

押出成形による薄形タイル

久野 徹 大野 昌彦 榊原 満

Thin Tiles by Extrusion Molding

by

Toru KUNO, Masahiko ONO and Mitsuru SAKAKIBARA

現在、常滑地区で押出成形により製造されているタイルの厚みは、13~20 mm である。今日の工業製品は、押しなべて、軽薄短小を目指しており、タイルにおいても、より薄いタイルの開発により、新規需要が期待できる。常滑地区で使用されているタイル坯土8種類を用いて、2~5 mm の薄形タイルを押出成形できるか否か検討した。

その結果、5 mm までは8種類とも、そのまま押出し可能であった。2~3 mm になると、押出しできない坯土が5種類、可能な坯土が3種類になった。可能な坯土には、モンモリロナイトが含まれていた。押出しのできなかった坯土に、炭酸ソーダやペントナイトを添加したところ、切れは止まり成形できるようになった。

1. まえがき

現在、常滑地区で押出成形により製造されているタイルの厚みは、外装・床タイルで、13~20 mm である。同じ押出成形で作られている赤レンガは、60 mm の厚みであり、タイルは、1/3~1/5 程度に薄くなった赤レンガと言える。今日の工業製品は、すべて、軽薄短小を目指しており、タイルにおいても、さらに薄いタイルの開発により1/6~1/20 に軽量化できるため、壁紙と同じ感覚で各ユーザーが日曜大工で施工でき、新規需要が期待できる。本研究においては、2~5 mm の薄形タイルを、押出成形で製造できるか否か検討した。

(MR MW TW I) に大別できる(図1)。8種類の坯土は、坯土の可塑性状を調べるため、含水率・硬度(日本碍子式、写真2)・混練トルク(ラボプラストミル、写真3)を測定した。

押出成形機は、本田鉄工所製 DE50(写真1)を使用した。ステンレス製のオーガー・スクリーアの直径は50 mm であり、口型は幅100 mm、厚さ0~5 mm 可変、材質SKD-11である。口型と

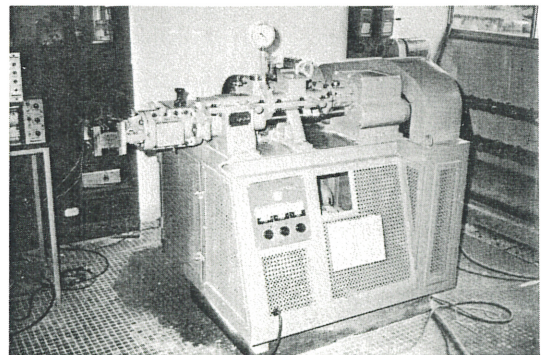


写真1 押出成形機

2. 実験方法

常滑地区で使用されているタイル坯土を、7種類(MR MW MRB J Y TW I)収集した。これと別に、三河粘土60%と頁岩粘土40%を24時間ボールミル粉碎した細かい坯土(MS)を調整した。これらの坯土は、焼成後の色から赤色系タイル坯土(MRB J Y MS)と白色系タイル坯土

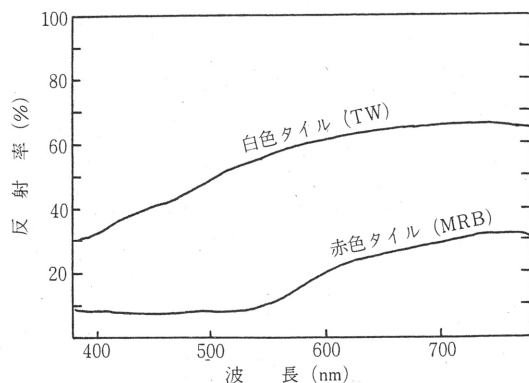


図1 焼成後のタイルの分光反射曲線

オーガー・スクリーウの間に、圧力センサー（0～100 kg/cm²）を取り付け、圧力を記録しながら2, 3, 5 mmのタイルを押し出した。

切れ発生により、押し出しできなかった坏土の代表として坏土Iを採りあげ、これに成形助剤として有効と思われる炭酸ソーダ、ペントナイト、ステアリン酸エマルジョンを添加し、押出成形を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 含水率・硬度・混練トルク

