

粘土瓦の耐風圧性能評価試験法

伊藤 征幸 光松 正人 加藤 勝正 福永 均 星 幸二 山本 紀一

Testing Method of Evaluation on Wind-Pressure-Resistant Performance of
Clay Roofing Tiles

by

Tatsuyuki ITO, Masato MITSUMATSU, Katsumasa KATO, Hitoshi FUKUNAGA,
Koji HOSHI and Kiichi YAMAMOTO

建築基準法を始め関連政令等の改正施行に伴い、粘土瓦等屋根材も耐風圧性能を求められている。粘土瓦単体の性能はJIS等の規格で定められているが、施工状態での耐風圧性能評価法はない。そこで、耐風圧性能評価法を検討した。

その結果、150回サイクル試験と単一試験の各評価法を確立した。150回サイクル試験に比較して単一試験は風圧[風荷重]で100N/m²、風力係数換算風速2m以内の増加で評価法として有効である。150回サイクル試験の繰返し再現性は風圧[風荷重]で最高値と最低値の差が平均値の2%以内であった。また、単一試験の繰返し再現性は防災F形棧瓦で速度圧の最高値と最低値の差が150N/m²以下で再現性は良い。釘穴の大きさを無視すれば、釘穴位置が引掛け剣に近いほど耐風圧性能は低下する。これらことから、150回サイクル試験、単一試験は粘土瓦の耐風圧性能評価法として、粘土瓦の機能性向上技術開発に寄与できる。

1. まえがき

愛知県の粘土瓦出荷量は全国の約52%を占め6.46億枚である。近年は大手住宅メーカーが積極的に採用してきたF形瓦の出荷量が急増し、施工面積換算でJ形瓦を上回るまでとなってきた。そして、瓦メーカー各社が独自の製品を企画して差別化を図っているが、とりわけ施工後の防水、耐風圧及び耐震機能を特長とする防災瓦の開発が行われている。

一方、兵庫県南部地震(阪神淡路大地震)を契機として住宅の安全性や耐用年数の長期化への関心が高まり、「建築基準法」を始めとして関連の政令、建設省告示等の改正施行に伴い、従来の仕様規定優先から性能規定重視となり、屋根材については台風や地震時に瓦が飛散、脱落しない耐風圧耐震性能が求められるようになった。

粘土瓦単体の品質はJIS A 5208に形状寸法、強度等が規定されている。ところが瓦屋根として葺きあがった施工状態での耐風圧耐震性能の試験法は公定試験としては確立されていない。そこで、耐風圧性能評価法について、平成6年度に建設省技術評価制度「中層建築物における耐風型勾配屋根の開発」で提示された方法に準拠した試験装置を導入して耐風圧性能評価法を検討した。

2. 関連法令と評価法の関係

粘土瓦等の屋根葺き材の耐風圧性能評価は、建設省告示第1348号(旧告示第109号)に「荷重、外力により脱落、浮き上がりを起こさないよう取り付けること。」と規定されている。また、告示第1454号では、日本建築学会編「建築物荷重設計指針・同解説(1993)」に示されている全国149ヶ所の気象官署における26～63年間の観測資料から作成された風速マップを基に再検討し、全国を風速30～46m/sの範囲とし、2m/s間隔で9地域に区分している。さらに、第1458号では、住宅の密集度や建築物の棟高さ等を考慮した速度圧及び風圧の計算方法が規定されている。その計算式を次式に示す。

$$\bar{q} = 0.6 \cdot E_r^2 \cdot V_0^2$$

$$W = q \cdot \hat{C}_r$$

\bar{q} : 平均速度圧 (N/m²)

E_r : 告示第1454号第1項に定める数値

本研究では $E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha$ により計算した。

H: 平均屋根高さ(10m)

Z_G : 450

α : 0.2

W: 風圧[風荷重] (N/m²)

C_f : ピーク風力係数(-2.5)

