

耐漏水瓦の開発

伊藤 征幸 竹内 繁樹* 長谷川龍三

Development of Raintight Clay Roofing Tiles

by

Tatsuyuki ITO, Shigeki TAKEUCHI and Ryuzo HASEGAWA

粘土瓦の防水性を向上させる目的で、水返し構造と漏水機構を検討した結果、粘土瓦の重ね部からの漏水機構は毛細管現象による漏水ではなく、雨滴が瓦表面で跳ね返り、しぶき状で瓦裏面に浸入・漏水することが分った。

この結果をもとに2種類の耐漏水瓦（和形棧瓦，平板形瓦）を試作した。和形棧瓦の水返し構造は表面を三重水返し構造とし，さらに瓦裏面に一重の水返しを付加したインターロック方式を採用した。平板形瓦は表面のみに三重水返し構造とした。防水性能試験の結果，圧力 0 kgf/m^2 （相当風速 0 m/s ）では $45/100$ 勾配で散水量 $3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ （1時間降水量 180 mm ）まで漏水現象は見られず， $4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ （1時間降水量 240 mm ）で漏水現象は見られるものの漏水量は少なく，野地板相当面に付着する程度であり， $25/100$ 勾配の緩勾配では漏水量は $45/100$ 勾配よりやや増加する程度である。圧力 25 kgf/m^2 （相当風速 20 m/s ），散水量 $4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ で， $25/100$ 勾配の緩勾配でも従来形の瓦に比較し， $1/3$ 以下の漏水量であり良好な結果が得られた。

1. まえがき

高浜・碧南市を中心とする三河地区は，年間約6億枚を超える粘土瓦の主要生産地で，全国シェアの約40%の生産量があり，従来製品に加え，新製品開発が盛んである。新製品開発に当っては，屋根材の最も基本的な使命である防水性を維持し，緩やかな屋根勾配でも雨仕舞がよいことを考慮することが必要である。

そこで，粘土瓦の重ね部分からの漏水機構を検討し，防水性の高い水返し構造を持つ耐漏水瓦の開発を行った。

2. 実験方法

防水性の高い耐漏水瓦を開発するために，現在生産されている粘土瓦の漏水機構を検討するとともに，防水構造（以下水返し構造）を調査・分類し実態を把握して実験を行った。

2.1 圧力箱式漏水試験

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法」の水密試験に規定されている装置に準拠した圧力箱式漏水試験装置（本田工業㈱製）により，現在生産されている粘土瓦（和形・S形棧瓦）を使用して，漏水機構を解明する目的で漏水試験を行った。圧力箱式漏水試験装置の系統概念図を図1に，試験装置を写真1に，基本仕様を表1に示す。

試験条件として，散水量は $1 \sim 4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ で $1 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ 間隔，圧力は 0.25 kgf/m^2 ，試験時間は20分とした。試験体面積は 3.5 m^2 とし，和形棧瓦で56枚（8行×7列）である。漏水量は野地板相当面の最下部から集水溝で集水し計量した。

散水量を気象関係で表示されている「1時間降水量」に換算すると $1 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ が 60 mm ， $2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ が 120 mm ， $3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ が 180 mm 及び $4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ が 240 mm である。

なお，散水量 $4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ は「1時間降水量」換算で 240 mm になり，気象観測史上でも観測されていない豪雨に相当し，「10分間降水量」に換算すると 40 mm となり，観測史上10位以内の雨量¹⁾ である。

