

SMC のプレス成形性と機械的特性

後町 光夫, 山岸 暢, 大市 貴志

Mechanical Properties of Press Molded SMC Laminate

Mitsuo GOCHO, Tohru YAMAGISHI, Takashi OHICHI

抄 録

一般用不飽和ポリエステル樹脂 SMC について、300×410mm のトレー用金型により、140℃、150～10Ton (122～8.1kg/cm²) の圧力で成形試験を行い、成形品の引張及び曲げ特性などの機械的特性について検討した。成形圧力が 100Ton (81kg/cm²) 以上であれば外観が良好であり、50Ton (40kg/cm²) 以下になると光沢不足やしぼ模様などが認められ、10Ton (8.1kg/cm²) 以下では充てん不足となり成形不能であった。しかし、引張及び曲げ特性は、成形圧力とほとんど相関関係が認められなかった。また、組成分析から構成素材はほぼ均一に分散しているものと考えられるが、引張・曲げ強度共に弾性率と比較して変動率が大きかった。

1. はじめに

SMC (Sheet Molding Compound) のプレス成形は、優れた成形性から形状の自由度が大きく外観が良好である、成形サイクルが短く生産性が高い、材料の取扱い性が良く作業環境が良好等の特徴から、FRP の機械成形法の中で最も主要な技術に発展し、住宅関連部品、自動車部品や工業部品等の広範囲な分野に展開されている。

SMC 成形法は、強化繊維、樹脂、硬化剤、充填剤等を配合してシート状にした成形材料を金型内で加熱加圧成形する方法である。したがって、成形時に分散層の移動が起こり、各構成素材や分散層の配向分布が必ずしも一致しないため、機械的特性のばらつきが比較的大きい材料であり¹⁻⁴⁾、用途展開を図るためにはその材料特性を十分に把握しておく事が必要である。

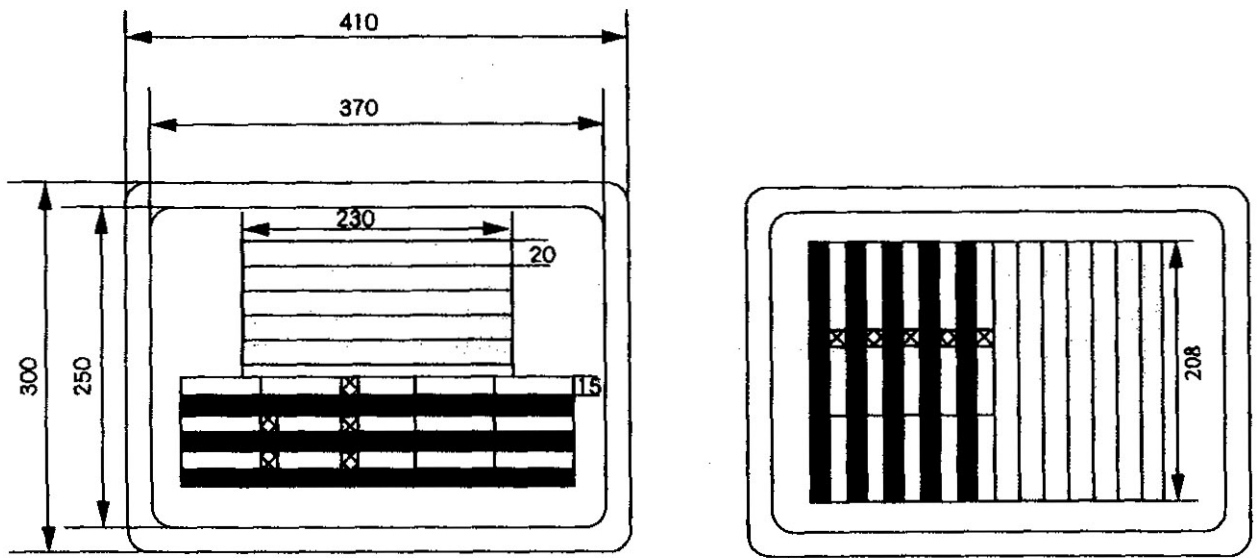
本報告では、最も一般的な不飽和ポリエステル樹脂 SMC について、基本的な特性を把握する事を目的に、300×410mm のトレー用金型により、種々の成形圧力にて成形試験を行い、成形性と成形品の機械的特性について検討した。

