

第4章 屋根ふき材の改修における耐風補強

4.1 改修における耐風補強の概要

- (1) 屋根ふき材の改修には新築時と異なる条件や制約があるため、設計者、施工者、屋根専門工事業者（以下、設計者等）はそれぞれの条件等についての的確に判断し、相互間の協議を行いながら改修計画を立案する。立案する際には、耐風2次診断の結果を参照するほか、必要に応じて設計調査（詳細調査）を行う。
- (2) 改修工法には、原則として耐風補強を意図した方法を採用し、当該耐風補強による性能向上の目標を1.3節の耐風性能水準（①～③）から選択する。
- (3) 必要に応じて壁量計算や耐震診断等により、当該改修後の建築物が構造耐力上安全であることを確認する。
- (4) 設計者等は、改修計画と耐風補強による効果を建築物の居住者や管理者に示し、理解を得たうえで改修工事に着手する。

【解説】

(1) 屋根ふき材の改修工事の概要

屋根ふき材の改修は、新築時に比べて工事対象の性能について比較的不明な点が多いうえに、新築時とは異なる制約もある。新築と同様、またはそれ以上の技量が要求される。例えば新築当時の設計・施工図書の入手が困難であったり、工事を開始してみなければ分からない劣化や不具合等で、工事の変更を余儀なくされる場合もある。また、建築物の使用者は工事中であってもその内部空間で日常生活を続けることが多く、いわゆる「居ながら改修」が求められ、工期の制約や工事の搬入路といった問題もあり得る。

これらの制約や条件を把握したうえで改修工事の着手前に、改修計画、工事の工程を綿密に立て、それを設計・施工図書としてまとめる。改修計画の立案に当たっては、耐風2次診断の結果を参照し、必要に応じて設計調査（詳細調査）も行うほか、一連の計画の詳細については例えば「建築改修工事監理指針（上巻）」^{4.1)}や「建築物の改修の考え方・同解説」^{4.2)}等の文献も参考にすることができる。「監理指針」は公共建築物の改修工事に携わる監督職員向けの文献であるが、工事現場管理の詳細などは設計者や屋根専門工事業者の立場でも有用である。

(2) 改修における耐風補強の概要

改修計画の立案では単に新築時の原状復旧のための改修に留まらず、さらに耐風性能の上乗せも意図した耐風補強を図ることが望ましく、本書では耐風補強に誘導する考え方を提示している。具体的には、耐風補強の目標やそれによって期待できる効果（耐風補強による性能向上の程度）は1.3節の耐風性能水準と対応付け、それを満たすことのできる改修工法を採用するものとする。当該工法が耐風性能水準を満たすか否かは、第5～6章に示す評価方法によって検証することができる。

また建築物の居住者や管理者に対して、この耐風性能水準の趣旨を示しながら、改修計画や耐風補強後の性能向上の程度をわかりやすく説明することも望まれる。

(3) 屋根改修後の建築物の構造安全性の確認

1.2 節の解説に示したとおり、屋根の改修に係る設計・施工上の留意事項（令和 5 年 3 月 31 日・国住指第 596 号）として、屋根ふき材のみの改修を行う場合、改修後の建築物が構造耐力上安全であることが明らかな場合には、再度、壁量計算や耐震診断等を行う必要はない。しかし、構造耐力上安全であることが明らかでない場合には、壁量計算や耐震診断等により安全性の確認が必要であるとされている。例えば、屋根ふき材全体の改修後の重量が改修前の重量よりも大幅に増加することが見込まれる場合には、その下部構造における慣性力増加の影響について、壁量計算や耐震診断等によってあらかじめ確認することが望ましい。

4.2 耐風補強の種類と配慮事項

- (1) 屋根ふき材の改修は、一般に以下の工法によって行う。
- 1) 補強工法
 - 2) 重ねぶき工法（カバー工法）
 - 3) ふき替え工法
- (2) 屋根ふき材の耐風補強においては、新設の屋根ふき材から下地までの風荷重が伝達される経路（以下、ロードパス）に配慮し、その各部の耐力を適切に確保できる工法を選択する。

【解説】

(1) 屋根ふき材の耐風補強の概要

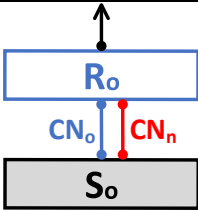
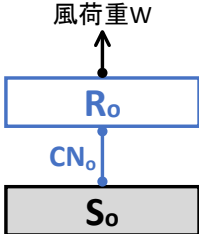
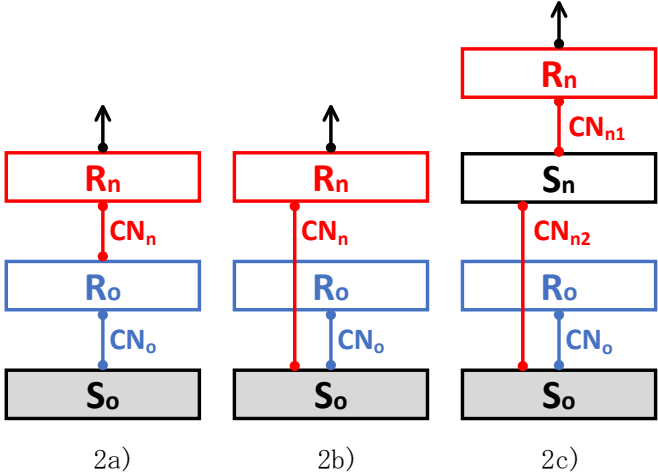
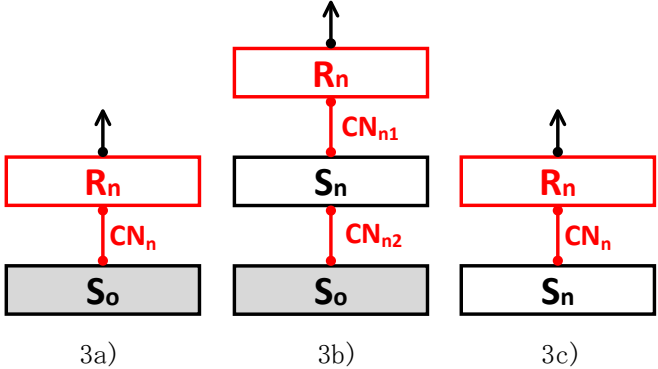
屋根ふき材の改修方法としては、1)補強工法、2)重ねぶき工法、3)ふき替え工法の3通りがあり、これらの概念図を解図 4.2.1 に示す。このうち、部分的な補強は修繕の延長で扱われることもあり、重ねぶき工法は一般に「カバー工法」とも呼ばれている。これらの改修を通して耐風補強も併せて図ることが重要であり、その結果として耐風性能水準②～③に対応した高い性能を確保することも期待できる。

