

研究論文

粘土瓦の耐凍害性評価技術の検討

松田喜樹*1、深澤正芳*2、山口敏弘*2

Technique for Evaluating Freeze Damage Resistance of Clay Roof Tile Materials

Yoshiki MATSUDA*1, Masayoshi FUKAZAWA*2 and Toshihiro YAMAGUCHI*2

Tokoname Ceramic Research Center*1*2

粘土瓦の寒冷環境での耐久性を評価する凍害試験において、耐凍害性の高い粘土瓦の場合は評価に時間がかかることが想定されるため、試験時間を短縮する新たな評価方法を検討した。吸水率は、焼成温度が上昇すると下がる傾向が見られた。水銀圧入法による細孔分布測定の結果、最も焼成温度の高い 1130℃ 焼成の試験片は他の試験片よりも細孔径 0.1 μm 付近の分布が多かった。凍害試験を行ったところ、凍結融解の繰返し回数が 11 回で焼成温度の低い試験片に亀裂が入った。凍害試験の試験時間の短縮を目指し、気中凍結気中融解試験を行ったが、試験時間の短縮に至らなかった。

1. はじめに

粘土瓦は、寒冷環境で用いられることにより、劣化することがある。これを、凍害と呼んでいる。粘土瓦の寒冷環境での耐久性（耐凍害性）を評価する試験方法として、凍害試験がある¹⁾が、これは、試験体である粘土瓦を過酷な寒冷環境の中で劣化の有無を確認するものである。現在の粘土瓦は耐凍害性が高く評価に時間がかかることが想定される。この試験時間を短縮する新たな評価方法を検討するため、試験片を作製して凍害試験を実施し、耐凍害性の評価を行った。

耐凍害性は粘土瓦材料の細孔の状態が影響すると考えられるため、粘土瓦材料の作製条件及び吸水率や飽和係数などの物性値を測定して細孔の状態を調べ、凍害試験の結果と比較することにより、試験時間の短縮を目指した。

2. 実験方法

2.1 試験片の試作

試験に実物の瓦を用いた場合、耐凍害性は比較的高く、耐凍害性の低い瓦は出回っていないと考えられるため、試験結果に差が出ないことが想定される。そこで、あえて耐凍害性の低くなりそうな条件も含めて試験片を作製して、試験に用いた。

2.1.1 使用原料

試験片用の素地として、陶器瓦用配合土を用いた。

2.1.2 成形

33×15mm の金型を用いた押し出し成形を行い、長

さ 150mm の成形体を作製した。

2.1.3 焼成

72 時間以上の自然乾燥の後、15kW 電気炉を使用し、昇温速度 60℃/h、保持時間 1 時間で焼成した。焼成温度は一般的に三州瓦で用いられている 1130℃のほか、1080℃、1030℃で焼成した試験片も作製した。釉薬は用いなかった。このようにして作製した試験片のうち、1130℃で焼成した試験片を図 1 に示す。

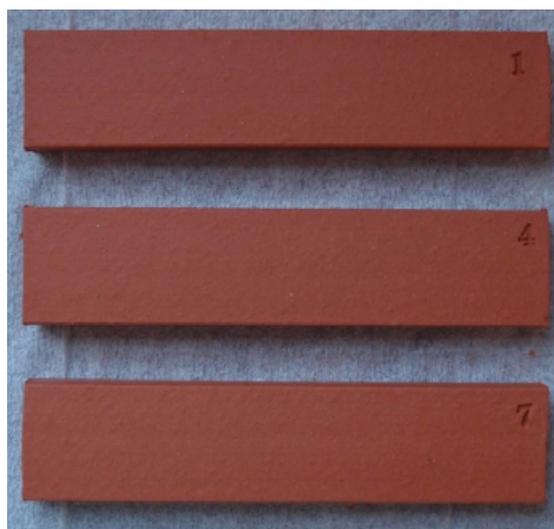


図 1 試験片（焼成温度 1130℃）

2.2 凍害試験

凍害試験は、JIS A5208 粘土がわら 5.5 に規定されている。概要を表 1 に示す。ここで、繰返し回数は当事者間の協定によるようになっており、寒冷地で使用す

*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場（現産業技術センター 金属材料室）

*2 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場

るのであれば回数を多く、そうでなければ回数を減らすなど、用途等により設定ができる。はたして何回くらいが妥当なのかは、JIS では明確にはなっていない。参考までに瓦の三大産地のうち、産地自体が寒冷地である石州では 25 回、それ以外の三州と淡路では 5 回行われている。今回は、凍害が発生するまで実施し、その回数を検証することとした。凍害試験には、各焼成温度で焼成した試験片を 3 本ずつ用いて実施した。

