

粘土瓦の防水性能評価法

伊藤 征幸 加藤 勝正 長谷川龍三

Method of Evaluation on Watertightness of Clay Roofing Tiles

by

Tatsuyuki ITO, Katsumasa KATO and Ryuzo HASEGAWA

粘土瓦の性能はJIS等の規格で定められているが、瓦屋根として組み上がった建築部材としての防水性能を評価する確立した試験法はない。そこで圧力箱方式による評価法を検討した。

その結果、標準施工試験と葺材試験の各評価法を確立した。標準施工試験は通常の下地材（野地板・アスファルトルーフィング等）がある状態に施工して行い、瓦屋根の防水性能の評価法に適用する。試験条件は通常では試験時間は20分、雨量に相当する散水量は $1 \sim 4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ の範囲で、風圧に相当する圧力は 60 kgf/m^2 まででよい。葺材試験は粘土瓦だけで屋根組みした試験で、瓦の外形形状、表面デザインや水返し構造を評価するのに有用であり、瓦の形状や水返し構造等の改良が容易となり、粘土瓦の防水性能向上が図れる。

1. まえがき

屋根に整然と並べられた瓦は家屋の美しさをひきたてている。しかし、瓦本来の使命は外界の厳しい自然環境から家屋を守ることにある。中でも雨水を完全に遮断するという重大な役割がある。

瓦には1400年の人間の英知が集約され、雨仕舞に強い現在の形状が生まれた。ところが最近になり、住宅形状の多様化とともにデザイン面を重視した和洋折衷住宅向きの平板系瓦などの開発がどんどん進められている。

平板瓦は、谷部を雨水が流れることを配慮した従来の和形、S形瓦等に比べて、防水という点からは理屈に合わない形をしている。従って水返し構造など雨仕舞に対して十分工夫をこらした設計が求められる。

新製品開発に当たってはそれに応じた試験法による評価が必要となる。また、従来の製品においてもより快適な生活空間を提供する上からも一層高度な技術改善を加え、品質保証していく必要がある。粘土瓦単体の品質はJIS等で寸法、強度等の定めがある。ところが瓦屋根として葺き上がったときの防水性能の試験法は定めがない。防水性能を手早く判定できる評価技術の確立が急務である。

他の分野で用いられている防水試験方法としては、散水しながら送風機により実際に風を送る方法と、散水しながら風に相当する風圧を加える方法がある。前者は強風雨発生方式と呼ばれ、自然に近い風雨状態の再現は容易であるが装置は大掛かりとなる。後者は圧力箱方式で、実験室レベルで自然の風雨状態を模擬的に再現できるよう考案されたものである。ここでは装置の規模、試験の条件設定等を考慮して圧力箱方式による評価法の検討を行った。

2. 実験方法

圧力箱方式による防水性能試験はJIS A 1414「建築用構成材（パネル）およびその構造部分の性能試験方法」に水密試験の規定がある。この試験はアルミサッシ、コンクリート壁パネル、鉄鋼系壁パネル等の水密性の高い製品を対象としている。そのため粘土瓦等の重ね部分が多い屋根葺材にはそのまま適用することはできない。