本研究の耐風圧性能は、この計算式に基づいて表記することとした。

3. 実験方法

3.1 評価法の検討

粘土瓦等屋根材の耐風圧性能試験としては風洞実験や、圧力箱式動風圧試験、静的荷重による引張試験等がある。風洞実験は昭和56年に全国陶器瓦工業組合(社)全国瓦工事業連盟が共同で、ミニチュア瓦を使用して建設省建築研究所で行われたが、実物大の瓦での実験は行われたことはない。また、圧力箱式動風圧試験装置による耐風圧性能試験は、JIS A 1515「建具の耐風圧試験方法」アルミサッシ等の建築用建具に適用されているが、重ね部分が多い屋根葺き材には適用することはできない。

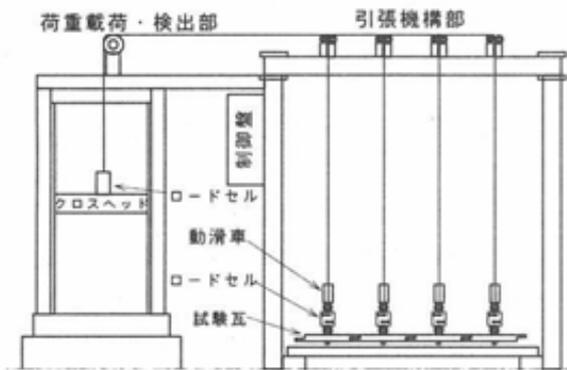


図1 瓦用耐風圧性能評価試験装置

そこで、本研究では建設省技術評価制度「中層建築物における耐風型勾配屋根の開発」で提示された引張試験法の耐風圧試験機のイメージ図に準拠した瓦用耐風耐震試験機(碧南特殊機械(株)製)を製作導入した。装置の概要図を図1に示す。また、試験装置を写真に示す。この引張試験方式の耐風圧性能試験は、「野地板・瓦棧・瓦」を試験装置架台上に施工して複数枚の試験瓦を一定速度又は一定荷重で引張り、規定の変位高さに達した時点の応力を耐風圧性能とすると定義づけしている。試験瓦の施工概略図を図2、3に示す。

本研究では、全国陶器瓦工業組合連合会及び(社)全国瓦工事業連盟が共同で作成している「瓦屋根標準施工ガイドライン(案)」で提案され、台風や強風時の「風の息」で発生する屋根材のフラクティング現象を再現したサイクル法(以下150回サイクル試験法)と前述の建設省技術評価制度に規定された1回引張法(以下単一試験法)について検討した。

150回サイクル試験法は、1サイクル時約10~20秒、サイクル回数150回とし、150サイクル終了後に瓦見付部の浮き上がり(以下変位量)50mm時点の荷重、又は防災瓦については嵌合部が破断した時点の荷重を耐風圧性能とした。単一試験法は簡易試験法としての位置付けであり、引張速度1000mm/minで変位量50mm時点の荷重、又は防災瓦については嵌合部が破断した時点の荷重を耐風圧性能とした。

