

建築物の屋根ふき材及び小屋組の 強風対策に関する研究動向

令和3年12月20日

国土技術政策総合研究所
建築研究部長

長谷川 洋

背景 ー強風による建築物の屋根被害の発生



- 近年の**大規模台風**(平成30年台風第21号、令和元年台風第15号(房総半島台風)等)の**強風**により、**建築物の屋根の被害**が多数発生。
- 令和元年台風第15号による強風は**建築基準法令での基準風速レベル未満**であったが、**屋根瓦**や**木造小屋組**の強風に対する**ぜい弱性**が顕在化。
→ 強風・雨水の建物への浸入により、**居住継続**や**原状回復**を著しく**阻害**
- 大規模台風の発生とわが国への影響は今後も増加することが予想され※、**ぜい弱な部位の耐風性能向上**は喫緊の課題。

※「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書WG1報告書」

- ・ 熱帯低気圧についての将来予測される変化:「非常に強い熱帯低気圧の発生割合と強度最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球規模では、地球温暖化の進行と共に上昇」と評価。

屋根瓦の脱落・飛散(令和元年房総半島台風・館山市)



木造小屋組の飛散(令和元年房総半島台風・館山市)

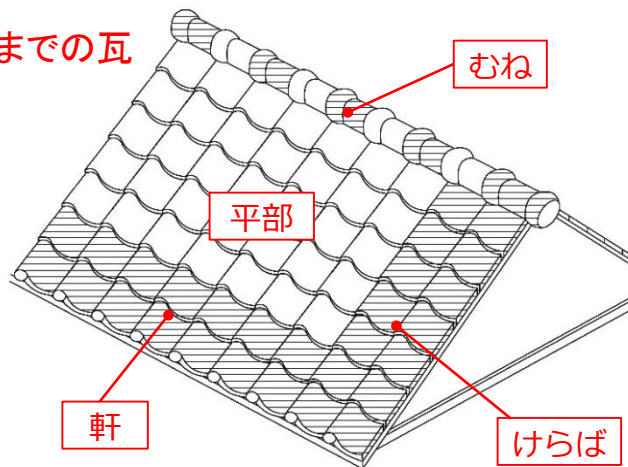


これまでの建築物の強風対策(建築基準法の技術基準等)



		建築基準法の告示基準 (昭和46年建設省告示第109号)	瓦屋根標準設計・施工ガイドライン (平成13年ガイドライン)
概要		<ul style="list-style-type: none"> ・<u>全ての建築物の新築時等</u>において、遵守することが<u>義務化されている基準</u> ・<u>昭和31年から同じ基準</u>(昭和31年に政令に規定、昭和46年に告示に移行) 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>平成13年に策定</u>された<u>業界団体※</u>によるガイドライン ・告示基準に基づき<u>高い構造性能の確保に資する設計、試験、施工の方法等を例示</u>
緊結箇所		軒、けらば(端部から2枚までの瓦) むね(1枚おきの瓦)	原則として <u>全ての瓦</u>
緊結方法	軒、けらば	<u>銅線、鉄線又はくぎ等で緊結</u>	<u>ねじ及び2本のくぎで緊結</u>
	むね	<u>銅線、鉄線又はくぎ等で緊結</u>	<u>ねじで緊結</u>
	平部	規定なし	<u>くぎで緊結等</u>

軒、けらば: **端部から2枚までの瓦**
 むね: **1枚おきの瓦**



※ (社)全日本瓦工事業連盟、全国陶器瓦工業組合連合会、全国厚形スレート組合連合会。(国研)建築研究所が監修

図出典: 国土交通省資料「令和4年1月1日から瓦屋根の緊結方法が強化されます～建築基準法の告示基準(昭和46年建設省告示第109号)の改正～」

- 令和元年房総半島台風において、平成13年ガイドラインに従った工法(以下「ガイドライン工法」)による瓦屋根には無被害か被害が比較的軽微なものが多い。他の強風・地震等においても、ガイドライン工法の一定の有効性を確認。
- 一方、沿岸部の地域では局所的な強風によりガイドライン工法でも被害発生を確認。より高い構造性能の確保に資する試験法や仕様等の見直しも必要。