以下に各改修工法の概要と耐風補強の考え方をまとめる。

1) 補強工法

既存の屋根ふき材(R₀)をそのまま残し、それに釘やねじの増し打ち、クリップによる補強、又は接着剤の塗布によって補強するものである。2)や 3)の全面的な改修を要さない場合や費用面でやむを得ず実施できない場合に、補強工法が改修の選択肢となりうる。改修前よりも下地への接合箇所が増えるので、一定程度の耐風性能の向上は期待できるが、既存の接合部(CN₀)と下地(S₀)を更新しないため、これらの保持力や残存耐力が小さい場合には性能向上が期待できない点に注意するべきである。

また、例えば金属板ぶきの板金等による補強など、屋根全体ではなく局部風圧が大きい部位（屋根の外周部や端部）のみ部分的に補強する場合もある。

改修工法	既存の屋根	改修後の屋根
1) 補強工法		
2) 重ねぶき工法 (カバー工法)	<p>風荷重 W</p> 	 <p>2a) 2b) 2c)</p>
3) ふき替え工法		 <p>3a) 3b) 3c)</p>
<p>(凡例)</p> <p>R_o : 既存の屋根ふき材、CN_o : 既存の接合部、S_o : 既存の下地又は躯体</p> <p>R_n : 新設の屋根ふき材、CN_n : 新設の接合部、S_n : 新設の下地又は躯体</p> <p>※添え字の「o」は old、「n」は new の意味。</p>		

解図 4.2.1 屋根ふき材の改修工法

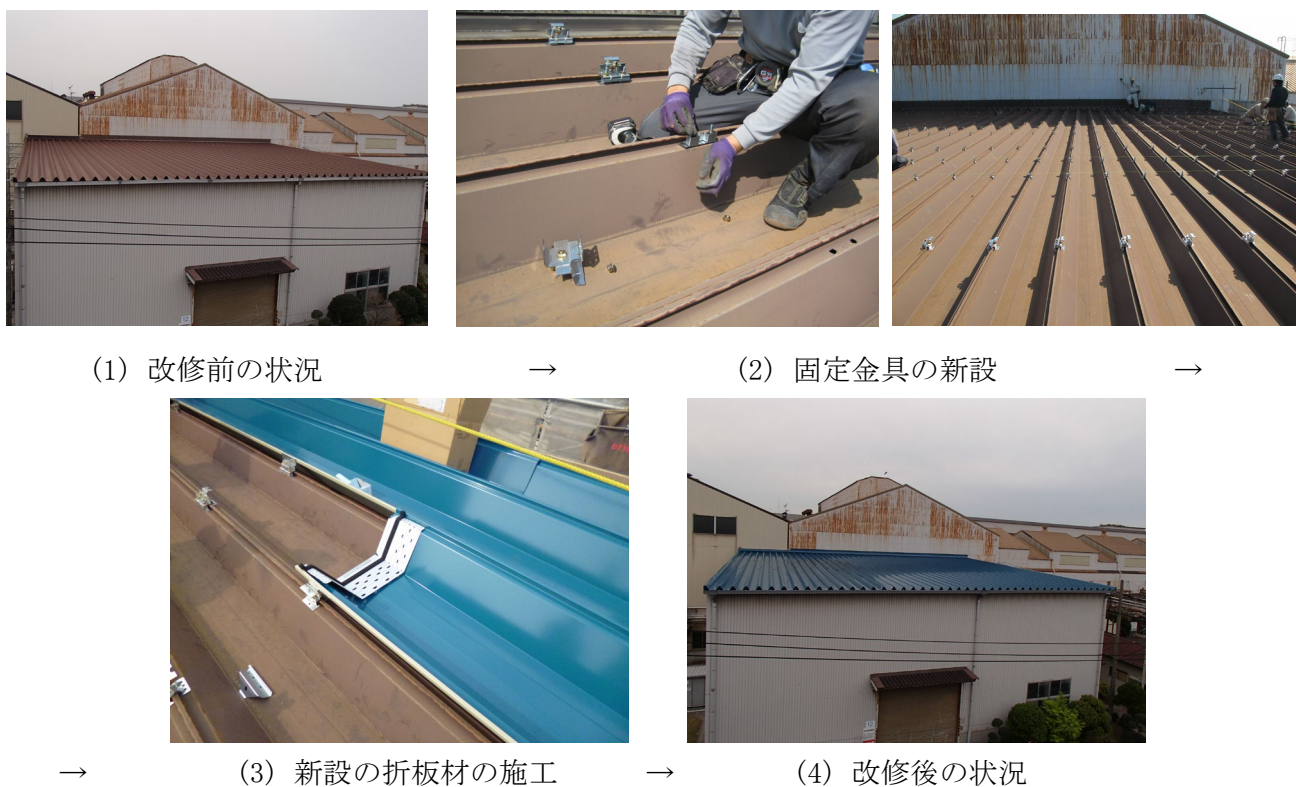
2) 重ねぶき工法 (カバー工法)

