

防災機能の高い屋根瓦の開発

榊原一彦^{*1}、深澤正芳^{*1}、松下福三^{*1}、山田義和^{*1}

Development of the Clip connecting each Roof Tile to keep from Roof Tile's dropping

Kazuhiko SAKAKIBARA^{*1}, Masayoshi FUKAZAWA^{*1}, Fukuzo MATSUSHITA^{*1}
And Yoshikazu YAMADA^{*1}

Tokoname Ceramic Research Center, AITEC^{*1}

最近屋根瓦の防災性能が注目されており、「防災」は瓦メーカーにとって経営上のキーワードになりつつある、そこで棧瓦に十分な防災性能を付与する安価な固定金具の開発を試みた。固定金具が適用される棧瓦形状を変更することに着目した結果、風速 40m/地域の 2 階建家屋に適用できる耐風圧性能を有する J 形棧瓦用固定金具を提案できた。

1. はじめに

最近、屋根瓦の防災性能が注目されており、特に 2002 年の千葉や茨城の台風被害発生以降は、防災瓦と呼ばれる相互の瓦が瓦頭部を抑え合う形状の粘土瓦が急速に普及しつつある。しかし、防災瓦はその形状が複雑なため従来の瓦よりも生産歩留まりが低下する上、特許の問題により開発に乗り遅れたメーカーにとっては防災瓦を製造しにくい状況にある。しかし「防災」は瓦メーカーにとって経営上のキーワードになりつつある。そこで棧瓦に防災性能を付与する安価な固定金具の開発を試みた。

2. 開発方法

2.1 開発フロー

製品レベルまでの開発を目指すため、瓦用のねじ及び特殊形状釘を開発販売しているヨコサン株式会社と共同研究を実施した。互いの特質を生かすため、金具の材料選定及び基本形状の考案は当試験場で実施し、金具試作はヨコサン株式会社で実施し、試作品評価を当試験場の耐風圧性能試験機¹⁾で行うよう役割分担を行った。そのフロー図を図 1 に示す。

2.2 開発目標値

2.2.1 耐風圧性能

風速 40m/地域の 2 階建家屋に適用できる耐風圧性能を目標とした。目標達成の評価基準は、「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」で規定された標準試験方法²⁾により、260N/枚負荷で適合となることと定めた。

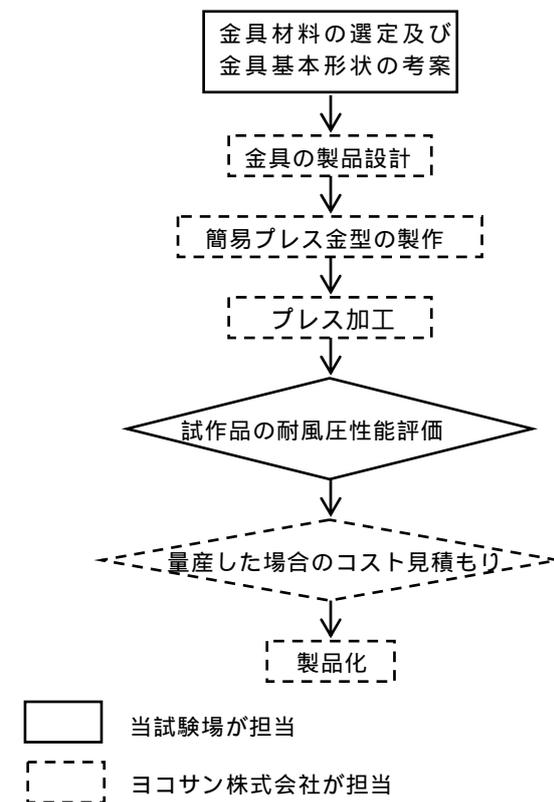


図 1 開発フロー

2.2.2 金具コスト

通常の引掛け葺き工法に対して、瓦 1 枚当たりの施工資材の費用上昇を 5 円以内に抑えることを目標とした。目標達成の評価基準は、ヨコサン株式会社が製造販売した場合に金具価格が 5 円になることと定めた。

2.2.3 施工時間

*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場

通常の引掛け葺き工法に対して施工時間の増加を1割以内にすることを目標とした。目標達成の評価基準は、耐風圧性能試験において、金具を装着しながらの16枚の試験瓦の施工時間がJ形防災瓦の施工時間の1.1倍以内であることと定めた。