坏土の硬さ・軟らかさを決定する第一の要因は、坏土に含まれる水分量なので、含水率の多い順に坏土を並べ、合わせて硬度と混練トルクを記入したものが図2である。硬度は、含水率のカーブと似ているが、予想した平行カーブではなかった。これは、同じ坏土で含水率を変化したのとは異なり、各坏土の鉱物組成の違いが現れたと思われる。混練トルクは、坏土Iを除いて200 kg・cm前後で、硬度のような大きな差はなかった。それは、ここで使ったラボプラストミルの2軸ローターは、写真4で見るように、押出成形機のバグ・スクリーウとは同じ構造であり、収集した坏土は、含水率の違いはあるものの、すぐ押出成形機で使える状態で出荷されているものなので、バグ・スクリーウで発生する負荷も、ほぼ同じであると思われる。

3.2 押出成形試験

押出成形にあたり、素地の含水率は、現場に即

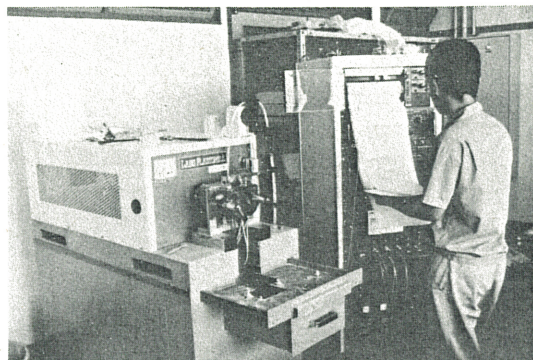


写真3 ラボプラストミル

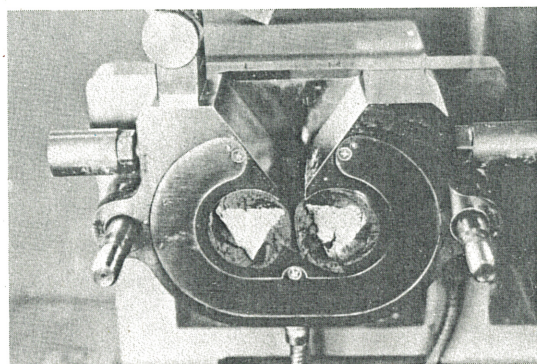


写真4 ラボプラストミルの2軸ローター

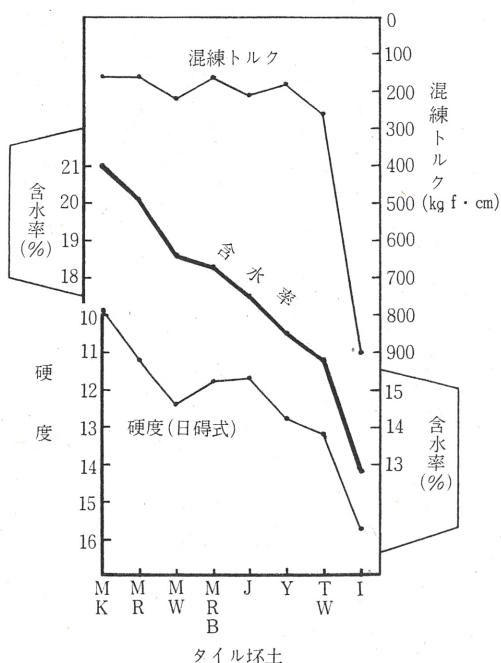


図2 タイル坏土の含水率・硬度・混練トルク

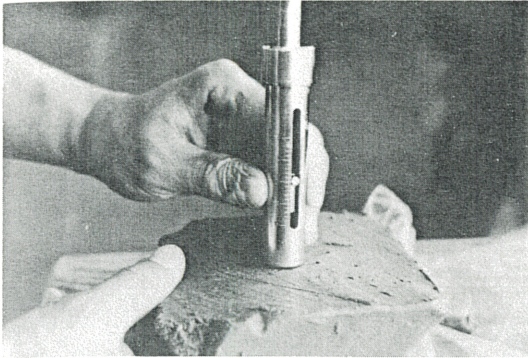
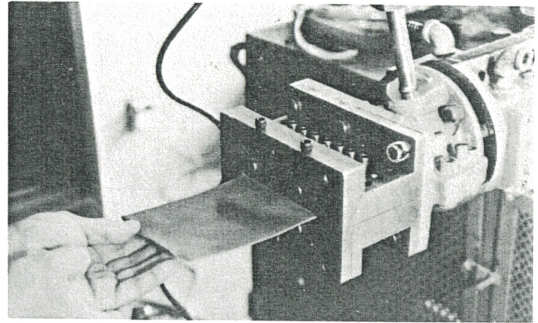
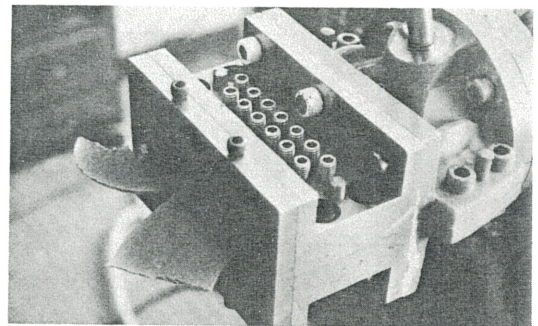


写真2 日本碍子式硬度計

写真5 うまく押出成形できる坏土
(MRB, Y, MS)写真6 左右に分かれて押出成形できない坏土
(MR, MW, J, TW, I)

