

瓦素地の粉体成形 (第2報)

島村 修 清水 寛* 浅井邦雄

Powder Forming of Roofing Tile Body (II)

by

Osamu SHIMAMURA, Satoru SHIMIZU and Kunio ASAI

湿式成形による瓦素地は含有水分、成形能力に限界があり、薄い軽量瓦の製造は困難である。本報告は瓦素地の粉体成形 第1報での半乾式成形の基礎的性状報告をもとに、排土に水ガラス、カレット、カルサイナー、ベントナイト、青粘土を添加し、その配合割合を直交配列表 $L_{27}(3^{13})$ に割り付け瓦用半乾式成形素地の研究をしたので、第2報として報告する。その結果カレットおよび水ガラスの一定量の添加は乾燥性状、焼成性状の向上に大きな効果のあることがわかった。また他の添加物も考慮した総合的添加割合は、排土に水分6~8%, 水ガラス1.5~3.0%, カレット5~10%, カルサイナー5~10%添加した素地が最も優れた性質を示した。

1. ま え が き

第1報¹⁾では三河地方で入手しやすい瓦粘土を主原料にした瓦素地の半乾式成形について報告したが、なお一層成形性が優れ、強度の大きい大型板の試作可能な素地を得るために、粘結剤などを添加した瓦用半乾式成形素地の研究をしたので第2報として報告する。

2. 研究に使用した原材料

主原料……豊田市猿投町地内で処理されている砂利

排土

真比重 2.66

耐火度 SK30

主要鉱物 石英、長石、カオリン鉱物
セリサイト

副原料……①カルサイナー

①砂利排土焼成物 800℃, 1100℃
②三好粘土焼成物 800℃, 1100℃

いずれもフレッツミルにて粉碎後2.0mm目のふるいを全通させたもの。

③水ガラス

JIS1号 Na_2O , 2 SiO_2

④ベントナイト

市販品 耐火度 SK 7

⑤青粘土

知多郡河和町 富貴産

耐火度 SK 6

主要鉱物 モンモリロナイト、ハロイ
サイト、石英

⑥カレット

軟化温度 900℃以下

3. 実験方法

第1報では水分とカルサイナーの添加量を変化させたときの素地の諸性状について考察したが、本実験では予備試験で得たベントナイト、青粘土およびカレットの特性と愛窯技ニュース第19号²⁾に報告した水ガラスの特性を利用して主原料に添加する割合を決定し、素地の配合割合を直交配列表 $L_{27}(3^{13})$ に基づいて割り付け試験をした。その副原料の添加割合は表1に示す。

決定した27調合の素地について油圧プレスで800kg/cm²の成形圧で230mm×67mm×(14~16)mmの試験体を成形し、成形性、乾燥性状、焼成性状および物性試験を実施した。

表1 因子と水準 (単位 %)

補助材料	可塑性原料				非可塑性原料				
					熔剤	水ヒカルサイナー	田畑カルサイナー		
A	B	C	D	E	F	G	K	L	
水分	水ガラス	ベントナイト	青粘土	カレット	800℃	1100℃	800℃	1100℃	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1.5	5	10	5	5	5	5	5	5
8	3.0	10	20	10	10	10	10	10	10

4.1 成形性

水分6~8%, 水ガラス1.5~3.0%, カルサイナー5%添加の素地がラミネーション、角欠などがなく最も成形性が良かった。ベントナイト、青粘土およびカレットの添加はベントナイト10%ではラミネーション

が大きく離型も困難であり、カレットは10%では、ラミネーションが発生し悪い影響が認められたが、青粘土については、成形性に及ぼす影響は5%、10%ともに認められなかった。

4.2 乾燥曲げ強度

分散分析³⁾した結果、水分、水ガラスが危険率1%で有意になった。従って乾燥曲げ強度を向上させる要因は水分と水ガラスであると言える。このうち水分が最も効果が大きく成形水分4.0%で成形したものは110℃乾燥物について乾燥曲げ強度は $8.8\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、水分8.0%ものは $22.7\text{kg}/\text{cm}^2$ になり水分添加量が増すほど乾燥曲げ強度は増大した。その結果を図1に示す。

