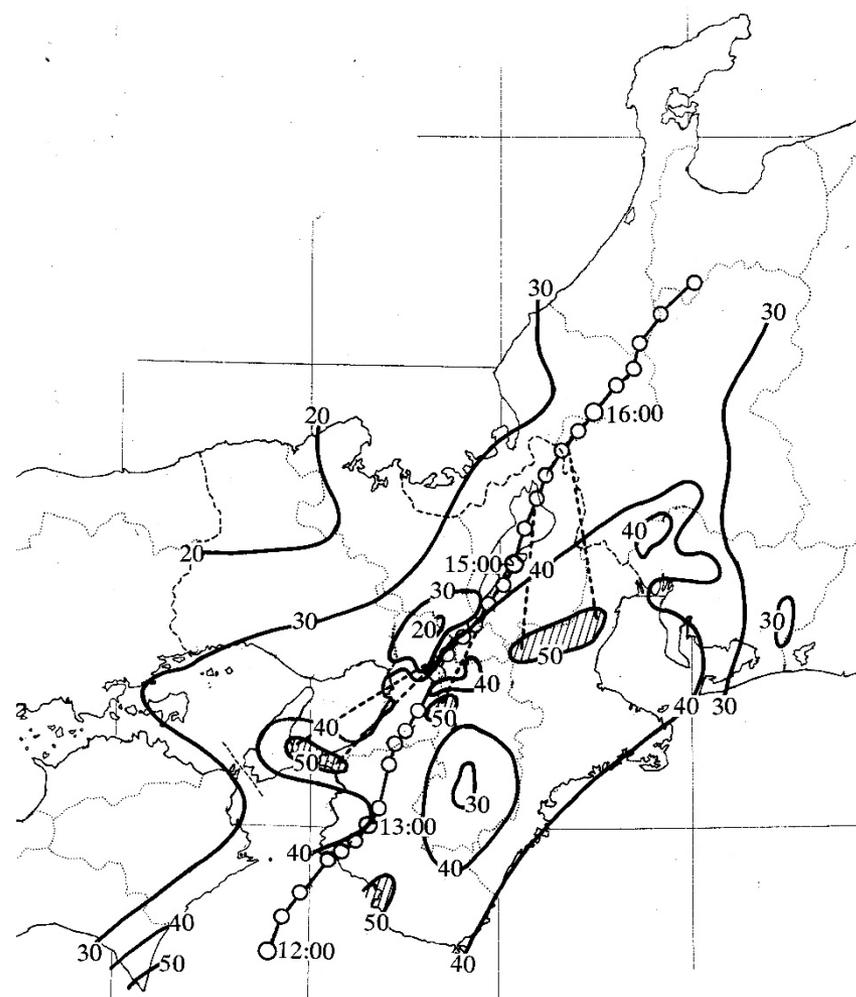
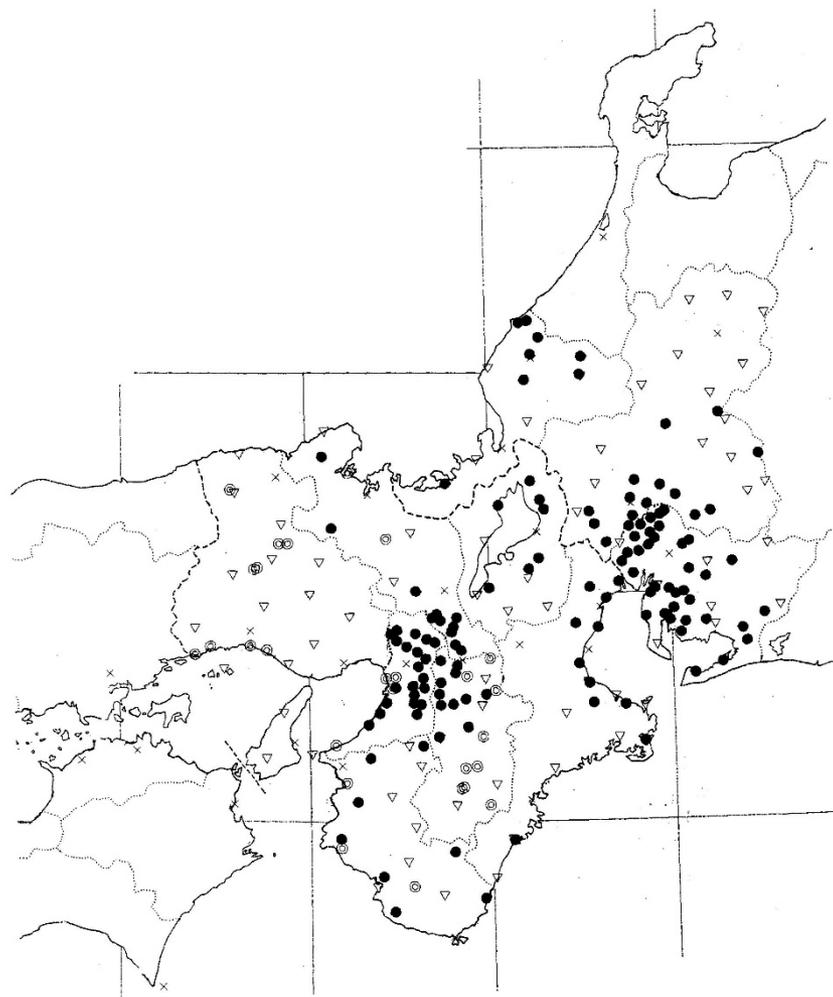