既存の屋根ふき材(R_o)を撤去せずに存置させたまま、その上から新設の屋根ふき材(R_n)を重ねる(かぶせる)工法である。したがって、解図 4.2.1 では新旧の屋根ふき材(R_n)と(R_o)が上下に併記されている。図中の 2a) のケースでは、新設の屋根ふき材が既存の屋根ふき材(R_o)に直接接合されるため、既存の屋根ふき材での保持力が小さい場合には新設の接合部(CN_n)が新たな弱点となって性能向上が期待できない。また、新設の接合部の耐力が大きい場合でも、既存の接合部(CN_o)の更新はされないため、屋根全体の耐風性能は改修前と変わらない可能性がある。なお、本書の対象外であるが、

金属屋根のはぜ締め部又は嵌合部に太陽光パネルの架台を取り付ける場合について、それを R_n とみなせば 2a) のケースと同様の取り扱いとなる。

2b) と 2c) のケースでは、新設の屋根ふき材が既存の下地 (S_o) に直接接合、又は新設の下地 (S_n) を介して接合されるため、既存の下地の健全性に依存する一方で、既存の屋根ふき材 (R_o) と接合部 (CN_o) は改修後の耐風性能に直接関係しないことになる。例えば新設の屋根ふき材の板厚を既存よりも大きくし、既存の下地が健全であれば、既存の屋根ふき材と接合部の状況に関わらず、この改修によって着実に性能向上を図ることができる。

解図 4.2.2 に折板ぶき屋根のカバー工法の事例を示す。通常の折板ぶき屋根には野地板がないため、既存の折板材を全て撤去した場合には野天の状態になり、工事期間中の通常業務等に支障が生ずる。このことから、通常の折板ぶき屋根の改修には既存の折板材を存置させたカバー工法が多く採用されている。



解図 4.2.2 折板ぶき屋根のカバー工法の施工手順

(画像提供(一社)日本金属屋根協会)

3) ふき替え工法

既存の屋根ふき材 (R_o) を全て撤去し、新設の屋根ふき材 (R_n) にふき替える工法である。したがって図中に (R_o) は存在しない。この場合の下地については、3a) の既存の下地 (S_o) のまま、3b) の既存の上に新設の下地 (S_n) を設置する、3c) の既存の下地を撤去して新設の下地を設置する場合の 3 通りが考えられる。既存の下地を撤去する 3c) の場合は、結果的に新築の屋根ふき工法と同じになり期待される耐風性能も明確である。既存の上に新設の下地を設置する 3b) の場合も、既存と新設の下地同士の接合部 (CN_{n2}) が適切 (CN_{n1} と同等以上の耐力であること) であれば、新築の屋根ふき工法と同程度の

性能が期待できる。また、既存の下地を更新しない3a)の場合には、屋根全体の耐風性能は上記2)と同様に既存の下地の健全性に依存する。

(2) 耐風補強上の配慮事項

(1)でみたように改修時に耐風補強を意図し、その工法や新設する材料の仕様を適切に選択することで、改修前よりも積極的に耐風性能を向上させることが可能となる。

一般に、屋根ふき材から接合部を介して下地までの風荷重が伝達される経路をロードパス (Load pass) と言う^{4.3)}。耐風補強を検討する際の配慮として、新設の屋根ふき材から下地までのロードパスを確認した上で、想定する風荷重のもとでロードパスが途切れない工法を選択することが重要である。解図4.2.1ではロードパスも概念的に示されている。例えば下地に関しては既存の下地も撤去する全面的なふき替え工法を除き、既存の下地がロードパスの1つになるため、耐風2次診断での現況調査で健全性を確認し、その結果を改修工法の計画や耐力検討に適切に反映する。

また、ロードパスを意図的に改修前から変えることで耐風性能の向上を図ることも期待できる。例えば2b)と2c)のカバー工法のケースでは、既存の屋根ふき材と接合部はロードパスから無視でき、実質的にはそれぞれ以下のように3a)と3b)のケースと同等のロードパスとみなせる。

- ・ 風荷重 $W-R_n-CN_n-S_o$ 。
- ・ 風荷重 $W-R_n-CN_{n1}-S_n-CN_{n2}-S_o$ 。

(3) 改修工事のコスト

耐風補強の効果とそのコストとの関係を示すことも補強の促進をする上で重要と思われる。粘土瓦ぶきのふき替え工法と補強工法、折板ぶきと金属板ぶきのふき替え工法と重ねぶき工法を対象に、改修工事費の試算を行った結果を付録3に示したので、参考にされたい。

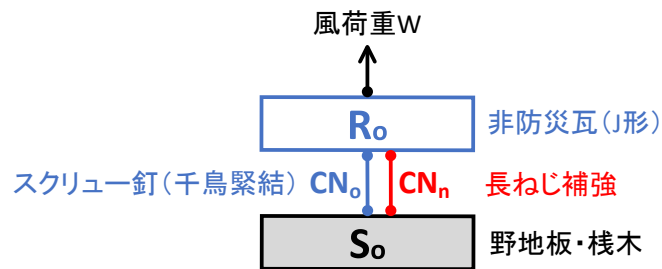
(4) 補強工法を想定した試験例

粘土瓦ぶきと住宅屋根用化粧スレートぶきの補強工法を想定した試験例を以下に示す。なお、いずれの試験体も下地の劣化や既存接合具の保持力の低下は考慮せずに製作した。

1) 粘土瓦ぶき

昭46建告第109号の改正によって瓦屋根の全数緊結が明確化されたが、改正前の瓦屋根の平部においては必ずしも全ての瓦が緊結されているわけではない。以下では、既存屋根として千鳥緊結による粘土瓦ぶき（非防災瓦）、補強工法屋根としてねじで補強したものを試験体とした引き上げ試験事例を示す。解図4.2.3にロードパスのイメージ、解表4.2.1に各試験体の構成、解図4.2.4に釘・ねじ留め位置を示す。補強工法屋根では、野地（構造用合板）まで達するよう長さ115mmの長ねじを採用し、瓦1枚おきに留め付けた。