3. 開発結果

3.1 J形棧瓦固定金具の第1次試作

3.1.1 耐風圧性能評価

SS400 板材をZ字状に折曲げて金具を試作した。金具形状の概要を図2に示す。この金具を装着したJ形棧瓦の耐風圧性能試験¹⁾を行い、その耐風圧性能が目標値を達成するまで金具の板厚と板幅を増大させつつ評価を行ったところ、金具の材料寸法をt1.2×W20mmまで増大させても達成できなかった。設定荷重260N/枚負荷で118サイクル目に金具が試験瓦から外れたため試験終了となっている。

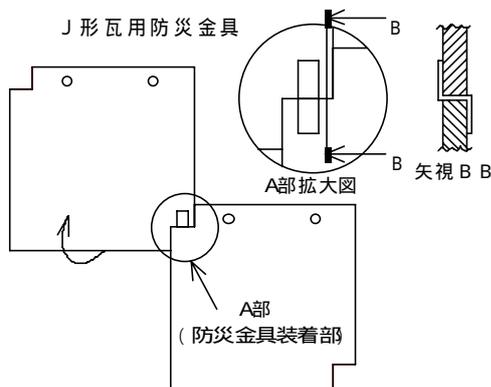


図2 金具形状概要

3.1.2 負荷と強度の検討

本金具に加わる荷重条件から金具を一種の片持梁と仮定し、その強度検討を行なった。検討結果を図3に示す。

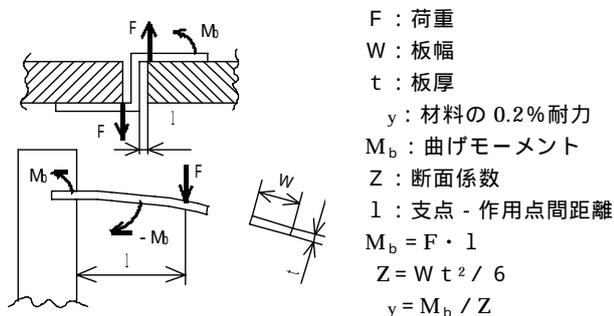


図3 金具強度検討結果

次に風圧力と金具負荷の関係について検討した。図4に示すようにそれぞれの荷重作用点 P_1 、 P' 、 P_2 が一直線上にあれば力の配分は腕の長さに逆比例するはずである。しかし P は $P_1 - P_2$ 間を結ぶ直線上にないため直線 $P_1 -$

P_2 を軸に回転するモーメント M が発生する。ただし P と直線 $P_1 - P_2$ との距離が短いため、この回転モーメント M を無視できるものと考えた。

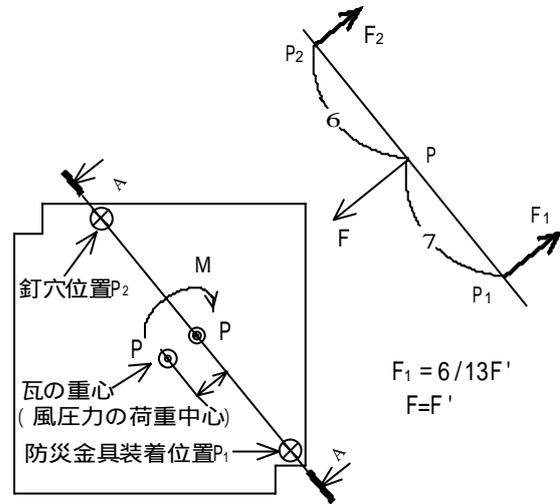


図4 風圧力と金具負荷

金具の断面係数と金具を装着したJ形棧瓦のこれまでの検討結果と以下の仮定から想定される耐風圧性能の関係及び実際の耐風圧性能試験結果を図5に示す。

仮定1: 安全率2を採り、 $F_1 = P$ 、仮定2: $1 = 2\text{mm}$ 、
 仮定3: SUS304の0.2%耐力を 294N/mm^2

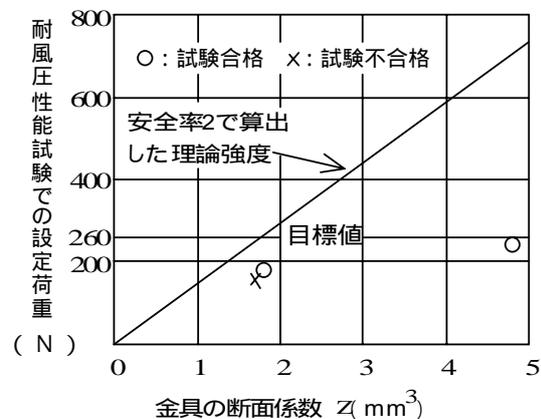


図5 耐風圧性能の予想値と実測値

予想と異なり金具の断面係数を増大させても理論値ほどには耐風圧性能が向上しないことが判った。

3.2 J形棧瓦固定金具の第2次試作

3.2.1 第1次試作品の不具合要因調査

3.1.2 結果のくい違いの要因を探るため、耐風圧性能試験中の金具の挙動を観察した結果、以下の現象が確認された。図6に示すように、金具と試験瓦との間に遊びがあるため、試験瓦が引上げられる際に金具が回転し、図3における、荷重 F が金具面に対して斜めに作用する

