

寒冷地向き粘土瓦について

永柳 辰一 福永 均 田中 愛造 伊藤 征幸

Study on Roof Tile for Cold Region
by

Tatsuichi NAGAYANAGI Hitoshi FUKUNAGA
Aizo TANAKA and Tatsuyuki ITO

寒冷地への粘土瓦の需要拡大を図るために、モデル配合土を用いて、耐寒性向上及び東北、北海道など遠距離地への輸送コスト低減のための軽量化についての試験を行った。その結果、モデル配合土80%に5~63 μ mを多く含有する試料20%を添加し、1180℃で焼成したところ、モデル配合土単味のものに比べ、吸水率、飽和係数等の物性が向上した。また坏土を再粉碎、湿式分級など前処理をすることなどにより、従来品に比べて、約12%の軽量化が図られた。

1. ま え が き

三州粘土瓦業界では、東北、北海道など寒冷地への新規需要開拓が強く望まれている。寒冷地への販路拡大を図るうえにおいて、重要な因子として、耐寒性向上、遠距離輸送コスト低減のための軽量化が挙げられる。本研究ではモデル配合土および湿式分級した試料を用い、耐寒性及び、軽量化について試験を行った。

2. 1 使用原料及びモデル配合土の調製

現在、三河地区の瓦業界で使用されている瓦用原料の粒度、耐火度及び、鉱物組成を表1に示す。

また瓦用配合土を湿式分級にて、5 μ m以下を多く含有するもの(A試料)、5~63 μ mを多く含有するもの(B試料)、63 μ m以上を多く含有するもの(C試料)、の分級試料を調製した。この分級試料を瓦用配合土に添加し、モデル配合土を調製した。モデル配合土と分級試料の粒度、耐火度及び鉱物組成を表2に示す。

2. 実 験 方 法

表1 瓦用原料の粒度、耐火度及び鉱物組成

原料名	粒度組成(%)			耐火度 (SK)	主 要 構 成 鉱 物
	5 μ m以下	5~44 μ m	44 μ m以上		
三河粘土(古井)	41.0	47.6	11.4	27	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物
三河粘土(桜井)	34.6	38.4	27.0	19	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物
田 糠 粘 土	40.3	44.8	14.9	20	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物、モンモリロナイト鉱物
萌 生 粘 土	65.9	25.1	9.0	28	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物、モンモリロナイト鉱物
山 砂 利 廃 土	44.5	47.0	8.5	27	石英、長石、雲母粘土鉱物 カオリナイト鉱物
頁 岩 粘 土	39.1	49.0	11.9	14	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物、モンモリロナイト鉱物

表2 モデル配合土と分級試料の粒度、耐火度及び鉱物組成

試料名	粒度組成 (%)			耐火度 (SK)	主 要 構 成 鉱 物
	5 μm 以下	5 ~ 63 μm	63 μm 以上		
モデル配合土	49.5	25.0	25.5	18	カオリナイト鉱物、石英、長石 雲母粘土鉱物
A	77.0	23.0	0	26	カオリナイト鉱物、モンモリロナイト鉱物 雲母粘土鉱物
B	24.0	76.0	0	18	石英、長石、雲母粘土鉱物 カオリナイト鉱物
C	0	32.0	68.0	17	石英、長石

表3 試験用配合試料の調合割合と粒度組成

調合 番号	調 合 割 合 (%)				粒 度 組 成 (%)		
	モデル配合土	A 試料	B 試料	C 試料	5 μm 以下 (粘土分)	5 ~ 63 μm (シルト分)	63 μm 以上 (砂分)
0	100	—	—	—	49.5	25.0	25.5
1	90	10	—	—	52.2	24.8	23.0
2	80	20	—	—	55.0	24.6	20.4
3	70	30	—	—	57.7	24.4	17.9
4	60	40	—	—	60.5	24.0	15.3
5	50	50	—	—	63.2	23.8	12.8
6	40	60	—	—	66.0	23.4	10.2
7	20	80	—	—	71.5	23.0	5.1
8	—	100	—	—	77.0	23.0	0
9	90	—	10	—	46.9	30.1	23.0
10	80	—	20	—	44.4	35.2	20.4
11	70	—	30	—	41.8	40.3	17.9
12	60	—	40	—	39.3	45.4	15.3
13	90	—	—	10	44.5	25.7	29.8
14	80	—	—	20	39.6	26.4	34.0
15	70	—	—	30	34.6	27.1	38.3
16	60	—	—	40	29.7	27.8	42.5