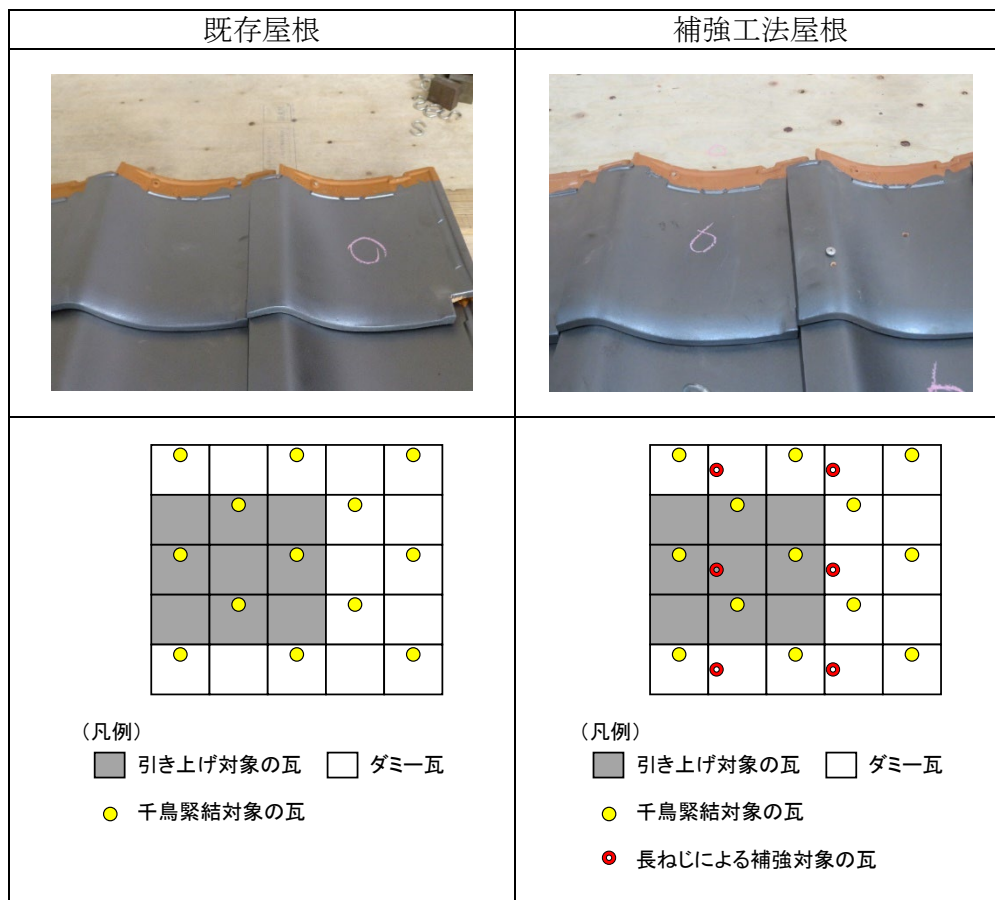
解表4.2.2に引き上げ試験結果を示す。補強工法屋根の最大引き上げ荷重は既存屋根の2倍以上となり、部分的な補強であっても一定程度の耐力の向上が確認できる。



解図 4. 2. 3 補強された粘土瓦ぶきのロードパス

解表 4. 2. 1 試験体の構成一覧

屋根の想定	瓦の種類	緊結方法と有効瓦枚数	釘等の名称と寸法
既存屋根	非防災瓦 (J形)	千鳥緊結 10.5 枚	スクリーュー釘(径 2.4mm・長さ 65mm)
補強工法屋根		千鳥緊結+長ねじ補強 14.0 枚	スクリーュー釘(径 2.4mm・長さ 65mm) 長ねじ(径 4.3mm・長さ 115mm)



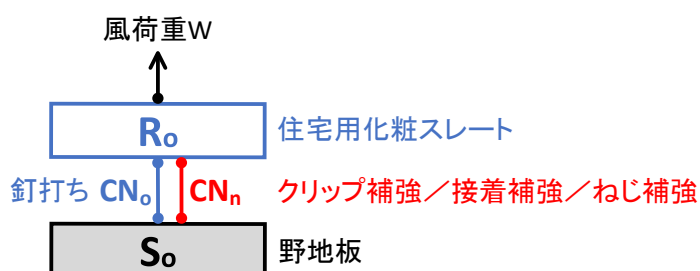
解図 4. 2. 4 試験体の釘・長ねじ留め位置

解表 4.2.2 引き上げ試験結果

屋根の想定	最大引き上げ荷重 ※試験体 3 体の平均値
既存屋根	1280.7N/m ²
補強工法屋根	2635.7N/m ²

2) 住宅屋根用化粧スレートぶき

以下では住宅屋根用化粧スレートぶきの補強工法を対象にした試験例を示す。既存のふき材をそのまま残し、それにクリップ、接着又はねじによる補強を想定した。解図 4.2.5 にロードパスのイメージ、解表 4.2.3 に引き上げ試験結果、解図 4.2.6 に試験体の破壊状況の例を示す。補強を行わない既存屋根仕様に対して、各種の補強を行った場合には約 1.6～3.5 倍の耐力増加となっている。