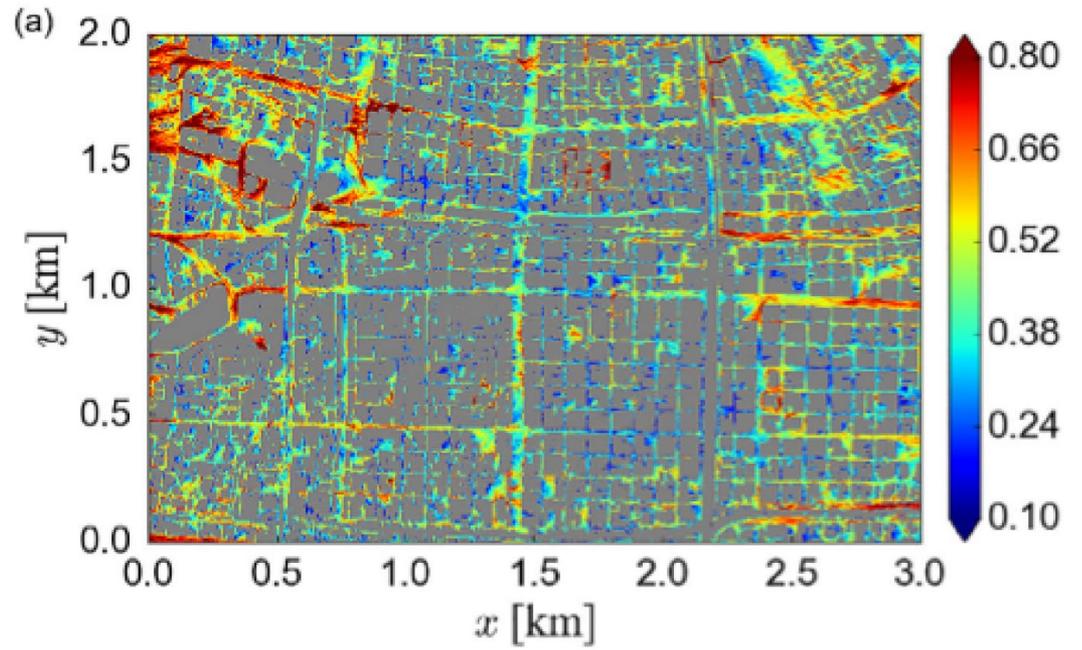
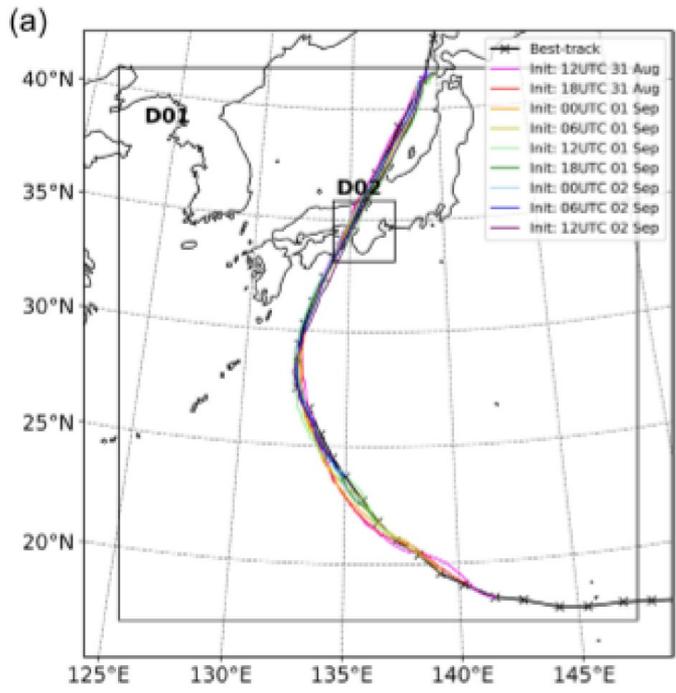


