

# SMC材穴あけ時のバリ発生に関する研究

## — 圧縮成形時の素材シート枚数の影響 —

田中 好一\*<sup>1</sup>, 伊澤 悟\*<sup>2</sup>, 堀 三計\*<sup>3</sup>

### Study on Burr Generated in Drilling of SMC Composites

#### — Effect of Number of Material Sheets in Compression Molding —

Koichi TANAKA, Satoru IZAWA and Sankei HORI

This paper considered about the burr that occurs with drilling of SMC products. SMC products are produced by compressing a material sheet using metal molds (heat it to 145°C). In the material sheet, the glass fiber (about 25 mm in length) and the unsaturated polyester that contained the filler material and the curing starting material (thermosetting type) were put between the polyester films. However, burr generated when SMC product is drilled in the production process often becomes a problem. This paper paid attention between the amount of the burr generation and the number of piled SMC material sheet. The number of piled SMC sheet is one of the conditions in compression molding. As the result, the relation between the amount of the burr generation and the number of piled SMC material sheet was shown experimentally.

KEYWORDS : SMC composite, burr, drilling, cutting condition, visualization

#### 1. はじめに

SMC 材を用いた製品とは、ポリエステルフィルム間に充填材、硬化開始剤（熱硬化型）等を含んだ不飽和ポリエステルとガラス繊維（長さ約 25.4mm）を付着させた素材シートを用い、上下一対の金型（約 145°Cに加熱）で圧縮・成形されたものをいう。その後、SMC製品は二次加工としてボルト締結用の穴あけ加工が行われるが、その

とき、ドリルが SMC 製品を貫通するときバリが発生し、品位を低下させることが多い。従って、SMC 製品のバリ発生の低減化は品質管理上重要である。この種のバリ発生については、ある程度解明されつつあるが、バリの発生に対する対策は現場サイドに任されている場合が多い。本研究では、圧縮成形時の条件の一部である SMC 素材シートの重ね枚数に着目し、バリの発生量を調べることで両者の関係を明らかにしたので紹介する。

\*1 機械工学科 (Dept. of Mechanical Engineering), E-mail: ktanaka@oyama-ct.ac.jp

\*2 機械工学科 (Dept. of Mechanical Engineering)

\*3 筑波大学 (University of Tsukuba)

## 2. SMC 製品とバリについて

### 2. 1 SMC 素材について

SMC 材の素材シートは、図1に示すように PE フィルム間に不飽和ポリエステル樹脂と1インチに切断されたガラス繊維をランダムに分散させ、ロール状に巻かれたものである。一般的に、このシート（厚さ約 2.7mm）を任意の形状に切断し、上下金型内に数枚設置して加熱しながら成形する。そのとき SMC 材の流動は、成形品の形状により異なり、複雑な挙動を示し、この流動状態で成形品の良し悪しが左右される。図2は成形品の一例として屋外用の水槽（パネルタンク）を示した。また、表1には SMC 素材の組成の一例を示した。

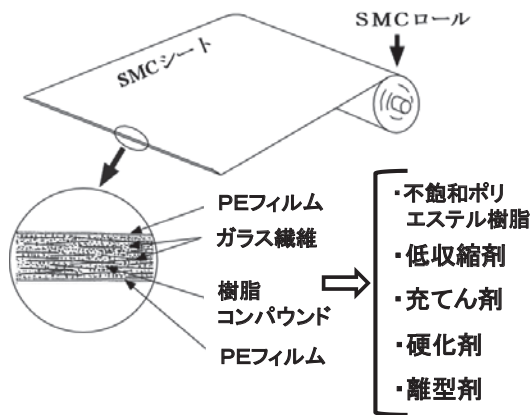


図1 SMC 素材シートについて

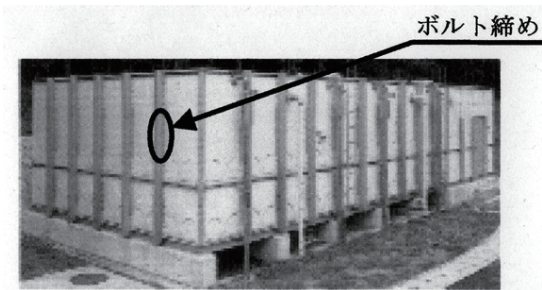


図2 SMC 材を用いた製品例（貯水槽）

表1 SMC 素材の組成

| Item                     | wt (%) |
|--------------------------|--------|
| 1" Glass Fibers          | 28.0   |
| Calcium Carbonate Filler | 43.5   |
| Resin                    | 24.9   |
| Low shrink Additive      | 1.2    |
| Others                   | 2.4    |