そこで本研究では粘土瓦の試験に適合するように散水ノズル等を改良した。装置の概要図を図1に示す。

防水性能試験の操作手順は図2のとおりである。

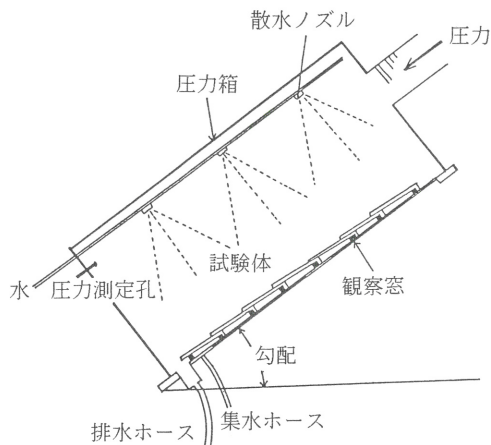


図1 装置の概要図

試験体取付台に粘土瓦を標準施工の引掛空葺工法により施工し試験体とする。圧力箱をセットし、試験勾配を設定する。試験操作を開始する前に試験体の安全性を確認する目的で試験条件で採用する最大圧力を加え、試験体に異状のないことを調べておく。散水ポンプを起動し、所定の散水量を設定する。その後に風圧に相当する試験圧力を設定する。試験体取付台裏面の観察窓から漏水状況を観察し、粘土瓦の防水性能を判定する。

2.1 評価法の試験条件

2.1.1 試験時間

国内の降水量記録の上位10位までの記録を表1、2に示す。この記録から集中的に降る強雨は短時間であり、1～2時間も持続して降ることはほとんどない。そこで試験時間は10～30分の間で10分間隔で検討した。

2.1.2 試験勾配

瓦屋根の漏水は屋根勾配の影響を受けやすい。実際に施工する勾配を考慮して25/100～45/100の間で10/100間隔の3段階で検討した。併せて、散水量は1時間降水量60～240mmに相当する1～4 $\text{l/m}^2 \cdot \text{min}$ の範囲で1 $\text{l/m}^2 \cdot \text{min}$ 間隔で検討した。

2.1.3 試験圧力

圧力設定は風速0～20m/sに相当する0～25 kgf/m^2 の範囲で、0.5及び25 kgf/m^2 の3段階で検討した。散水量は前項と同じ条件とした。

なお、風速と圧力（速度圧）の関係は建築学会

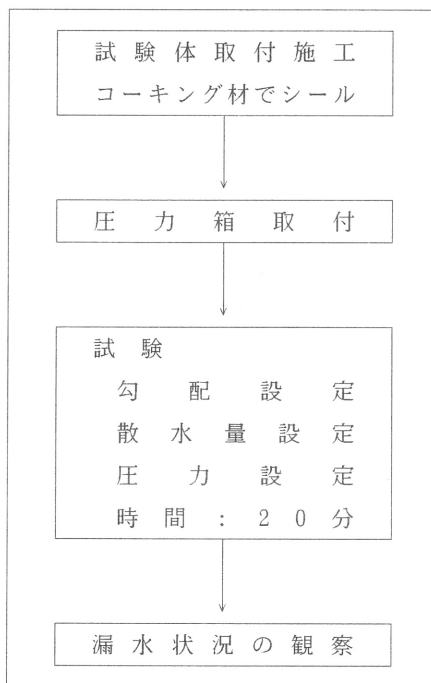


図2 試験操作手順

等で用いられている次式で近似した。

$$q(\text{kgf/m}^2) = V^2 / 16$$

q : 速度圧

V : 風速 (m/s)

2.2 評価法

試験を開始した時点から、試験体裏面からの漏水状況等を観察し、放水性能を判定する表現方法について検討した。

なお、粘土瓦の防水性能の評価としては、このように実際の屋根に瓦を施工した状態を評価する試験が必要であるが、雨仕舞に強い粘土瓦の形状開発や漏水を防ぐための水返し構造を改良するための試験も重要である。そこで試験方法は次の2種類について検討した。

① 標準施工試験

野地板・アスファルトルーフィング等の下地材がある状態を、模擬的に再現させて標準施工に近い状態の試験体を用い、瓦屋根としての防水性能を評価する試験法である。試験体の大きさは最大

2 m × 2 mとした。

② 葺材試験

試験方法は、ほぼ標準施工試験と同じであるが、下地材がなく開放状態で瓦裏面を外気と直接に接しさせ、風雨に相当する散水量と圧力の影響を敏感に受けるようにした試験体を用いた。

そのため、散水量と圧力の試験条件は比較的低い条件設定で各種形状の粘土瓦の防水性能が効率良く評価できる試験法である。

3. 実験結果及び考察

3.1 評価法の試験条件

3.1.1 試験時間

雨量に相当する散水量 $1 \sim 4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ のときの時間経過と漏水現象の状況を表3に示す。