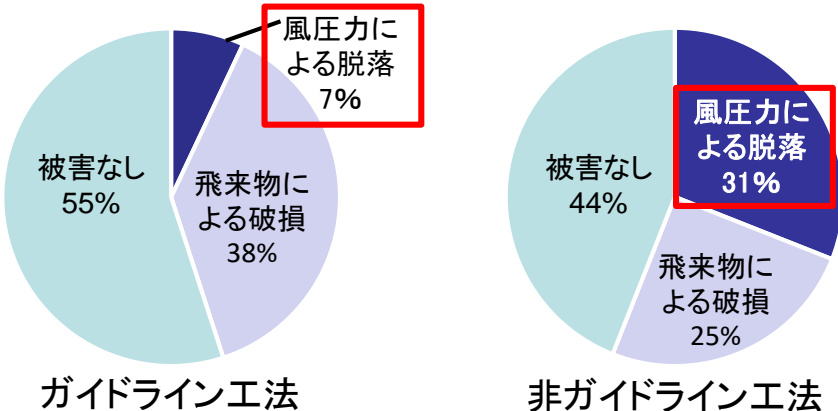
■工法の違いと部位ごとの被害発生の割合 (令和元年房総半島台風)

	ガイドライン工法	非ガイドライン工法
軒・けらば	11%	43%
むね	27%	68%
平部	45%	57%

ガイドライン工法によるものと判断した
外観上被害なしの事例(南房総市)



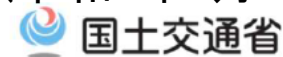
■工法の違いによる平部の被害状況 (令和元年房総半島台風)



出典:国土交通省資料「令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策の方向性」(令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の耐風対策に関する検討会(耐風TG)・令和2年7月13日とりまとめ)の図表に加筆。調査は、国土技術政策総合研究所、建築研究所等の専門家により実施。
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000142.html

建築物の強風対策の新たな取組

■ 社会資本整備審議会 建築分科会 建築物等事故・災害対策部会(令和2年7月14日)



令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策(案)

1. 屋根ふき材に対する強風対策

①建築基準法の告示基準の改正

- 瓦屋根のガイドライン工法を建築基準法の告示基準に位置付け、新築時等に義務付ける。
- 平成17年国交省告示第566号の枠組みを活用し、既存不適格建築物の増改築時に、増改築部分以外の既存部分へは、新基準を基本的に遡及適用しない扱いとする。

②沿岸部仕様の検討

- 沿岸部向けの対策については、十分な知見の蓄積がないため、国総研等において試験等を実施し、望ましい緊結方法のあり方について検討を進める。

③既存建築物の屋根ふき材の改修の促進

- 強化される告示基準に適合させるための屋根ふき材の改修等に対する支援制度の活用について周知を図るとともに、さらなる支援策の必要性について検討
- 屋根ふき材の補強技術(部分改修を含む)の評価方法等について、国総研等において開発を進める。

④屋根ふき材の耐風性能の見える化の推進

- 上記の対策を踏まえて、住宅性能表示制度における耐風等級の見直し(屋根ふき材の耐風等級の追加)を検討

国総研において試験等を実施して検討するとされた事項

2. 小屋組に対する強風対策

○沿岸部仕様の検討

- 沿岸部向けの対策については、十分な知見の蓄積がないため、国総研等において試験等を実施し、望ましい緊結方法のあり方について検討を進める。

3. 基準風速の検証

○現行の建築基準法の基準風速の妥当性の検証(全国)

- 最新の気象データの分析により、現行の基準風速の妥当性を検証(全国)

建築基準法の告示基準の改正【令和4年1月1日施行】



改正の概要

建築物の瓦屋根に係る現行の仕様基準を改正し、「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」の仕様を義務化する。

<主な改正事項>

【緊結箇所】 軒、けらば(端部から2枚までの瓦)、むね(1枚おきの瓦)