解図 4.2.5 補強された住宅屋根用化粧スレートぶきのロードパス

解表 4.2.3 引き上げ試験結果

屋根の想定		最大引き上げ荷重 ※試験体 6 体の平均値
既存屋根		601N
補強工法 屋根	クリップ補強	1004N
	接着補強	2119N
	ねじ補強	2012N



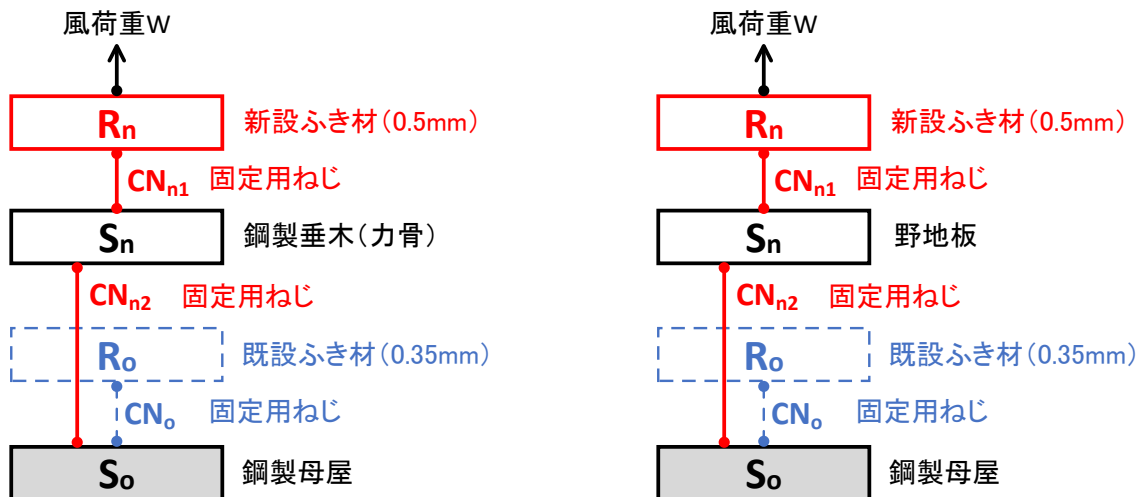
解図 4.2.6 試験体の破壊状況の例（左：接着補強、右：ねじ補強）

(5) 重ねぶき工法（カバー工法）を想定した試験例

金属板ぶきと折板ぶきの補強工法を想定した試験例を以下に示す。ここでも、下地の劣化や既存接合具の保持力の低下は考慮していない。

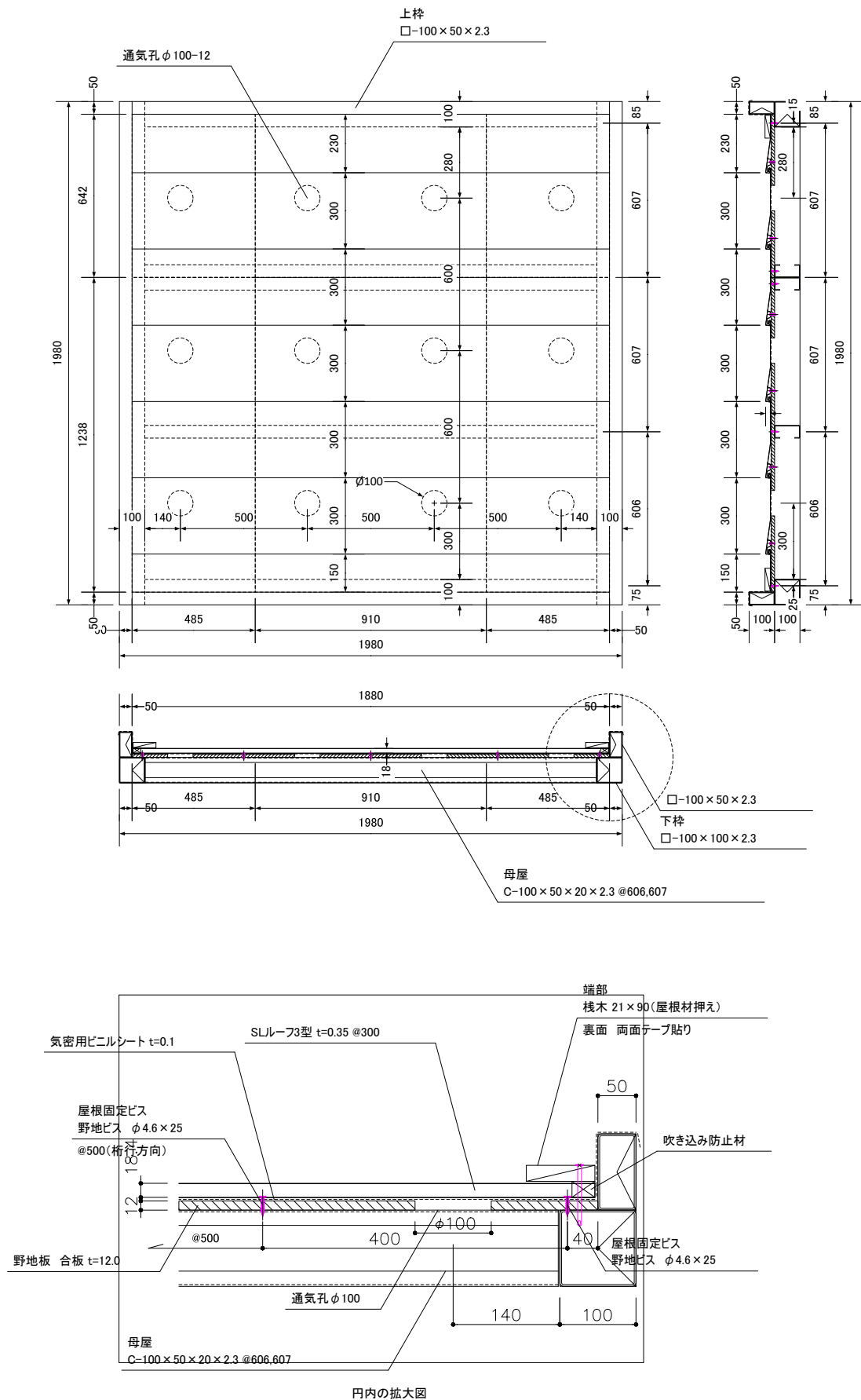
1) 金属板ぶき

以下では立平ぶきの金属屋根を例に、カバー工法による屋根試験体の耐風圧性試験による性能検討の例を示す。解図 4.2.7 にロードパスのイメージ、解図 4.2.8～4.2.9 に耐風圧性試験体の概要を示す。解図 4.2.7 において既設のふき材 (R_o) とその固定ねじ (CN_o) は、風荷重の作用から鋼製下地までのロードパスには寄与しないので点線で示している。