試験時間が10分の場合は散水量が少ない条件で繰返し試験を行った場合、「異状なし」や「水滴付着」など漏水状況にばらつきを生じ再現性が悪い。20分になると散水量が多い場合は試験体裏面の観察窓に微細な水滴が付着してやや曇るが、漏水している部位の確認が明確であり再現性も良い。また、30分では散水量が多いと観察窓の曇りが激しく漏水している部位の確認が困難となる。従って評価法の標準的な試験時間は20分が良い。

3.1.2 散水量と勾配の関係

散水量と勾配の関係を検討した結果を表4に示す。散水量が同一であれば、勾配を25/100から45/100の範囲で変化させても漏水状況にはほとんど変化はない。

散水量が多くなるに従い漏水が顕著になり、3

$\text{l/m}^2 \cdot \text{min}$ 以上になると下地材相当面を流れ落ちるようになる。これは雨滴に相当する水滴が瓦表面で跳ね返り、瓦の重ね部からしぶき状で浸入・漏水し流れ落ちるためである。このことから瓦屋根の漏水状況は風圧の影響を受けない状態では、勾配の違いによる影響より雨量に相当する散水量の影響が大きいことが分かった。

3.1.3 散水量と圧力の関係

散水量と圧力の関係を検討した結果を表5に示す。散水量 $1 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ 、圧力 0 kgf/m^2 では漏水は見られないが、圧力が $5, 25 \text{ kgf/m}^2$ と高くなるに従い、粘土瓦の縦重ね部に水滴が付着する。

散水量 $2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ 以上では漏水状況は水滴付着又は流れ出しの状態となるが、 $5, 25 \text{ kgf/m}^2$ と圧力を増加させても、漏水状況の変化はあまり変わらない。これは瓦屋根の下地材があると、裏面の気密性が高く粘土瓦の表側と裏側が等圧（オープンジョイント）となり、圧力の影響を受けにくくなるためである。

3.2 判定基準

漏水状況を観察した結果、漏水箇所は縦重ね部、横重ね部、三枚重ね部の3部位であった。また、漏水状況の判定基準は異状なし、にじみ出し、水滴付着、流れ出し、吹き出しの5段階で表現できる。

標準施工試験の漏水状況は、散水量が多くなるに従い、漏水状況は「水滴付着」、「流れ出し」と変化するが、圧力を高くしても、瓦裏面の気密性が高く瓦の表側と裏側が等圧となり、圧力の影響を受けにくく漏水状況は「流れ出し」の段階までであり、「吹き出し」の状態とはならない。

表1 10分間降水量

地 名	降水量(mm)	年 月 日	気 象 条 件
足摺岬(高知)	49.0	1946. 9. 13	低気圧
幸物(長崎)	43.0	1982. 7. 23	前線
石巻(宮城)	40.5	1983. 7. 24	前線
秩父(埼玉)	39.6	1952. 7. 4	雷雨
洲本(兵庫)	39.2	1949. 9. 2	雷雨
軽井沢(長野)	38.5	1960. 8. 2	高気圧周辺・湿舌
石垣島(沖縄)	38.2	1937. 3. 30	雷雨
潮岬(和歌山)	38.0	1972. 11. 14	低気圧
室戸岬(高知)	38.0	1942. 9. 17	低気圧
川口湖(山梨)	37.3	1960. 8. 2	低気圧

表2 1時間降水量

地 名	降水量(mm)	年 月 日	気 象 条 件
長与(長崎)	187	1982. 7. 23	前線
福井(徳島)	167.2	1952. 3. 22	低気圧
富士宮(静岡)	153.0	1972. 8. 24	雷雨
多良間(沖縄)	152	1988. 4. 24	低気圧
足摺岬(高知)	150.0	1944. 10. 17	前線
山口(徳島)	147.0	1972. 7. 5	湿舌(太平洋高圧周辺)
潮岬(和歌山)	145.0	1972. 11. 14	低気圧
西郷(長崎)	144.0	1957. 7. 25	前線
日和佐(徳島)	141.0	1972. 9. 14	前線
木ノ宮(長崎)	141	1967. 7. 9	低気圧・前線