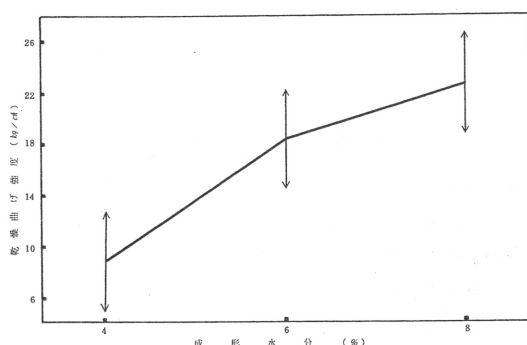


図1 乾燥曲げ強度に及ぼす水分添加量の影響

次に効果の大きい水ガラスは1.5%の添加物で乾燥曲げ強度は $14.3\text{kg}/\text{cm}^2$ になり、3.0%添加物で $22.4\text{kg}/\text{cm}^2$ になった。水ガラスについても水分同様に添加量が多くなる程、乾燥曲げ強度は増大した。またカルサイナーは5%、10%添加物とも5%の危険率で有意差は認められなかった。

4.3 焼成収縮率

素地の焼締り度合を検定するために分散分析をした結果、1100℃焼成では水ガラスとカレットが危険率1%で有意になり図2および図3に示すように添加量が多くなるほど収縮は大きくなった。

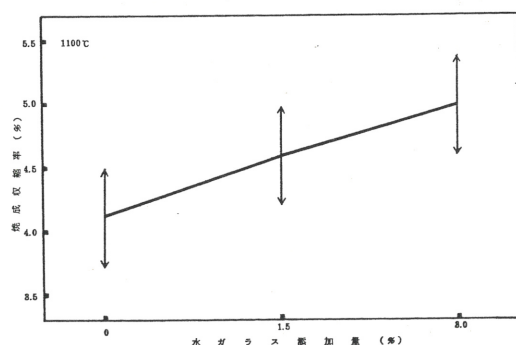


図2 焼成収縮率に及ぼす水ガラス添加量の影響

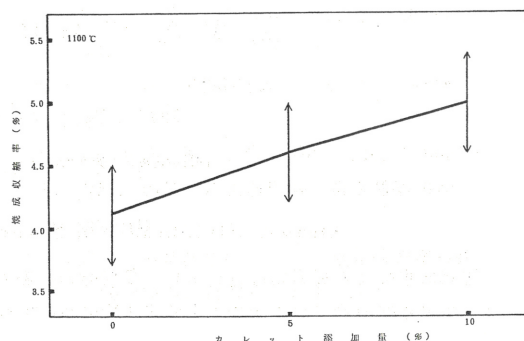


図3 焼成収縮率に及ぼすカレット添加量の影響

次に1200℃焼成ではカレットのみが危険率5%で有意になり、発泡による膨脹がみとめられた。800℃焼成のカルサイナーについては排土、山土共に危険率5%で有意差がみとめられ添加量が増すほど収縮は大きくなった。

4.4 焼成曲げ強度

1100℃焼成では分散分析の結果、水分、水ガラスおよび排土800℃焼成カルサイナーの添加は危険率5%で有意になり、ベントナイト、青粘土、排土1100℃焼成カルサイナーおよび山土1100℃焼成カルサイナーが危険率1%で有意になった。その中で最も強度を大きくするのに効果のあったのはカレットで10%添加すると焼成曲げ強度は $180\text{kg}/\text{cm}^2$ になった。次に強度の増大するものはベントナイトで5%添加物で $109\text{kg}/\text{cm}^2$ になった。その結果を図4に示す。カルサイナーは焼成曲げ強度を減少させ、特に1100℃焼成のカルサイナーは800℃焼成カルサイナーと比較して、より大きく強度は減少した。