⇒ 軒、けらば、むね、平部の全ての瓦

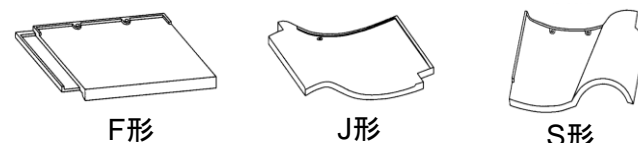
【緊結方法】 銅線、鉄線、くぎ等で緊結

⇒ 瓦の種類、部位、基準風速に応じた緊結方法を規定

改正告示概要

瓦屋根は、以下の緊結方法又はこれと同等以上に耐力を有する方法でふくこと。ただし、平成12年建設省告示第1458号に従った構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合はこの限りではない。

緊結箇所	全ての瓦	
緊結方法	軒、けらば	3本のくぎ (容易に抜け出せないように加工されたものに限る。) 又はねじ (以下「くぎ等」)で緊結
	むね	ねじ で緊結
	平部	くぎ等 で緊結(詳細は下表参照)
耐久性	屋根ふき材・緊結金物にさび止め・防腐措置をすること	

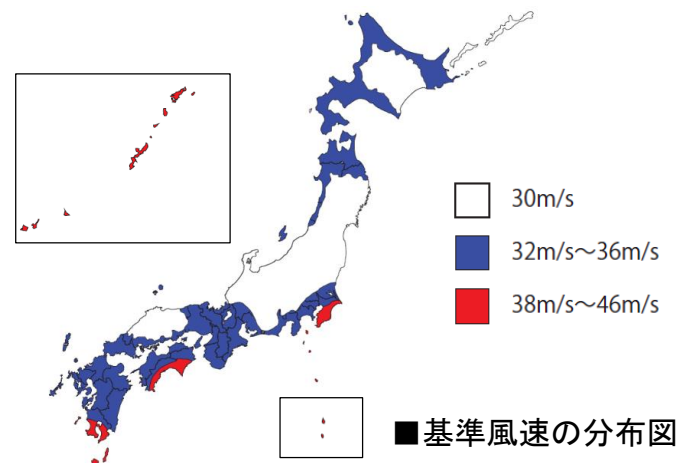


■ 棧瓦の種類

<平部の瓦の緊結方法>

瓦の種類	基準風速V ₀		
	30m/s	32~36m/s	38~46m/s
F形	くぎ等1本で緊結	くぎ等2本で緊結	使用不可
J形、S形			
防災瓦(J形、S形、F形)※			

※ 突起やフック等で瓦同士を組み合わせる構造となった瓦



- 社会資本整備審議会 建築分科会 建築物等事故・災害対策部会（令和2年7月14日）の「令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策（案）」に示された沿岸部仕様の検討を含めた、屋根瓦及び木造小屋組の耐風性能向上に係る検討を、試験等による技術的データを取得して実施。

① 屋根瓦の耐風性能向上に係る研究

- (1) 標準工法、標準試験、施工法等の検証
- (2) 引き上げ試験による耐風性能の検証
- (3) 許容耐力評価のための試験方法の提案
- (4) 沿岸部での風圧力の実況を考慮した仕様の検討
- (5) 平成13年ガイドラインの改訂原案のとりまとめ

② 木造小屋組の耐風性向上に係る研究

- (1) 木造住宅工事仕様書に定める緊結方法等を対象にした要素試験による検討
- (2) ユニット試験による小屋全体の耐風性能の検証
- (3) 既往の載荷試験データの調査
- (4) 沿岸部での風圧力の実況を考慮した仕様の検討
- (5) 耐風性に配慮した小屋組仕様のとりまとめ

研究成果 ① 屋根瓦の耐風性能向上に係る研究(1/2)

1. 棧瓦の許容耐力算出のため、「**単調引き上げ**」の試験・評価法を提案。
2. 粘土瓦の種類と緊結材の仕様(釘・ねじ、径・長さの違い)別に各3体の試験体を製作し、**引き上げ試験により破壊性状や耐風性能を検証**。

