

瓦等の押出成形製品の成形条件に関する研究

(受託研究:沖縄県赤瓦事業協同組合)

中村英二郎、与座範弘

押出成形製品の品質向上を目指すため、押出成形の基礎である原料、金型、押出成形機の条件をどのように管理するか検討を行った。原料においては水分量測定 of 迅速簡便な方法が求められており、山中式土壤硬度計を用いて簡易的に水分量換算することができ品質管理に利用できる目処が見ついた。押出成形機の条件としては、軸回転速度が成形品に影響を及ぼしていることが確認できた。また、これらの条件をプラント規模で検討のために金型の設計、試作を行い、300角タイトルの金型が完成した。

1 緒言

安定した品質の押出成形製品(瓦、タイル、レンガ等)を製造するためには、成形条件の検討が必要不可欠である。沖縄県赤瓦事業協同組合では、ろくろを用いた手作りの瓦から、押出成形機を利用した大量生産可能な成形方法に変化しているが、生産条件はいまだに職人の経験と勘を頼りに決められており、効率的な生産がなされていない。

そこで、押出成形の基礎である原料、金型、押出成形機の条件を適切にコントロールすることにより、押出成形製品の品質向上を行うことを研究の目的とした。

研究では押出成形時の水分量を現場的に把握する簡易的な測定方法の検討と、当センターに設置されている小型押出成形機を用いて押出条件の検討を行った。また、これらのデータを工場で検討するための金型の設計、試作を行った。

2 実験方法

2-1 簡易的な水分測定方法の検討

押出成形においては原料の管理が重要であり、同じ原料で、同じ水分量で成形を行うのが理想である。しかしながら、現実には困難であり、毎回同じ条件に揃えるように調整を行うが、これは現在、職人の経験的勘で行われており適切な品質管理がなされていない。通常、定量

的な水分の測定には水分計が使用されるが、現在市販されている近赤外線式と加熱重量式のどちらも県内の瓦製造工場で使用するには欠点があり、工場で品質管理に使用されるには至っていない。これは、近赤外線式の測定機は迅速測定が可能だが高価であり、加熱重量式は比較的安価だが測定に20分程度かかってしまうことがあげられる。そこで、図1に示す山中式土壤硬度計を用いて押出成形後の押出成形体の硬度を定量的に測定し、この値から間接的に水分量の算出が出来れば、現場的に安価な迅速測定が可能となる。

実験としては、沖縄県赤瓦事業協同組合加盟の工場へ行き、土壤硬度計を用いて押出成形後の成形体の硬度を測定し、この硬度とそのときの成形水分量の相関を求めた。また、押出成形時の水分量管理に使用可能か判断を行った。

2-2 押出成形条件の検討

押出成形条件の改良のため、押出成形機の口箱形状と軸回転速度を変更して焼成後の特性の違いを測定した。

県内の瓦製造工場では、図2に示すように押出成形機



図1 山中式土壤硬度計

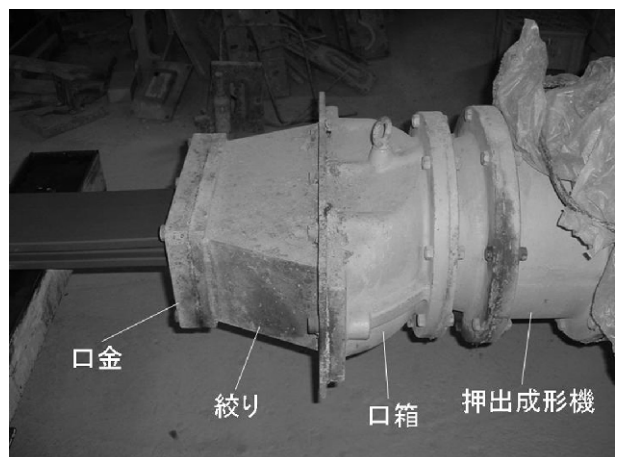


図2 押出成形機と口箱形状

出口に通常口箱と呼ばれる部品を付け、場合により絞りをはさみ口金で製品の成形を行っている。口箱は、図のような横に広がる形状のものが主に使用されているが、県内の工場ではこの後に絞りを入れる場合と入れない場合があり、どちらのほうの方がより安定的に押出成形が可能であるのか検討されていない。また、押出成形速度については、現在工場に標準的に設置されているものは、インバーターの設置がされておらず、生産品目が異なっても一つの軸回転速度でしか成形されていない。しかしながら、押出断面積や形状によって最適な押出成形速度があると考え、軸回転速度を変えることにより成形後の性状に違いがでるか確認を行った。県内の多くの瓦製造業者は、機器メーカーが設備を設置、調整を行った後はほとんど条件を変えないため、押出成形条件が製品に及ぼす影響が求められていない。そのため、適当な条件を求めることで品質の向上が期待できる。