図1 令和元年房総半島台風観測値と基準風速換算値との比較



平成10年台風7号の強風域の把握(奥田ら、気象官署やアメダスに加えて、消防署で観測された気象データの収集による)



数値シミュレーションによる平成30年台風21号での街区レベルでの強風域の把握(竹見ら)

現時点では困難であるが、台風や突風などの強風現象の発生直後にこのような数値シミュレーション結果が提供されれば、**現地被害調査のための非常に有益な情報**となる。大きな被害が発生した場所や**被災建築物の位置での強風の状況**がこのような数値シミュレーションにより明らかにされれば、**被害原因推定の一助**になることが期待される。

2) 被害に関する情報収集

内閣府:防災情報のページ(国土交通省、気象庁、総務省、消防庁、警察庁、経済産業省、原子力規制庁、厚生労働省、農林水産省、文部科学省、環境省、防衛省など)

様々な災害(地震・津波・風水害・雪害・火山などの**自然災害**、**大規模火災**、**感染症**など)

都道府県名	人的被害				住家被害				
	死者	行方不明者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水
			重傷	軽傷					
	人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟
福島県					1			5	6
茨城県			1	24	4	84	4,705		1
栃木県				1			3		
埼玉県			1	9			15	1	
千葉県	2	2	8	74	363	3,929	62,986	34	57
東京都	1			6	12	68	1,425	13	11
神奈川県			3	10	11	76	2,665	68	32
静岡県				13		47	480		2
合計	3	2	13	137	391	4,204	72,279	121	109

表1 令和元年台風第15号に関する人的被害と建物被害の状況⁷⁾ (消防庁 令和元年12月23日現在)

自治体:災害情報のページ 市町村別の被害情報

人的被害	死者 (災害関連死)	8人	館山市1、成田市1、市原市1、君津市1、富里市1、南房総市1、大網白里市1
	重傷者	15人	千葉市1、東金市1、旭市3、市原市3、富津市1、浦安市1、袖ヶ浦市1、富里市1、香取市1、栄町2
	軽傷者	76人	千葉市12、市川市2、船橋市2、館山市1、木更津市4、野田市1、旭市4、習志野市4、柏市2、市原市15、我孫子市1、君津市7、富津市1、浦安市2、四街道市2、八街市1、印西市2、富里市5、匝瑳市1、香取市2、大網白里市1、酒々井町1、栄町2、九十九里町1
住家被害	全壊	448棟	千葉市14、市川市1、館山市100、木更津市5、成田市8、東金市2、旭市2、市原市47、流山市1、鴨川市2、君津市14、富津市48、袖ヶ浦市13、八街市10、印西市11、富里市2、南房総市122、匝瑳市4、香取市2、山武市4、酒々井町1、多古町1、九十九里町1、横芝光町3、大多喜町2、鋸南町28
	半壊	4,694棟	千葉市245、銚子市4、市川市24、船橋市19、館山市1,617、木更津市129、松戸市6、茂原市40、成田市68、佐倉市14、東金市12、旭市5、習志野市6、柏市2、勝浦市2、市原市217、八千代市10、鴨川市44、鎌ヶ谷市15、君津市147、富津市230、四街道市7、袖ヶ浦市153、八街市78、印西市11、富里市25、南房総市989、匝瑳市15、香取市43、山武市53、いすみ市11、大網白里市7、酒々井町7、神崎町3、多古町7、東庄町3、九十九里町1、芝山町2、横芝光町16、一宮町1、白子町5、長柄町3、大多喜町4、御宿町1、鋸南町393
	一部損壊	77,091棟	千葉市6,367、銚子市429、市川市387、船橋市700、館山市4,867、木更津市3,848、松戸市247、野田市58、茂原市1,150、成田市1,872、佐倉市1,488、東金市1,552、旭市2,417、習志野市318、柏市398、勝浦市202、市原市6,563、流山市87、八千代市636、我孫子市96、鴨川市1,750、鎌ヶ谷市233、君津市4,422、富津市3,586、浦安市53、四街道市934、袖ヶ浦市3,061、八街市2,903、印西市355、白井市69、富里市1,340、南房総市5,612、匝瑳市2,290、香取市4,245、山武市2,578、いすみ市256、大網白里市1,205、酒々井町419、栄町333、神崎町260、多古町1,489、東庄町387、九十九里町736、芝山町245、横芝光町1,433、一宮町186、睦沢町86、長生村310、白子町262、長柄町113、長南町126、大多喜町226、御宿町97、鋸南町1,809
	床上浸水	8棟	千葉市3、市川市3、市原市1、鎌ヶ谷市1
	床下浸水	42棟	千葉市4、市川市10、船橋市2、市原市2、鎌ヶ谷市21、