引き上げ試験による破壊性状や耐風性能の検証

吹き上げによる風圧力を想定した荷重による引き上げ

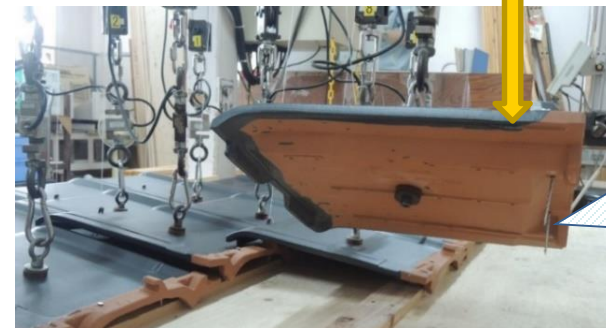
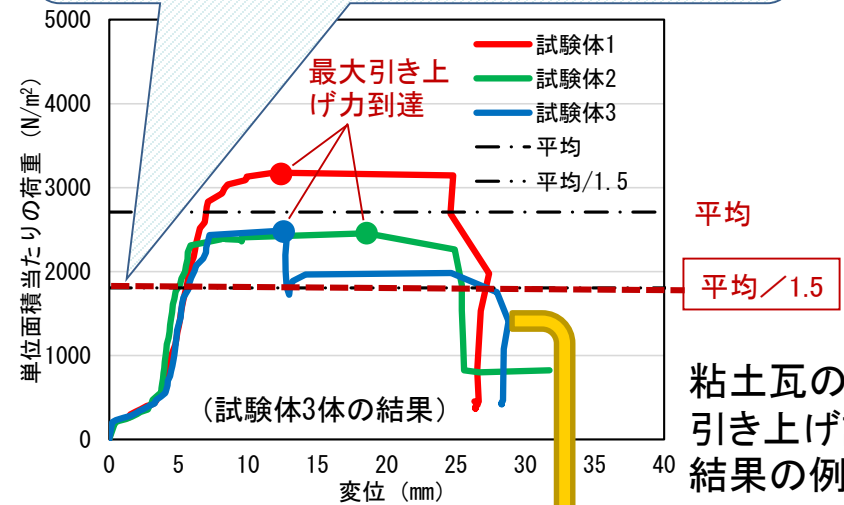


4×4列の棧瓦を下地上に施工した試験体。うち9枚を引き上げ

【試験方法】

繰り返し引き上げ試験 (従来)	設定した引き上げ力で、加力を150回繰り返す方法(繰り返し間隔:1サイクルあたり5~20秒以上)
単調引き上げ試験 (新規追加)	釘の引き抜けや瓦の破損が生じても、最大引き上げ力に達するまで加力を行う方法

単調引き上げ試験での**最大荷重の平均値を安全率を考慮して1.5で除した数値を、棧瓦の許容耐力として評価する方法を整備**



棧木からの釘の引き抜け(瓦の離脱)

研究成果 ① 屋根瓦の耐風性能向上に係る研究 (2/2)



3. 試験結果に基づき、瓦屋根に関する改正告示に従った工法・仕様として、**基準風速ごとに採用できる「標準仕様」を明確化**。また、**沿岸部※等での採用を推奨する、より高い耐風性能を有する仕様を整備**。

※ 海岸線からの距離が200m以内を目安

基準風速ごとに採用できる「標準仕様」(瓦の種類、緊結材の種類・仕様の組み合わせ)

沿岸部等の強風の実況に配慮し、「標準仕様」よりも想定する風圧力の大きさを割り増しし、より高い耐風性能を有する仕様を整備

瓦の種類	緊結材の種類	緊結材の仕様	緊結数	基準風速 (m/s)		
				30	32~36	38~46
				引き上げ試験の荷重 (N/m ²)		
				738	1,063	1,735
J形	くぎ	径2.7mm×長さ65mm	1本	○	○	
		径4.2mm×長さ57mm	1本	○	○	
	ねじ	径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	
J形 防災瓦	くぎ	径2.4mm×長さ55mm	1本	○	○	○
		径2.4mm×長さ65mm	1本	○	○	○
	ねじ	径3.8mm×長さ45mm	1本	○	○	○
		径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	○