2. 実験方法

本実験に用いた SMC は、武田薬品工業(株)製の一般用のポリマールマット (ガラス含有率 30wt%) であり、プレス成形試験は、(株)山本鉄工所製の油圧150Ton プレスと成形品がトレー形状(300×410×20mm, 製品厚さ 2mm)の金型を用いて行った。

金型の加熱は、蒸気加熱方式で上型 150℃, 下型 135℃に設定した。SMC シートは、あらかじめ 20×25cm に切断し、SMC シートの長手方向が各層で一致するように 3 プライ重ねてプレス成形を行った。成形圧力は、表 1 のように 150～10Ton (122～8.1kg/cm²) として 200sec 加圧した。

成形品の評価は、目視で行うと共に図 1 に示した位置から試験片を採取して、機械的特性試験と組成分析を行った。機械的特性試験としては、JIS K 7113 の 1号試験片による引張試験、JIS K 7055 による 3 点曲げ試験 (支点間距離 35 mm) と 4 点曲げ試験 (支点間距離 60mm) を行った。組成分析は、3 点曲げ試験後の試験片から 15×15mm の試験片を採取し、JIS K 7112 の水中置換法により比重を測定した後、JIS K 7250 により 625℃の電気マッフル炉で加熱分解してその重量減少量を樹脂含有量、熱分解後の残渣を塩酸で炭酸カルシウムを溶解し、水洗、乾燥後の残渣をガラス含有量、その時の減少量をフィラー含有量としてそれぞれ含有率を算出した。



0° 方向

90° 方向

引張試験片
 3点曲げ試験片
 4点曲げ試験片
 X 組成分析

図1 各試験片の採取位置

表1 成形圧力と成形品外観

金型設定温度：上型 150℃、下型 135℃
 加圧時間：200sec
 SMCチャージ率：40%

成形圧力	成形品外観
150Ton (122kg/cm)	上面：外観良好 下面：外観良好
106Ton (81kg/cm)	上面：外観良好 下面：外観良好
50Ton (40kg/cm)	上面：外観良好 下面：端部にしほ模様
25Ton (20kg/cm)	上面：端部に光沢ない部分あり 下面：端部から全体の半分程度しほ模様
15Ton (12kg/cm)	上面：全体に光沢なし 下面：全体にしほ模様
10Ton (8.1kg/cm)	充てん不足で成形不能

3. 実験結果および考察

成形圧力と成形品外観を表1と写真に示した。成形圧力が100Ton (81kg/cm²) 以上であれば上面と下面共に外観が良好であったが、50Ton (40kg/cm²) 以下になると下面にしぼ模様が出始め、外観に変化が現れた。25Ton (20kg/cm²) 以下では上面も光沢不良となり、さらに10Ton (8.1kg/cm²)

以下では充てん不足で成形不能であった。

各成形圧力に対する引張および3点曲げ試験における強度と弾性率を図2と図3に示した。ここで0°方向はSMCシートの長手方向を示している。いずれも試験片の採取位置による傾向は特に認められず、成形圧力との相関性についても特に認められなかった。また、強度は、いずれも90°方向よりも0°方向の方が大きな値を示しており、このことは、