実験は、沖縄県赤瓦事業協同組合の工場で使用されている配合粘土を購入して使用し、押出成形機は、石川時鐵工所製 真空土練成型機 Y50Eを用いて、口金出口寸法40×10mmで押出成形を行った。口箱の形状は、絞りのあるなしでどのような違いがあるのか比較するために、図3に示すように2種類の口箱を使用した。軸回転速度については、モーターの回転速度を5Hz、20Hzと制御した。5Hzの設定で、軸1回転にかかる時間は約36秒であり、20Hzでは、約9秒だった。テストピースは押出成形後、室内で十分に乾燥させ、電気炉で、980℃で焼成を行った。その後、収縮率、吸水率、曲げ強さの測定を行い、比較を行った。



図3 口箱形状（絞り込み、円柱状）

2-3 押出成形金型の設計・試作

押出測定後の水分量の簡易的な測定と実験室レベルの押出成形条件が求められたため、実際に工場において使用されている押出成形機に合わせた金型の設計・試作を行った。デザインについては、沖縄県赤瓦事業協同組合と検討を行い、300mm角タイル2枚出しに決定した。

3 実験結果と考察

3-1 簡易的な水分測定方法の検討結果

押出成形後の土壤硬度計の値と押出成形体水分量との関係を図4に示す。土壤硬度計の値は、測定にばらつきが認められたため、10回繰り返し測定の平均を示し、エラーバーは標準偏差を示している。相関分布は $R^2=0.9101$ でかなり高い負の直線的な相関が認められた。水分量22~26%まで直線的に分布しており、成形に適切な水分量23~25%の範囲においても十分簡易的に水分量の測定を行うことが可能であることが示唆される。

測定結果には多少のばらつきが認められるが、これは異なる産地の原料（クチャ、赤土）を使用しているため、同じ水分量であっても固さが異なっていると考える。しかしながら、厳密な水分量の管理を必要とはしていないので、現場的には、この土壤硬度計の水分量換算で十分に管理可能である判断する。

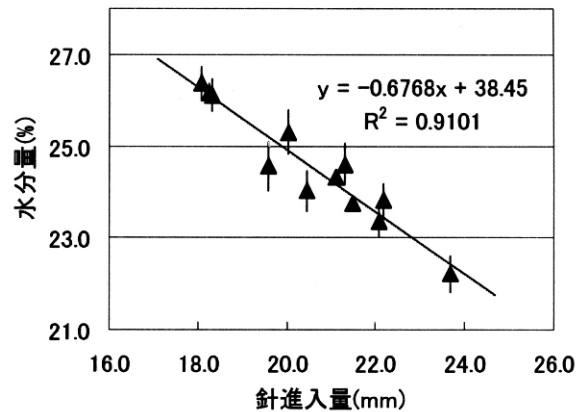


図4 硬度計の針進入量と水分量の関係

3-2 押出成形条件の検討結果

今回の実験では、口箱形状、軸回転速度を変化させた場合の焼成後曲げ強さ、収縮率、吸水率に対する影響を調べた。図5に焼成後サンプルの曲げ強さの結果を示す。

モーター回転速度を5Hzと20Hzに変化させることにより曲げ強さに影響がでており等分散を仮定したStudentのt検定において危険率1%で差がある結果となった。速く軸を回転させたときよりも、ゆっくり回転させたときの方が曲げ強さで大きな値を示しており、これは押出成形時に適切な軸回転速度があることを示唆している。製品により回転速度をコントロールすることが曲げ強度向上につながると考える。

また、口箱形状の違いによる焼成後曲げ強さの違いはほとんど見受けられなかった。今回のサンプル形状が40×10mmと小さかったため口箱の影響が小さかった可能性がある。

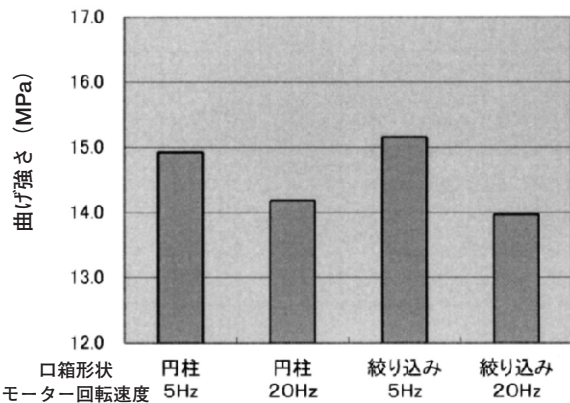


図5 口箱形状とモーター回転速度の違いによる曲げ強さの変化

次に、軸回転速度と口箱形状の違いによる吸水率の変化を図6に示す。吸水率でも曲げ強さと同様に、口箱形状では大きな違いが見られなかったが、軸回転速度の違いにより、等分散を仮定したStudentのt検定において危険率1%で差が認められた。軸回転速度の速い条件で吸水率が大きくなったことから、遅い条件で成形したものより締まりが良くないものと考えられる。