解図 4.2.8 は既存屋根を想定した試験体で、ふき材（厚さ 0.35mm、働き幅 300mm）を野地（構造用合板、厚さ 12mm）に直接ねじ留めした。一方、解図 4.2.9 はこの既存屋根をカバー工法で改修した想定の種類 2 の試験体である。いずれも新設のふき材は厚さ 0.5mm、働き幅 220mm であり、既存のふき材より板厚が大きい。また、働き幅をより小さくすることで接合部 1 か所当たりの風圧作用面積が小さくなる。同図 (a) では既存のふき材の上に鋼製垂木（力骨）を設け、それに新設のふき材をねじ留めした。一方、同図 (b) では既存のふき材の上に野地（構造用合板）を設け、それに新設のふき材をねじ留めした。新設の鋼製垂木と野地はいずれも鋼製母屋に直接ねじ留めされており、解図 4.2.1 の 2)c) に示す S_n に相当する。

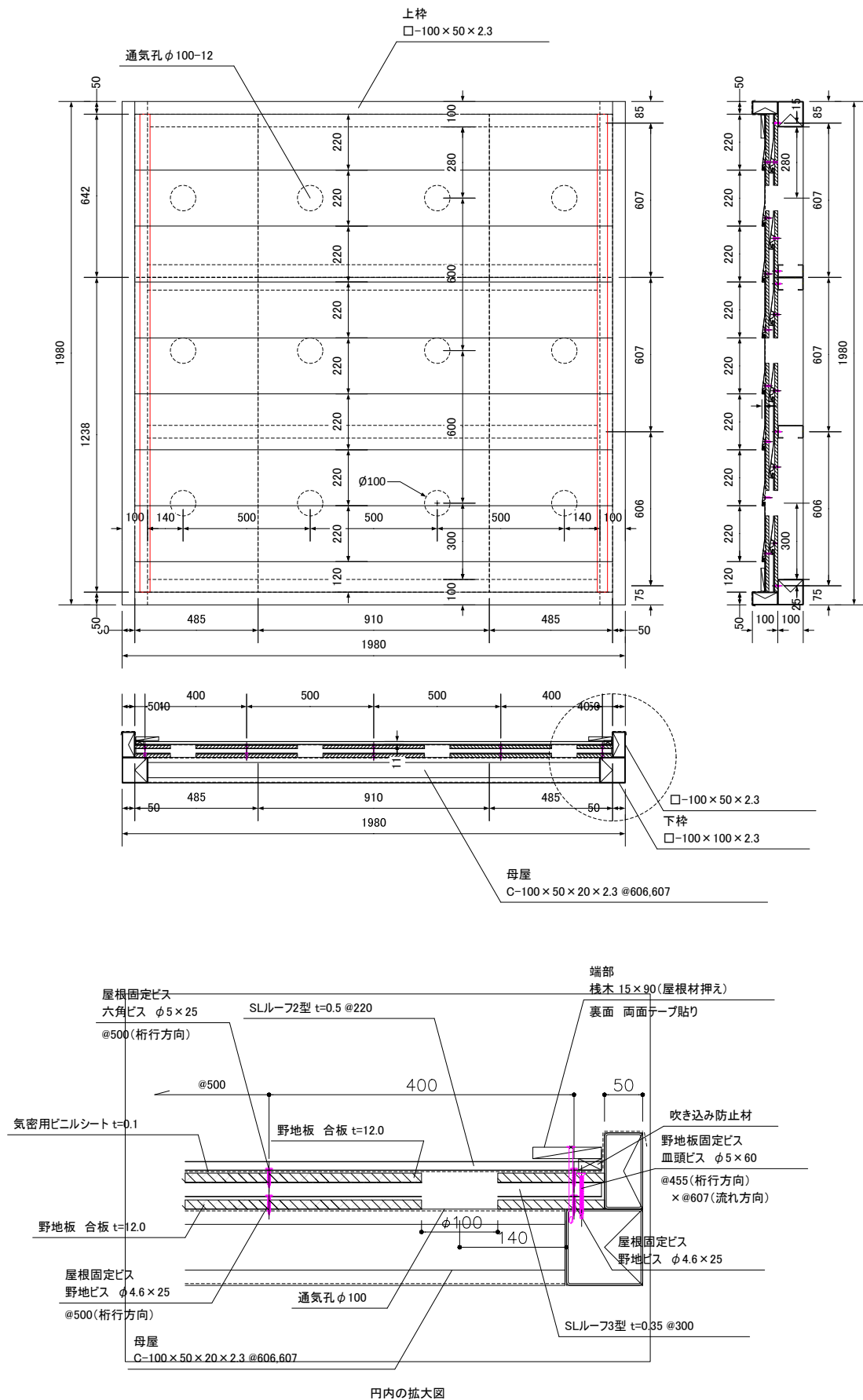


解図 4.2.7 カバー工法による金属板ぶきのロードパス
(※ロードパスに寄与しない部位は点線で表示)