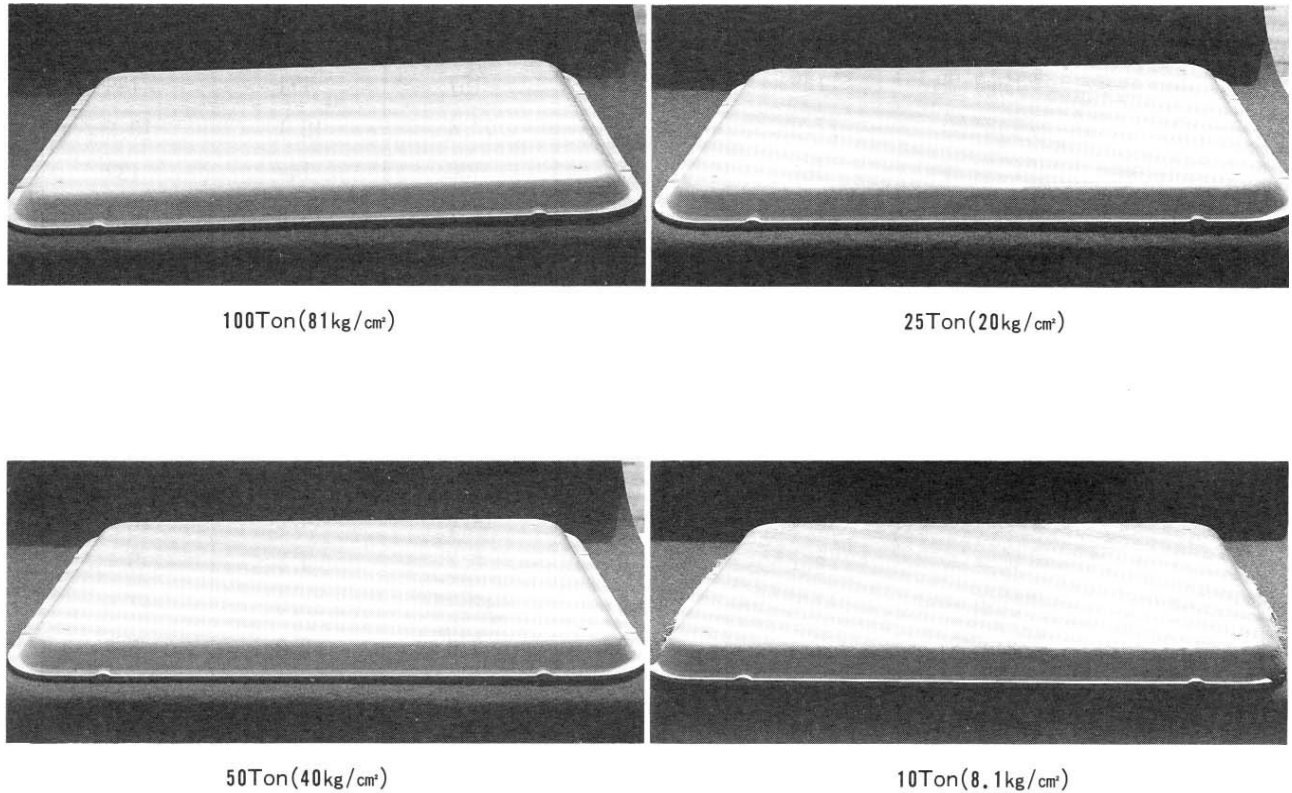


写真 SMC プレス成形品外観

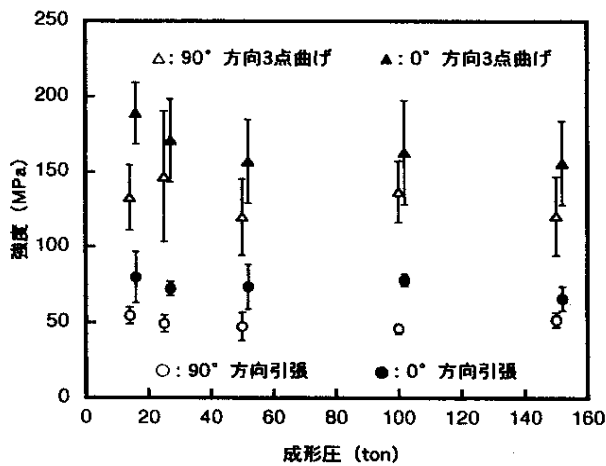


図2 引張及び3点曲げ強度

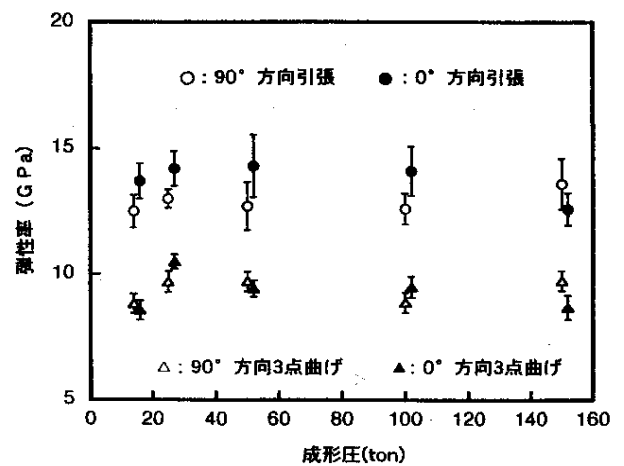


図3 引張及び3点曲げ弾性率

表2 SMCプレス成形品の機械的特性試験および組成分析結果

成形圧力		150Ton (122kg/cm ²)	100Ton (81kg/cm ²)	50Ton (40kg/cm ²)	25Ton (20kg/cm ²)	15Ton (12kg/cm ²)
試験項目	平均値 (MPa)					
	変動率 (%)					
引張強度 0°	平均値 (MPa)	66.2	78.3	73.9	76.2	80.0
	変動率 (%)	12.0	5.1	20.4	6.4	21.9
引張強度 90°	平均値 (MPa)	52.2	46.1	47.4	49.4	54.6
	変動率 (%)	9.3	7.2	19.7	11.2	10.0
3点曲げ強度 0°	平均値 (MPa)	156	163	157	171	189
	変動率 (%)	17.9	21.2	17.8	16.1	10.8
3点曲げ強度 90°	平均値 (MPa)	121	137	120	147	133
	変動率 (%)	21.6	14.9	21.2	29.6	16.4
4点曲げ強度 0°	平均値 (MPa)	133	150	132	152	132
