

粘土瓦用曲げ試験法の改良

山本 紀一 松下 福三 伊藤 征幸 中村 雅光

Improvement of Bending Test Method for Clay Rooftiles

by

Kiichi YAMAMOTO, Fukuzo MATSUSHITA,

Tatsuyuki ITO and Masamitsu NAKAMURA

粘土瓦曲げ試験の精度向上を図るため、JIS法を改良した曲げ試験用治具を開発した。JIS法とこの治具を使用した改良法により治具の影響を比較検討し、次の結果を得た。①S形棧瓦の曲げ破壊荷重の標準偏差が34 kgfから17 kgf、変動係数が14.7%から6.6%に、和形棧瓦の曲げ破壊荷重の標準偏差が13 kgfから6 kgf、変動係数が6.2%から2.9%になり精度が向上した。②曲げ破壊荷重の標準偏差が小さい曲げ試験法の確立により、工程能力指数が大きくなり品質管理が容易となる。

なお、この改良治具は、①下部支持具の左右の高さが任意に調節できること、②上下支持具の中央部を支点として、その両端が上下に移動及び固定できることなどを特徴としている。

1. まえがき

「JIS A 5208 粘土がわら」の曲げの試験方法は、和形棧瓦を基に定められている。この方法でS形棧瓦を試験すると、瓦の水平保持が難しく、測定値の変動が大きくなったり、異常破壊等の現象がおこるため、正確な測定方法の開発が必要となっている。

そこで、粘土瓦の曲げ試験法の改良のため、改良した曲げ試験治具を開発し、この治具を使用したS形棧瓦の曲げ試験を行い（以下、改良法とする。）、S形棧瓦の曲げ試験結果に与える治具の影響についてJISによる方法と比較検討した。

また、和形棧瓦についても、改良法で和形棧瓦の曲げ試験を行い、和形棧瓦の曲げ試験結果に与える治具の影響についてJISによる方法と比較検討した。

2. 実験方法

2.1 開発した粘土瓦用曲げ試験治具

設計・試作した粘土瓦用曲げ試験治具を図1に示す。

主な改良点を示すと、

① 下部支持具の左右の高さがスリーブにより任意に調節できる。

② 上下支持具の中央部を支点として、その両端が上下に移動及び固定できる。

などである。

その他はJISとほぼ同じで、スパン200 mmを直径30 mmの鋼製丸棒で支持し、スパン中央全幅に支持棒と平行させて直径約30 mmの鋼製丸棒を介して荷重測定5 kgf/sで均一に載荷した。

2.2 S形棧瓦の曲げ試験

2.2.1 JIS法による曲げ試験

JIS A 5208 5.2に定める曲げ試験方法は「上下支持具の両端の上下移動」の有無について特に規定されていないので、移動させない方法をJIS法と呼ぶことにする。

JIS法によるS形棧瓦の曲げ試験用治具は、図1に示すスリーブを取外し図2に示す状態にして使用した。試料は上に凸部の部分が右側に来るようにしたが（以下同じ）、下部支持具が水平のため、試料は上に凸部の部分が下部支持具の右側で支持されるので水平とならず右に傾いてセットされる。