* 現商工部工業振興課

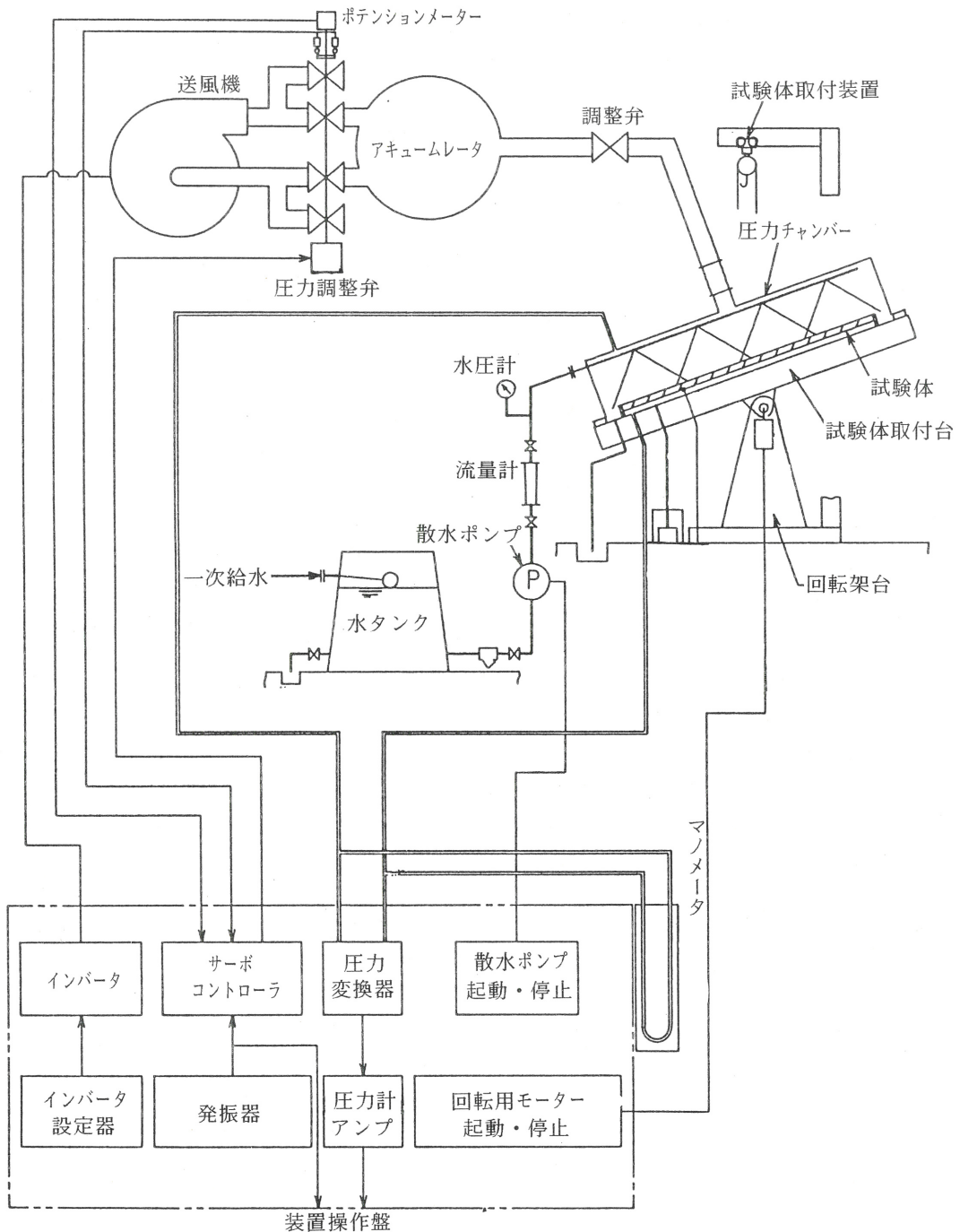


図1 圧力箱式漏水試験装置系統概念図

圧力を風速に換算する根拠としては、建築学会等で風速により生ずる速度圧（風圧）の計算に用いられている次式の簡便式²⁾により求めた。

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

q : 速度圧（風圧）

V : 風速

上式で圧力25kgf/m²に相当する風速は20m/sである。また0kgf/m²は無風状態の0m/sである。

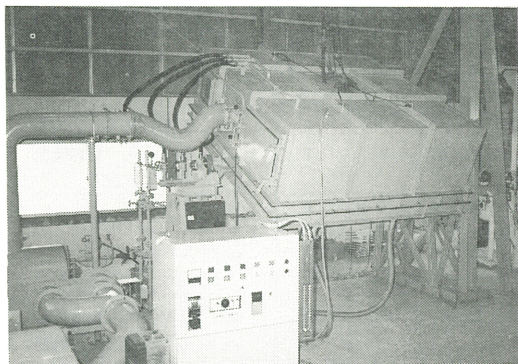


写真1 圧力箱式漏水試験装置

表1 圧力箱式漏水試験装置の基本仕様

散水量	0.2~4.0 $\ell / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ (降水量12~240 mm/hに相当),
圧力	最大 150 kgf / m^2 (風速換算 49 m / s) 脈動中心圧力 0~55 kgf / m^2 (風速換算 0~30 m / s)
試験体面積	最大 4 m^2 (W 2 $\text{m} \times$ H 2 m)
試験体角度	0~90° の範囲で任意の勾配に設定可能