表2 令和元年台風第15号に関する人的被害と建物被害の状況⁸⁾ (千葉県防災危機管理部 令和2年9月30日現在)

その他の被害情報



	災害名	地域	対象年月日	支払件数 (件)	支払保険金 (億円)			
					火災・新種	自動車	海上	合計
1	平成30年台風21号	大阪・京都・兵庫等	2018年9月3日～5日	857,284	9,363	780	535	10,678
2	令和元年台風19号 (令和元年東日本台風)	東日本中心	2019年10月6日～13日	295,186	5,181	645	-	5,826
3	平成3年台風19号	全国	1991年9月26日～28日	607,324	5,225	269	185	5,680
4	令和元年台風15号 (令和元年房総半島台風)	関東中心	2019年9月5日～10日	383,585	4,398	258	-	4,656
5	平成16年台風18号	全国	2004年9月4日～8日	427,954	3,564	259	51	3,874
6	平成26年2月雪害	関東中心	2014年2月	326,591	2,984	241	-	3,224
7	平成11年台風18号	熊本・山口・福岡等	1999年9月21日～25日	306,359	2,847	212	88	3,147
8	平成30年台風24号	東京・神奈川・静岡等	2018年9月28日～10月1日	412,707	2,946	115	-	3,061
9	平成30年7月豪雨	岡山・広島・愛媛等	2018年6月28日～7月8日	55,320	1,673	283	-	1,956
10	平成27年台風15号	全国	2015年8月24日～26日	225,523	1,561	81	-	1,642

図2 令和元年房総半島台風での電柱被害布⁹⁾ (東京電力パワーグリッド作成)

表3 過去の主な風水災等による保険金の支払い¹⁰⁾ (日本損害保険協会 令和2年3月31日現在)

マスコミ・SNSの被害情報

強風被害に関する情報はこれまでテレビや新聞等のマスコミから入手することが多かった。とくにテレビでは空撮による被害状況の放映などもあり、被害状況の把握には有益であった。スマートフォンやSNSの急速な普及により、被害発生直後から被害状況について写真や映像などの情報がインターネットを通じて容易に入手することができるようになってきた。



2018/9/4(平成30年台風21号)

Twitterの情報

→泉南府民センター

GoogleのStreet Viewなどを利用して被災場所をピンポイントで特定することができるようになった。

3) 現地被害調査

・ **被害状況の概要**を把握すること、**今後の調査・研究の方針**を立てること、など

* 特に風害の場合は、発災直後から片付け作業が始まる場合も多く、できるだけ**早期に現地に入る**ことが必要である。また、風害の場合は地震災害時の余震への注意や水害時の退水を待つこともないので、発災後早期に現地に入ることが可能な災害でもある。

- ・ 国土交通省の要請、建築研究所の自主研究
- ・ 建築研究所と国土技術政策総合研究所の**グループ参加**
- ・ 被災建築物等の全景や被災部分の**写真撮影**、建築物等の**位置情報の記録**
- ・ 発災時の状況について被災者らへの**ヒアリング調査**
- ・ **ドローンの利用**

地震災害、水害だけでなく、風害でも用いられる。

* 強風による被害は**外装材の被害が大半**であり、**外観**からその被害を把握できることが多い。屋根の被害などは地上からの目視では確認し難い。航空法などの様々な規制を受ける。

・ 台風被害だけでなく、**竜巻などの突風被害**でも現地調査を実施することがある



III 建築物等の強風被害の分類

現地調査で収集した被害写真から、強風被害のパターンを分類する。

1) 倒壊等



図3木造倉庫の倒壊(鋸南町)



図4小規模木造建築物の残留変形

建築物等の強風被害は屋根ふき材、外壁、窓などの外装材の被害が大半で、倒壊などの被害は稀である。令和元年房総半島台風でも住家で倒壊したものは確認できなかった。

平成30年台風第21号では非常に扁平な平面をもつ混構造の住家が大きく傾斜するなど、倉庫や車庫などの非住家の倒壊被害も含め、木造建築物などの構造躯体の被害が報告されることが増えてきた。



大きく傾斜した混構造の住家 (平成30年台風第21号 日経ホームビルダー 2018.11月号)