2. 2 調合試験及び試験体の作製

2.1で調製したモデル配合土及び分級試料を用いて、表3に示す調合割合で、試験用配合試料17種類を調製し、型起しにより、 $3 \times 1.5 \times 15\text{cm}$ の試験体を成形した。試験体は乾燥後、1080、1100、1120、1140及び1180℃で焼成し、収縮率、曲げ強度、吸水率、飽和係数、凍害試験などを測定した。なお、凍害試験については、JIS A 5208により50回繰返した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 乾燥生地の収縮率と曲げ強度

表4に試験体の成形水分、乾燥収縮率及び乾燥曲げ強度の測定結果を示す。表より、5 μm 以下の粘土分が増加するに従って、乾燥収縮率及び乾燥曲げ強度が増加した。ただ乾燥曲げ強度において、5 μm 以下の含有量が最も多くなる調合、7、8の値が低くなっているのは骨材の働きをする砂の量が減少しているためと考えられる。

表4 乾燥生地 の 収縮率と 曲げ強度

調査番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
成形水分 (%)	21.6	21.7	22.2	22.8	23.0	23.0	24.0	24.8	25.9	20.8	21.5	20.9	20.3	20.8	19.8	19.0	18.4
乾燥収縮率 (%)	6.2	6.2	6.2	7.0	7.0	7.2	7.3	7.4	7.8	6.1	6.0	5.8	5.7	5.6	5.6	5.5	5.4
乾燥曲げ強度 (kgf/cm ²)	22.5	22.8	25.5	25.6	25.6	31.7	32.8	28.7	27.5	23.8	21.5	20.9	21.5	20.8	18.7	18.3	17.3

3.2 焼成収縮率

モデル配合土に $5\mu\text{m}$ 以下を多く含有する A 試料および $5\sim 63\mu\text{m}$ を多く含有する B 試料を添加した配合試料について、 $5\mu\text{m}$ 以下含有量と焼成収縮率との関係を図1に示す。図より、 $5\mu\text{m}$ 以下の粘土分が増加すると、焼成収縮率は大きくなる。 $5\sim 63\mu\text{m}$ のシルト分が増加しても、焼成収縮率はあまり変化が認められなかった。

3.3 焼成曲げ強度

測定結果を図2に示す。図より $5\mu\text{m}$ 以下の粘土分が55%の調査2及び65%の調査6で極大になり、過剰の粘土分の添加は逆に強度を低下させる結果となった。また調査9のものは、配合土単味のものに比べ強度が増加している。

3.4 吸水率

測定結果を図3に示す。図より $5\mu\text{m}$ 以下の粘土分が増加するに従い、吸水率は低下した。 $5\sim 63\mu\text{m}$ のシルト分が増加すると焼成温度が低いところでは吸水率は増加する傾向にあるが、 1180°C 焼成で、調査10のものは、配合土単味のものに比べて、吸水率は低下した。

3.5 飽和係数

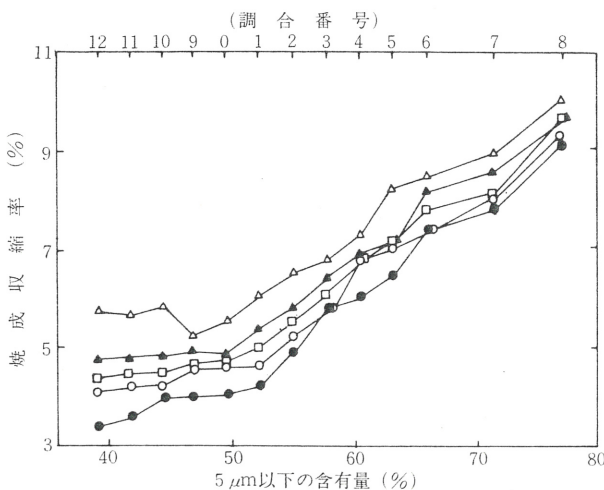
測定結果を図4に示す。図より $5\mu\text{m}$ 以下の粘土分が増加するに従って、飽和係数は低くなる傾向を示した。ただ 1180°C 焼成において、粘土分が65%以上になると、飽和係数が増加した。これは過焼によって、内部に細かい気孔ができたものと考えられる。

