

石膏造形時における型板保持装置の試作

黒田 晴 康

1. まえがき

デザイナーがデザインをする過程や、デザインを終えて他に提示する場合に精密見取図や設計図も使用するが、模型を作って検討したり、表示をする場合が多い。

モデル作りに使用する材料としては種々あるが、粘土、油土、石膏、木材、紙、ガラス、プラスチック、金属などがあり、必要に応じてこの中から単独または組合せで使用される。

中でも石膏を使用すると複雑な形状のモデルでも比較的容易に制作でき、その仕上がりも塗装すると非常によく、また細かいところまで表現することができるので、石膏が割合多く使用されている。さらに製品だけでなく、モデル制作の過程でも例えば真空成形の原型などにも石膏型がよく使われている。

一般に工業製品の中では他の形に比べて丸物形状(円板状、円柱状、円筒状、球状)が比較的多く使われているので、石膏での丸物成形にはロクロがよく使われている。特に本学では、学報第31号でも報告⁽¹⁾されたように、企業で行われている石膏かんによる熟練とカンに頼る方法ではなく本学で開発した型板による成形法が行われている。

丸物の石膏モデルをロクロの上で成形するには、例えば円筒状のものではロクロのテーブルの上に粘土で中子をつくり、中子の外側にプラスチックフィルムで空間をもたせて枠を設け、中子とプラスチック枠の間に水で溶いた石膏を流し込み、流動性が無くなり凝結硬化が始まった時を見計らって余分の石膏を型板で削り取って成形する方法が行われている。円板状や円柱状のモデルでは中子がないだけで以後の工程は変わらない。

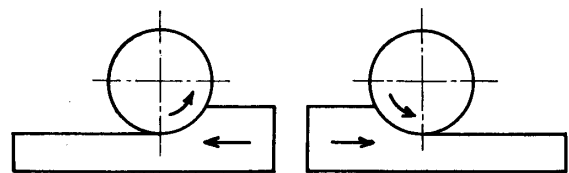
しかし従来から行われていた型板で成形する

方法では、その成形装置が全般的に脆弱であり、型板の保持部分も華奢な構造であったため石膏を切削するというよりも石膏を徐々に取り除くといったやり方しかできず、石膏の凝結硬化時間とのからみからかなり忙しい作業であった。

そこで今回は、剛性が高く、切削理論にかなった装置を試作して能率よく、正確に、美しく成形できるようにしたので、以下に報告する。

2. 予備試験

金属加工におけるフライス盤でフライス(カッター)を使用して工作物を切削する方法に、図1に示すような(a)上向き削りと(b)下向き削りの二つの方法がある。



(a) 上向き削り

(b) 下向き削り

図1 フライス加工の上向き削りと下向き削り

(a)上向き削りとはフライスの回転方向に逆らって工作物を送り込む方法で、工作物の送りネジにバックラッシ(遊び)があっても切削抵抗によって常にネジのバックラッシを殺す方向に工作物を送るのでこのバックラッシは問題にならないがフライスの刃は最初に切込み0から削り始めるので能率が悪く、切削された表面は擦れて光った面になる。金属の場合は当然刃物の寿命が短く、発熱も多くなる。また工作物の取付けもフライスによって持ち上げられるのでしっかり固定する必要がある。

一方(b)下向き削りはこれとは逆にフライスの回転によって工作物が引張り込まれる方向に工作物を送るので、送りネジにバックラッシュがあるとガタガタして削れないばかりでなく、フライスによって工作物を引っ張り込み、切込みが瞬間的に大きくなって刃先が折損してしまう。しかし送りネジのバックラッシュをなくするか、極めて小さくすると刃先はよく切れて仕上げ面がよくなり、工作物の固定方法もフライスの回転で引き込まれない方法をとれば切削抵抗が少なくなるので工作物の変形も小さく、仕上がりの精度もよい。