したデーターになるように収集時のままである。ただし、坏土Iだけは、図2に見られるように、入手時に既にかなり乾燥が進んでいて硬すぎたので、水を添加して12.8から17.0%にした。5 mm厚のタイルは、すべての坏土で押出し可能であった。しかし、5 mmから2~3 mmへと薄くした時は、表1のごとく成形可能な坏土と不可能な坏土に別れた。坏土の含水率は、表1に見られるように多くても少なくとも切れは発生し、原因は他にあるように思えたので、まず粒度分析を行った。粗いシャモットや砂があると、それが引き金になって切れを起こすと予想されたので、細かい坏土(MS)を用意したが、図3からシャモットや砂が含まれている44 μm 以上を見ると、収集した7種類の坏土はすべてに20%前後含まれており、坏土Yのように20%含まれていても切れないので、シャモットや砂は、切れの原因ではない。反対に2 μm 以下の粘土分は、25~39%の範囲にあるが、この多い少ないも切れ発生に影響を与えてはいない。

次に、X線回折により、構成鉱物を調べたところ表2に示すように明瞭な差が認められた。すなわち成形可能な坏土には、モンモリロナイトが含まれていた。これは頁岩粘土から来るもので、非常にねばく引き裂かれにくい性質がある。反対に、切れる素地にはモンモリロナイトがなく、カオリナイトが多く、パイロフィライトが入っているものもあった。そのため引き裂かれやすく、写真6に見られるように、左右が切れるものと思われる。

3.3 添加物による押出成形試験

切れ防止のため、坏土Iに添加物を入れて押出

表1 坏土の含水率と成形可否

坏 土	含水率 (%)	厚 み	
		5 mm	2 ~ 3 mm
TW	15.8	可	否
Y	16.5	可	可
I	17.0	可	否
J	17.5	可	否
MRB	18.3	可	可
MW	18.6	可	否
MR	20.1	可	否
MS	21.0	可	可

