

10 ラピッドプロトタイピング（RP）による鋳造製品の製造技術の開発

兼吉高宏，柏井茂雄，平田一郎，後藤泰徳，野崎峰男，山田和俊，松井 博

1 目 的

近年、鋳造現場において、木型技能者の高齢化と後継者不足が深刻な問題となっている。しかも、多品種少量生産の需要は高まる一方であり、様々な形状の木型を迅速に作製することが求められている。

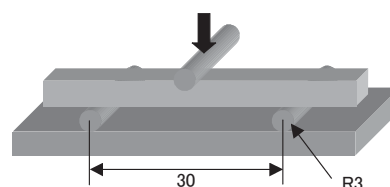
一方、近年のコンピュータ技術の発達により、複雑な3次元形状データを安価なシステムで簡単に処理できるようになった。これにより、コンピュータ上の3次元形状から直接立体模型を作製するラピッドプロトタイピング法(Rapid Prototyping Process: RP法)の研究・開発が進められている。RP法は、3次元データをコンピュータ上で幾層にも輪切りして2次元平面の積層したデータを作成し、このデータを基に積層モデルを作製する技術であり、簡便かつ迅速に3次元データから実際の立体模型を作製することができる。すなわち、RP法を鋳造工程に取り込むことにより、設計からプロトタイプ部品製造までの開発期間を短縮する新たな高付加価値製品の製造技術の確立が期待できる。本事業の目的は、RP技術を用いた鋳造技術の開発に伴う問題点を明らかにし、製品開発技術への展開を図っていくことである。

前年度の研究で紙積層RPモデルから石膏鋳型を作製し、鋳造品を作製するプロセスを開発した。本研究では、開発したプロセスで用いる石膏鋳型の強度評価および石膏鋳型の強化法について検討した。その結果、コロイダルシリカ溶液を用いた新たな石膏鋳型強化法を開発することができたので報告する。さらに実製品への応用化例についても報告する。

2 実験方法

2.1 石膏鋳型の強度評価

石膏鋳型の強度評価は、抗折試験により行った。抗折試験は、両側の二点支持の中心に荷重を加え、試験片が折れたときの荷重から試験片の抗折強度を求める方法で行った。抗折試験法の概略図および試験条件を図1に示す。 α 石膏、石英および水を種々の組成で配合した10×10×50mmの角柱の抗折試験片を作製し、自然乾燥後、250℃および400℃のそれぞれの温度で、8時間の焼成を行った場合の石膏鋳型抗折強度を評価した。



| | |
|--------|------------------------------|
| 石膏試験片 | : 10×10×50mm |
| 石膏配合 | : α 石膏:石英=30:70~70:30 |
| 混水量 | : 30%~60% |
| 加熱乾燥処理 | : なし(自然乾燥) |
| | : 250℃(通常の石膏鋳型での条件) |
| | : 400℃(本プロセスでの条件) |

図1 石膏鋳型の抗折試験法の概略図および試験条件

2.2 石膏鋳型の強化処理

α 石膏:石英=50:50の混合粉末に、種々の濃度の酸性コロイダルシリカ水溶液を加えて混練、400℃で焼成し、抗折試験用標準試験片を作製した(図2)。 α 石膏:石英:水=50:50:50の基本組成(以後、標準組成と呼ぶ)に対し、コロイダルシリカ添加量を変化させた時の抗折強度の変化を調べた。

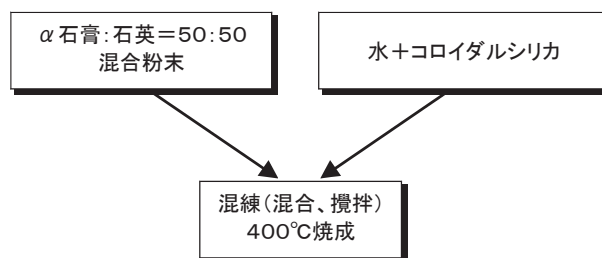


図2 コロイダルシリカ添加法

3 結果と考察

3.1 抗折試験による石膏鋳型の評価

前年度開発したプロセスでは、石膏中で紙積層RPモデルを焼失させるため、400℃、8時間の加熱処理を行った。この温度は通常の鋳造用石膏鋳型を焼成する温度(約250℃)に比べ、高い温度で処理されるため、石膏鋳型の強度が低下する。石膏鋳型の強度が不十分であれば、鋳造時にクラック(割れ)が発生し、鋳物の変形、バリ発生などの鋳造不良の要因となる可能性が高い。そ