3.6 かさ比重、見掛比重、見掛気孔率

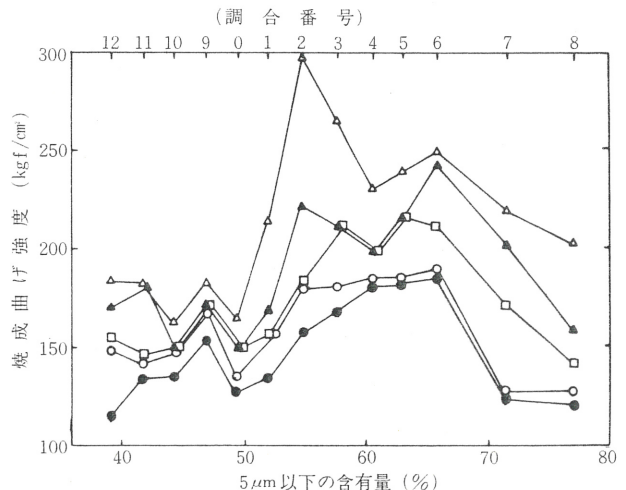
かさ比重は1.85~2.65、見掛比重は2.37~2.69の範囲であった。見掛気孔率については、焼成温度の高いところでは1.0%、 1080°C 焼成では最大29.3%の値を示すものがあつた。全般的な傾向としては $5\mu\text{m}$ 以下の含有量が増加すると見掛気孔率は減少する傾向を示した。

3.7 凍害試験

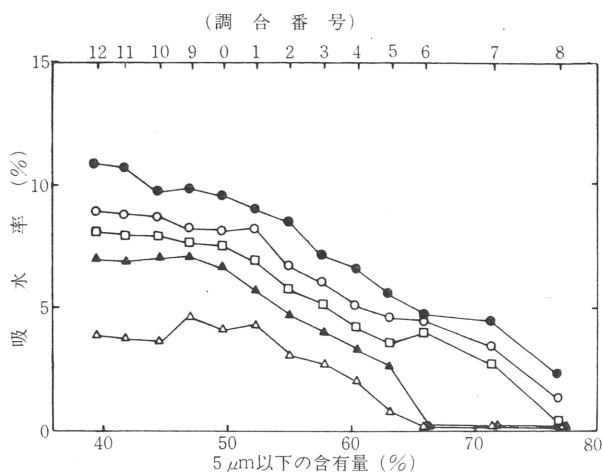
2.2で調製した試験体85種類について、凍害試験を行った結果、特に粘土分の多い調査番号8のものについては、焼成温度の差違にかかわらず、貫入、はく離等が発生したが、他の試験体については異状は認められなかった。またプレス成形前

図1 $5\mu\text{m}$ 以下の含有量と焼成収縮率

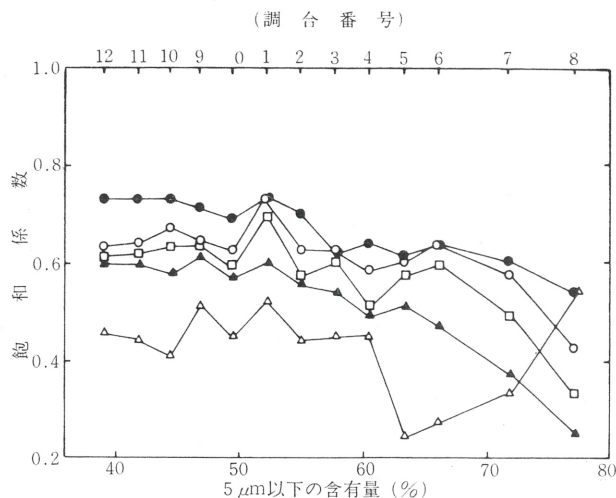
● 1080℃ 焼成 ○ 1100℃ 焼成 □ 1120℃ 焼成
▲ 1140℃ 焼成 △ 1180℃ 焼成

図2 $5\mu\text{m}$ 以下の含有量と焼成曲げ強度

記号は図1と同じ

図3 5 μ m 以下の含有量と吸水率

記号は図1と同じ

図4 5 μ m 以下の含有量と飽和係数

記号は図1と同じ

の市販荒地（水分18.8～22.3%，5 μ m以下含有量46.0～53.5%）15種類を押出し方向より，3 $\times$ 1.5 $\times$ 15cmの板状に切り出し，1100℃で焼成した。吸水率，飽和係数はそれぞれ5.6～8.4%，0.66～0.76であったが，凍害試験後，一部の試験体については貫入等が発生した。これは上記の粘土分の多い試験体と同様，成形時のラミネーションが原因であると思われる。

4. 試作瓦

4.1 耐寒性を重点においた粘土瓦の試作

耐寒性を重点においた粘土瓦の試作について，成形時において，ラミネーションが発生しやすくなる粘土分の添加をさけた。すなわち，瓦用配合土に焼結性の良い常滑市周辺から産出する山砂を10%添加し，試作瓦を成形した。使用した山砂は石英，長石と若干の雲母粘土鉱物を含有し，耐火度はSK11，250 μ m以上含有量は28.8%，250～44 μ mは34.4%，44 μ m以下は36.8%であった。乾燥後施釉し，数社のトンネル窯にて焼成した。吸水率は4.8%～9.0%，飽和係数は0.68～0.73であった。凍害試験については，20回終了後，異状は認められなかった。