鋼製丸棒と粘土瓦の間に厚さを適当に調節した

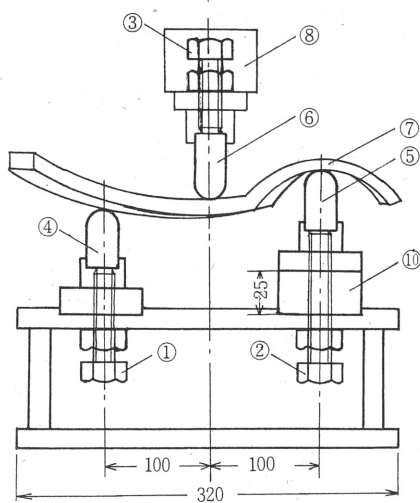
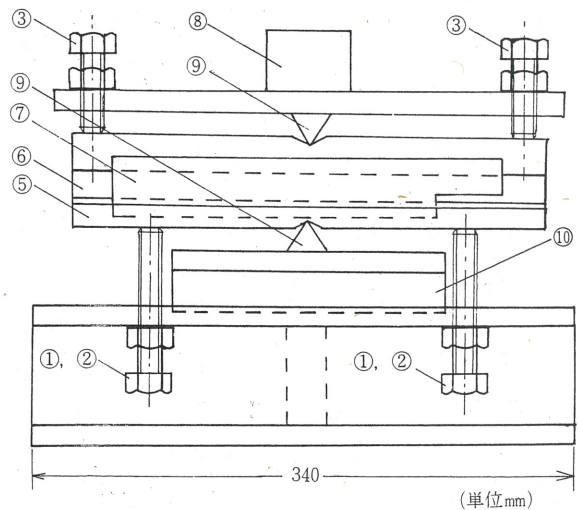
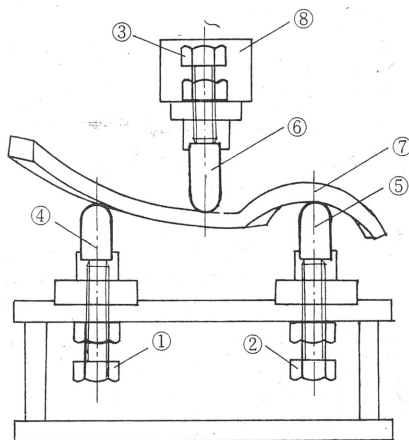
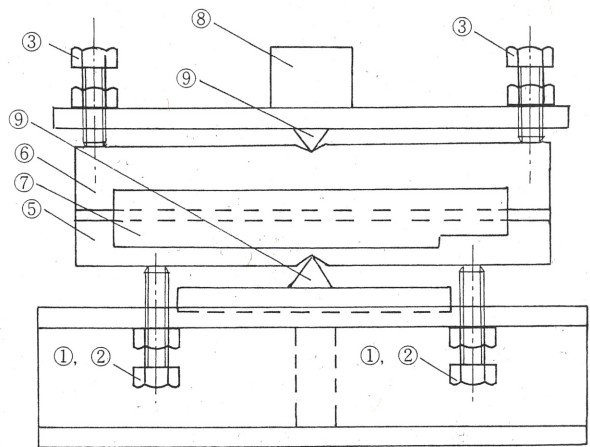


図1 開発した粘土瓦用曲げ治具（段差がある状態）

- ①ボルトA ②ボルトB ③ボルトC ④下部支持具（左） ⑤下部支持具（右）
⑥上部支持具 ⑦試験体 ⑧ロードセル ⑨ナイフエッジ ⑩スリーブ



(単位mm)

図2 開発した粘土瓦用曲げ治具（段差がない状態）
(部品名は図1に同じ)

(単位mm)

ゴム板を挿入してガタツキが無いようにして曲げ試験を行った。

表1にJIS法によるS形棧瓦の曲げ試験用治具の組合わせ条件を示す。

表1 JIS法によるS形棧瓦の曲げ試験用治具の組合わせ条件

番号	段差の有無	下部支持具		上部支持具
		左側	右側	
1	無	固定	固定	固定

2.2.2 改良法による曲げ試験

(1) 下部支持具に段差を付けない場合

曲げ試験治具は図2に示したものを使用した。銅製丸棒と粘土瓦面との間に厚さ約3mmのゴム板2枚を使用し、各試料ごとに調節しない。

その他の条件はJIS法と同じである。

上下支持具の中央部を支点としてその両端が上下に移動できるようにするには、ボルトA、ボルトB、及びボルトCを取り外す。また、移動させないときはボルトA、ボルトB及びボルトCによ