標準仕様の例

※) J形の粘土瓦の場合

瓦の種類	緊結材の種類	緊結材の仕様	緊結数	基準風速 (m/s)			
				30	32~36	38~40	42~46
				引き上げ試験の荷重 (N/m ²)			
				1,207	1,737	2,145	2,837
J形 防災瓦	くぎ	径2.4mm×長さ55mm	1本	○	○	○	
		径2.4mm×長さ65mm	1本	○	○	○	
	ねじ	径3.8mm×長さ45mm	1本	○	○	○	○
		径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	○	○

沿岸部等での推奨仕様の例

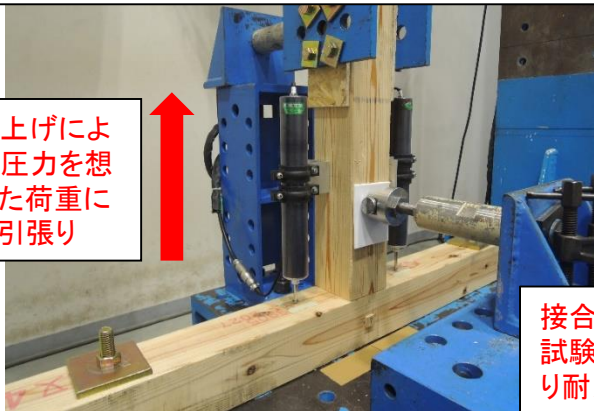


J形防災瓦の組み合わせ部分 (突起があることで、隣接する瓦と一体となって浮き上がりや脱落等を抑制)

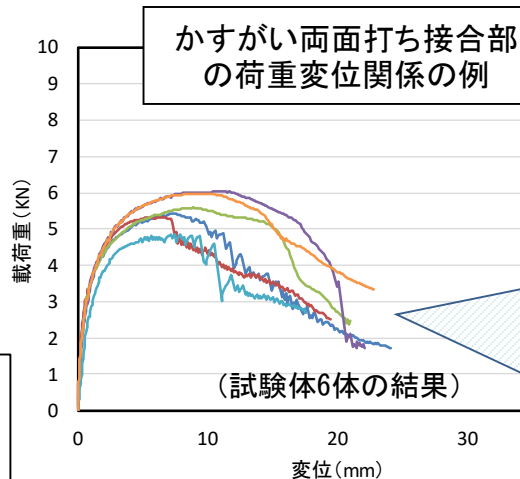
1. 木造住宅工事仕様書等に定める接合方法(かすがい、各種金物、ほぞ込み栓等)を対象に接合部の引張り耐力試験等を行い、各接合方法の耐力特性を確認。
2. ユニットでの引張り耐力試験により、小屋組全体の損傷進展過程等を把握。

接合部の引張り耐力試験による耐力特性の検証

吹き上げによる風圧力を想定した荷重による引張り



接合方法ごとに6体の試験体を製作し、引張り耐力試験を実施



試験で得られた各接合部の許容耐力(降伏荷重に試験結果のばらつき等を考慮)と、計算式で得られる引張り力とを比較し、許容耐力が引張り力を上回る場合の基準風速を把握

木造小屋組ユニットでの引張り耐力試験による小屋組全体の損傷過程の把握



小屋組各部の接合方法ごとの損傷状況

研究成果 ② 木造小屋組の耐風性能向上に係る研究 (2/2)



3. 試験結果等に基づき、基準風速ごとに採用できる接合方法を明確化。また、沿岸部等での採用を推奨する、より高い耐風性能を有する仕様を整備。

基準風速ごとに、採用できる接合部位別の接合方法(接合の種類と許容耐力)を明確化

基準風速 (m/s)			30			38			46		
標準仕様/強風の実況に配慮した仕様			標準仕様	強風の実況に配慮した仕様		標準仕様	強風の実況に配慮した仕様		標準仕様	強風の実況に配慮した仕様	
				吹込みあり			吹込みあり			吹込みあり	
接合部位	接合の種類	許容耐力 (kN)	適用の可否			適用の可否			適用の可否		
たるき-軒げた接合 (軒の出0.6m以下の場合)	ひねり金物ST-9, ST-12	1.1	○	○	×	○	×	×	×	×	×
	ひねり金物ST-15	2.2	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	四角穴付きタッピンねじ STS6.5F脳天打ち	2.5	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	くら金物SS	4.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○
小屋束-小屋ばり接合 小屋束-もや(むなぎ)接合	かすがいC両面打ち	2.2	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	ひら金物SM-12	2.1	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	長ほぞ割くさび	3.5	○	○	○	○	×	×	×	×	×
	長ほぞくぎN90-2本 平打ち	3.5	○	○	○	○	×	×	×	×	×
	長ほぞ込み栓	3.7	○	○	○	○	×	×	○	×	×
	ひら金物SM-15S	4.5	○	○	○	○	○	×	○	×	×
	かど金物CP-T	5.6	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	コーナー金物CP・ZS	10.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○