のでFの作用点がズリ上がって支点と作用点の距離 l が仮定よりも増加する。その結果曲げモーメント M_b が予想外に増大して金具の瓦係止部が開いて機能を果たさなくなる。

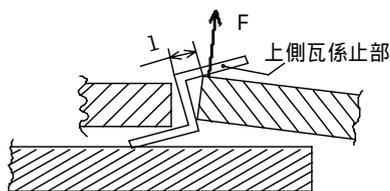


図6 試験瓦引上げ時の金具の挙動

3.2.2 試作案

そこで図7に示すように金具の瓦係止部の根本に字状の屈曲部を設けることにより、支点と作用点の距離 l の増加防止を図った。

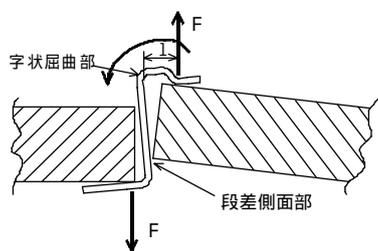


図7 第2次試作金具の概要図

3.2.3 耐風圧性能評価

第2次試作金具を装着したJ形棧瓦の耐風圧性能試験を実施したところ、負荷荷重が60~80N/枚まで上昇した時点で瓦頭部が50mm以上浮き上がったため試験終了となった。上記の試験値は金具を使用しないJ形棧瓦の耐風圧性能と同等である。

3.3 J形棧瓦の形状改良

3.3.1 第2次試作作品の不具合要因調査

要因調査のため、耐風圧性能試験中の第2次試作金具の挙動を観察した結果、以下の現象が確認された。図8に示すように、字状屈曲部により瓦からの反力Fの作用点のズリ上がりが防止されているが、屈曲部内に生じた空間により金具全体が反時計回りに回転し易くなり、金具の段差側面部が右側瓦下縁部に当たってもなお回転して、右側瓦上縁部から字状屈曲部が容易に外れる。この現象がごく低い負荷のうちに発現するため、前述の試験値になったと推定される。

3.3.2 瓦形状の検討

これ以上金具形状を複雑にすれば、生産上の問題が発生することが明白であったため、検討対象を金具に限定せずに棧瓦の形状にまで広げた。図8に示すように、字状屈曲部にはまり込むべく瓦上縁部に高さ2mm、幅

2mm程度の小さな段差を設けることを検討した。段差形状に適度な抜き勾配とコーナーRをとれば、このことにより瓦の生産歩留まりが悪化することは考えにくい。

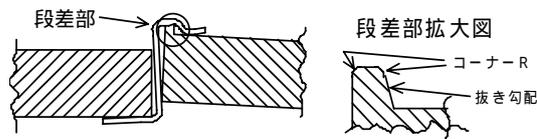


図8 棧瓦の形状改良検討図

その上、棧瓦に設けた段差に金具が引っ掛かる仕組みとすることにより屋根施工工事が容易になることが期待できる。

3.3.3 段差付J形棧瓦の耐風圧性能評価結果

粘土瓦の成型金型を試作することは困難であったため、図9に示すようにJ形棧瓦の右下切欠部に接着した3mm角のアクリル棒に第2次試作金具を装着して耐風圧性能試験を実施したところ、負荷荷重が60~80N/枚まで上昇した時点で試験終了となった。



図9 アクリル棒による段差部形成状況図

3.4 J形棧瓦固定金具の第3次試作

3.4.1 段差付J形棧瓦に装着した第2次試作作品の不具合要因調査

これまでと同様に耐風圧性能試験中の金具の挙動を観察した結果、図10に示すように金具が回転して下側瓦係止部から瓦が外れることが判明した。

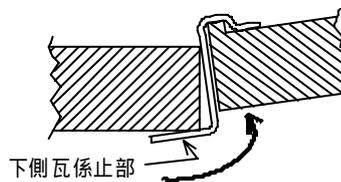


図10 字状屈曲部付き金具と段差付き瓦の挙動

3.4.2 下側瓦係止部の改善検討

そこで下側瓦係止部に対しても上側瓦係止部と同様な工夫を加えることにした。ただし、下側瓦係止部も金具の字状屈曲部と瓦の段差面の組み合わせにしてしまうと瓦施工時の融通が利かなくなることが想定されるため、テーパ面機構での金具回転防止を図った。