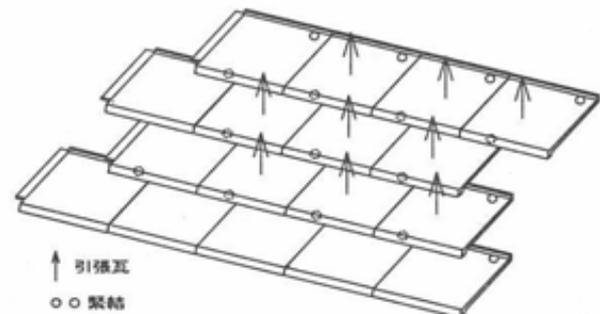


図2 F形棧瓦施工図

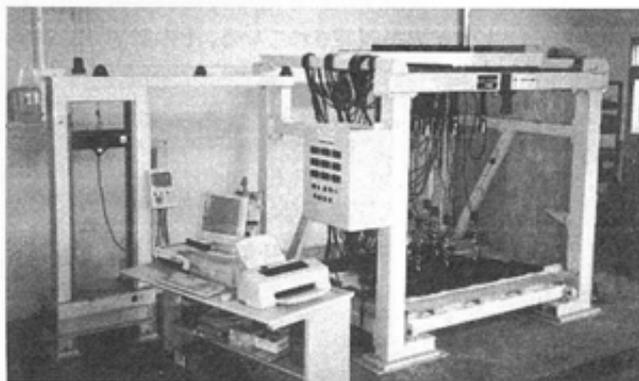


写真 瓦用耐風圧性能評価試験装置

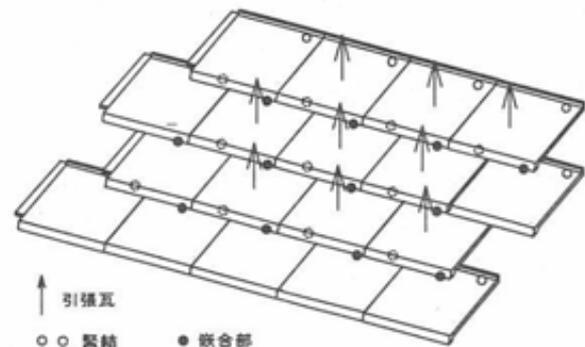


図3 防災F形棧瓦施工図

野地板等下葺き材は、垂木は米松製 (W45 × H45 × L2000 mm) を使用して 450mm 間隔とした。その垂木上に構造用合板 (W900 × H12 × L1810mm)、杉材瓦棧 (W30 × H15 × L2000 mm) を施工し試験架台とした。

3.2 150回サイクル試験法

F形棧瓦、防災F形棧瓦各 3 種類について、緊結材の種類、同一試験瓦での試験回数を 3 回とし繰返し再現性等を検討した。サイクル荷重条件は、「瓦屋根標準施工ガイドライン(案)」に準じてF形棧瓦の有効瓦枚数を 10.5 枚、防災F形棧瓦は 14 枚とし、基準風速はそれぞれ 30m、46m とした。また、引上げ瓦 1 枚当りのサイクル荷重は次式により算出し、引上げ瓦枚数で除した荷重である。

$$\text{引上げ荷重} = \frac{\text{風圧(N/m}^2\text{)} \times \text{有効瓦枚数} \times \text{面積(m}^2\text{)}}{\text{引上げ瓦枚数}}$$

3.3 単一試験法

F形棧瓦 2 種類、防災F形棧瓦 3 種類について、緊結材の種類、同一試験瓦での繰返し再現性等を検討した。繰返し回数は 3 回とした。耐風圧性能評価は 3.2 項による。

4. 実験結果及び考察

4.1 150回サイクル試験法

緊結材に回転防止付スクリュー釘 (#12 × L65mm) 及びコーススレッド釘 (φ4.2 × L57mm) を使用した耐風圧性能結果を表 1、2 及び 3 に示す。表中の速

度圧 (N/m²) は、同一試験瓦での試験回数 3 回の最高、最低値で表記した。また、風圧 [風荷重] (N/m²)、単純風速 (m/s) 及び風力係数換算風速 (m/s) は、平均速度圧 (N/m²) から算出した。

繰返し再現性については、F形棧瓦A及び防災F形棧瓦Aの緊結材回転防止付スクリュー釘の耐風圧性能結果で検討した。

表 1 に示す回転防止付スクリュー釘の耐風圧性能は、F形棧瓦では平均速度圧、風圧は約 3% 以内の誤差であるが、風力係数換算風速では約 2% 以内である。

緊結材の種類の違いによる耐風圧性能は、F形棧瓦Aでは、回転防止付スクリュー釘と表 2 に示したコーススレッド釘を比較した場合、コーススレッド釘の耐風圧性能は風力係数換算風速で 7m/s と耐風圧性能が向上している。言い換えれば、回転防止付スクリュー釘では基準風速 (V₀) 34m/s 地域であるが、コーススレッド釘では、40m/s 地域に該当する耐風圧性能である。また、F形棧瓦Bも同様に表 3 に示したように緊結材をタッピングねじに変更することにより、耐風圧性能は向上する。

防災F形棧瓦の耐風圧性能はいずれの試験瓦も、風力係数換算で 70m/s 以上の耐風圧性能である。また、F形棧瓦Aに嵌合構造を付加させた防災F形棧瓦は、耐風圧性能が約 2 倍以上向上している。