以上の金属切削におけるフライス加工の現象はロクロによる石膏や粘土の成形についても全く同じことがいえる。これを本学中谷助教授の研究⁽¹⁾による円弧切削法を例にとって説明する。

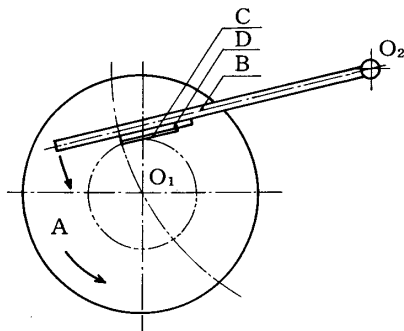


図2 ロクロ成形の上向き削り

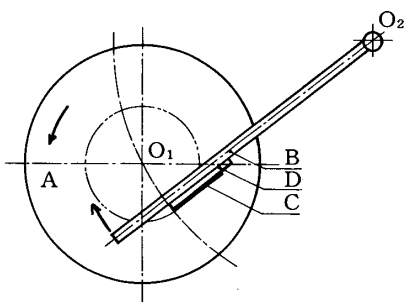


図3 ロクロ成形の下向き削り

図2は円弧切削法の概要を示したものである。ロクロの回転テーブルAは矢印に示すように反時計方向に回転し、その毎分回転数は無段変速機に直結されているので、0~240rpmまで必要に応じて自由に変えることができる。Bは型板を保持しながらO₂を中心に軽く回転するように

作られたスイングアームである。このスイングアームB上にボルトで固定された補助板Dを介して型板Cが取り付けられており、回転テーブルA上の半凝固状の石膏や粘土をこの型板Cで切削するのである。

図の中でスイングアームBが矢印のように反時計方向に回転する場合、O₁-O₂線より上方に位置する範囲では上向き削りとなり、あたかも包丁を逆に寝かせて大根の「かつらむき」をするようなものでまったく切ることができず、型板のすくい角はマイナスになるので切削されずに型板によって余分の石膏や粘土が押し除けられている。すくい角がマイナスのため、切屑となった余分の石膏や粘土のハケが悪く、特に石膏の端面削り成形の場合中心付近は削らないでコネているような状態になるので、石膏の凝結反応が部分的に促進されて成形がしにくい。そのため例えば食器の底を成形するような場合、肉厚がうすいと部分的に凝結反応が早くなり無理をすると割れたり欠けたりしてしまうことがある。

スイングアームBがさらに反時計方向に回転してO₁-O₂線上に達すると、上向き削りにおける所定の成形は終わる。

もう一つの方法として図3のように、回転テーブルAの回転方向は変わらないが、スイングアームBの回転方向が時計回りになった場合である。スイングアームBに補助板Dを介して固定した型板Cのすくい角は外周部で90°、O₁-O₂線上では0°まで変化するがいずれもプラスのすくい角であるので、石膏や粘土をよく削ることができ、しかも切屑となった余分の石膏や粘土は型板に対する入射角が小さいので型板の表面(すくい面)に沿って比較的よく流れる。しかしこの方法で最もぐあいの悪いことは、回転テーブルA上に固定されて回転する石膏や粘土の接線方向分力と、型板Cによる切削主分力が合成して、スイングアームBを中心方向(O₁方向)へ引張り込む合成力が働き、その結果として型板は成形中の加工物(石膏や粘土)に食い込んでしまっ

て成形ができなくなる。

本研究は、スイングアームBが切削合成力に

打ち勝って型板Cを正確に微動させながらO₁-O₂線上まで移動させる装置を開発することを目的とするが、その予備実験として図4のような従来から設置されていた最も華奢な構造の型板保持装置に、ネジを利用して切削合成力に耐えられるようなスイングアーム微動送り装置を試作して取付、成形してみた。

トライアルの結果は、型板保持部の剛性に多少問題はあったが、従来から行ってきた上向き削りで約170秒要していた最も単純な形状の粘土中子の成形が、下向き削り（図5）では約70秒と1/2.5に短縮することができ、切屑も比較的順調に流れてその除去も比較的容易であり、成形作業に対する熟練も余り必要としないことがわかった。