地表面粗度区分※の違いを踏まえ、標準仕様と強風の実況に即した仕様(より高い耐風性能を有する仕様)を整備

※ 風圧力の算定に用いる地表面の粗さ(障害物の大きさ)の区分。沿岸部では障害物が少ないため、風速は低減されず、建築物に作用する風圧力も大きい。

* 許容耐力はスギ等の樹種の場合の数値。

- 研究成果は、**業界団体のガイドライン**や**解説書の改訂**に反映。
- 研究担当者が**講習会**で**解説**を行い、**建築実務者**への**成果の周知・普及**。

① 屋根瓦の耐風性能向上

瓦屋根に関する改正告示の施行(令和4年1月1日～)

- ・瓦屋根は、以下の緊結方法又は**これと同等以上に耐力を有する方法**でふくこと。【5ページ参照】

研究成果に基づくガイドラインの改定と周知

令和3年7月 : 「**2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン**」の発行

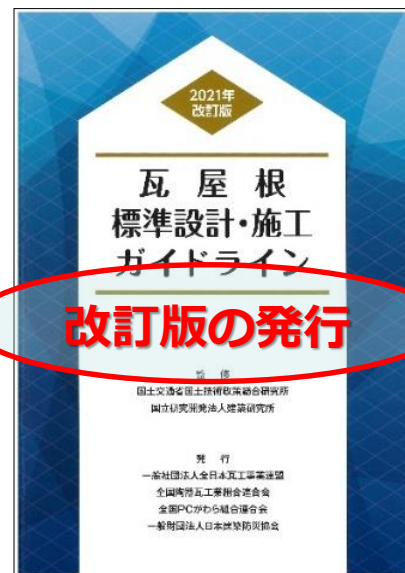
監修: 国土技術政策総合研究所・建築研究所

発行: (一社)全日本瓦工事業連盟、全国陶器瓦工業組合連合会、
全国PCがわら組合連合会、(一財)日本建築防災協会

- ・許容耐力評価の試験方法、告示を補完する緊結仕様・沿岸部仕様

令和3年8～9月: 講習会で成果の周知・普及(主催: 日本建築防災協会、約1,600名受講)

改正告示に準拠
した方法



② 木造小屋組の耐風性能向上

研究成果に基づく解説書の改定と周知

令和3年11月 : 解説書「**木造軸組構法住宅の構造計画**」増補版の発行

- ・耐風性向上のための小屋組の緊結の留意点及び対策方法

令和3年11月～: 講習会での成果の周知・普及(主催: 日本住宅・木材技術センター)

増補版の発行



- 強風による屋根ふき材の被害軽減を図るためには、改正告示が適用される新築等の建築物に加えて、既存建築物における対策が不可欠。
- 令和3年度より、既存建築物の屋根ふき材の耐風性能向上に向け、耐風診断法及び耐風補強技術の評価に係る新たな研究を実施（令和5年度まで3カ年）。