2.2 水返し構造の防水性能試験

耐漏水瓦に採用する水返し構造を決定する目的で、前項で得られた漏水機構と、水返し構造の調査結果をもとに、従来形の水返し構造と防水性が高いと思われる水返し構造のモデル瓦を7種類試作し、簡易式漏水試験装置により防水性を定性的に評価した。図2に簡易式漏水試験装置を示す。試作したモデル瓦を図3に示す。大きさは和形棧瓦の谷部分でW190mm×L250mmとした。

試験条件として散水量は63, 84及び105 $\ell / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ 、試験時間は5分とした。試験体面積は0.095 m^2 (モデル瓦2枚)とした。

散水量を気象関係で表示されている「1時間降水量」に換算すると、それぞれ3780, 5040及び6300mmに相当し、台風等の気象条件でも考えられない程のぼう大な降水量であるが、簡易式漏水試験装置の散水量を多くしたのは、圧力箱式漏水試験装置の散水圧力が再現できないため、より苛酷な条件とした。

2.3 試作瓦の防水性能試験

前項で得られた結果をもとに、防水性の高いと思われる水返し構造の耐漏水瓦(和形棧瓦・平板

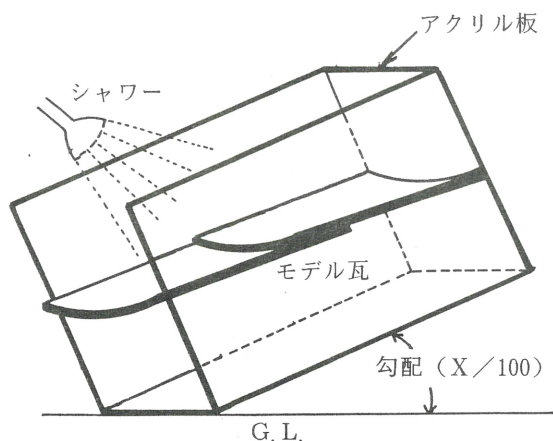


図2 簡易式漏水試験装置

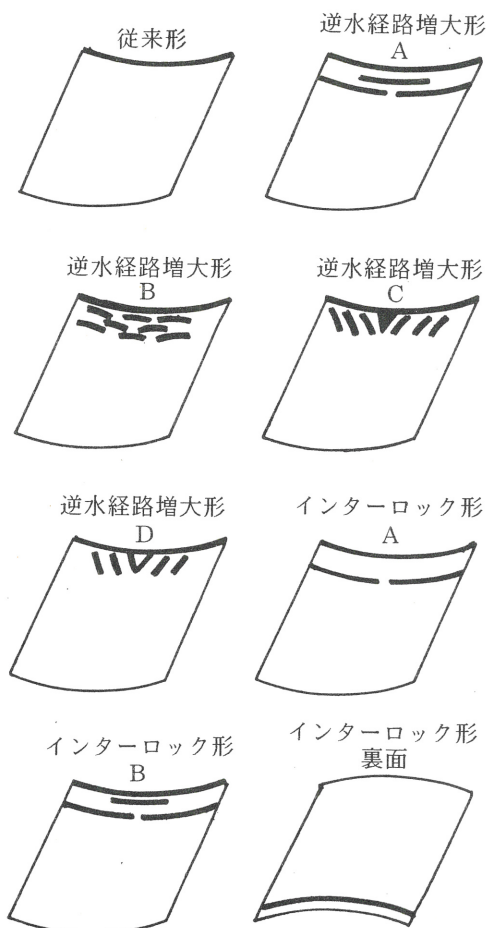


図3 モデル瓦模式図

形瓦)を試作し、圧力箱式漏水試験装置により、防水性能を検討した。散水量及び圧力等の試験条件は、2.1項と同様である。

試験体面積は和形棧瓦が 1.5 m^2 で24枚(8行×3列)とした。平板形瓦は 1.2 m^2 で20枚とし、3枚・2枚交互の「千鳥葺」で8行とした。

3. 実験結果と考察

3.1 漏水機構の解明

現在生産されている和形・S形棧瓦について圧力箱式漏水試験装置により、漏水機構を解明する目的で行った漏水試験結果を表2、3に示す。

圧力 0 kgf/m^2 で、標準的な屋根勾配である45/100勾配で散水量を変化させた試験では、和形棧瓦は散水量 $1\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ で漏水現象は見られないが、散水量が増加するにつれて、瓦の縦重ね部からしぶき状で浸入・漏水し、野地板相当面を流下するようになる。散水量 $4\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ では漏水量は $1.33\text{ ml/m}^2\cdot\text{min}$ であった。

またS形棧瓦も和形棧瓦と同様な現象であり、散水量 $1\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ で漏水現象は見られないが、散水量が増加するにつれて野地板面を流下し、散水量 $4\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ で漏水量は $1.74\text{ ml/m}^2\cdot\text{min}$ と多くなった。