り上下支持具を水平に保ちながら固定する。

移動させるのは、試料の「行儀」に添って上下支持具の両端が上下に移動することにより、曲げ試験結果に与える行儀の影響を少なくしようと考えたためである。

表2に段差を付けないS形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件を示す。上下支持具の移動の有無は下部支持具の左側一同右側—上部支持具の順序で示し、例えば、〔固定—固定—移動〕のように記載した（以下同じ）。

表2 改良表によるS形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件

番号	段差の有無	下部支持具		上部支持具
		左側	右側	
1	無	固定	固定	移動
2	無	固定	移動	移動
3	有	固定	固定	移動
4	有	固定	移動	移動

(2) 下部支持具に段差を付けた場合

曲げ試験用治具は図1に示したものをを使用した。

下部支持具の左右の段差は約25mm付けたが、段差を付けたのは、試料を水平にした状態で曲げ試験を行うためである。

上下支持具の中央部の支点を中心にしてその両端が上下に移動できるようにするには、ボルトA、ボルトB及びボルトCを取り外す。また、移動させないときはボルトA、ボルトB及びボルトCにより上下支持具を水平に保ちながら固定する。

その他の条件は、段差を付けない場合と同じである。

表2に段差をつけたS形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件を示す。

2.3 和形棧瓦の曲げ試験

2.3.1 JIS法による曲げ試験

曲げ試験用治具は図2に示したものを使用し、その他の条件はJIS法によるS形棧瓦の場合と同じである。

表3にJIS法による和形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件を示す。

表3 JIS法による和形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件

番号	下部支持具		上部支持具
	左側	右側	
1	固定	固定	固定

2.3.2 改良法による曲げ試験

曲げ試験用治具は図2に示したものをを使用した。

その他の条件は、S形棧瓦の改良法と同じである。

上下支持具の中央部を支点としてその両端が上下に移動できるようにするにはボルトA、ボルトB、及びボルトCを取り外す。また、移動させないときはボルトA、ボルトB及びボルトCにより上下支持具を水平に保ちながら固定する。

移動させるのは、試料の「行儀」に添って上下支持具が移動することにより、曲げ試験結果に与える行儀の影響を少なくしようと考えたためである。

表4に改良法による和形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件を示す。

表4 改良法による和形棧瓦の曲げ試験用治具の組合せ条件

番号	下部支持具		上部支持具
	左側	右側	
1	固定	移動	移動
2	固定	固定	移動
3	移動	移動	固定

3. 結果と考察

3.1 S形棧瓦の曲げ試験

図3にJIS法と改良法で段差を付けない場合の曲げ破壊荷重のワイブルプロットを示す。JIS法と比較して、改良法の〔固定—固定—移動〕、〔固定—移動—移動〕の順に良好な結果を示している。

図4に改良法で段差をつけた場合の曲げ破壊荷重のワイブルプロットを示す。同じ段差を付けた中では、〔固定—固定—移動〕よりも〔固定—移動—移動〕の方が良好な結果を示している。

各試験条件による曲げ破壊重荷の統計値を表5に示す。

JIS法と段差を付けない改良法の中で最も良好であった〔固定—移動—移動〕を比較してみると、平均値は228 kgfから244 kgfと約7%大きくなり、標準偏差は34 kgfから20 kgfと約40%も小さくなり、変動係数は15%から8%と約46%も小

さくなり大幅に改良された。

また、JIS法と改良法の中で最も良好であった段差を付けた〔固定—移動—移動〕を比較してみると、平均値は228 kgfから252 kgfと約10%大きくなり、標準偏差は34 kgfから17 kgfと約50%も小さくなり、変動係数は15%から7%と約53%も小さくなり大幅に改良された。