のため、前述の新たに手法を開発したプロセスでの石膏鑄型の強度について調べた。

標準組成の石膏および市販の鑄造用石膏で作製した鑄型について、焼成温度による抗折強度の変化を図3に示す。どちらも焼成温度の上昇とともに抗折力が減少する。400℃で焼成した場合には、250℃の場合に比べ、抗折強度はおよそ半減することがわかった。250、400℃の焼成温度で市販鑄造用石膏の強度が標準組成の鑄造鑄型よりも高いのは、強度確保のためガラスファイバーなどが添加されているためと考えられる。

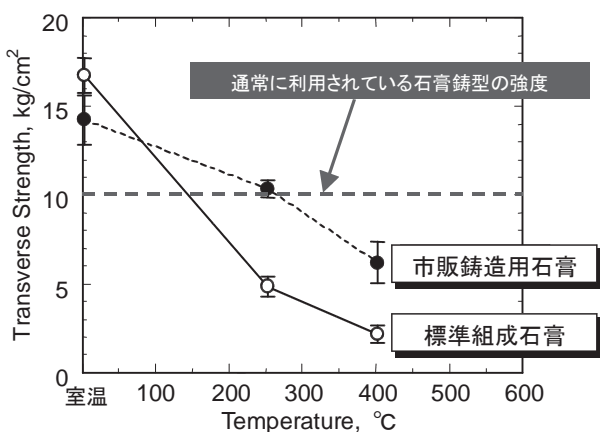


図3 焼成温度による石膏鑄型の抗折強度の変化

図4に、400℃で焼成した場合の α 石膏量および混水量の石膏鑄型強度へ及ぼす影響をまとめた。 α 石膏量が多いほど、また、混水量が少なくなるほど石膏鑄型強度は上昇する。この傾向は、自然乾燥および250℃で焼成した場合と同様であった。

以上の結果をまとめると、通常の鑄造用石膏鑄型に比べ高温で処理されるプロセスでは、石膏鑄型の強度が大きく減少する。そのため、紙積層RPモデル焼失処理時あるいは鑄造作業中において石膏鑄型にクラックが発生する要因となる。実際に、複雑形状あるいは大容量の紙積層RPモデルの焼失過程で石膏鑄型にクラックが生じる現象が多く見受けられた。

石膏のクラック発生を抑制するひとつの方法として、石膏の強度を増加させることが考えられる。図4に示したように、 α 石膏量あるいは混水量を調整することにより石膏強度を増大させることが、ある程度可能である。しかし、 α 石膏量を増やす場合は、結果として石英の量を減らすこととなり、熱衝撃特性の低下を招くと考えられる。また、混水量を減らす場合は、スラリー粘度の上昇および石膏硬化時間の短縮につながるため、作業性の悪化が懸念される。このため、これらの方法以外で石膏

鑄型の強度を改善することとした。

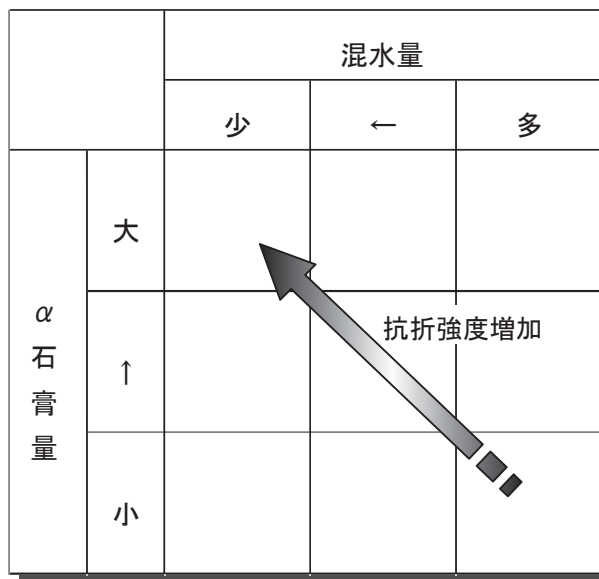


図4 400℃で焼成した石膏鑄型の抗折強度に及ぼす α 石膏量および混水量の影響

3.2 石膏鑄型の強化処理

石膏鑄型の強化については、石膏鑄型作製プロセスを大きく変えないことを基本方針とし、添加法による石膏鑄型強化法を検討した。その結果、セラミックス系精密鑄造用鑄型用バインダ(粘結剤)として用いられているコロイダルシリカの添加による石膏鑄型の強化を検討することとした。なお、抗折強度の目標値として、図3に示した市販鑄造用石膏鑄型の250℃焼成条件での抗折強度、約10kgf/cm²を目標強度とした。