このように和形棧瓦よりS形棧瓦の漏水量が多いのは縦重ね部の隙間が大きいことに起因すると思われる。

和形棧瓦により圧力 0 kgf/m^2 で、散水量を $4\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ に固定し、勾配を変化させた試験では、勾配が緩くなるにつれ、漏水量は増加し、

表2 従来品の漏水試験結果

勾配	散水量 ($\text{l/m}^2\cdot\text{min}$)	相当降水量 (mm/h)	漏水量 ($\text{ml/m}^2\cdot\text{min}$)		備考
			和形	S形	
45/100	1.0	60	—	—	漏水せず
45/100	2.0	120	0.00	0.00	縦重ね部よりしぶき状で浸入
45/100	3.0	180	0.25	0.20	縦重ね部よりしぶき状で浸入、野地板相当面より流下
45/100	4.0	240	1.33	1.74	同上

表3 従来品(和形棧瓦)の漏水試験結果

勾配	圧力 (kgf/m^2)	相当風速 (m/sec)	漏水量 ($\text{ml/m}^2\cdot\text{min}$)	備考
40/100	0	0	1.13	縦重ね部よりしぶき状で浸入、野地板相当面より流下
35/100	0	0	1.69	同上
30/100	0	0	1.59	同上
25/100	0	0	1.78	同上
45/100	25	20	2.62	縦重ね部よりしぶき状で浸入、瓦裏面をつたわり、野地板相当面より流下
25/100	25	20	3.48	同上

散水量： $4\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$

25/100勾配で $1.78\text{ ml/m}^2\cdot\text{min}$ となった。

圧力 25 kgf/m^2 、散水量 $4\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ の試験では瓦の縦重ね部からしぶき状で浸入・漏水し、瓦裏面をつたわり野地板相当面を流れるようになり、勾配を変化させた場合45/100勾配で $2.62\text{ ml/m}^2\cdot\text{min}$ 、25/100勾配で $3.48\text{ ml/m}^2\cdot\text{min}$ の漏水量であった。これらの漏水現象は縦重ね部からの漏水であり、瓦の横重ね部からの漏水現象は見られない。

漏水現象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瓦裏面に浸入・漏水することが分った。

松下は瓦の重ね部の隙間からの漏水現象は理論的に毛細管水位と風圧により浸入・漏水する³⁾と論じているが、現在生産されている粘土瓦は重ね部に水返し等を付加して改良されており、毛細管現象が生じない構造となっている。

3.2 水返し構造の設計と防水性

水返し構造の調査結果を表4に示す。調査結果から、①逆水経路増大形、②水返しの延長・追加形、③堤防形(高い水返し構造)等があり、最も有効な構造は、①逆水経路増大形であると思われるが、比較的単純な水返し構造が多い。