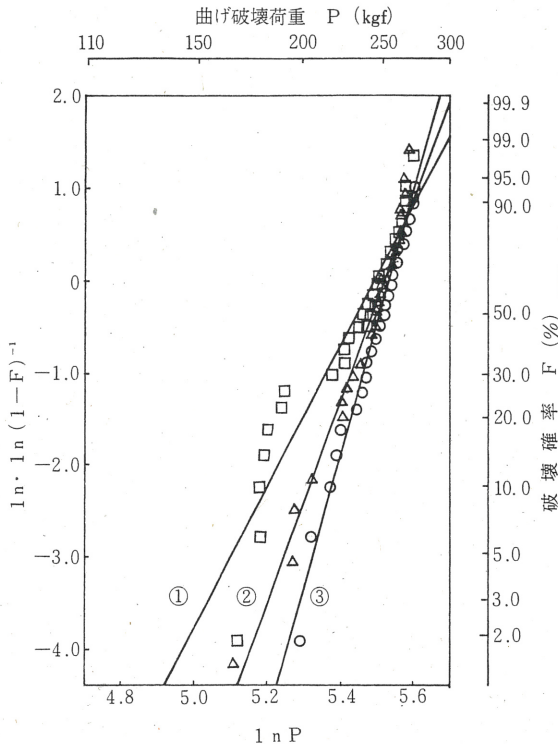


図3 S形栈瓦の曲げ破壊重荷のワイブルプロット (JIS法及び改良法で段差を付けない場合)

- ① JIS法 (段差 無) 〔固定—固定—固定〕
- ② 改良法 (段差 無) 〔固定—固定—移動〕
- ③ 改良法 (段差 無) 〔固定—移動—移動〕

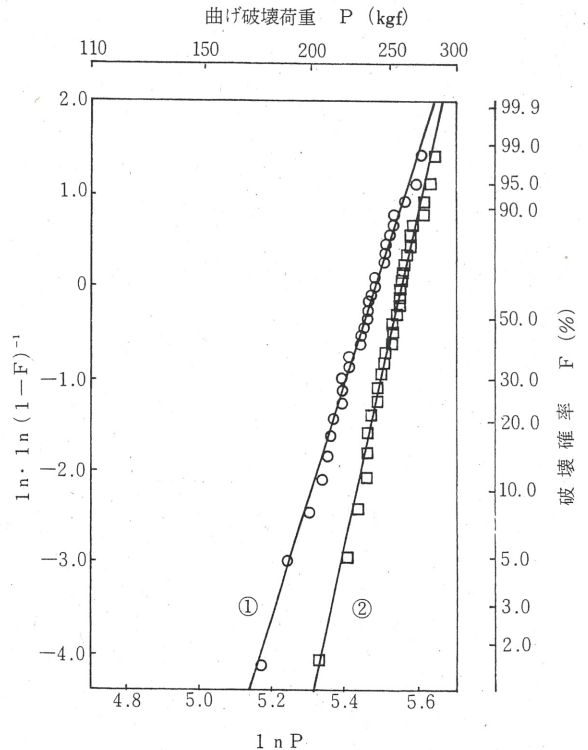


図4 S形栈瓦の曲げ破壊重荷のワイブルプロット (改良法で段差を付けた場合)

- ① 改良法 (段差 有) 〔固定—固定—移動〕
- ② 改良法 (段差 有) 〔固定—移動—移動〕

表5 S形栈瓦の各試験条件による曲げ破壊重荷の統計値

方法の別	試 験 条 件					統 計 値			
	下 部 支 持 具		上部支持具			平均値 ($\bar{p}$) (kgf)	ワンプル係数 (m)	標準偏差 (σ) (kgf)	変動係数 (CV) (%)
	段差の有無	左 側	右 側	固 定	移 動				
JIS法	無	固 定	固 定	固 定	固 定	228.0	7.7	33.6	14.7
	無	固 定	固 定	移 動	移 動	240.4	11.2	24.1	10.0
改 良 法	無	固 定	移 動	移 動	移 動	244.4	14.3	20.4	8.3
	有	固 定	固 定	移 動	移 動	231.6	12.8	21.8	9.4
	有	固 定	移 動	移 動	移 動	251.5	18.4	16.6	6.6

