

木下地（野地板に直接留め付け）における「かん合形立平ぶき」の圧力箱試験 その2

一般社団法人 日本金属屋根協会・技術委員会

1. はじめに

一般社団法人 日本金属屋根協会 機関誌「施工と管理 2021年2月号」の『特集』(以下「前報」)において、標題の圧力箱試験およびその結果概要を示した。

本報ではさらに同試験についてやや詳細な分析と考察を加える。また今回の圧力箱試験と同時に各種留め付け部材(木下地用板金ねじ、コーススレッド、スクリュー釘)と各種野地板(構造用合板、OSB材、杉板)との引張り試験を実施し、これらの留め具および野地板における引抜き強度についても確認したので、これらの結果についても本報にて詳報する。

2. 破壊モードについて

かん合形立平ぶきの葺き材が風による負圧を受けて終局

に達する際、次の3種の破壊モードが考えられる。

- ・破壊モード1: 葺き材かん合部の「はずれ」
- ・破壊モード2: 葺き材と留め付けねじ部接合部の「鋼板端切れ」
- ・破壊モード3: 野地板からの留め付けねじの「引き抜け」

かん合形立平ぶきの終局時の3種の破壊モードを模式的に図1に示す。これらの3種の破壊モードの内、最も弱いモードにてかん合形立平ぶきは終局に達する。なおここで野地板を含む下地(垂木、母屋など)は未だ終局には至らないだけの十分な耐力が確保できているものとする。また本報では詳細に触れないが、横ぶき等の他の金属ぶき材についても同様の考え方が適用できる。全体系内の荷重の伝達経路の中で、異なる材との取り合い部(つまりは接合部)がそれぞれ破壊モードの起点となり得る。