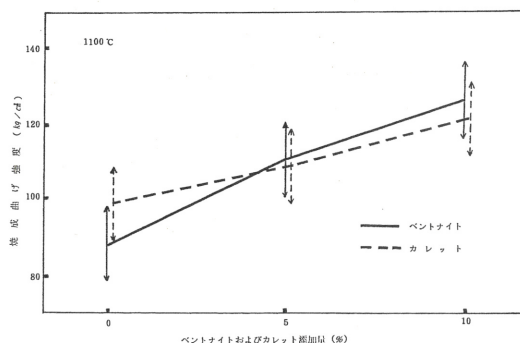


図4 焼成曲げ強度に及ぼすベントナイトおよびカレット添加量の影響

次に1200℃焼成ではカレットのみが危険率5%で有意になり無添加で $176\text{kg}/\text{cm}^2$ 、5%添加で $185\text{kg}/\text{cm}^2$ 、10%添

加では 153 kg/cm^2 になり、5%添加のとき最も大きな強度を示した。これはカレット10%添加すると発泡により素地が膨脹し、そのため強度が低下するためであるその結果を図5に示す。

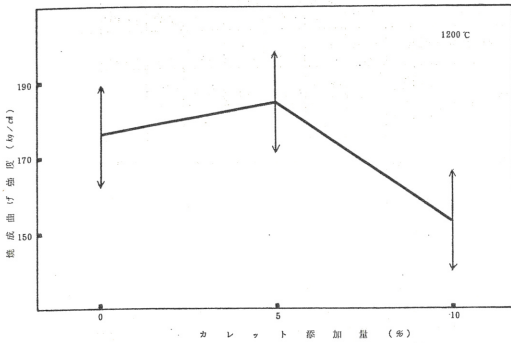


図5 焼成曲げ強度に及ぼすカレット添加量の影響

4.5 吸水率

1100°C焼成では分散分析の結果、水分、水ガラスおよびカレットが危険率1%で有意差がみとめられた。その中で最も吸水率を減少させるのに効果の大きかったのは焼成曲げ強度と同様にカレットで無添加物で、12.7%、10%添加物で9.1%に吸水率は減少した。その結果を図6に示す。

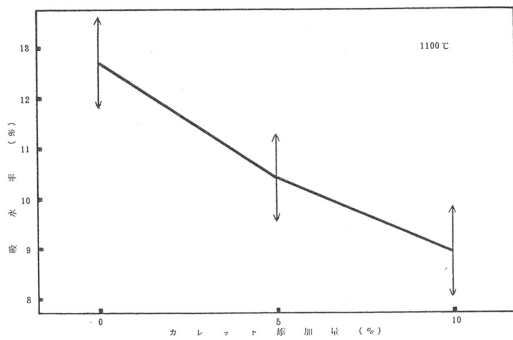


図6 吸水率に及ぼすカレット添加量の影響

次に1200°C焼成では水ガラス、青粘土およびカレットが1%の危険率で有意差がみとめられた。このうちで吸水率を最も大きく減少させたのはカレットであり無添加で4.8%、10%添加では1.6%に減少した。その結果を図7に示す。

4.6 凍結融解試験

試験方法は試験体を $-30^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ の零空気中に1時間放置した後、 $15^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ の流水中に80分以上浸した後取り出し、その結果について異常の有無を検査する。

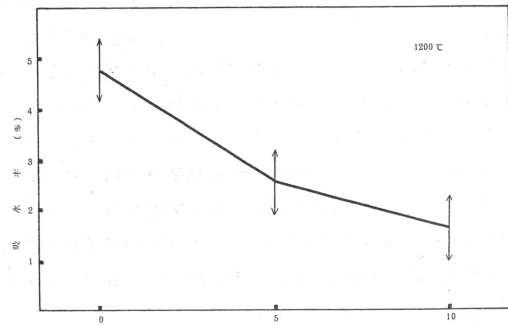


図7 吸水率に及ぼすカレット添加量の影響

この操作を合計10回くりかえした。その結果1100°C焼成では分散分析の結果、水ガラス、ベントナイト、青粘土およびカレットが危険率1%で有意差が認められその中で最も多くの回数に耐えたのはカレット添加物であった。カレットは無添加では3回、10%添加では8回凍結融解試験に耐えた。その結果を図8に示す。