2) 屋根・屋根ふき材の被害

屋根の小屋組、母屋、垂木、野地板、屋根ふき材の被害があった。

窓ガラスの破損による内圧上昇が屋根の破壊・飛散に繋がる事例。

→小屋組の構造試験(国総研調査研究)

屋根ふき材は瓦屋根、化粧スレート、アスファルトシングル、鋼板製屋根などに被害があった。

瓦屋根の被害が多い

→令和2年12月に昭和46年建設省告示第109号を改正(国交省)

→瓦ガイドライン改訂(国総研調査研究)



図5 小屋組が飛散した住家



図6 木造住家の屋根の飛散



図7 野地板が飛散した木造住宅



図8 屋根平部の屋根瓦の飛散

3) 外壁・窓ガラス・サッシ等の被害

強風被害では、建築物の外壁・窓ガラス・サッシの被害も数多く報告されている。



図9 宿泊施設の外壁の脱落状況



図10 住家の外壁の剥離



図11 脱落した建具の応急復旧

住家などの所謂四号建築物は構造計算が義務付けられていないため、住家の外壁などの外装材の耐風設計もなされていない場合が多いと考えられる。一般部よりも隅角部の風圧力が大きくなることを考慮した外壁の適切な緊結が必要である。

1階のサッシが外れ倒壊する事例(図11)は平成30年台風第21号でも鉄骨造の店舗に数例確認され、最近被害事例が増えてきている。

→フロントサッシの緊結部の構造試験(国総研調査研究)

IV 近年の台風被害を踏まえた国土交通省・国土技術政策総合研究所・建築研究所の取組み

近年の建築物の台風被害を踏まえ、国土交通省・国土技術政策総合研究所・建築研究所では、建築物の強風被害軽減に向けた様々な取組みを互いに協力し行っている。ここでは、主に令和元年房総半島台風の被害を踏まえた国土交通省・国土技術政策総合研究所・建築研究所の取組みの概要を紹介する。

1) 国土交通省住宅局

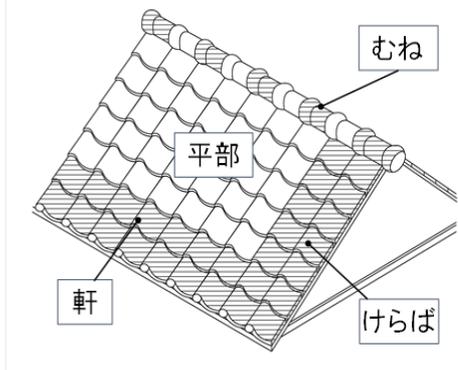
○令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策に関する検討会(耐風TG) 委員長 植松康(秋田高専校長)」の設置

- 調査A: 台風被害住宅等の被害率把握
- 調査B: 瓦ガイドライン工法の被害検証
- 調査C: 特定の被災地域での屋根ふき材の被害実態調査(悉皆調査)
- 調査D: 最新の気象データによる基準風速の検証(千葉県内)

○昭和46年建設省告示第109号の改正

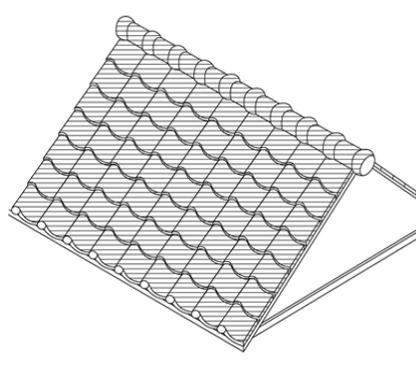
■改正前

軒、けらば: 端部から2枚までの瓦
むね: 1枚おきの瓦



■改正後

軒、けらば、むね、平部: 全ての瓦



いのちとくらしをまもる
防災減災

あなたの家の瓦、緊結されていますか？

強風による被害を少なくするために、屋根の耐風性能を高めましょう

台風などの強風を受けて、令和4年1月から、瓦屋根の留付け基準が強化されます

瓦が脱落

軒、けらば: 端部から2枚までの瓦
むね: 1枚おきの瓦

平部 → 2枚分
むね → 1枚おきに緊結
けらば → 2枚分
鋼線、鉄線、くぎなどで緊結
網掛け部の瓦のみが緊結対象

このような留付けの瓦屋根に台風や地震で多くの被害が発生

無被害

軒、けらば、むね、平部: 全ての瓦

平部 → くぎ等で緊結
むね → わねじで緊結
軒、けらば → 3本のくぎ等で緊結
全ての瓦が緊結対象

令和4年1月1日~
令和4年1月1日~
令和4年1月1日~
新築時には上記の工法による留付けを義務化

- 近年、強い台風の上陸により、住宅の瓦が脱落するなどの大きな被害が発生しています。このような強風による被害を防ぐためには、瓦を屋根に緊結、つまり、しっかり留付けることが重要です
- 屋根瓦を緊結することで地震による被害を防ぐこともできます
- 新築の住宅に対しては、令和4年1月から瓦の留付け方法に関する基準が強化されます
- また、皆さんが現在お住まいの住宅の瓦屋根に強風対策を講じる際に活用できる補助制度が拡充される予定ですので、瓦屋根の強風対策に取り組みましょう