表3 散水量と試験時間の関係

(勾配 45/100 ・ 圧力 0kgf/m²)

散水量 ($\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$)	試験時間 (min)	漏水状況
1	10	異状なし
	20	異状なし(観察窓やや曇る)
	30	”(観察窓曇り、観察不可能)
2	10	水滴付着
	20	水滴付着(観察窓やや曇る)
	30	流れ出し(観察窓曇り、漏水部位の確認不可能)
3	10	水滴付着
	20	流れ出し(観察窓やや曇る)
	30	流れ出し(観察窓曇り、漏水部位の確認不可能)
4	10	流れ出し
	20	流れ出し(観察窓やや曇る)
	30	流れ出し(観察窓曇り、漏水部位の確認不可能)

葺材試験は粘土瓦のみによる試験のため、圧力の比較的低い試験条件で開始直後から気流とともに水が吹き出す、「吹き出し」の漏水状況が観察された。

3.3 本評価法の適用例

前項の試験操作により各種形状の粘土瓦について試験を行った。その結果を表6に示す。

標準施工試験では和形及びS形棧瓦は45/100の標準勾配で $1.5\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ のとき縦重ね部より水滴が浸入し下地材相当面に付着する現象が見受けられる。散水量が多くなると付着量が増加し、 $4\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ では流れ出す状態となる。圧力を25, 60kgf/m²と順次加えても、瓦の表側と裏側の圧力差があまり生じないため漏水量はそれほど増えない。

平板瓦は45/100の標準勾配で、一部の瓦を除いて散水量 $2\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ では漏水は認められない。特に、平板瓦Aでは散水量 $4\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ 、圧力25kgf/m²の条件でも漏水は認められなかった。平板瓦B及びCは散水量 $4\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ 、圧力0kgf/m²で漏水は認められず良好であった。

表4 散水量と勾配の関係

(試験時間 20min ・ 圧力 0kgf/m²)

勾配	散水量 ($\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$)	漏水状況
45/100	1	異状なし(観察窓やや曇る)
35/100		異状なし(観察窓やや曇る)
25/100		異状なし(観察窓やや曇る)
45/100	2	水滴付着(観察窓やや曇る)
35/100		水滴付着(観察窓やや曇る)
25/100		水滴付着(観察窓やや曇る)
45/100	3	流れ出し(観察窓やや曇る)
45/100	4	流れ出し(観察窓やや曇る)

表5 散水量と圧力の関係

(試験時間 20min ・ 勾配 45/100)

散水量 ($\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$)	圧力 (kgf/m ²)	漏水状況
1	0	異状なし
	5	縦重ね部水滴付着(一部分)
	25	縦重ね部水滴付着(やや多い)
2	0	縦重ね部水滴付着(一部分)
	5	縦重ね部水滴付着(やや多い)
	25	縦重ね部水滴付着(やや多い)
3	0	縦重ね部流れ出し
	5	縦重ね部流れ出し(やや多い)
	25	縦重ね部流れ出し(やや多い)
4	0	縦重ね部流れ出し(やや多い)
	5	縦重ね部流れ出し(やや多い)
	25	縦重ね部流れ出し(やや多い)