成形を行った。ステアリン酸エマルジョン（中京油脂セロゾール 920）は、ラバープレスの顆粒用に使用され、潤滑効果があるので金型とのすべり摩擦低下を期待して、乾粉 100 g につき 3 cc 添加した。混練トルク値では、約 35%の低下があったが、期待に反して押出成形では、団粒同士の結合も阻

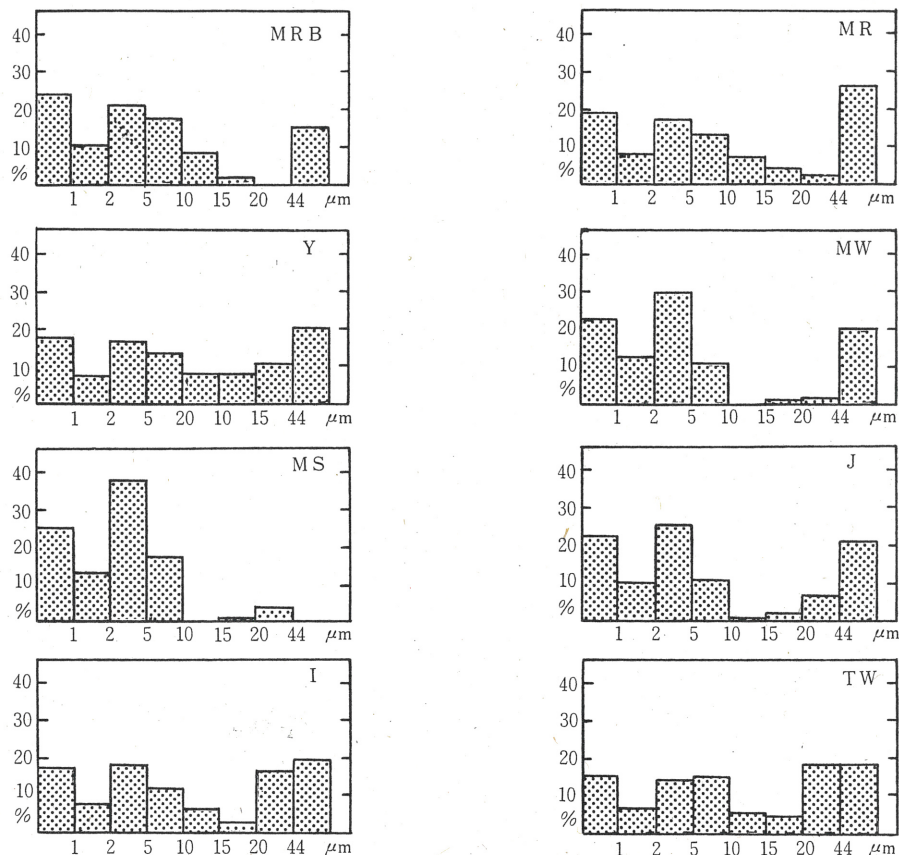


図3 タイル坏土の粒度分布図

表2 X線回折による粘土鉱物の同定

粘土の系列	坏土	構成粘土鉱物	
モンモリロナイト系	MRB	モンモリロナイト	ハロイサイト
	Y	モンモリロナイト	ハロイサイト
	MS	モンモリロナイト	ハロイサイト
カオリナイト パイロフィライト系	MR	カオリナイト	パイロフィライト
	MW	カオリナイト	パイロフィライト
	J	カオリナイト	パイロフィライト
	TW	カオリナイト	
	I	カオリナイト	

害されて切れが発生した。炭酸ソーダ (Na_2CO_3 , 試薬1級) は、センター報告(1978 No.6 P16)に見られるように、低水分での成形が可能である事から今回も有効と思われるので使用した。0.5%の添加で混練トルクは、約30%低下し、押出成形でもうまく成形できた。ベントナイト(豊順ベン