発行 一般財団法人 日本建築防災協会

協力 国土交通省 住宅局 建築指導課/国土交通省 国土技術政策総合研究所/国立研究開発法人 建築研究所/一般社団法人 全日本工事業連盟/全国陶器瓦工事業組合連合会/全国 PC がわら組合連合会

編集 株式会社 アルテップ

全国PCがわら組合連合会

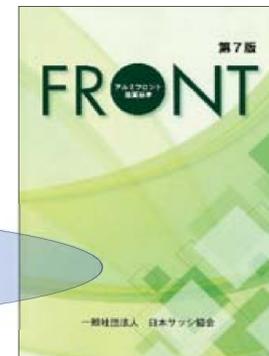
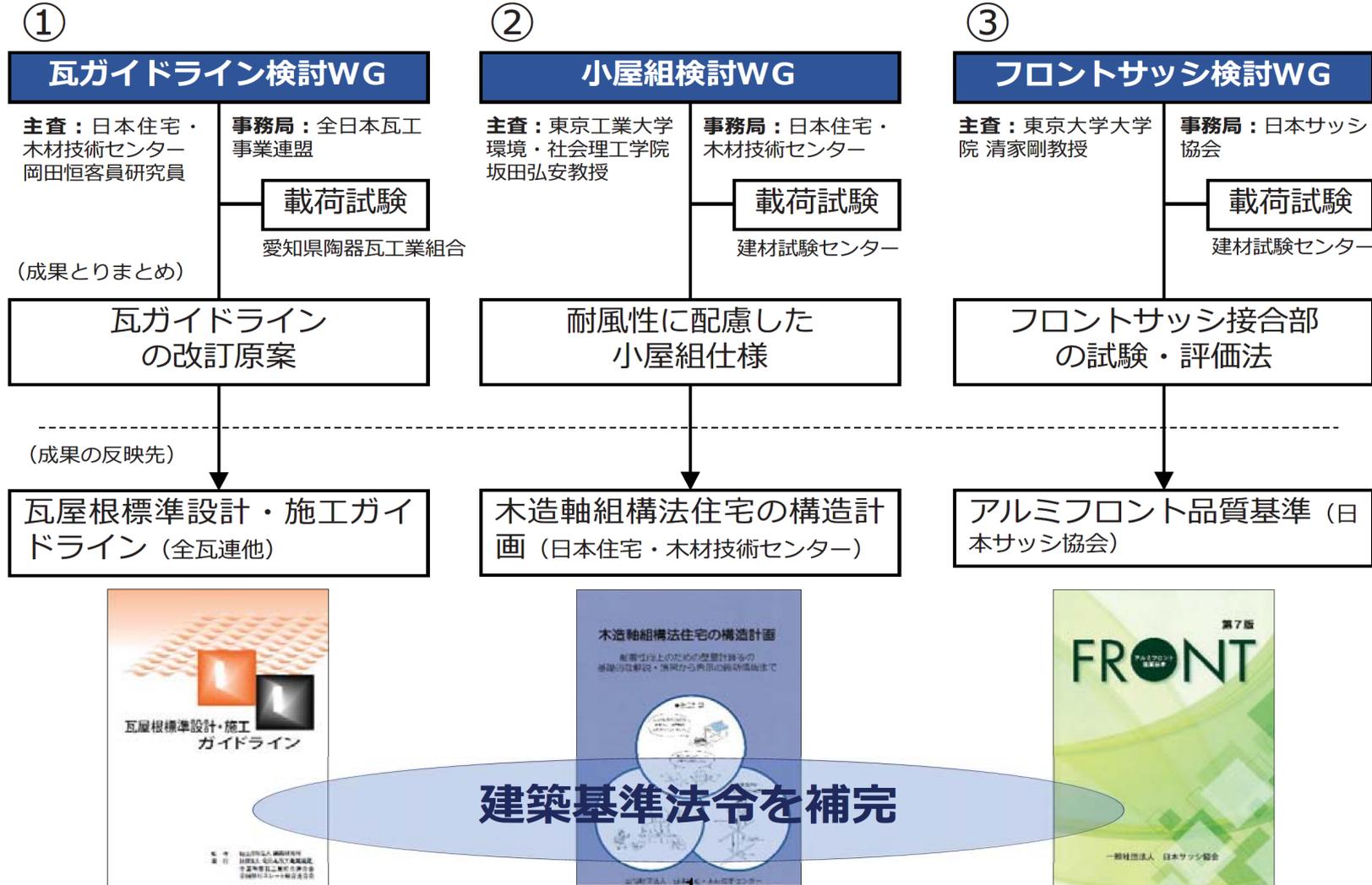
編集 株式会社 アルテップ