試作したモデル瓦の防水性を簡易式漏水試験装置により評価した。その結果を表5に示す。

従来の一重水返し構造は $84\text{ l/m}^2\cdot\text{min}$ の散水量で瓦の重ね部からの漏水は25/100勾配で認められる。逆水経路増大形A及びインターロック形Bは防水性がよく、20/100勾配の緩い勾配でも漏水は認められなかった。また、逆水経路増大形

Dは25/100勾配で漏水は認められなかった。

この結果から試作瓦の水返し構造は和形棧瓦は瓦表面に三重水返し構造と瓦裏面に一重の水返し

を付加したインターロック形を採用し、平板形瓦は逆水経路増大形の一つで、瓦表面に三重水返し構造を採用することとした。

表4 従来品の水返し構造の分類

品 名 類 形	和						本	S		洋						平					
	形 瓦 A	B	C	D	E	F	葺 瓦 A	形 瓦 A	B	形 瓦 A	B	C	D	E	F	板 瓦 A	B	C	D	E	F
水返しの延長・追加形		○	○	○		○		○													
逆 水 路 増 大 形	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○			○		○				○	○
堤防形（高い水返し）								○			○	○			○		○	○			
重 な り 増 大 形							○	○				○									○
千 鳥 葺 き 形													○				○				
雨 水 巻 込 防 止 形						○								○							
毛細管現象防止形								○											○		○

表5 試作モデル瓦の防水性

水返し構造	勾配	散水量		漏水の有無
		$l / m^2 \cdot min$	(mm/h)	
従来形	30/100	84	5040	無
	25/100	84	5040	有
	20/100	63	3780	有
逆水経路増大形A	20/100	84	5040	無
	20/100	105	6300	有
逆水経路増大形B	30/100	84	5040	無
	25/100	84	5040	有
	20/100	63	3780	有
逆水経路増大形C	30/100	84	5040	無
	25/100	84	5040	有
	25/100	63	3780	無
	20/100	63	3780	有
逆水経路増大形D	25/100	84	5040	無
	20/100	84	5040	有
	20/100	63	3780	有
インターロック形A	30/100	84	5040	無
	25/100	84	5040	有
	25/100	63	3780	無
	20/100	63	3780	有
インターロック形B	20/100	84	5040	無
	20/100	105	6300	有

3.3 試作瓦の防水性

試作瓦を写真2, 3に示す。

2種類の試作瓦の防水性能を検討するために圧力箱式漏水試験装置により漏水試験を行った。その結果を表6, 7に示す。

裏面

表面

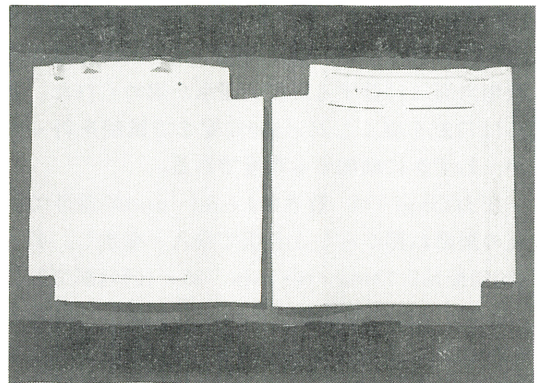


写真2 試作瓦（和形棧瓦）

裏面

表面

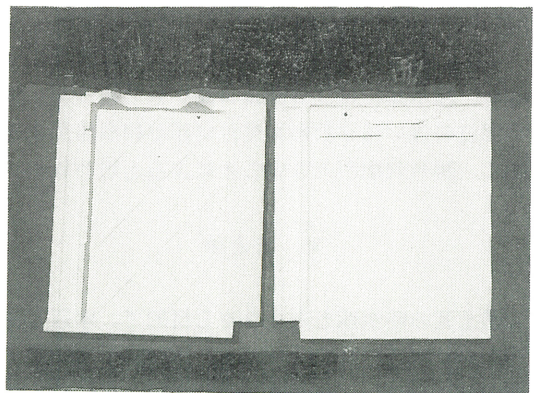


写真3 試作瓦（平板形瓦）

表6 試作瓦(和形棧瓦)の防水性

勾配	圧力 (kg/m ²)	相当 風速 (m/sec)	漏水量 (ml/ m ² ・min)	備考
45/100	0	0	0.00	縦重ね部より僅かに浸入
40/100	0	0	0.00	同上
30/100	0	0	0.00	同上
25/100	0	0	0.00	縦重ね部よりしぶき状で浸入
45/100	25	20	0.73	縦重ね部よりしぶき状で浸入, 野地板相当面より流下
25/100	25	20	0.81	同上