表 1 凍害試験 (JIS A5208 5.5)

試験前
・ 水温 15～25℃の清水中に 24 時間以上浸漬する。
試験
・ -20±3℃の冷気中に 8 時間以上静置する。
・ 水温 15～25℃の清水中に 6 時間以上浸漬する。
・ 取り出して湿布でふき、ひび割れ及びはく離の有無を調べる。
・ これを 1 回として所定の回数繰り返す。
・ 繰り返しの回数は当事者間の協定による。

2.3 試験片の物性

試験片の物性については、吸水率と飽和係数、細孔分布の測定を行った。

2.3.1 吸水率

試験片の吸水率については、24 時間自然吸水率と真空吸水率を測定した。

24 時間自然吸水率については、JIS A5208 粘土がわら 5.4(2)(a)にて測定した。概要を表 2 に示す。

表 2 吸水試験 (JIS A5208 5.4(2)(a))

乾燥時質量
・ 試験片を 110℃の乾燥器中で 24 時間以上経過させる。
・ 室内に静置し、室温に達した時に質量を測定する。
自然吸水時質量
・ 試験片を水温 15～25℃の清水中に 24 時間以上浸漬する。
・ 取り出して湿布でふき、質量を測定する。
自然吸水率
24 時間自然吸水率 = $\frac{\text{自然吸水時質量} - \text{乾燥時質量}}{\text{乾燥時質量}}$

真空吸水率は真空法により測定し、24 時間自然吸水率と真空吸水率の結果から、飽和係数を算出した。概要を表 3 に示す。

2.3.2 細孔分布測定

粘土瓦材料の細孔の大きさを測定するため、細孔分

表 3 真空吸水率、飽和係数

乾燥時質量
・ 試験片を 110℃の乾燥器中で 24 時間以上経過させる。
・ 室内に静置し、室温に達した時に質量を測定する。
真空吸水時質量
・ 試験片を真空容器中に置き、減圧して、真空状態で 1 時間経過させる。
・ 真空状態を維持しながら水を注入する。
・ 真空状態を解除した後、24 時間浸漬する。
・ 取り出して湿布でふき、質量を測定する。
真空吸水率、飽和係数
真空吸水率 = $\frac{\text{真空吸水時質量} - \text{乾燥時質量}}{\text{乾燥時質量}}$
飽和係数 = $\frac{\text{自然吸水率}}{\text{真空吸水率}}$

布測定を行った。細孔分布測定には、ガス吸着法と水銀圧入法があるが、細孔の主なサイズが数 μm とされている粘土瓦材料の細孔分布を測定できるのは、水銀圧入法である。このため、水銀圧入法の細孔分布測定装置を所有している岐阜県セラミックス研究所にて細孔分布を測定した。

2.4 気中凍結気中融解試験

建築用外装材料の耐凍害性評価として用いられている気中凍結気中融解試験の概要を表 4 に示す。気中凍結気中融解試験は 1 サイクルが 100 分であるため、早く結果が出るのではないかと考えた。この方法により、各焼成温度で焼成した試験片を 3 本ずつ用いて、試験片に割れ等が発生するまで試験を実施した。

表 4 気中凍結気中融解法 (JIS A1435 3.2)

試験前
・ 水中に 24 時間浸漬する。
試験
・ -20±2℃の冷気中に静置 (80 分)する。
・ 散水にて融解 10～30℃ (20 分)する。
・ 融解状態の試験片に発生する割れ、ひび割れ、膨れ、剥離などの有無及びその程度を観察する。
・ 1 サイクル 100 分。所定の回数繰り返す。

3. 実験結果及び考察

3.1 凍害試験

凍害試験 10 回の実施では凍害は発生しなかったが、凍害試験 11 回では焼成温度 1080℃、1030℃の試験片すべて、亀裂が入った。外観の様子を図 2、3 に示す。

亀裂は、試験片の長手方向、つまり押出方向に向かって入っている。この向きの強度が弱くなっているものと考えられる。



図2 試験片
(焼成温度 1080℃、凍害試験 11回)



図3 試験片
(焼成温度 1030℃、凍害試験 11回)

3.2 試験片の物性

3.2.1 吸水率

24 時間自然吸水率と真空吸水率を測定した結果を表 5 に示す。焼成温度が低下すると吸水率が上昇する傾向が見られる。JIS では、ゆう菓がわら及び無ゆうがわらの吸水率は共に 12%以下と規定されていることから、1030℃で焼成して作製した試験片と同等の物性を有する瓦は、JIS に適合した瓦としては認められないことになる。

表 5 吸水率 (平均値、n=3)