ただ型板C、補助板D、スイングアームの剛性が低いので、図5でわかるように成形品の経方向にびびりマークが等間隔に現れ、製品の精度と品位に悪い影響を与えている。さらにこの試作装置では型板の高さ方向の大小によってスイングアームを上下させなければならないが、スイングアームを上下させると微動ネジ先端受けの位置が変わり、不都合を生じた。

以上の子備試験の結果から、本装置を設計、製作するための概念と方向を把握することができた。

3. 装置の設計、試作

- 予備試験の結果をまとめると、
- イ. スイングアームを拘束して回転させるのに、ハンドルを多く回さなくてもよいこと。
 - ロ. 型板保持方法を始め装置全体の剛性を大きくすること。
 - ハ. スイングアームの上下に、粗動と微動ができること。
 - ニ. 成形準備中は別として、成形作業中は片手で操作ができ、他の片手で排出された石膏や粘土の除去ができること。
 - ホ. 型板取付けに際しては、中心合わせが正確、簡単にできること。
- などである。これらの事項を考慮して筆者自身が設計、試作したのが図6に示すような装置で

ある。

その特徴は

- イ'. スイングアームの旋回には複リードウォームとウォームホイールを使用し、噛み合いのバックラッシを殺しながらスイングアームを

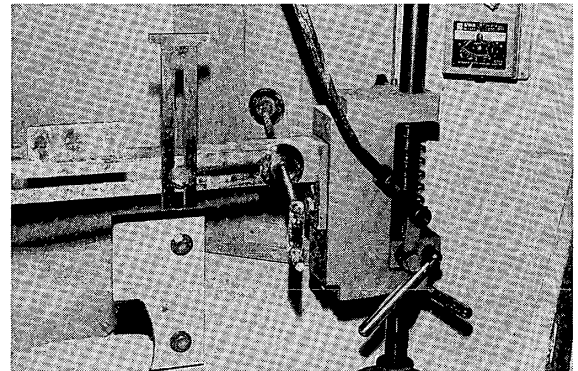


図4 予備実験に使用した型板保持装置
(中央部のねじでスイングアームを微動)