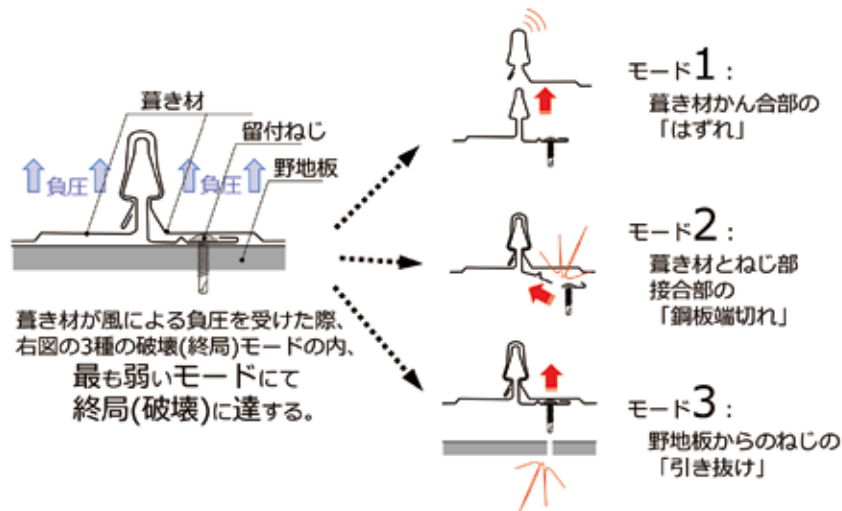


図1 かん合形立平ぶきの終局時の破壊モード

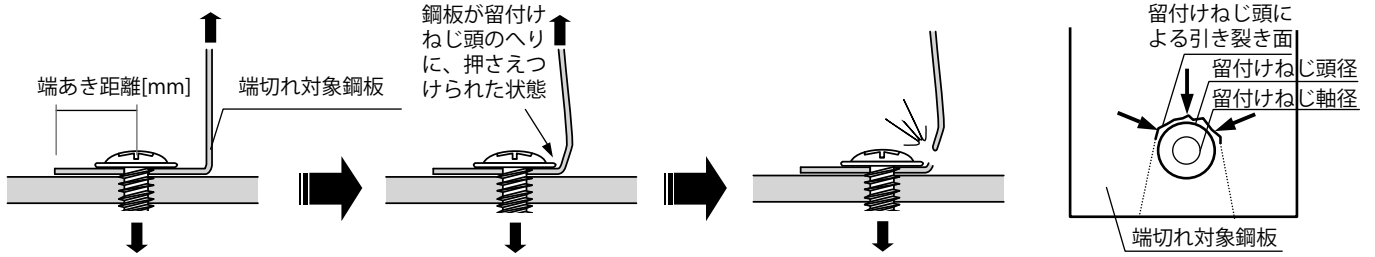


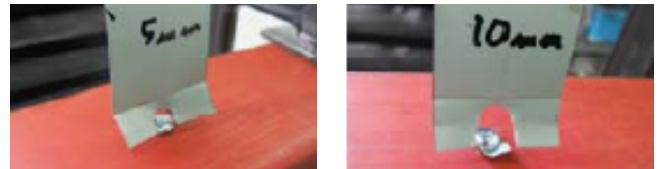
図2 試験状況

(1) 破壊モード1：葺き材かん合部の「はずれ」

前報掲載の表1 試験結果に示すように今回の板厚0.4 [mm] の試験体においては、ホットメルト有り試験体では -8,000 [Pa] にてかん合部の「はずれ」が観察された。一方、ホットメルト無し試験体では -8,500 [Pa] においても同「はずれ」は観察されなかった。ホットメルト接着剤使用状況の概念については前報の図3を参照されたい。このホットメルト接着剤は本来かん合部の防水性を高める目的で考案され、近年市中で広く見かけるようになってきており、防水性向上のみならず更にはかん合部の強度の向上をも期待する向きもあるが、今回は逆の結果となった。この結果はホットメルト接着剤の入れ方にも左右されるものと考えられるが、「ホットメルト有り」が即かん合部強度の向上に必ずしも繋がらないことが確認できた。今回の試験体のかん合部の成型「形状」は丁寧に管理されており、かん合部強度の試験結果は全体的にいずれも高いレベルにあったが、かん合部強度を高いレベルで維持するためには、やはり実運用時のかん合部形状の崩れに対してこそ十分な注意を払うべきであり、いたずらにホットメルト接着剤に強度を期待、あるいは依存する考え方は危険であることが改めて確認されたと考えている。

(2) 破壊モード2：葺き材と留め付けねじ部接合部の「鋼板端切れ」

今回の結果では、この破壊モードは観察されなかった。しかし、「MSRW2014 鋼板製屋根・外壁の設計・施工・保全の手引き(以下、MSRW)」の類似試験からこの破壊モードについて考察する。MSRW付録5.5「留め付けねじの端



a. 5mm

b. 10mm

写真1 端あき距離 [mm] と端切れ状況

あき強度試験」から図と写真を転載し、図2および写真1にそれぞれ示す。このように鋼板を垂直に引き上げた場合には、留め付けネジ頭の「ヘリ」部を起点とした「鋼板引き裂き」により鋼板破断することから、端あき距離 [mm] およびヘミングの有無は破断強度に影響を与えない。端あき距離 [mm] およびヘミング有無と最大破壊荷重 [kN] との関係を図1に示す。「鋼板端切れ」耐力は端あき距離 [mm] およびヘミングの有無に関わらず、(≒ 1.5[kN/本]) ≒ 1,500 [N/本] の一定値を示すことがわかる。一方、今回の3体の内の最大の終局荷重 -8,500 [Pa] を留め付けねじ1本あたりに換算すると、

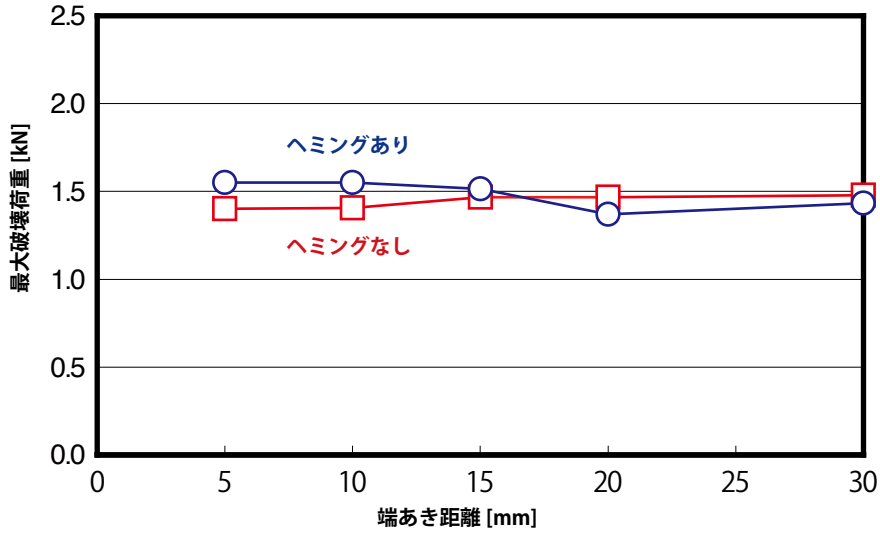
$$-8,500 \text{ [Pa (N/m}^2\text{)]} \times (0.333 \text{ [m (働き方向ピッチ)]} \times 0.455 \text{ [m (流れ方向ピッチ)])} \approx -1,287 \text{ [N/本]}$$