### 2. 2 SMC 製品とバリの発生原因について

SMC 材に限らず、複合材料の穴あけ時のバリ発生について考える。まず、ドリルで SMC 材を穴あけすると、穴の貫通側にガラス繊維などのバリが発生する場合と無い場合がある。このときバリ発生の有無は、図3に示すようにドリルで穴あけ時の切削条件が適切でない場合や SMC 材の成形条件がバリ発生に何らかの影響を及ぼし、その結果として発生する。また、ドリル刃先の摩耗が進行することにより切れ味が低下し、バリが発生する可能性がある。

本研究者らは、以前の研究でドリルの切削条件とバリの発生状況や切削力、そして切削回数とバリ発生の関係について検討し報告<sup>1)~5)</sup>してきた。

今回の報告では、SMC 素材を金型で圧縮成形するときの1つの条件である素材の重ね枚数に限定し、ガラス繊維の流動とバリの発生量を関連させ考察した。

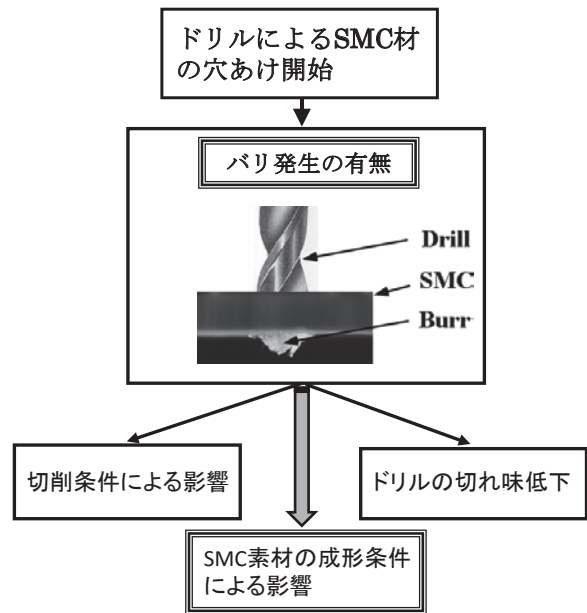


図3 バリの発生原因について

## 3. 実験方法について

### 3. 1 SMC テストピースの成形条件について

一般的に、SMC 素材を金型内に設置する場合、製品の形状により圧縮時の SMC 素材の流動が異

なるため、流動が多い箇所には重ね枚数を多くするなどの工夫が必要となる。そこで、今回の SMC のテストピースを製作するにあたり、SMC テストピースの出来上がり寸法を固定し、重ね枚数を変化させ成形した。図 4 は、そのときの様子を表したもので、SMC 素材を金型内に設置し、加熱しながら 210×210mm、厚さ 7mm のテストピースを成形した。なお、そのときの条件である SMC 素材の大きさと重ね枚数を表 2 に示した。

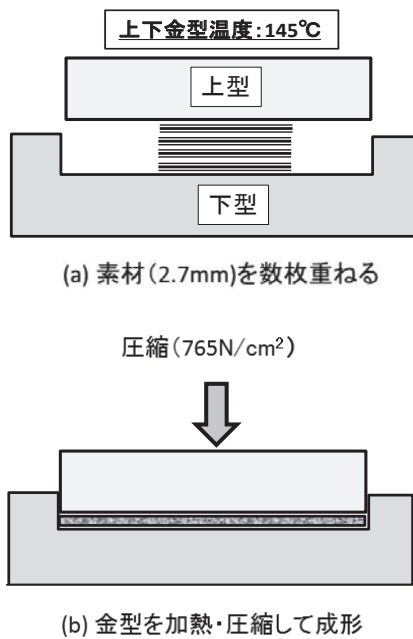


図 4 SMC テストピースの製作方法

表 2 SMC 素材の重ね枚数と大きさ

| Size of SMC sheet(mm) | Number of sheet |
|-----------------------|-----------------|
| 190 × 190             | 4               |
| 155 × 155             | 6               |
| 135 × 135             | 8               |
| 120 × 120             | 10              |
| 110 × 110             | 12              |