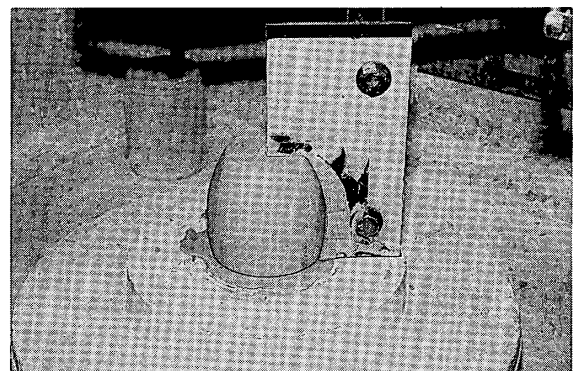


図5 下向き削りの成形品

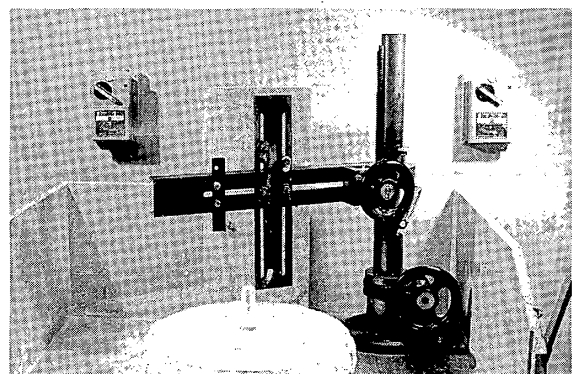


図6 第1次試作型板保持装置

早く旋回することができるようにするとともに、旋回中のどの位置にでもハンドルから手を離れたままで切削力に打ち勝って止まっておれるようにした。

- ロ'. 従来のスイングアーム寸法40×40の等辺山形鋼（アングル）から75×40の溝型鋼（チャンネル）に変更し、スイングアームの中心軸

(コラム) O₂の直径もφ28からφ50に太くし、また型板をスイングアームに取り付ける補助板の幅、厚みも大きくして装置全体の剛性増大を図った。

これと並行して装置全体を床から支えるアングル製のフレームにリブ(筋交い)を溶接して補強すると共に、装置の取付部の合板を厚くして取付剛性を大きくした。

バ. スイングアームはコラムに固設したラックと、これに噛み合うスイングアームの基部のピニオンで上下に粗動し、さらにコラムの任意の位置で固定できるストップリングとの間に設けた微動ネジを左右に回して、スイングアームを微動できるようにした。

ニ. 本装置を使用して下向き削り成形をする場合、右手の操作だけで行えるので左手が自由に使える。また昇降切削成形はストップリングを固定し、右手だけで微動ネジを回しながら行えるので、やはり左手が自由に使えるようになった。

ホ. 型板の当て金(ストッパー)をスイングアームに固設したのでこの基準面に型板を正しく接するように取り付けると、型板の中心がでるようにした。さらにスイングアームの旋回がウオームとウオームホイールに拘束されながら連続的にスムーズに行えるので、目視で正確に成形の中心が求められるようになった。図7~13は本装置による粘土中子の切削成形と、この外側に石膏を流してから切削成形を終えるまでの作業工程を示したものである。