① 既存建築物の屋根ふき材の被害リスクを特定する耐風診断法

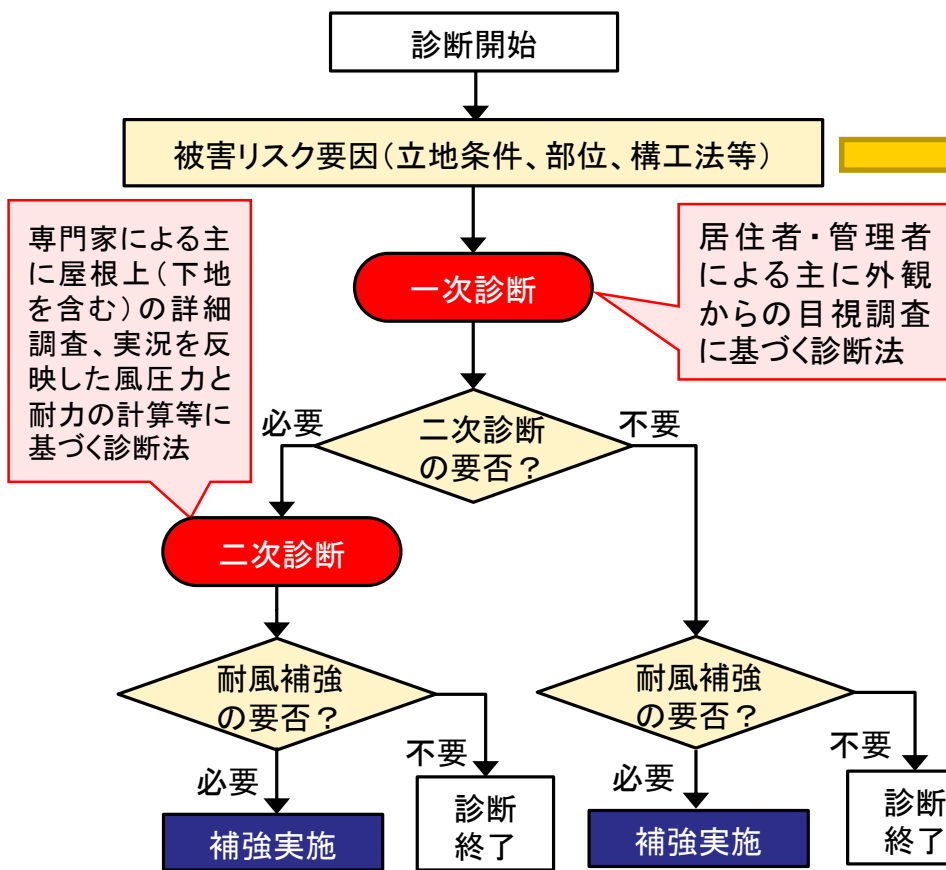
- (1) 屋根ふき材の耐風補強の要否の診断の枠組の構築
 - ・ 居住者・管理者による簡易な一次診断、専門家による詳細な二次診断
- (2) 被害リスク要因（立地条件、部位、構工法等）に基づく診断指標の検討
- (3) 屋根ふき材の耐風診断法マニュアル作成（耐風診断の枠組と方法、診断事例）

② 強靱な屋根ふき材を実現する耐風補強技術の評価法

- (1) 耐風性能水準の設定
 - ・ レベル1：最低水準（建築基準法令）～レベル3：最上位水準（災害拠点建築物等）
- (2) 耐力試験に基づく、耐風性能水準に応じた耐風補強技術の評価法の検討
 - ・ (1)部分的な改修、(2)全面的な重ねふき改修、(3)全面的なふき替え改修
- (3) 屋根ふき材の耐風補強技術の評価法マニュアル作成（耐風性能水準に応じた耐風補強技術の評価の枠組みと方法、評価事例）

新たな研究展開 – 既存建築物の耐風診断法

- 金属屋根(主に非住宅)、化粧スレート屋根及び瓦屋根(主に住宅)を対象とし、次の検討を実施中。
 - ① 屋根ふき材ごとの強風に対する弱点を特定する**診断法の枠組み**を構築。
 - ② **被害リスク要因に基づく診断指標**を検討(→各段階での診断に反映)。