図5に、コロイダルシリカ添加による石膏鑄型の抗折強度の変化を示す。コロイダルシリカ添加量の増加にともない抗折強度は上昇する。約5mass% (以後%と略す)以上の添加により、目標強度の10kgf/cm²を超える抗折力が得られることがわかった。ただし、コロイダルシリカ添加にともない、スラリー粘度が増大し、特に8%を超える添加では石膏が急速硬化する傾向が認められた。したがって、作業性の確保にはコロイダルシリカ添加量を5%以下に抑える必要があった。

作業性を確保し、さらに強度を上げるため、従来からあるファイバー繊維の添加による石膏鑄型の強化法と組み合わせ、石膏鑄型の強化を図った。図6にコロイダルシリカおよびファイバー添加による石膏鑄型の抗折強度への影響を示す。コロイダルシリカ添加による石膏鑄型強化にファイバー繊維の強化を組み合わせることにより、作業性を確保した状態で目標強度を上回る石膏鑄型を実現できることがわかった。

次に、強化した石膏鑄型を評価するため、50×50×50

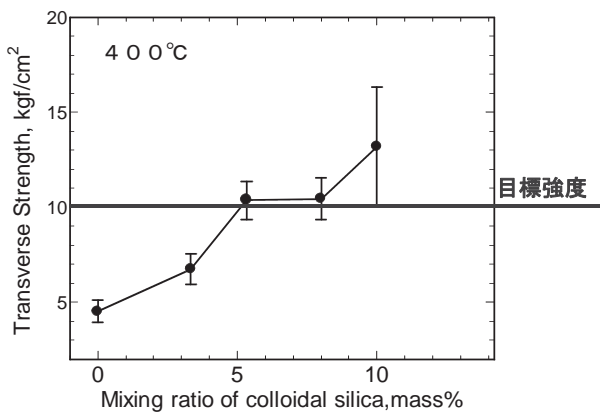


図5 コロイダルシリカ添加による石膏鋳型の抗折強度の変化

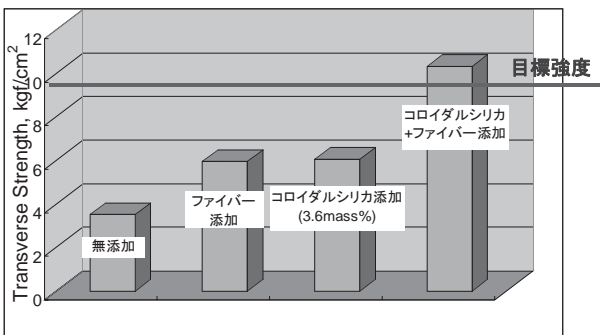


図6 コロイダルシリカ、ファイバー添加による石膏鋳型の抗折強度の変化

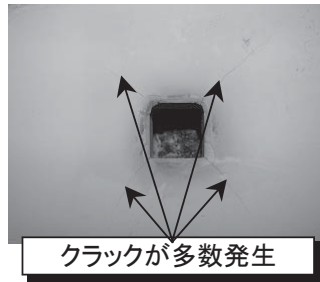
mmの角型紙積層RPモデルを用いてクラックの発生状況を調べた。無添加の石膏鋳型とコロイダルシリカ添加およびコロイダルシリカ+ファイバー添加を行った石膏鋳型のクラック発生状況を、図7に示す。無添加の石膏鋳型では多数のクラックが認められるのに対し、コロイダルシリカ添加の石膏鋳型では、クラックの発生が大きく抑制される。さらにファイバー添加を組み合わせると、クラックの発生はほとんど認められない。

以上のように、コロイダルシリカおよびファイバー添加による石膏鋳型強化は、紙積層RPモデル焼失処理時に発生するクラックの抑制に効果があることがわかった。

3.3 開発プロセスの実用化テスト

本事業において開発したプロセスを用いて、石膏鋳造を行っている企業2社で試作を行った。

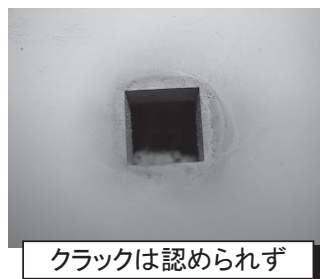
図8および図9に、それぞれゴルフパターとタイヤ金型の紙積層RPモデルおよび鋳造品を示す。ゴルフパターの場合は、市販の鋳造用石膏を用いて鋳型を作製したところ、コーナー部などに割れが発生した。そこで、コロイダルシリカ+ファイバー添加した石膏鋳型を用いる



無添加
(石膏50、石英50)



コロイダルシリカ
5mass%添加



コロイダルシリカ
+ファイバー添加

図7 コロイダルシリカ、ファイバー添加による石膏鋳型の湯口周辺におけるクラック発生状況

ことにより、割れの発生を抑制することができた。一方、タイヤ金型の場合は、立方体に近く比較的単純な形状であるため、石膏鋳型の割れも発生することなく良好な鋳造品が作製できた。