図7 中子(粘土)成形



図8 中子の周囲をプラスチックフィルムで囲む

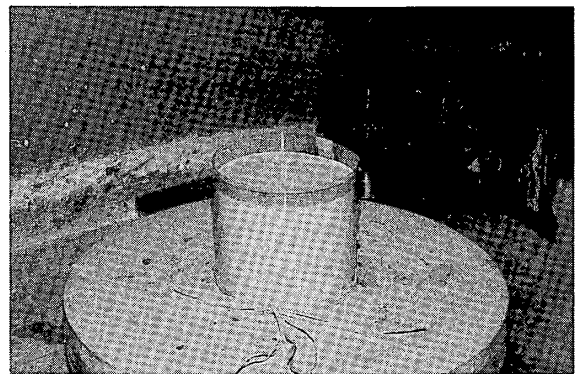


図9 水で溶いた石膏を流し込む

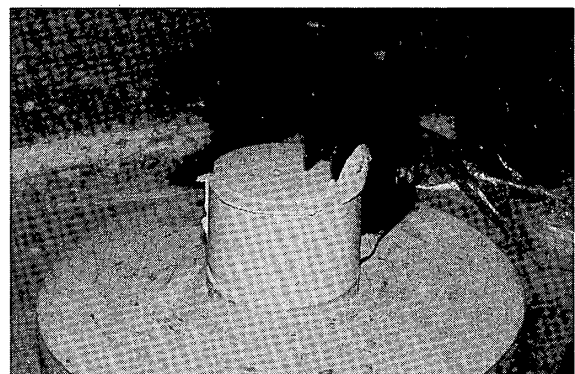


図10 半凝固状の石膏を削り始める

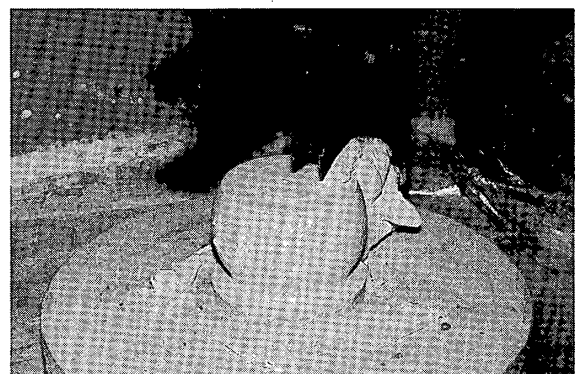


図11 中心附近の切削

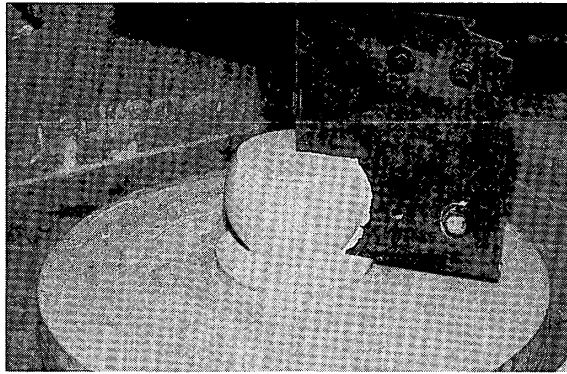


図12 中心まで切削

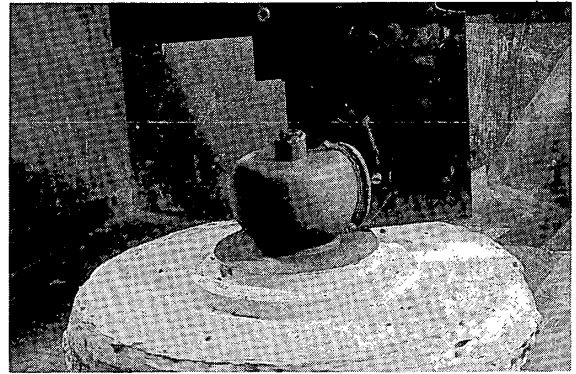


図14 粘土の上向き削り

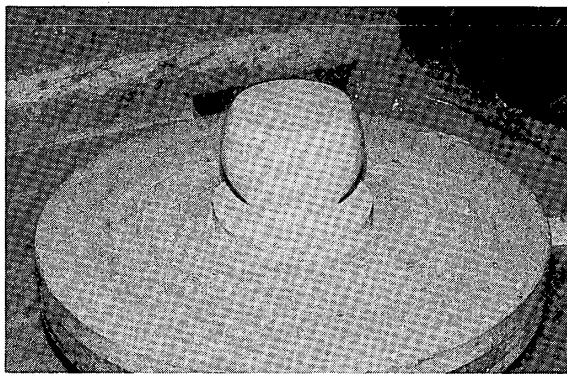


図13 下向き削り成形完了



図15 石膏の上向き削り

4. 第一次試作の実験結果

図14～15は第1次試作機を使用して粘土と石膏で上向き削りで成形したものであり図16～18は下向き削りで成形したものである。

図14からも分かるように上向き削りでは削られて排出する粘土の流れが悪いので、そのまま無理に成形を続けるとモデルそのものが動き出して偏心し成形不能になるので途中で数回～十数回も排出粘土（石膏では数回）手を取り除かなければならず、これが成形時間を長引かせる原因になっている。

これに比べて下向き削りでは図16に見られるように少々粘土が排出されてもプラスのすくい角で切削しているので切れ味がよく、手による排出粘土の除去は多くても数回で終わる。また、仕上代を1～2mm残して切削速度約35m/min（モデル直径110mm，ロクロ回転数100rpm）で成形すると表面が非常に滑らかに仕上がることも分かった。