表 4 に緊結材に回転防止付スクリュー釘を使用した繰返し再現性結果は、F形棧瓦は風圧で比較すると最高値と最低

表 1 緊結材回転防止付スクリュー釘の耐風圧性能試験結果

試験瓦	速度圧 (N/m ²)		平均速度圧 (N/m ²)	風圧 [風荷重] (N/m ²)	単純風速 (m/s)	風力係数換算風速 (m/s)
	最高	最低				
F形棧瓦A	1146	1053	1098	439	53.9	34.2
F形棧瓦B	1074	1059	1068	427	53.1	33.6
防災F形棧瓦A	5500	4930	5261	2104	118	74.6
防災F形棧瓦B	4948	4540	4714	1886	112	70.5
防災F形棧瓦C	4975	4515	4698	1880	111	70.5

表 2 緊結材コーススレッド釘の耐風圧性能試験結果

試験瓦	速度圧 (N/m ²)		平均速度圧 (N/m ²)	風圧 [風荷重] (N/m ²)	単純風速 (m/s)	風力係数換算風速 (m/s)
	最高	最低				
F形棧瓦A	1676	1520	1606	642	65.2	41.2
F形棧瓦C	1233	1218	1227	491	57.0	36.0

表 3 緊結材タッピングねじの耐風圧性能試験結果

試験瓦	速度圧 (N/m ²)		平均速度圧 (N/m ²)	風圧 [風荷重] (N/m ²)	単純風速 (m/s)	風力係数換算風速 (m/s)
	最高	最低				
F形棧瓦B	1400	1332	1377	551	60.3	38.2

表4 緊結材回転防止付スクリュー釘の耐風圧性能試験結果

試験瓦	回	速度圧(N/枚)		速度圧(N/m ²)	風圧[風荷重](N/m ²)	風力係数換算風速(m/s)
		最高	最低			
F形棧瓦A	1	124	111	1146	459	34.8
	2	115	95	1053	421	33.4
	3	118	104	1095	438	34.0
	平均	119	103	1098	439	34.1
防災F形棧瓦A	1	698	634	5500	2070	74.0
	2	743	666	5134	2130	76.3
	3	667	609	4930	1972	72.1
	平均	703	636	5188	3059	74.1

値の差は 21N/m²で平均値の 5%以内、同様に防災F形棧瓦Aは 158 N/m²、約 5%であり、再現性は良いと推定できる。

4.2 単一試験法

緊結材に回転防止付スクリュー釘の耐風圧性能評価結果を表 5 及び 6 に示す。150 回サイクル試験法に比較して、いずれの試験瓦も風圧で 100N/m²、風力係数換算風速では 2m/s 以下の増加であり、耐風圧性能評価法として活用が可能である。また、繰返し再現性も防災 F 形棧瓦の速度圧で考察する限り、最高値と最低値の差が 150N/m²以下であり再現性も良い。

粘土瓦の耐風圧性能評価法として 150 回サイクル試験法と単一試験法の 2 試験法について検討を行ってきたが、ほぼ同一重量、同一形状の瓦であっても、耐風圧性能が異なる。嵌合構造を付加させた場合と付加させない場合、釘穴位置違いなどによる耐風圧性能について考察を試みた。考え方を図 4 に示す。これらの関係は、瓦を緊結する釘等の位置と風圧による瓦の浮き上がり荷重の関係から「てこ」原理により、必要な緊結力を計算することを試みるものである。ここで