表6 防水性能試験結果

試験体	勾配	散水量 ($\ell/\text{m}^2 \cdot \text{min}$)	圧力 (kgf/m^2)	漏水	状況
				標準施工試験	登材試験
和形棧瓦 長さ 305mm 幅 305mm	45/100	1	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		1.5	0	縦重ね部水滴付着	
		1.5	25	縦重ね部水滴付着	
		1.5	60	縦重ね部水滴付着	
		2	0	縦重ね部水滴付着	
		4	0	縦重ね部流れ出し	
		4	25	縦重ね部流れ出し	
		4	60	縦重ね部流れ出し	
S形棧瓦 長さ 310mm 幅 310mm	45/100	2	5		縦重ね部吹き出し
		1	0	異状なし	
		1.5	0	縦重ね部水滴付着	
		1.5	25	縦重ね部水滴付着	
		2	0	縦重ね部水滴付着	
		4	0	縦重ね部流れ出し	
		4	25	縦重ね部流れ出し	
		2	5		
平板瓦 A 長さ 340mm 幅 250mm	45/100	2	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		2	25	異状なし	
		2	60	異状なし	
		4	25	異状なし	
	35/100	4	5		縦重ね部吹き出し
		2	0	異状なし	
		2	5		
		2	5		
平板瓦 B 長さ 295mm 幅 400mm	45/100	2	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		3	0	異状なし	
		3	5	横重ね部水滴付着	
		3	10	横重ね部流れ出し	
	30/100	4	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		2	0	異状なし	
		2	5	異状なし	
		2	5		
平板瓦 C 長さ 375mm 幅 335mm	45/100	2	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		3	0	異状なし	
		4	0	異状なし	
		2	25	横重ね部水滴付着	
	35/100	4	25	横重ね部水滴付着	縦重ね部吹き出し
		2	5		
		4	0	異状なし	
		4	25	横重ね部水滴付着	
平板瓦 D 長さ 335mm 幅 375mm	45/100	2	0	横重ね部水滴付着	縦重ね部吹き出し
		3	0	横重ね部水滴付着	
		4	0	横重ね部水滴付着	
		2	25	横重ね部流れ出し	
	35/100	4	25	横重ね部流れ出し	縦重ね部吹き出し
		2	5		
		4	0	横重ね部流れ出し	
		2	5		
平板瓦 E 長さ 260mm 幅 426mm	45/100	2	0	横重ね部水滴付着	縦重ね部吹き出し
		3	0	横重ね部水滴付着	
		4	0	横重ね部水滴付着	
		2	25	横重ね部流れ出し	
	35/100	2	5		縦重ね部吹き出し
		4	0	横重ね部水滴付着	
		4	25	横重ね部流れ出し	
		2	5		
平板瓦 F 長さ 350mm 幅 345mm	35/100	2	0	異状なし	縦重ね部吹き出し
		2	25	異状なし	
		3	0	横重ね部水滴付着	
		3	25	横重ね部水滴付着	
		4	0	横重ね部水滴付着	
		4	25	横重ね部水滴付着	
		2	5		
		2	5		
平板瓦 G 長さ 350mm 幅 345mm	45/100	2	0	異状なし	横重ね部吹き出し
		2	25	異状なし	
		3	0	異状なし	
		4	0	横重ね部水滴付着	
		4	25	横重ね部水滴付着	
		4	60	横重ね部水滴付着	
		3	5		
		3	5		

平板瓦Cは圧力 $25\text{kgf}/\text{m}^2$ の条件では横重ね部に水滴が付着する程度の漏水が認められた。平板瓦D及びEは散水量 $2\text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ の条件で横重ね部から流れ出す程の漏水が認められた。

漏水が起こる部位は全般的に横重ね部であり、特に長さ寸法が短い形状の瓦や瓦の先端部（見付部）が厚く、戻り勾配が大きい形状の瓦ほど漏水が顕著である。30/100や35/100の緩勾配では、標準的な45/100勾配と比較して顕著な差は見られなかった。

なお、水滴が付着する程度の漏水では、最近の下地材の品質や施工技術を考えると屋根裏への漏水の心配はない。漏水の程度により、葺材としてどれくらいまで容認できるかが今後の課題である。一般住宅の屋根は粘土瓦だけで構成されているのではなく、下地材との組み合わせにより施工されており、両者が互いに補完しあっている。