### 3. 2 穴あけ方法およびバリ発生の定量化

穴あけの実験は、210×210mm のテストピースを、NC 縦フライス盤のテーブル上に固定して、φ 1.2mm の超硬ドリルで合計 48 個の穴あけを行った。その後、貫通側に発生したバリを全て除去し、その質量からバリ発生量の大小を定量化した。また、バリを除去すると貫通側にガラス繊維

の剥がれ (クラックと定義) が生じ、表面に傷を付けることになる。そこで、各 SMC 素材の重ね枚数ごとにバリを除去し、除去側の表面に発生するクラックを探傷塗料 (赤) で可視化した。

### 3. 3 金型成形時の SMC シート表面における流動状態の可視化

バリの発生には、SMC シートを金型内で圧縮成形するとき、その流動状態と何らかの関係があるものと考えられる。そこで、金型表面に接するシートに青色、SMC 内側 2 枚目に赤色マジックでピッチ 1.5mm の基盤の目を描き、成形時における SMC シートの表面と厚さ方向の流動状態を可視化することにした。

### 4. 実験結果および考察

図 5 は、SMC シートの重ね枚数 4 枚におけるバリ発生状況を示したものである。バリの発生を目視観察すると、シートの重ね枚数が多くなるとバリの無い穴が存在し、バリの発生量が全体的に少なくなることが外観上から判断できた。また、SMC 材の貫通側のバリは、ガラス繊維が主成分で強固な付着を有し、除去時に貫通側壁面を傷 (本文ではクラックと定義する) つける場合のものと、触れる程度で簡単に取れるもの (樹脂が主成分と思われる) とがあり、シートの重ね枚数が少ない成形では前者のバリが多いようであった。

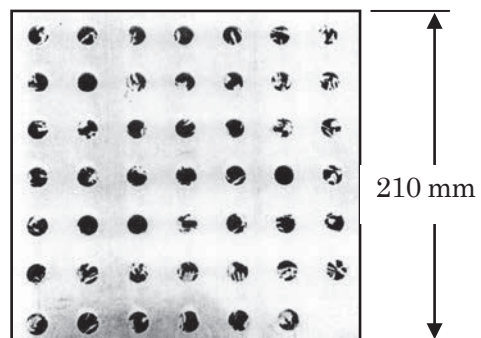


図 5 バリの発生状況 (重ね枚数 4 枚)

図 6 は、シートの重ね枚数に対するバリ発生量の関係を示したものである。今回の実験では、SMC テストピースに 48 個の穴をあけ、各々の重ね枚数に対し 3 枚 (48 × 3) のバリを除去し、その質量を電子天秤で測定した。同図から分かるように、多少のバラツキがみられるものの、シー

トの重ね枚数が多くなるにしたがって、バリの発生が低下することが分かる。

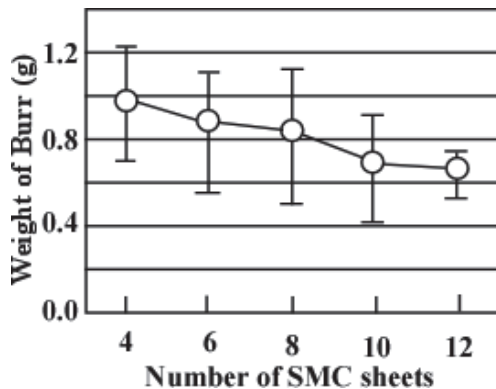


図6 SMC素材の重ね枚数とバリの重さ

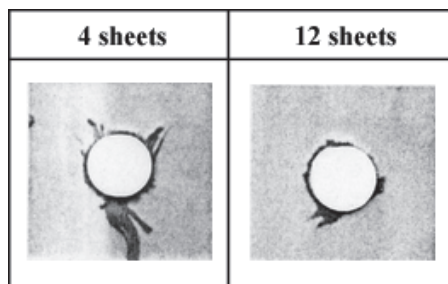


図7 バリ除去後のSMC表面のクラック

図7は、素材の重ね枚数を変え成形したSMCテストピースで穴あけ後バリを除去し、SMC表面に探傷塗料を塗布し、クラックの状態を示した例である。同図から分かるように、バリの発生量が多いことは、ガラス繊維がSMC材内部にも入り込んでいるため、その除去に大きな力が必要となり、バリ除去後表面を傷付ける（クラックを付ける）ことになる。

次に、図8は金型表面に接するシートの流動状態を可視化した一例である。SMCシートの1枚目には15mm間隔で青色の基盤の目を描き、2枚目の表面に赤色マジックで描いて成形した。同図から分かることは、SMC材の重ね枚数の違いにより、金型表面の流動に差が生じ、流動が大きいと青の基盤の目は原形を留めないようである。