図12 昭和46年建設省告示第109号(新旧)での屋根瓦の緊結状況の違い(令和4年1月施行)

既存屋根の耐風診断・耐風改修(令和3年度から支援事業)

2) 国土技術政策総合研究所

国土技術政策総合研究所は、木造小屋組などの破壊、屋根瓦の飛散、建具の脱落、といった被害を踏まえ、建築研究所、国土交通省、業界団体と協力し、被害軽減に向けた調査研究を実施した。



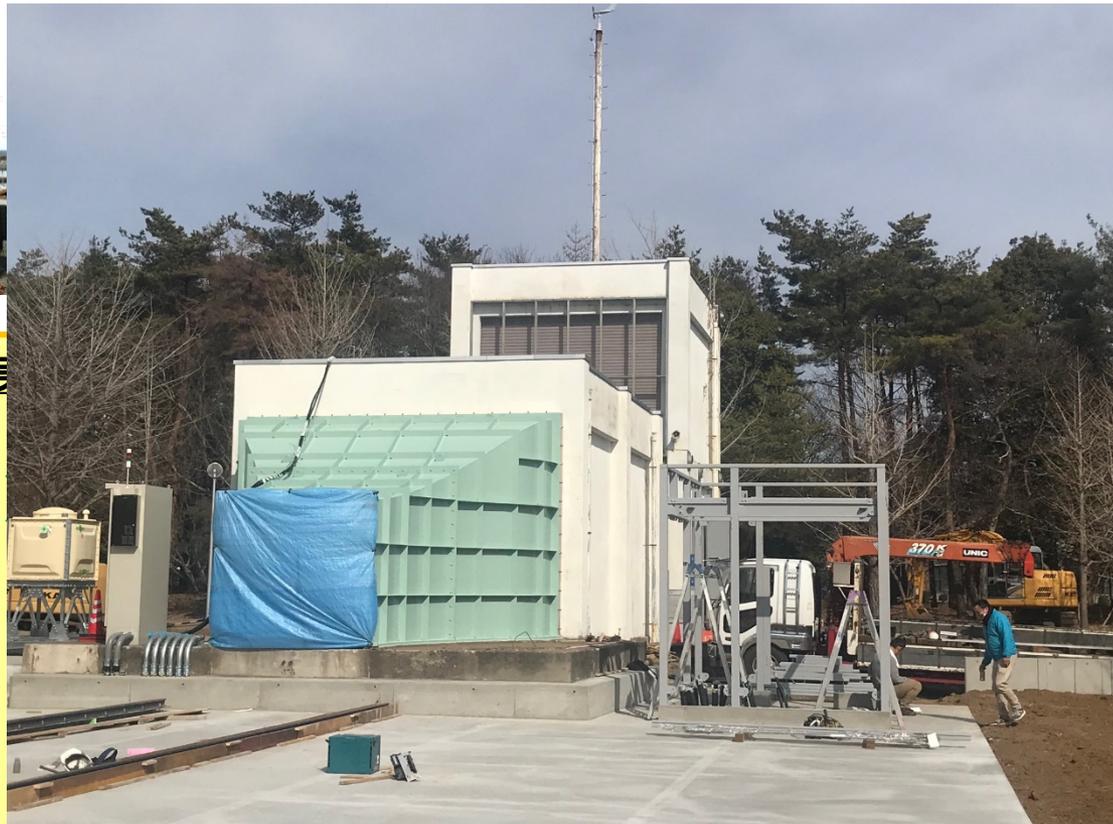
3) 建築研究所

台風15号では最大瞬間風速57.5m/sの強風が観測されているが、既存の強風雨発生装置の能力は風速40m/sでしかない。また、実大の住宅等の屋根ふき材や屋根の破壊過程までを再現できる実験装置は国内にはない。そこで、台風の強風等を再現した実大実験を可能とするため、風速60m/s超に機能強化(施設整備)する。