	変動率 (%)	18.1	10.6	14.3	12.2	11.5
4点曲げ強度 90°	平均値 (MPa)	99	115	100	113	108
	変動率 (%)	11.7	18.8	17.7	14.0	18.1
引張弾性率 0°	平均値 (GPa)	12.6	14.1	14.3	14.2	13.7
	変動率 (%)	5.1	7.0	8.7	4.8	5.1
引張弾性率 90°	平均値 (GPa)	13.6	12.6	12.7	13.0	12.5
	変動率 (%)	7.4	4.9	7.6	2.9	5.2
3点曲げ弾性率 0°	平均値 (GPa)	8.69	9.49	9.43	10.50	8.57
	変動率 (%)	5.5	4.3	3.4	2.7	4.5
3点曲げ弾性率 90°	平均値 (GPa)	9.75	8.87	9.71	9.70	8.83
	変動率 (%)	4.0	4.6	4.0	4.3	4.4
比重	平均値 (-)	1.84	1.84	1.81	1.84	1.81
	変動率 (%)	0.9	1.2	1.2	0.6	0.4
樹脂含有率	平均値 (wt%)	30.4	30.9	31.9	30.4	31.5
	変動率 (%)	2.3	2.9	4.2	2.4	1.2
ガラス含有率	平均値 (wt%)	28.7	27.4	26.6	27.4	27.4
	変動率 (%)	5.4	8.2	12.3	6.4	5.8
フィラー含有率	平均値 (wt%)	40.9	41.7	41.5	42.2	41.4
	変動率 (%)	2.2	3.3	4.9	2.7	3.7