となる。

MSRWに示した「鋼板端切れ」耐力(≒ 1,500[N/本])は、今回の圧力箱試験における最大の終局荷重時の留め付けねじ1本あたりの荷重(1,287[N/本])を上回るため、モード2は観察されなかったものと考えられる。

ただし、MSRW に示す「留め付けねじの端あき強度試験」は「類似試験」とはいえ、その試験条件は今回の試験条件とは厳密には様々な差異がある。主な差異を表1に示す。

特に「鋼板の引上げ角度」は現状ではリアルな再現試験やその観察が困難なものではあるが、今後の研究の進展に期待したい。



グラフ1 端あき距離 [mm] およびヘミング有無と最大破断荷重 [kN] との関係

表1 MSRW に示す「留め付けねじの端あき強度試験」の試験条件と今回の試験条件との差異

	MSRW	今回	備考
鋼板板厚 [mm]	0.35	0.35、0.40	今回の方が「鋼板端切れ」耐力は高くなる。
ビス頭形状	シンワッシャー	ダンバTM	ほぼ同条件と考えられる。共に細ビス径に対し、頭径は大きい。
ヘミング	有り無し	有り	—
端あき距離 [mm]	5～30	5～10	—
鋼板引上げ角度	垂直	?	今回の圧力箱試験では鋼板引上げ角度は不明。



写真2 留め付けねじ単体の「引き抜き」強度試験状況

(3) 破壊モード3：野地板からの留め付けねじの「引き抜き」

今回、最大破壊荷重 -8,500 [Pa] を示した試験体において野地板からの留め付けねじの「引き抜き」が観察された。そこで、留め付けねじ単体の「引き抜き」強度試験を n 数 =6 にて実施した。試験状況を写真2に、また試験結果を表2に示す。今回の圧力箱試験条件である「ダンバTM」(ねじの突き抜け長さ 10mm 以上) の構造用合板 (t=12mm) からの単体「引き抜き」耐力平均値は、

$$P_{\max.}(\text{平均}) = 1,243.3 \text{ [N/本]}$$

となる。

一方、今回の圧力箱試験において留め付けねじの「引き抜き」が発生した試験体の終局荷重 -8,500 [Pa] を留め付

表2 留め付けねじ単体の「引き抜き」強度試験結果

ねじ	ダンバTM			コーススレッド		スクリーュー釘
呼び径×長さ	5 × 38			3.8 × 38		2.77 × 38
野地板名	構造用合板	OSB 材	杉板	構造用合板	OSB 材	杉板
種類	2 級特類	JAS 3 級		2 級特類	JAS 3 級	
板厚 (mm)	12	11	12	12	11	12
No.1	1180	1110	703	996	909	383
No.2	1170	931	565	964	1000	389
No.3	1190	887	715	1100	687	402
No.4	1130	852	712	1010	1110	269
No.5	1480	937	816	933	725	237
No.6	1310	900	741	873	670	279
Pmax 平均 (N)	1243.3	936.2	708.7	979.3	850.2	326.5

けねじ 1 本あたりに換算すると、

$$-8,500 [\text{Pa} (\text{N}/\text{m}^2)] \times (0.333 [\text{m}] (\text{働き方向ピッチ}) \times 0.455 [\text{m}] (\text{流れ方向ピッチ})) \div -1,287 [\text{N}/\text{本}]$$

となる。

留め付けねじ単体の「引き抜き」強度試験結果 (1,243.3 [N/本]) は、今回の圧力箱試験における終局荷重時の留め付けねじ 1 本あたりの荷重 (1,287 [N/本]) を下回るため、モード 3 が観察されたものと考えられる。

設計上のねじの引き抜きに対するいわゆる「安全率」の考え方には様々なものがある。一般には 2～3 程度が採用されているケースが多いと考えられるが、さらに大きな数値を採用するケースもある。設計者との十分な協議が重要となる。

また、野地板が「OSB」あるいは「杉板」の場合では留め付けねじ単体の「引き抜き」耐力は明らかに低下してい

る。安全率も考慮しつつ、ねじの数を増やす（ねじピッチを細かく、@455 → 303mm へ）などの強度 up 対策も考慮に入れる必要がある。

さらに、「コーススレッド」「スクリュー釘」などの留め付け部材は「引き抜き」耐力が低下するだけでなく、破壊モード 2 の「鋼板端切れ」耐力も低下する恐れがある。ねじ頭径が小さく「頭抜け」「端切れ」の恐れが増大するためである。それぞれの留め付け部材の形状概念図を図 3 に示す。本来これらの留め付け部材は「板金留め付け」を目的として開発されたものではないため、採用を控えるかやむを得ぬ場合においても実験データに基づき十分にねじの数を増やすことを検討する必要がある。