4.2 軽量瓦の試作

4.2.1 試作瓦用坯土の決定

軽量瓦の試作については，曲げ強度を重点におき，飽和係数，吸水率などの測定結果及び実用化した場合のコスト面などを考慮した結果，調合番号2を試作瓦用坯土とすることにした。現在，各

瓦メーカーが使用している配合粘土の中で，調合番号2の組成に近似したものを探した結果，X配合所から出されているものと，Y製瓦所で自社のいぶし瓦用坯土として使用しているものが，近似した組成であり，この2種類を試作瓦用坯土とした。

4.2.2 試作瓦用坯土の調製

X配合所より出されている配合土（以下記号A）は1000 μ m以上の粗い砂分が若干含まれているため，強度面での影響を防ぐ目的で，ロールクラッシャーの間隙を狭くして，再処理したもの調製した。すなわち，A配合土をロールクラッシャーにて1回処理したもの（以下記号B），3回処理したもの（以下記号C）である。なおY製瓦所坯土の記号はDとした。表5にこれら坯土の粒度分布を示す。

4.2.3 試作瓦の成形及び焼成

前述した試作瓦用坯土，A,B,C,Dの4種類を用いて，3.7kg（以下記号O），3.3kg（以下記号OL）の荒地を真空土練機にて押し出した後，3.3kg荒地の土の部分を切り取って3.1kg（以下記号PL）の荒地を作った。これら3種類の荒地をフリクションプレスにて成形し，乾燥後，市販のシルバー色釉薬，黄金色釉薬を施釉し，トンネル窯（SK3a-及びSK2a-焼成）にて焼成し，試作瓦を作製した。

4.2.4 試作瓦の物性値

試作瓦の物性値を表6に示す。表より明らかに，2.3～2.4kg/枚の瓦が試作できた。2.

表5 試作瓦用坯土の粒度組成

記号	粒 度 組 成 (%)					
	5 μm 以下	5~20 μm	20~44 μm	44~63 μm	63~1000 μm	1000 μm 以上
A	49.0	16.0	10.6	5.0	18.8	0.6
B	49.0	16.5	11.3	4.6	18.0	0
C	51.5	16.5	10.7	3.9	17.4	0
D	54.0	15.0	11.5	4.3	15.2	0

表6 試作瓦の物性値

記号	SK 3 a - 焼成				SK 2 a 焼成				
	重量 (kg)	曲げ破壊 荷重 (kgf)	吸水率 (%)	飽和係数	重量 (kg)	曲げ破壊 荷重 (kgf)	吸水率 (%)	飽和係数	
A	O	2.76	291	7.0	0.79	2.75	283	7.5	0.71
	O L	2.45	240	6.8	0.75	2.48	246	7.9	0.71
	P L	2.33	198	6.7	0.68	2.34	185	7.2	0.69
B	O	2.75	300	6.5	0.69	2.79	300	7.2	0.69
	O L	2.46	246	6.1	0.65	2.49	253	7.0	0.67
	P L	2.32	213	6.0	0.65	2.34	216	6.6	0.67
C	O	2.73	300	6.3	0.68	2.76	285	6.9	0.60
	O L	2.45	243	6.3	0.67	2.47	216	6.6	0.60
	P L	2.31	205	6.2	0.67	2.33	192	6.9	0.69
D	O	2.79	292	6.0	0.67	2.81	261	6.1	0.67
	O L	2.41	250	6.4	0.67	2.47	240	6.9	0.69
	P L	2.33	214	6.4	0.66	2.34	211	7.0	0.68

3 kg台のものの中には変形しているものが見受けられたが、2.4kg台のものでは、実用上さしつかえのない程度の軽量瓦であった。強度面については、十分な曲げ破壊荷重を得ることができ、吸水率、飽和係数についても満足できるものであった。なお、試作瓦より代表的な8種類(AO, APL, CO, CPL, DO, DPLのSK3a⁻焼成品。及び、APL, CPLのSK2a⁻焼成品)を選び、凍害試験を行った結果、10回終了後では異状は認められなかった。

5. ま と め

(1) モデル配合土および分級試料を用いた調査によると、モデル配合土に5~63 μm を多く含有する試料(B試料)を20%添加し、1180℃で焼成したところ、モデル配合土単味のものに比べ、吸水率、飽和係数等の物性が向上した。

(2) 曲げ強度を重点におき、飽和係数などの測定結果より、調査番号2が軽量瓦用素地に適した調査であった。また坯土を再粉碎、湿式分級など前処理をすることにより、従来品に比べ、約12%の軽量化が実現できた。