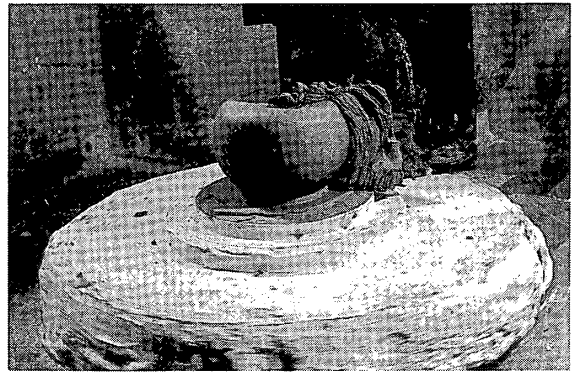


図16 粘土の下向き削り



図17 石膏の下向き削り始め

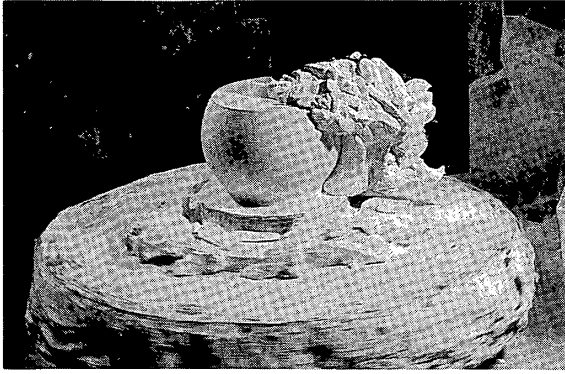


図18 石膏の下向き削り（中心附近）

以上の第1次試作機の成形実験から次のことが分かった。

- イ. 前述のように非常に単純な形状のものでも成形時間が1/2.5に短縮できたが、より複雑な形状のもの成形ではもっと比率が大きくなる。この比率がおおきくなることは成形時間が短くなるばかりでなく、特に石膏の型板成形に適した硬度を保持する時間がわずか2~3分⁽¹⁾なので、成形時間の短縮は適正硬度の石膏を切削成形する余裕時間が持てて有効である。
- ロ. 下向き切削成形が可能になったので、成形品に余分の応力を与えなくなり、成形品の寸法精度が向上した。それと共に切削抵抗が小さくなったので、複雑な形状の成形も可能になった。
- ハ. 切削仕上げでは下向き切削成形の場合、上向き成形に比べてコネる作用が少ないので、仕上げ面が多少粗い。しかし最終的には耐水ペーパーなどで水研ぎ仕上げをするので問題にはならない。
- ニ. スイングアームの上下粗動に、ラックとピニオンを使用したので、クランプを緩めると自重でスイングアームが下降する。
- ホ. スイングアームの旋回には下向き削りの際に起きるスイングアームの引張り込みをできるだけ小さくするためバックラッシが調整できる複リードウォームを使用した。高価であり、既製品が使えない。

5. 第2次試作と実験結果

第1次試作の実験結果で(二)項の上下粗動をできるだけ早くしたいとの目的でラックとピニオンを使用した。クランプを緩めると自重で降下する結果になった。そこでラックとピニオンをやめてリードの大きい角ネジに換えた。

また(ホ)項の複リードウォームはバックラッシ調整のために使用したが、ウォームとウォームホイールの噛み合い保持部に剛性をもたせ、また、ウォームホイールの歯数を多くして大きな回転モーメントに耐え、スムーズに旋回できるようにする。

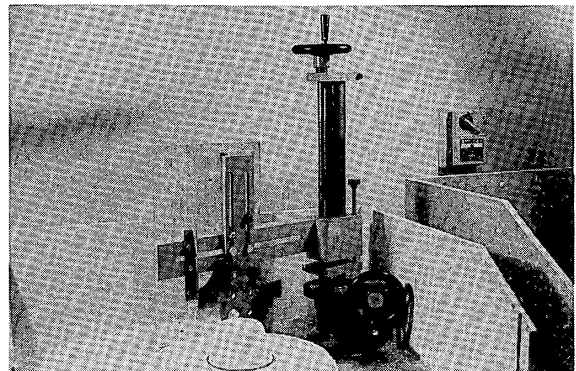


図19 第2次試作型板保持装置

このような点を考慮して再設計、再試作したのが図19に示すような装置である。これを使用して石膏を成形してみると第1次試作で起きたようなトラブルもなく至って快適な作業ができるようになって、熟練していない学生でも失敗なくしかも短時間に成形ができるようになり、実習効果を上げている。

最後に本研究に対して適切なアドバイスと、切削成形試験では多大の御助力をいただいた本学工業デザインの中谷豊治助教授に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 金沢美術工芸大学学報 第31号 p 67 中谷豊治