3.2 和形棧瓦の曲げ試験

図5にJIS法と改良法の曲げ破壊荷重のワイブルプロットを示す。JIS法と比較して、改良法の〔固定—移動—移動〕の方が良好な結果を示している。

図6に改良法の曲げ破壊荷重のワイブルプロットを示す。〔固定—固定—移動〕と〔移動—移動—固定〕を比較すると〔移動—移動—固定〕の方が良

好な結果を示している。

各試験条件による曲げ破壊荷重の統計値を表6に示す。

JIS法と改良法の中で最も良好であった〔固定—移動—移動〕を比較すると、平均値は214 kgfから208 kgfと約3%小さくなるが、標準偏差は13 kgfから6 kgfと約53%も小さくなり、変動係数は6%から3%と約50%も小さくなった。

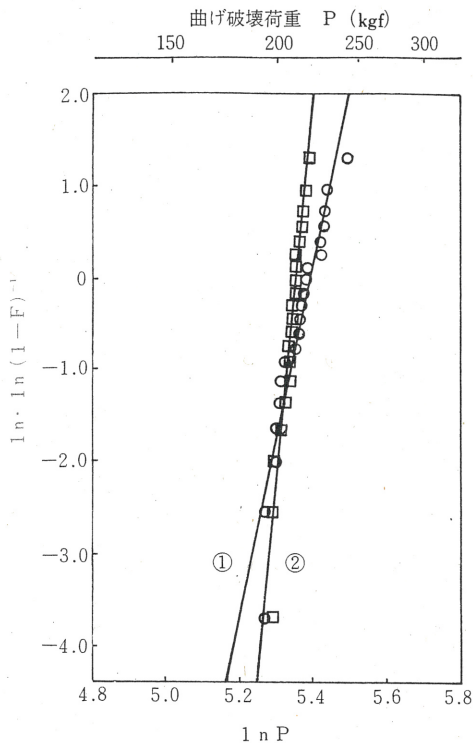


図5 和形棧瓦の曲げ破壊荷重のワイブルプロット (JIS法及び改良法)

- ① JIS法〔固定—固定—固定〕
② 改良法〔固定—移動—移動〕

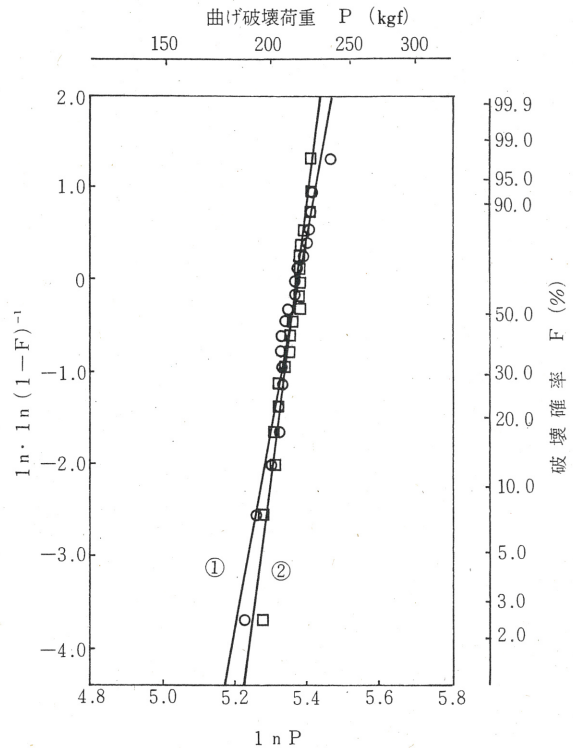


図6 和形棧瓦の曲げ破壊荷重のワイブルプロット (改良法)

- ① 改良法〔固定—固定—移動〕
② 改良法〔移動—移動—固定〕

表6 和形棧瓦の各試験条件による曲げ破壊荷重の統計値

方法の別	試験条件			統計値			
	下部支持具		上部支持具	平均値(p)	ワイブル係数(m)	標準偏差(σ)	変動係数(CV)
	左側	右側		(kgf)		(kgf)	(%)
JIS法	固定	固定	固定	213.8	19.0	13.3	6.2
	固定	移動	移動	208.4	41.3	6.0	2.9
改良法	固定	固定	移動	211.6	21.1	12.1	5.7
	移動	移動	固定	212.0	29.8	8.6	4.1