解表 4.2.4 に耐風圧性試験の結果を示す。既存屋根の破壊時圧力 (-7000Pa) に対して、鋼製垂木を下地に用いた改修工法屋根ではそれを超える圧力レベルでも破壊しない。既存屋根では構造用合板へのねじ留めであったが、この改修工法屋根では鋼製垂木を設けたことで荷重が新設のふき材から鋼製垂木を経由して鋼製母屋まで円滑に伝達されるロードパスに変わり、耐力の向上が図られている。一方、構造用合板を下地として新設した改修工法屋根では破壊時圧力が -6000Pa であり、既存屋根と比較して明確な耐力の向上は確認されなかった。ただし、この試験では既存屋根の野地における（劣化に伴う）保持力低下は想定していない。既存屋根の野地に一定程度劣化が生じている場合には、既存屋根よりも性能向上が期待できると考えられる。



解図 4.2.8 金属板ぶきの耐風圧性試験体の例（既存屋根仕様）（単位 mm）



(b) 野地（構造用合板）を追加

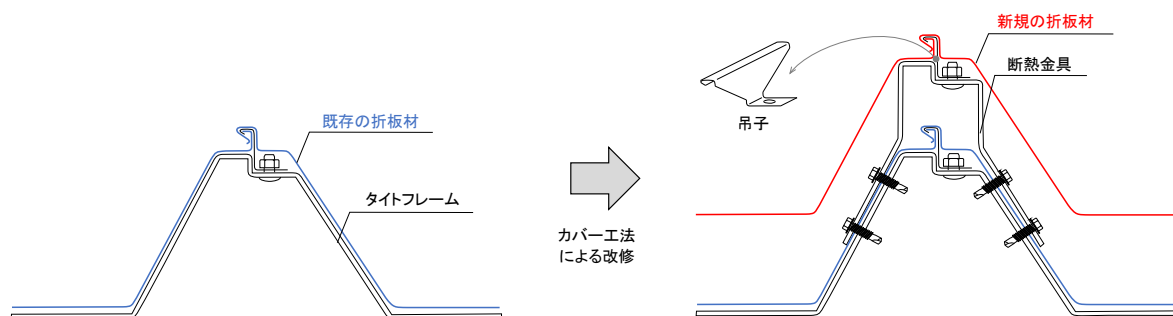
解図 4.2.9 金属板ぶきの耐風圧性試験体の例（カバー工法屋根仕様）（単位 mm）（続き）

解表 4.2.4 耐風圧性試験結果

試験体名称	試験体図	破壊時圧力	破壊状況
既存屋根仕様	解図 4.2.8	-7,000Pa	屋外側ふき材の固定ねじの 抜けを伴う嵌合部の外れ
改修工法屋根仕様 (鋼製垂木を追加)	解図 4.2.9(a)	装置の圧力上限 (- 9,750Pa) で破壊なし	—
改修工法屋根仕様 (野地を追加)	解図 4.2.9(b)	-6,000Pa	屋外側ふき材の固定ねじの 抜けを伴う嵌合部の外れ

2) 折板ぶき

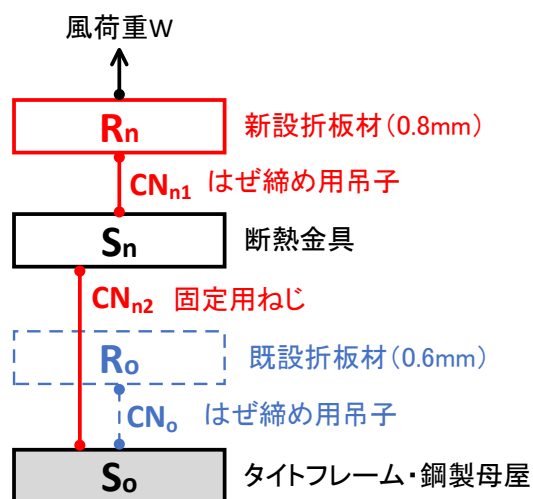
次に、カバー工法による折板ぶきを想定した耐力試験例を示す。折板屋根のカバー工法には解図 4.2.10 のような方法が用いられる。ここで、新規の折板材を支持する断熱金具は既存の折板材を貫通し、既存のタイトフレームに直接ねじ留めされている。



解図 4.2.10 折板ぶきのカバー工法のイメージ

解図 4.2.11 にロードパスのイメージ、解表 4.2.5 と解図 4.2.12 に接合部試験体の構成部材、解図 4.2.13 に試験体の外観を示す。解図 4.2.11 において既設折板材 (R_0) とそれをタイトフレームに取り付けるはぜ締め用吊子 (CN_0) は、ロードパスに寄与しないので点線で示している。既存屋根の折板材が板厚 0.6mm であるのに対して、改修工法屋根の折板材は板厚 0.8mm に増加させている。また、折板材を掴み込むための吊子は長さの違いに着目した。つまり、既存の吊子と改修工法屋根 R_1 の新設の吊子の長さは 150mm であるのに対し、改修工法屋根 R_2 の新設の吊子の長さは 200mm とした。