焼成温度 ℃	24 時間自然吸水率 %	真空吸水率 %
1030	12.6	14.8
1080	9.5	12.3
1130	6.8	10.1

真空吸水率は、自然吸水率よりも高くなっている。特に、1130℃で焼成した試験片の真空吸水率は自然吸水率の 6 割増しとなっており、普段の状態では吸水しないような細孔が多く存在すると考えられる。飽和係数を求めた結果を図 4 に示す。1030℃で焼成した試験片は自然吸水で細孔の大半が吸水すると考えられる。一方、1130℃で焼成した試験片の飽和係数が低いということは、全体の細孔のうち、自然吸水では水の入らない小さ

い細孔が多く、これが水の凍結による膨張の応力を緩和し、凍害が発生しにくくなる要因と考えられる。

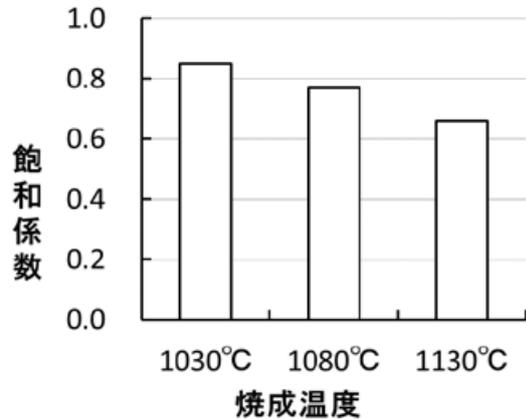


図4 焼成温度による飽和係数変化

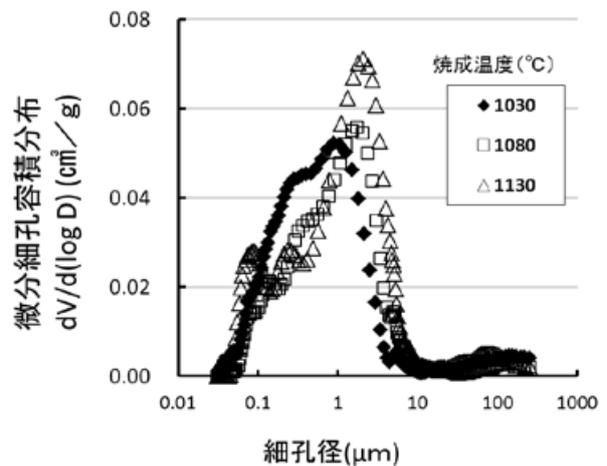


図5 焼成温度による細孔分布変化

3.2.2 細孔分布測定

水銀圧入法による細孔分布測定の結果を図 5 に示す。1130℃で焼成した試験片は細孔径 0.1 μm 付近の分布が他の試験片よりも多かった。これが、真空吸水率の結果に影響していると考えられる。

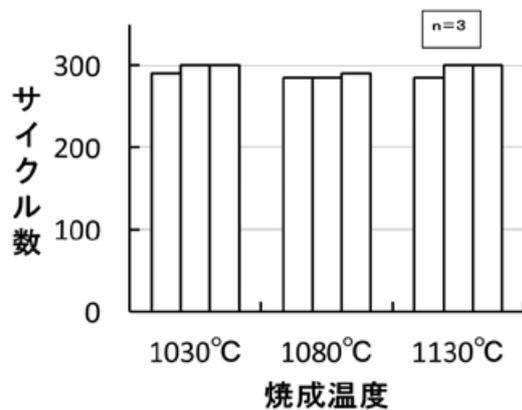


図6 気中凍結気中融解試験にて割れが発生するまでのサイクル数

3.3 気中凍結気中融解試験

気中凍結気中融解試験を行った結果を図6に示す。いずれも285～300サイクルにて割れが発生した。試験片により差があまりなかったことに加え、通常の凍害試験では11回実施して一部に凍害が発生したが、気中凍結気中融解試験では割れの発生までおよそ3週間かかり、試験時間の短縮に至らなかった。気中融解は散水による融解のため、融解時にあまり吸水せず、これが凍害発生に差がなく時間がかかったものと考えられる。

4. 結び

(1) 粘土瓦材料について、焼成温度が高いと、吸水率が下がり、耐凍害性は向上する。

(2) 焼成温度が高いと、細孔の割合が多くなり、耐凍害性の向上につながる。

(3) 凍害試験と気中凍結気中融解法による試験結果に相関性は見られず、本研究で目指した試験期間を短縮できる耐凍害性評価試験の開発には至らなかった。

謝辞

細孔分布測定に御協力いただいた岐阜県セラミックス研究所に感謝いたします。

文献

1) 山本紀一，福永均，伊藤征幸，森川泰年：愛知県常滑窯業技術センター報告，10，49(1984)