3.3 統計値が良好になった利点

粘土瓦のJIS取得工場や取得しようとしている工場で品質管理を行う場合、特に標準偏差が大きな意味を持っている。

表5に示すように、JIS法によるS形棧瓦の曲げ破壊荷重の標準偏差は34 kgfであるが、改良法の中で最も良好であった下部支持具の左右に約25 mmの段差を付けた〔固定—移動—移動〕の場合の標準偏差は17 kgfである。

工程能力指数を「工程能力は十分である」と判断される数値1.33にとると、前者では、曲げ破壊荷重の平均値を約256 kgf以上にしなければならないが、後者では、約188 kgf以上で良いことになる。

表6に示すように、JIS法による和形棧瓦の曲げ破壊荷重の標準偏差は13 kgfであるが、改良法の中で最も良好であった〔固定—移動—移動〕の標準偏差は6 kgfである。

工程能力指数を1.33にとると、前者では曲げ破壊荷重の平均値を約172 kgf以上にしなければならないが、改良法の〔固定—移動—移動〕の場合では、144 kgf以上で良いことになる。

また、現在の曲げ破壊荷重と同じ値にして生産した場合、曲げ試験用治具の改良による標準偏差の減少により、

① S形棧瓦の工程能力指数は2.59

② 和形棧瓦の工程能力指数は4.89

となる。

これは、「工程能力は十分すぎる」とされている工程能力指数1.67¹⁾より大きいので、その処置として「製品のばらつきが若干大きくなっても心配ない。管理の簡素化やコスト低減の方法などを考える¹⁾」べきである。

このことは、粘土瓦の製造工場にとって、曲げ試験法の改良によって日常の品質管理が容易になるばかりか、工程能力指数の確保という品質管理上の制約があつて出来なかったコストダウンが可能となることを示している。

4. まとめ

(1) JIS法を改良した粘土瓦の曲げ試験用治具を

設計・試作した。

主な改良点は次ぎのとおりである。

① 下部支持具の左右の高さがスリーブにより任意に調節できる。

② 上下支持具の中央部を支点として、その両端が上下に移動及び固定できる。

(2) S形棧瓦の曲げ試験条件

JIS法と改良法の中で最も良好であった下部支持具の左右に約25 mmの段差を付けた〔固定—移動—移動〕を比較すると、平均値は228 kgfから252 kgfと約10%大きくなり、標準偏差は34 kgfから17 kgfと約50%も小さくなり、変動係数は15%から7%と約53%も小さくなり大幅に改良された。

(3) 和形棧瓦の曲げ試験条件

JIS法と改良法の中で最も良好であった〔固定—移動—移動〕を比較すると、平均値は214 kgfから208 kgfと約3%減少したが、標準偏差は13 kgfから6 kgfと約53%も小さくなり、変動係数は6%から3%と約50%も小さくなり大幅に改良された。

(4) 統計値が良好になった利点

S形棧瓦と和形棧瓦を改良法で曲げ試験を行うとJIS法と比較して標準偏差は約50%も小さくなるので、同じ工程能力指数では、曲げ破壊荷重の平均値が小さくできる。

また、現在の曲げ破壊荷重と同じ値で生産した場合、曲げ試験用治具の改良による標準偏差の減少により、S形棧瓦と和形棧瓦の工程能力指数は大幅に高くなる。

曲げ試験法の改良によって日常の品質管理を容易にさせることは勿論、「工程能力指数の確保」という品質管理上の制約があつて出来なかったコストダウンも可能となる。

参考文献

1) 鐵 健司ら QC入門講座6

データのまとめ方と活用II P. 79

日本規格協会