本実験施設により、住宅等の屋根ふき材や屋根の飛散・破壊メカニズム等を把握する研究を可能として、技術基準の検証を行い、研究成果を建築基準法令に対応した屋根ふき材等の標準施工方法等に反映させることで、台風15号と同等以上の強風雨に対する住宅等の屋根ふき材や屋根の耐風安全性や防水性を確保し、強風雨被害低減に資する。

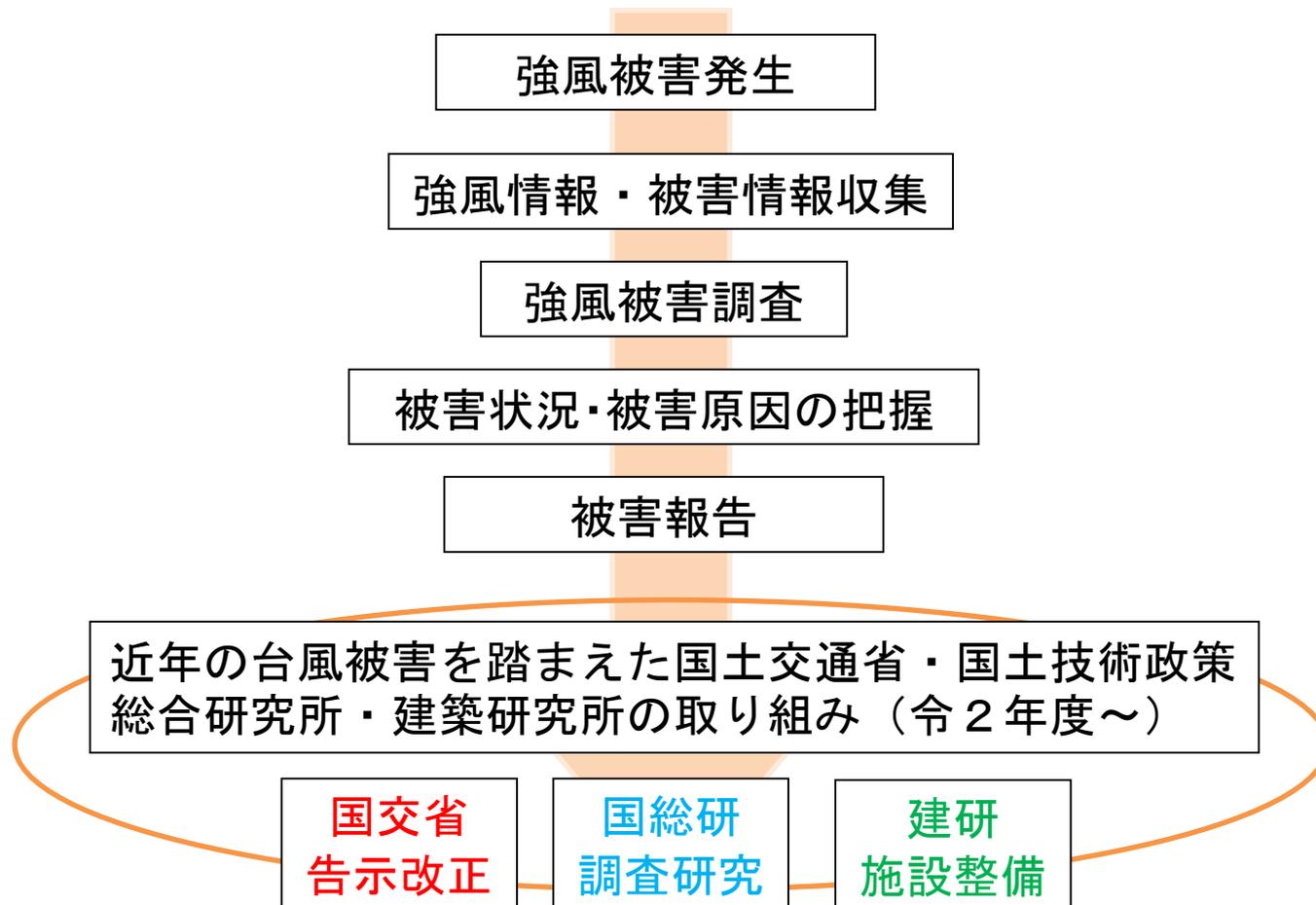


等に反映



V おわりに

国立研究開発法人建築研究所と国土交通省国土技術政策総合研究所が実施する強風被害調査と強風被害軽減に関する取組みについてその概要を紹介した。



ご清聴ありがとうございました