最後に各留め付けねじの引き抜き荷重を野地板と留め付けねじとの接触面積で除した値を表 3 に示す。ここで Pmax（平均）とは表 2 に示したものである。また、野地板と留め付けねじとの接触面積について概念図を図 3 に示す。接触面積当たりの留め付けねじの耐力で見ると、やはり釘はねじに比べ耐力が大きく落ちることが確認できる。

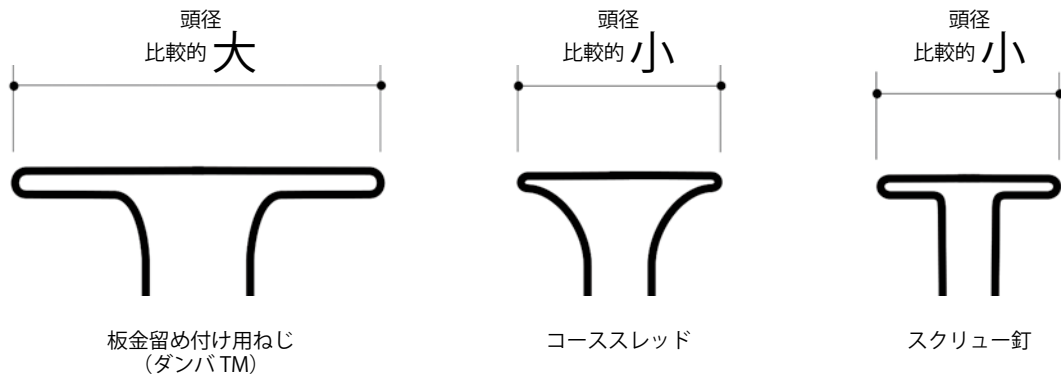


図 3 それぞれの留め付け部材の形状概念図

表3 各留め付けねじの引き抜け荷重を野地板と留め付けねじとの接触面積で除した値

ねじ	ダンバTM			コーススレッド		スクリー釘
野地板の板厚 (mm)	12	11	12	12	11	12
ねじ径の周長 (mm) $\pi \cdot R$	15.7	15.7	15.7	11.9	11.9	8.7
野地板 - ねじの接触面積 (mm ²)	188.4	172.7	188.4	143.2	131.3	104.4
Pmax 平均/接触面積	6.5994	5.4208	3.7615	6.8397	6.4774	3.1282

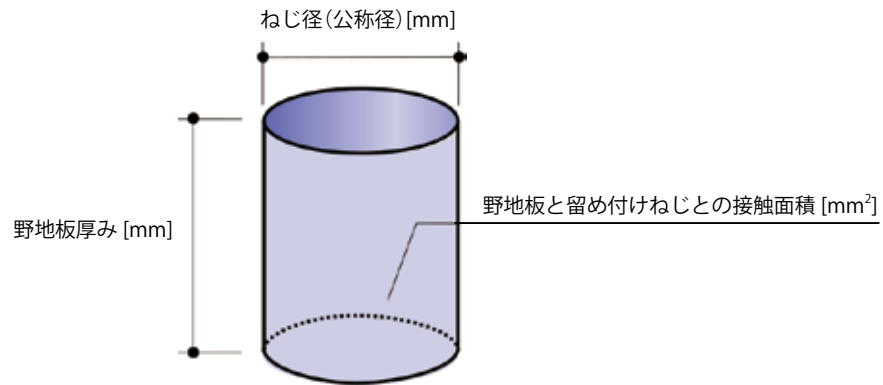


図4 野地板と留め付けねじとの接触面積

3. おわりに

前報に引き続き木下地（野地板に直接留め付け）における「かん合形立平ぶき」の圧力箱試験の試験結果について、留め付けねじ単体の引き抜き強度試験結果も参照しながら、特にその破壊モードに注目しつつ分析および考察を加

えた。

野地板への直接留め付けにおいては特に留め付けねじの選定およびその強度確認が重要であり、実験データに基づき、安全率も考慮しつつ、ねじの数を増やす（ねじピッチを細かく、例えば@455 → 303mm へ）などの強度向上対策も考慮に入れる必要がある。