また、成形されたSMC材表面に赤のマジックが見えることは、素材シートの流動が表面の広がりだけでなく、厚さ方向にも作用したことになる。今回の実験では、素材シートを約10枚の重ねると、赤色の基盤の目がSMCの表面で観察できていた。

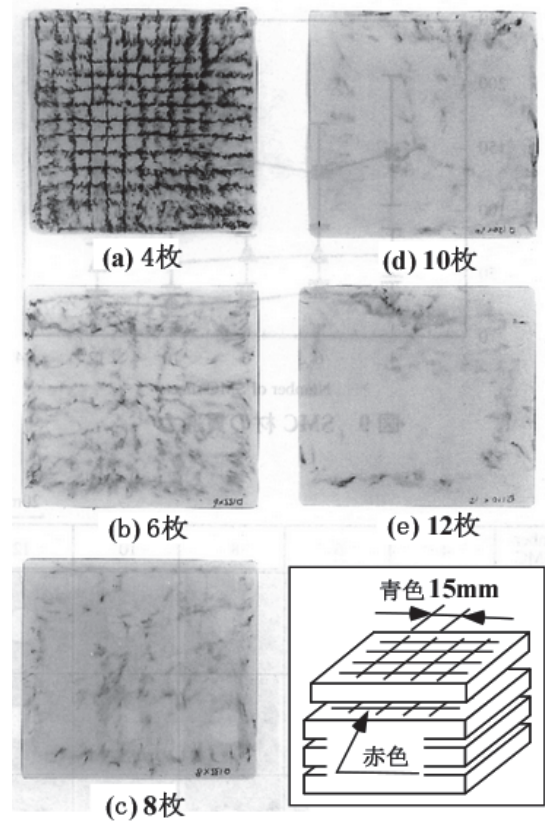


図8 SMC素材の金型成形時の流動可視化

ここで、シートの重ね枚数の増加に伴うバリ発生量の低下について考察する。SMCシートは、ガラス繊維を樹脂で挟んだサンドイッチ構造となっている。従って、重ね枚数の多い圧縮成形ではSMCシートの移動量が多く、また、シート内部から金型表面へ押し出される作用も働くため、ガラス繊維が攪拌・分散され、SMC表面層にはガラス繊維が少なくなったため、バリの発生に何らかの影響が現れたものと推定できる。

## 5. おわりに

本研究は、SMC製品の成形条件である素材シートの重ね枚数を変化させ、ドリルで穴あけしたときのバリ発生量との関係を調べ、SMC材内部のガラス繊維の分散状態との関係を調べた。

その結果、金型成形時のSMC素材シートの重ね枚数が多くなると、材料の厚さ方向の流動が大きく攪拌が促進され、表面近傍のガラス繊維が少なくなるためバリの発生量も少なく、バリを除去するときに発生するドリル穴周囲のクラックも少なくなることが分かった。

今回の報告は、複合材料の一部である SMC 材を検討したが、バリ発生のメカニズムは、図 3 で示したように複雑に絡み合う。従って、複合材料の更なるバリの低減化に対しては、多方面からの検討が必要である。

#### 謝辞

本研究では、SMC 素材のテストピース成形において (株) ハウステックの協力のもと行われた。これに対し、心より感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 田中好一, 伊澤 悟, 要 光男, 平川昌也: SMC 材の穴あけに関する研究 (その 2) 小山高専研究紀要, Vol. 27, pp. 49-55 (1995)
- 2) 伊澤悟, 田中好一, 要 光男, 平川昌也: SMC 材の穴あけに関する研究 (加工条件とバリ発生についての検討), 40th FRP CON-EX' 97 講演要旨集, pp. 31-33 (1997)
- 3) 田中好一, 伊澤 悟, 要 光男, 平川昌也: バリ発生に及ぼす成形条件の影響, 成形加工, June, 6, 7, pp. 227-228 (2000)
- 4) 鈴木雄吾, 田中好一, 伊澤 悟, 要 光男, 平川昌也: SMC 材の穴あけに関する研究 (その 2), 成形加工, June, 6-7, pp. 207-208 (2002)
- 5) 田中好一, 伊澤 悟, 平川昌也: SMC 材の穴あけに関する研究, プラスチック成形加工学会 seikei-kakou, Vol.17 No.5 (2005)

【受理年月日 2016年 9月29日】