散水量: 4 l/m²・min (散水量 1 ~ 3 l/m²・min,
圧力 0 kg/m²では漏水せず)

和形棧瓦は圧力 0 kgf/m²では, 標準的な 45/100 勾配の条件で, 散水量 3 l/m²・min まで漏水は認められないが, 散水量 4 l/m²・min では野地板相当面に付着する程度の漏水が認められた。さらに勾配を緩くし 25/100 勾配まで試験を行ったが, わずかに増加する程度である。

圧力 25 kgf/m², 散水量 4 l/m²・min の条件では, 瓦の縦重ね部からしぶき状で浸入・漏水し, 45/100 勾配は 0.73 ml/m²・min, 25/100 勾配で 0.81 ml/m²・min の漏水量であった。しかし, 従来の和形棧瓦に比較すると漏水量は 1/3 以下であり少ない。

平板形瓦は圧力 0 kgf/m², 45/100 勾配では和形棧瓦と同様な結果であったが, 散水量 4 l/m²・min, 圧力 25 kgf/m² の条件では, 45/100 勾配で 0.41 ml/m²・min, 25/100 勾配で 0.45 ml/m²・min の漏水量であり, 和形棧瓦より漏水量は少なく, 漏水部位は瓦の横重ね部からであった。漏水部位の違いは平板形瓦見付け部が和形棧瓦より厚く, 戻り勾配が大きいことによると思われる。

4. まとめ

粘土瓦の防水性を向上させる目的で, 水返し構造と漏水機構の関係を検討し, 防水性が高い粘土瓦の試作を行い, 防水性能試験を行った結果, 次のことが分った。

表7 試作瓦(平板形瓦)の防水性

勾配	圧力 (kg/m ²)	相当 風速 (m/sec)	漏水量 (ml/ m ² ・min)	備考
45/100	0	0	0.00	横重ね部より僅かに浸入
40/100	0	0	0.00	同上
35/100	0	0	0.00	同上
30/100	0	0	0.00	同上
25/100	0	0	0.00	横重ね部よりしぶき状で浸入
45/100	25	20	0.41	横重ね部よりしぶき状で浸入, 野地板相当面より流下
25/100	25	20	0.45	同上

散水量: 4 l/m²・min (散水量 1 ~ 3 l/m²・min,
圧力 0 kg/m²では漏水せず)

- (1) 瓦の重ね部からの漏水機構は, 毛細管現象による漏水ではなく, 雨滴が瓦表面で跳ね返り, しぶき状で縦重ね部より, 瓦裏面に浸入・漏水する。
- (2) 2 種類の試作瓦の水返し構造は, 和形棧瓦は瓦表面に三重返し構造と瓦裏面に一重の水返しを付加したインターロック方式, 平板形瓦は三重水返し構造とした。
- (3) 試作瓦は無風状態の圧力 0 kgf/m², 45/100 勾配で散水量 3 l/m²・min (1 時間降水量 180 mm) まで漏水現象は見られない。
- (4) 試作瓦は 45/100 勾配, 散水量 4 l/m²・min (1 時間降水量 240 mm) で漏水現象が見られるものの漏水量は野地板相当面に付着する程度と少なく, 25/100 勾配の緩勾配でも漏水量はやや増加する程度である。
- (5) 試作瓦は, 圧力 25 kgf/m² (相当風速 20 m/s), 散水量 4 l/m²・min (1 時間降水量 240 mm) で, 25/100 勾配の緩勾配でも漏水量は, 従来形の瓦に比較し 1/3 以下であった。

参考文献

- 1) 国立天文台編, 理科年表, (1990)
- 2) 日本建築学会編, 建築設計資料集成 環境, (1989)
- 3) 松下清夫, 雨仕舞の理論, (1948)