解表 4.2.6 に各試験体の最大荷重の結果を示す。いずれの改修工法屋根も、既存屋根よりも折板材の板厚を大きくしたこと、さらに、新設の吊子の長さがより長い R_2 のほうが R_1 よりも最大荷重が大きくなっている。なお、载荷途中で断熱金具のねじ留め部分や体とフレームに損傷や変形は生じていない。以上の結果から、解図 4.2.10 のようなカバー工法を採用することにより、既存屋根よりも改修後の耐力の向上を図ることが期待できる。

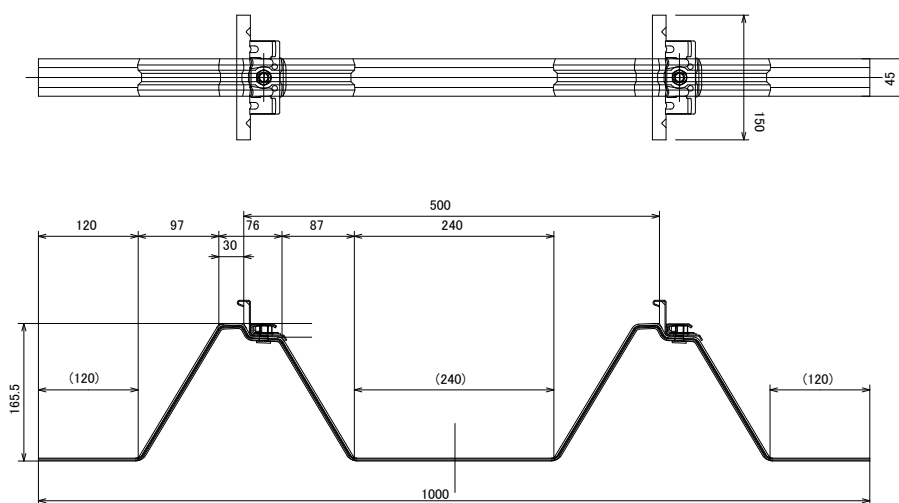


解図 4. 2. 11 カバー工法による折板ぶきのロードパス

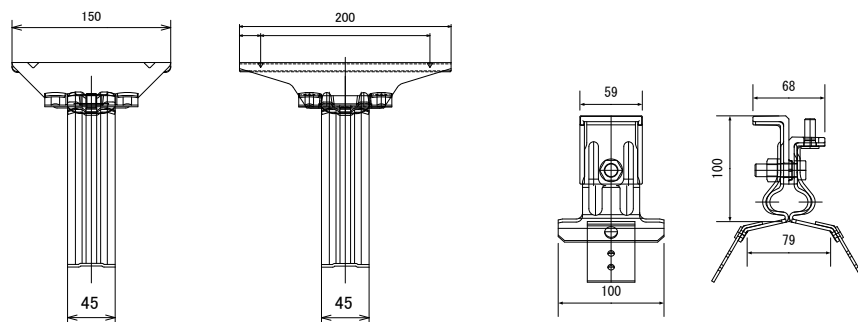
(※ロードパスに寄与しない部位は点線で表示)

解表 4. 2. 5 接合部試験体の構成部材一覧 (単位 mm)

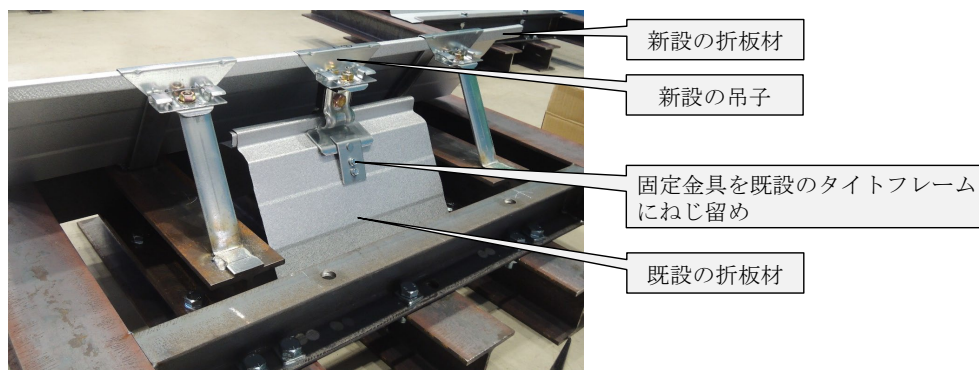
屋根の 想定	試験体 名称	既存の折板ぶき		新設の折板ぶき	
		折板材	吊子	折板材	吊子
既存 屋根	E0	働き幅 500 山高 162 板厚 0.6	長さ 150 板厚 1.2	—	—
改修 工法 屋根	R1	同上	同上	働き幅 500 山高 162 板厚 0.8	長さ 150 板厚 1.2
	R2	同上	同上	働き幅 500 山高 162 板厚 0.8	長さ 200 板厚 1.2



解図 4. 2. 12 吊子と断熱金具の形状



解図 4. 2. 12 吊子と断熱金具の形状（続き）



解図 4. 2. 13 接合部試験体の外観

解表 4. 2. 6 接合部試験体の耐力試験結果

屋根の想定	試験体 名称	最大荷重 ※試験体 6 体の平均値
既存屋根	E0	3. 9kN
改修工法 屋根	R1	6. 6kN
	R2	7. 1kN

参考文献

4. 1) 建築保全センター（国土交通省大臣官房官庁営繕部監修）：建築改修工事監理指針（上巻）令和 4 年版，2022. 12.
4. 2) 日本建築学会：建築物の改修の考え方・同解説，丸善，2002. 2.
4. 3) 日本建築学会：建築物荷重指針を活かす設計資料 2－建築物の風応答・風荷重評価／CFD 適用ガイドー，丸善，pp. 13-14，2017. 2.