トナイト) は、その構成鉱物がモンモリロナイトである。うまく成形できた坏土には、モンモリロナイトが含まれていたため、モンモリロナイトの強力なねばり作用に期待して、まずベントナイトを10%添加して押出成形を行ったところ、切れの発生も無く成形できた。さらに、経済効果をねらっ

て、添加量を半分にした5%でも、切れは発生しなかった。ただし、端部に粗な部分が生じ、これ以下では押出しができず、下限のように思われた。

4. まとめ

- (1) 8種類の坯土を用いて、押出成形により薄形タイルを成形したが、5 mm厚までは、そのまま押出し可能であった。2～3 mmになると、押出しのできない坯土が5種類になった。

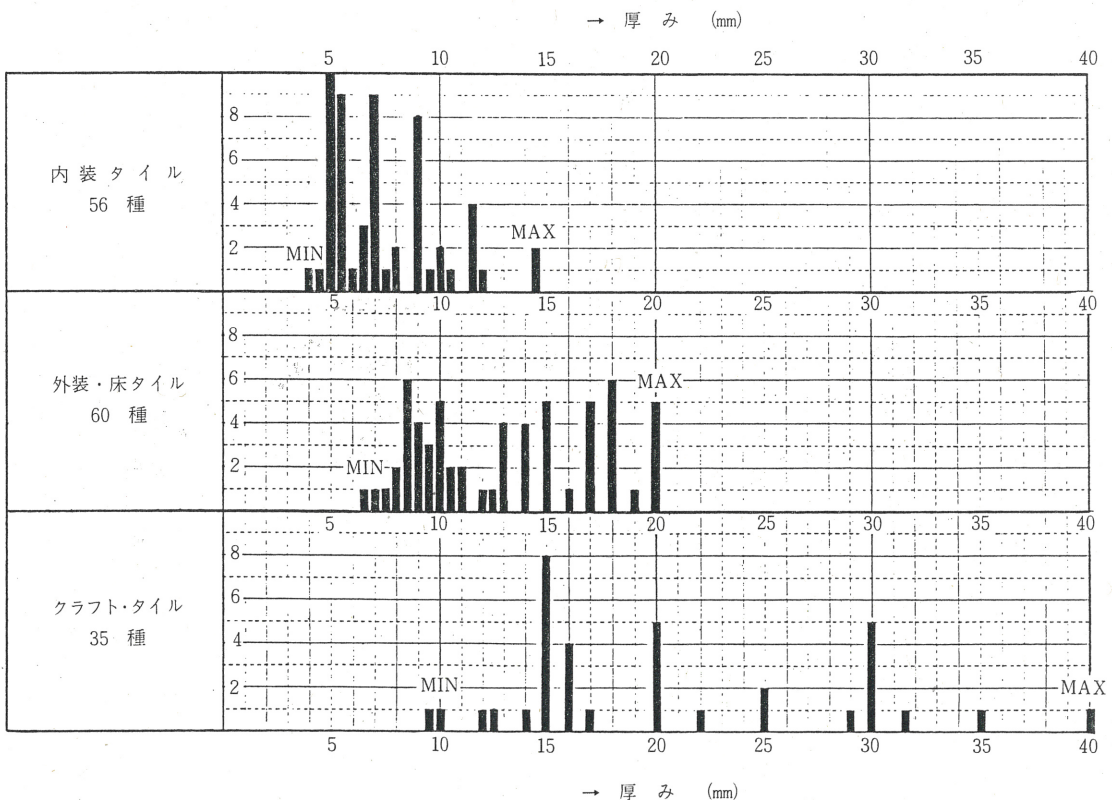
- (2) 押出しのできなかった原因は、含水率や粒度分布ではなく、構成鉱物の違いであった。押出し可能であった3種類の坯土には、モンモリロナイトが含まれていたが、押出しのできなかった5種類の素地にはモンモリロナイトは無く、カオリナイトやパイロフィライトが含まれていた。