次に1200°C焼成では、いずれの試験体も10回の凍結融解試験に耐え、添加物を添加した時の差は認められなかった。

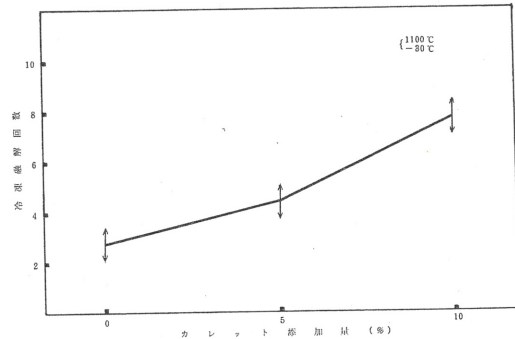


図8 破損までの凍結融解回数とカレット添加量の影響

5. ま と め

砂利排土に水分、水ガラス、ベントナイト、青粘土、カレットおよびカルサイナーを添加した瓦素地の半乾式成形試験では、分散分析の結果、カレットの添加は乾燥曲げ強度以外の性状に有意差が認められ特に焼成曲げ強度の増大、吸水率の減少、耐寒性の向上に大きな効果があることがわかった。しかし、カレットは非可塑性のため10%以上添加するとラミネーションや角欠などが発生しやすくなり、成形性が悪くなる。水ガラスの添加は乾燥曲げ強度、焼成曲げ強度、吸水率の減少に効果が認められたが、3%以上添加すると水ガラス中の水分の脱水により水ガラスの濃度が高くなっ

て素地表面にゲル状の薄層を生ずるので乾燥亀裂が発生しやすくなる。またラミネーションも起りやすい。水分の増減は成形性と乾燥曲げ強度に最も顕著な影響が見られ、添加量が増加する程効果は大きくなる。しかし、5%以上になるとラミネーションが発生しやすくなる。ベントナイトは成形性に効果を期待したが水分6~8%の粉体成形では十分な可塑性を得ることができなかった。青粘土はベントナイト同様に効果を期待したが成果を得ることができなかった。しかし、低耐火度であるため素地の焼締めには多少の効果が認められた。カルサイナーは5%程度の添加では成形性も向上し、乾燥および焼成収縮防止にもなり効果がみとめられたが、特に1100℃焼成カルサイナーでは、添加量が多くなると極端に乾燥曲げ強度、焼成曲げ強度の低下があり使用方法を注意する必要がある。以上を総合的に判断した要因の性状検定の結果を表2に示す。

以上を総合して粉体による瓦素地の半乾式成形では排土に水分6~8%、水ガラス1.5~3.0%、カレット5~10%、カルサイナー5~10%添加した素地が優れた性質を示し、実用の可能性があると思われる。

表2 要因の性状検定の結果 $\left\{ \begin{array}{l} ** \text{ 危険率 } 1\% \\ * \text{ 危険率 } 5\% \end{array} \right.$

性 状		要 因									
		A	B	C	D	E	F		G	K	L
							水ヒ サイ	カル ナー	田 サイ	カ サイ	ル ナー
乾燥曲げ強度		**	**		*		℃ 800	℃ 1100	℃ 800	℃ 1100	
焼成収縮	1100℃		**			**	*			*	*
	1200℃					*					
焼 成 曲げ強度	1100℃	*	*	**	**	**	*	*	*	*	*
	1200℃					*					
吸 水 率	1100℃	**	**			**		*			
	1200℃		**		**	**					
カサ比重	1100℃	**	*			**		*			
	1200℃					**					
耐 寒 性	1100℃		**	**	**	**				*	

参 考 文 献

- (1)島村修, 清水寛, 浅井邦雄 瓦素地の粉体成形
P 21~29, 愛窯技センター報告No 3 (1973)
- (2)島村修, 瓦の半乾式成形における水ガラスの添加効果
- (3)田口玄一 実験計画法(新版) 上 丸善

(昭和48年度研究)