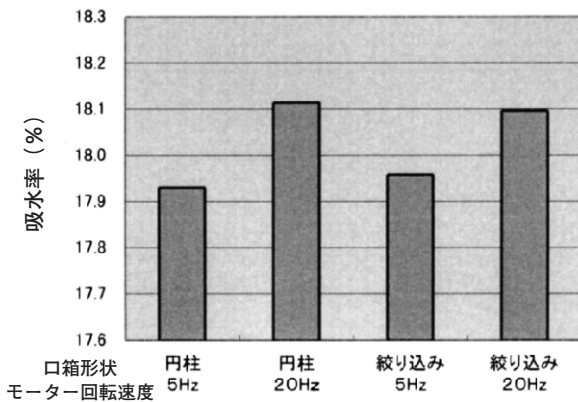


図6 口箱形状とモーター回転速度の違いによる吸水率の変化

収縮率においては、軸回転速度、口箱形状どちらを変化させても違いが見受けられなかった。

押出成形の条件として文献¹⁾に記述されていることは、製造現場からみて一般的に認められている経験的な事実として、押出軸の回転速度、口箱の傾斜と口の大きさは粘土により変えなければならないとある。また、押出成形機は、①オーガーのピッチと角度、②口箱の長さ、傾斜③口金の長さ、傾斜、④軸の回転速度について設計上問題になると記述されている。今回の実験結果において軸回転速度は、曲げ強さ、吸水率に影響を与えていたが、口箱形状では明確な差が認められなかった。しかしながら、実際に生産で使用されている大型の押出成形機の場合

は影響がでてくる可能性があるため、今後の実験においても注意深く検討していくものとする。

3-3 押出成形金型の設計・試作

原料、押出成形条件を適切に行ったならば、金型の形状も重要である。押出成形条件を求めるときは、単純な形状である40×10mmの孔の開いた口金だったので簡単に成形を行うことが出来たが、実際の工場においてはより複雑な形状の押出成形が求められている。実際に瓦製造業者の動向としては、より高付加価値の製品を製造するために、より複雑な形状の成形が求められる。そこで、比較的複雑で大型形状のモデルとして300角タイル金型を設計・試作し、押出成形特性の把握に使用するものとした。今年度試作をした金型のスケッチを図7に示す。

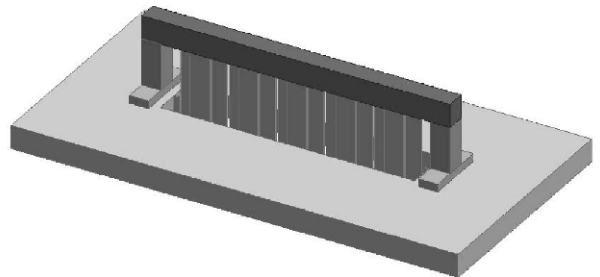


図7 300角タイル金型スケッチ

この金型は、次年度以降、金型特性の実験に使用するものとする。

4 まとめ

県内において生産されている瓦等の押出成形製品の品質向上のため検討を行ったところ、以下の知見が得られた。

- 1) 押出成形時の簡易的な水分量の測定方法として山中式土壌硬度計の利用が可能である。押出成形時の水分量を定量的に管理できる。
- 2) 軸回転速度の調整は、焼成後の曲げ強さや、吸水率に影響を及ぼす。成形品目により軸回転速度を適切にコントロール可能であれば、より高品質の製品が製造可能である。
- 3) 口箱の影響は、今回の小型の押出装置、金型ではほとんど無かったが、大型の押出成形機で試作をする場合には更なる確認を要する。
- 4) 実際の工場で生産を行っている装置で試験可能な300角タイル金型の設計、試作を行った。次年度以降、特性を検討するものとする。

この研究は、沖縄県赤瓦事業協同組合よりの受託研究として行ったものである。

参考文献

- 1) 素木洋一 セラミックス製造プロセスⅡ 技法堂出版株式会社 (1978)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。