3.4.3 金具と簡単形状防災瓦の形状

第3次試作金具写真を図11に示す。これまでの検討結果を踏まえてt1.0×W10mmのSUS304鋼板にプレス成型を行った。固定金具用防災瓦は、図11に示すように金具の上側瓦係止部が接触するJ形棧瓦右下切欠部の表側にアクリル棒を接着した後、図12に示すように金具の下側瓦係止部が接触するJ形棧瓦左上切欠部の裏側をミニルーターで削ってテーパ面を形成した。



図11 第3次試作金具

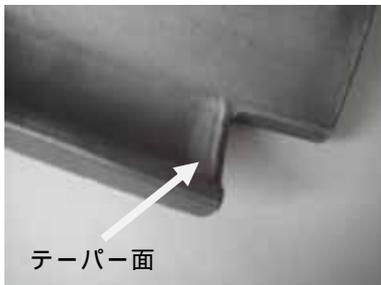


図12 J形棧瓦左上切欠部の裏側

3.4.4 耐風圧性能評価

本金具を装着した本防災瓦の耐風圧性能試験結果を図13に示す。目標値である260N/枚負荷での150回引上げをクリアした。

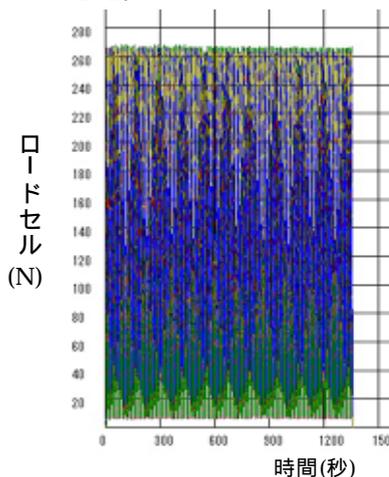


図13 第3次試作品の耐風圧性能試験結果

3.4.5 金具の製品価格の見積り

金具の予想量産コストの内訳を図14に示す。これらの項目の予想コストを積み上げた結果、目標値に対して4割の超過となった。

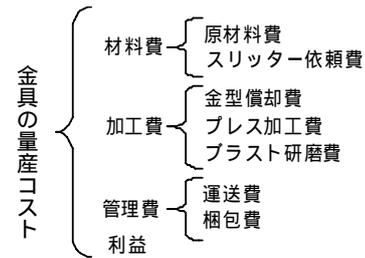


図14 金具量産価格の内訳

3.4.6 金具使用による屋根施工時間増加量の予測結果

通常のJ形棧瓦の施工方法は、瓦の縦方向の稜線を描えるために、棧瓦を軒から棟へ縦方向に留め付けてゆき、棟まで棧瓦を留め付けると隣の列に移ってまた軒から棟へ縦方向に留め付けてゆく作業の繰り返しである。それ故図15に示すように、本考案により引っ掛け機能を付与された棧瓦用固定具の装着作業は全く負担が増加しない。通常のように、棟まで棧瓦を留め付け終わった後、次列の棧瓦を留め付けるために施工者が軒に下りてゆく際に、留め付けたばかりの棧瓦の右下角切欠部に棧瓦用固定具を置いた後、通常通り次列の棧瓦を留め付けるだけでよいのである。

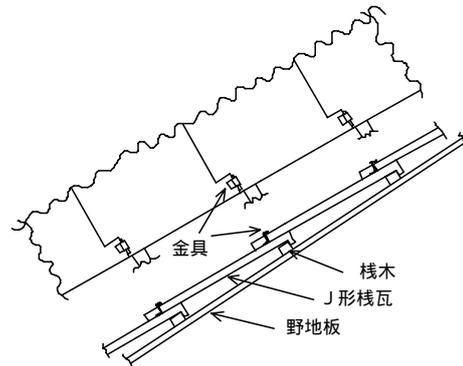


図15 J形棧瓦固定金具の施工状況図

4. 結び

強風による瓦の脱落防止を目的とした、瓦同士の連結固定金具の開発を試みた。商品化を目指して1.耐風圧性能、2.価格、3.施工容易性について目標値を設定して開発を行った。その結果は以下のとおりであった。

- (1)耐風圧性能：260N/枚負荷での試験合格
- (2)価格：目標5円/枚に対して4割の超過
- (3)施工容易性：施工時間増加量1割以内を達成

文献

- 1) 伊藤ほか：愛知県常滑窯業技術センター報告，28，2 (2001)
- 2) 瓦屋根標準施工ガイドライン委員会：瓦屋根標準設計・施工ガイドライン，P32，ナニワ印刷株式会社