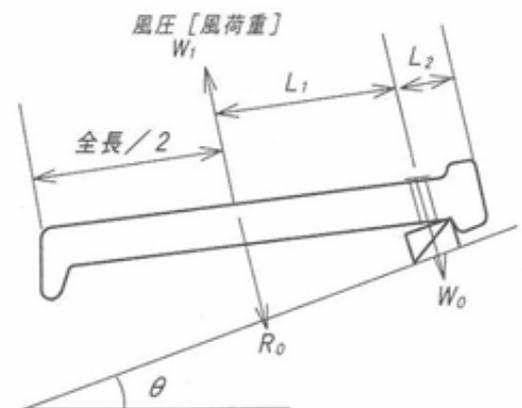


図4 緊結力と耐風圧力の関係

$$R_0 = \text{瓦の重量} \times \cos \theta$$

θ は屋根勾配

$$W_1 = \text{風圧[風荷重]}$$

$$W_0 = \text{緊結材の緊結力}$$

$$W_0 = \frac{L_1 + L_2}{L_2} W_1 - R_0$$

表5 回転防止付スクリュー釘の単一試験法耐風圧性能試験結果

試験瓦	速度圧(N/m ²)		平均速度圧(N/m ²)	風圧[風荷重](N/m ²)	単純風速(m/s)	風力係数換算風速(m/s)
	最高	最低				
防災F形棧瓦A	5600	5438	5539	2215	113	76.5
防災F形棧瓦B	4948	4827	4907	1963	114	72.0
防災F形棧瓦C	5066	4749	4874	1949	114	71.8

表6 コーススレッド釘の単一試験法耐風圧性能試験結果

試験瓦	速度圧(N/m ²)		平均速度圧(N/m ²)	風圧[風荷重](N/m ²)	単純風速(m/s)	風力係数換算風速(m/s)
	最高	最低				
F形棧瓦A	1826	1801	1816	726	69.3	43.8

表7 釘穴位置

試験瓦	引掛け剣からの距離 (mm)
F形棧瓦A	13
F形棧瓦B	14
F形棧瓦C	6~7
防災F形棧瓦A	13
防災F形棧瓦B	9
防災F形棧瓦C	10

「支点」は瓦の引掛け剣尻が椽木と接する位置とし、「力点」は緊結釘が打たれている位置とし、「作用点」は瓦の全長・全幅の中心とする。このような考え方が成立すると仮定すれば、一般的なF形棧瓦で釘穴位置と引掛け剣を15mm離し、釘穴と全長・全幅の中心位置の距離が150mmとすれば緊結力は風圧の11倍程度必要となる。しかし、一般的なスクリュー釘等の引抜抵抗は全荷重で200~250N程度である。一方、棟高さ10m、基準風速(V_0)34m/s地域の風圧は瓦1枚当たり約110N程度となる。緊結力はこの11倍必要となり、緊結力確保は困難となる。

本研究で使用した試験瓦の釘穴位置を表7に示す。釘穴径の大きさを無視すれば、この釘穴位置が引掛け剣に近いほど耐風圧性能が低くなることが考えられる。

5. むすび

粘土瓦の耐風圧性能評価法についてF形棧瓦及び防災F形棧瓦を使用して耐風圧性能評価法を検討した結果、次のことがわかった。

- (1) 150回サイクル試験法に比較して単一試験法は、風圧[風荷重]で100N/m²、風力係数換算風速2m以内の増加であり、耐風圧性能評価法として150回サイクル試験と同様有効な評価法である。
- (2) 150回サイクル試験法における繰返し再現性を検討した結果、風圧[風荷重]で最高値と最低値の差は平均値の2%以内であった。
- (3) 単一試験法はにおける繰返し再現性は防災F形棧瓦で考察した結果、速度圧で最高値と最低値の差が150N/m²以下であり再現性は良い。
- (4) 穴径の大きさを無視すれば、釘穴位置が引掛け剣に近いほど、耐風圧性能が低くなることが類推できた。

平成7年の兵庫県南部地震を契機として、「建築基準法」を始めとして関連の政令、建設省告示等の改正施行に伴い、性能規定重視となり、粘土瓦等屋根材も耐風圧性能等の構造計算が求められている。そのためにも、粘土瓦業界が本研究成果の耐風性能評価法を活用して、耐風圧性能がより優れた防災瓦等の開発に期待する。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、評価試験方法について適切なご助言、ご指導くださいました国土交通省建築研究所岡田恒第三研究部長に感謝いたします。また、多くの試験体をご提供くださいました愛知県陶器瓦工業組合員各社に感謝いたします。