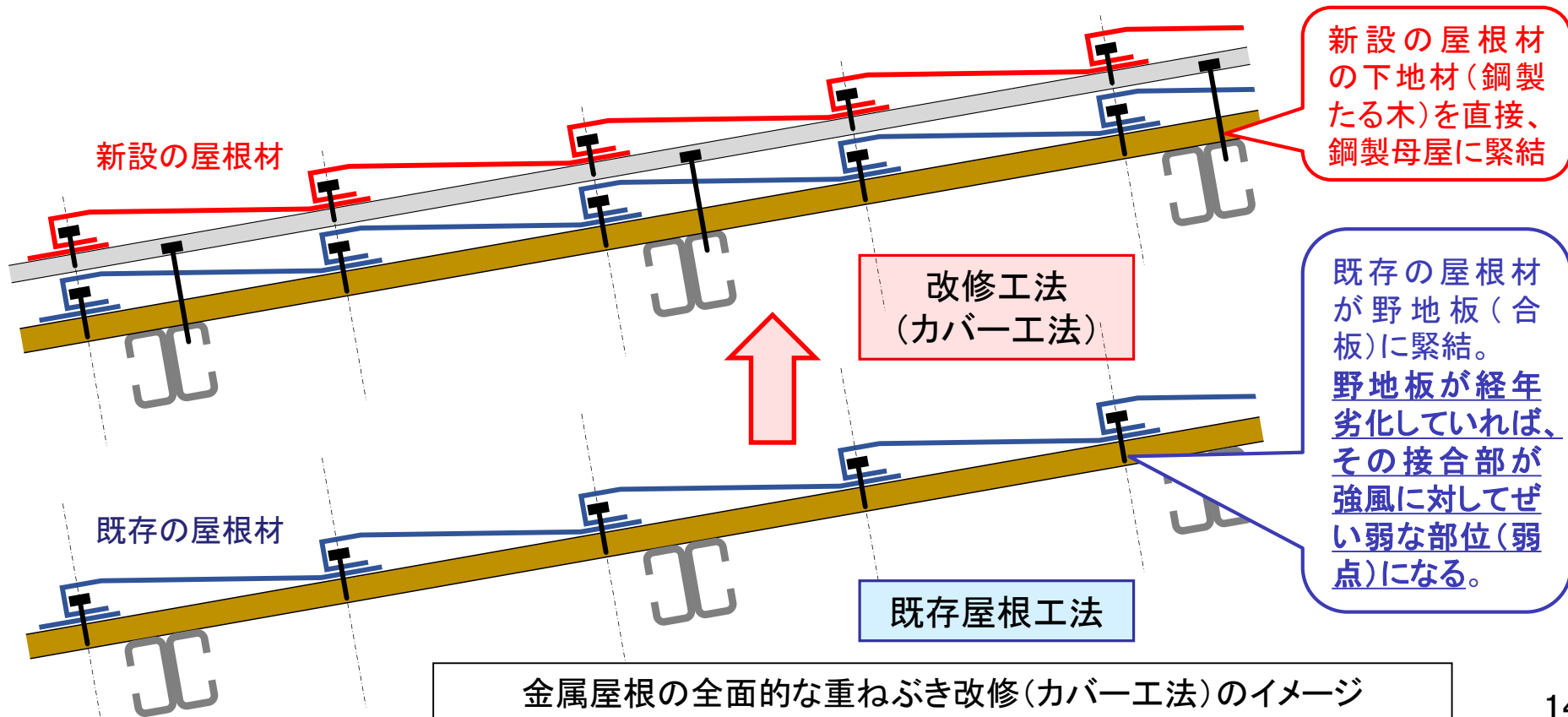


■ 診断指標の検討のためのリスク要因項目のイメージ

被害リスクの程度 被害リスク要因	被害リスクの程度			
	小	やや小	やや大	大
立地条件 (基準風速)	30m/s の地域	32~ 38m/sの 地域	40m/s 以上の 地域	
部位	一般部		棟・けらば・ 軒先部	
構工法	現行ガイドライン 等に従った 構工法		現行ガイドライン 等に従っていない 構工法	
メンテ ナンス履歴	あり	なし (耐用年数 前)	なし (耐用年数 経過)	

■ 耐風診断法の枠組のイメージ

- 令和3年度は、**金属屋根**を対象とし、**全面的な重ねぶき改修(カバー工法)**における**耐風性向上に資する考え方の検証**を実施中。
- 改修時の耐風性向上のポイント(案)は次のとおり。
 - ①新設の屋根材を緊結する**下地の健全性**を確認する
 - ②新設の屋根材から躯体までに**風荷重が伝達される経路**に配慮する



ご静聴ありがとうございました。