一方、葺材試験は下地材を用いず、粘土瓦のみで施工し、標準施工試験に比べ風圧の影響を故意に受けやすくしたものである。そのため瓦形状の違いや瓦の葺き方の違いなどの防水性能の効率良く評価できる特徴がある。

散水量 $2 \sim 3\text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 、圧力 $5\text{ kgf}/\text{m}^2$ の比較的弱い試験条件で、縦重ね部から気流とともに水が吹き出す状態が分かる。また、一部の瓦では横重ね部から吹き出す状態が観察された。これらのことから瓦の表面デザインや水返し構造のわずかな違いによる漏水量や漏水部位の差異が情報として得られる。

また、瓦の外形寸法や筋葺き・千鳥葺きなど瓦の葺き方の違いや、瓦の重なり方でも気流の吹き出し方も異なるので、それに応じて表面デザインも含めた瓦形状や水返し構造等を改良するのに有用である。

3.4 粘土瓦防水性能試験

前項までの結果をもとに、『圧力箱方式による粘土瓦防水性能試験方法（案）』を付記に提案する。

4. まとめ

(1) 粘土瓦の防水性能試験法として、標準施工試験と葺材試験の2種類の評価法を確立した。

(2) 標準施工試験は下地材がある状態に粘土瓦を施工して行う試験方法で、瓦屋根としての防水性能を評価するのに適用する。

(3) 標準施工試験の通常の試験条件は、試験時間は20分、雨量に相当する散水量は $1 \sim 4\text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 、風圧に相当する圧力は最大 $60\text{ kgf}/\text{m}^2$ とする。

(4) 粘土瓦の形状や水返し構造等の防水性能の評価には葺材試験を適用する。

参考文献

- 1) 伊藤征幸, 竹内繁樹, 長谷川龍三, 愛知県常滑窯業技術センター, No.18, 29~34 (1991)
- 2) 日本気象協会編, 気象年鑑 (1991)

付 記

『圧力箱方式による粘土瓦防水性能試験方法(案)』

1. 適用範囲

この試験は建築物の主として粘土瓦で構成される屋根構成材の圧力箱方式による防水性能試験方法について適用する。

2. 試験体

試験体は試験体取付台に実際の瓦屋根施工方法に準じて施工し、試験体の大きさは最大 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ とする。試験体の周囲は空気等が漏れないようにコーキング材等でシールする。

3. 圧力箱の取付け

圧力箱の周囲から空気等が漏れないように試験体取付台に固定する。

4. 試 験

1) 勾配の設定: 圧力箱が取付けられた試験体取付台を試験条件の勾配に設定する。

標準的な勾配は45/100とする。ただし、勾配の条件変更は5/100間隔で変更させる。

2) 安全の確認: 試験最大の圧力を1分間加え、試験体の異状のないことを確認する。

3) 試 験: 試験体全面に所定の水量を散水し、所定の圧力を加える。散水量及び圧力の設定時間はそれぞれ約15秒とする。試験時間は20分とする。

なお、散水量は $1 \sim 4\text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ の範囲

とし、 $0.5\ell/\text{m}^2\cdot\text{min}$ 間隔、圧力は $5\text{kgf}/\text{m}^2$ 間隔で設定する。

5. 判定基準（漏水状況の観察及び判定）

試験体からの漏水部位及び漏水の程度を目視により観察する。

漏水部位

縦重ね部：屋根の棟に対して垂直方向が重なっている部分。

横重ね部：屋根の棟に対して平行方向が重なっている部分。

三枚重ね部：瓦と瓦の角部分が3枚重なっている部分。

漏水状況

異状なし：瓦重ね部より漏水現象が見られない状態。

にじみ出し：瓦重ね部が水で濡れてくる状態。

水滴付着：下地材相当面に水滴が付着する状態。

流れ出し：下地材相当面を水滴が流れ落ちる状態。

吹き出し：瓦重ね部より気流とともに水が吹き出す状態。

6. 結果の表示

試験結果は漏水発生時の散水量、圧力及び漏水状況をもって表示する。