図10は、ダイカスト製品の紙積層RPモデルおよび鋳造品である。比較的薄肉であり、石膏鋳型の割れは少なかった。ただし、穴部や凹凸の激しい部分では石膏鋳型の割れや欠損などが生じやすかった。

いずれの鋳造品においても、3次元データから紙積層RPモデルの作製に1~4日、紙積層RPモデルから石膏鋳型の作製に2~3日、鋳造作業に1日程度の期間で完了しており、3次元データから約1週間程度で鋳造品が得られることがわかった。

従来の砂型鋳造で図面から木型、中子の作製だけで数週間を要することを考えれば、開発したプロセスは迅速な鋳造品作製技術として十分活用できる。また、3次元データの活用により設計変更が容易であり、多品種少量生産に適した鋳造技術として活用が期待できる。

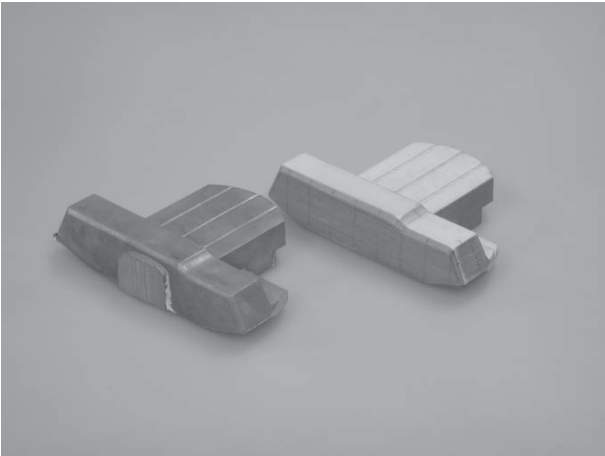


図8 ゴルフパターの紙積層RPモデルおよび鋳造品



図9 タイヤ金型の紙積層RPモデルおよび鋳造品

4 まとめ

本実験の結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 石膏鋳型の組成および焼成温度による鋳型強度への影響を検討した結果、紙積層モデル焼失時の高温処理により石膏鋳型の強度は大きく低下することが明らかとなった。
- 2) コロイダルシリカおよびファイバー添加による石膏鋳型強化により、紙積層RPモデル焼失処理によ

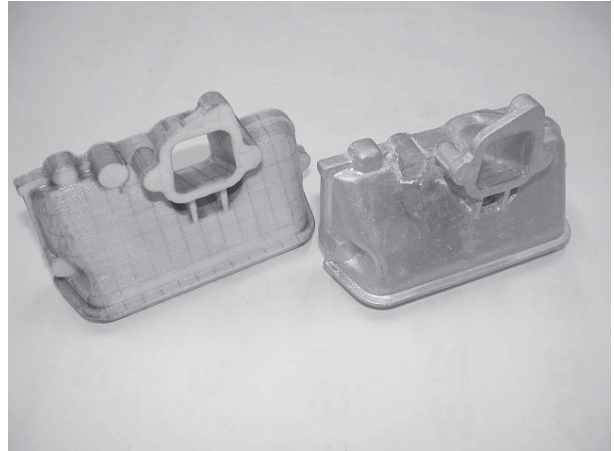
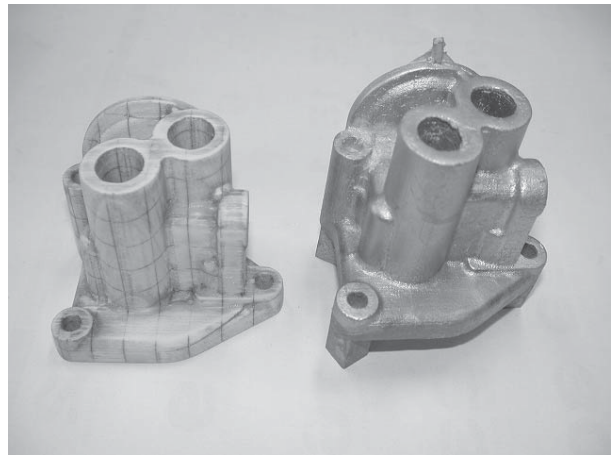


図10 ダイカスト製品の紙積層RPモデルおよび鋳造品

るクラック発生を効果的に抑制できることがわかった。

- 3) 開発したプロセスを用いてゴルフパター、タイヤ金型、ダイカスト製品の試作を行ったところ、実用製品への適用が十分可能であることがわかった。

(文責 兼吉高宏)

(校閲 柏井茂雄)