- (3) 押出しのできなかった坯土Iに、炭酸ソーダやベントナイトを添加したところ、切れは止まり成形できるようになった。

参考データ

◎ 市販タイルの厚み

下図に、市販タイルの厚み度数分布図を示す。データは、(株)INAXの製品カタログ(内装タイル61.4.15発行、外装・床タイル61.4.15発行、クラフトタイル60.7.30発行)による。内装タイルの最小厚みは、4.0 mmであるが、4.0と4.2 mmのタイルは小さなモザイクタイルであり、実質的な厚みは5.0 mmである。外装・床タイルの最小厚みは6.5 mmであるが、6.5～7.5 mmのタイルはモザイクタイルであり、実質的な厚みは8.0 mmである。クラフトタイルの最小厚みは、9.5 mmであり、その実寸法は、95×195 mmと大きいタイルである。これらタイルの成形方法は、プレス成形・押出成形・型起し成形と様々ですが、概して言えば、薄いものはプレス成形、厚いものは押出成形、極めて厚いものは型起し成形で作られている。



◎ タイルの曲げ強さ

タイルは、使用に際して、ある値以上の強度が必要なので、JIS A 5209 (1987) に最低の強度が規定されている (下の表を参照)。ここで用いられる「幅 1 cm 当たりの曲げ破壊荷重」は、一般に使用されている「曲げ強さ」とは異なり、製品としての強さを重視したものである。式で表すと下のようになり、スパン 9 cm の曲げ破壊荷重であり、弱い材質の場合でも厚くすれば、規格値をクリアーできることになる。

$$\text{幅 1 cm 当たりの曲げ破壊荷重} = (\text{破壊荷重} \div \text{幅}) \times (\text{スパン} \div 9)$$

一般に使われている「曲げ強さ」は、次式のように材質としての強さを重視している。

$$\text{曲げ強さ} = (3 \times \text{破壊荷重} \times \text{スパン}) \div (2 \times \text{幅} \times \text{厚み} \times \text{厚み})$$

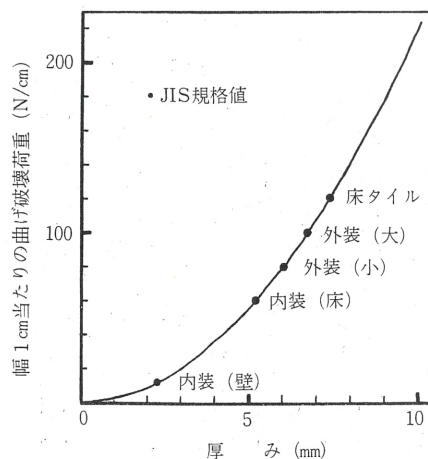
ここで、珧器質タイルの曲げ強さを 3000 N/cm^2 と仮定すると、上の 2 つの式から

$$\text{幅 1 cm 当たりの曲げ破壊荷重} = 222 \times \text{厚み} \times \text{厚み} \quad (\text{下図を参照})$$

となる。厚みの効果が大きく、2 乗で効いてくる。すなわち、薄くすればする程、強度は大幅に低下し、2 mm まで薄くすると 9 N/cm となり、内装タイル (壁用) の 12 N/cm さえ満足しない。こうなると、ボード裏打ち等で実用強度を上げる必要がある。

種 類			幅 1 cm 当たりの 曲げ破壊荷重 $\text{N/cm} \{ \text{kgf/cm} \}$
内 装 タイル	壁 用		12 { 1.23 } 以上
	床 用		60 { 6.12 } 以上
外 装 タイル	タイルの寸法が 160mm 以下の場合		80 { 8.16 } 以上
	タイルの寸法が 160mm を超える場合		100 { 10.20 } 以上
床	タ	イ	120 { 12.24 } 以上
モ	ザ	イ	60 { 6.12 } 以上

注 タイルの寸法とは、長方形のタイルの長辺又は正方形のタイルの一边を意味する。



◎市販タイル (最下段) と薄形試作タイル (中段と最上段) ほぼ実物大