4. むすび

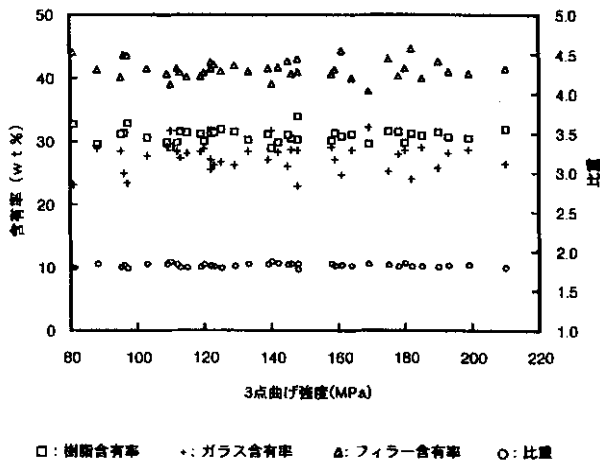


図4 3点曲げ強度と比重及び組成分析

SMC シートの製造工程において、ガラス繊維が長手方向に並ぶ傾向にあるためと考えられる。なお、弾性率については、いずれもばらつきが少なく、0° 方向と90° 方向の差も少なかった。

表2に機械的特性試験と組成分析の結果の平均値と変動係数を示した。引張強度、3点曲げ強度共にばらつきが大きい。このばらつきの原因を調べるために、3点曲げ試験片から15×15mmの試験片を切り出し比重と組成分析を行った。各試験片の3点曲げ強度に対する比重と樹脂含有率、ガラス含有率、フィラー含有率を図4に示した。いずれも3点曲げ強度に対する相関が特に認められず、強度と比較して変動率が小さく、各構成素材はほぼ均一に分布しているものと考えられる。したがって、強度のばらつきの主な原因は、繊維配向角の分布状態やボイドなど欠陥の分布状態によるものと考えられる。

また、3点曲げ強度は、引張強度と比較して大きい値を示し、4点曲げ強度よりも大きい値を示している。3点曲げ試験では、曲げモーメントがスパン方向に一律でなく、最大曲げモーメントが中央の負荷点の真下に生じ、さらにこの点でせん断力が急変するため、集中荷重の影響では理論とは異なった複雑な応力状態となり、荷重点の影響を直接受ける。それに対して4点曲げ試験は、最大曲げ応力の範囲が広く、その領域でせん断力が存在せず、集中荷重の影響も緩和される。したがって、引張試験や4点曲げ試験は、3点曲げ試験よりも試験片にかかる最大応力の範囲が広く、試験片の最弱点に最大応力が負荷されるため、強度の値が小さく、変動係数も小さくなったものと考えられる。

一般用不飽和ポリエステル樹脂 SMC について、300×410 mm のトレー用金型により、140℃、150～10Ton(122～8.1 kg/cm²) の圧力で成形試験を行い、成形品について引張及び曲げ特性などの機械的特性について検討した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 今回使用した不飽和ポリエステル樹脂 SMC シートについては、成形圧力が 100Ton(81kg/cm²) 以上であれば外観が良好であり、50Ton(40kg/cm²) 以下になると光沢不足やしぼ模様などの外観不良が認められ、10Ton (8.1 kg/cm²) 以下では充てん不足となり成形不能であった。
- (2) 成形品の引張及び曲げ特性は、成形圧力とほとんど相関関係が認められず、引張・曲げ強度共に弾性率と比較して変動率が大きかった。
- (3) 組成分析の結果、試験片中の樹脂含有率や、ガラス含有率等は、強度と比較して変動率が非常に小さく、構成素材はほぼ均一に分散しているものと考えられ、強度のばらつきの主な原因は、繊維配向角の分布状態やボイドなどの欠陥の分布状態によるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) Smith,R.J.,andR.B.Jutte,Proc.32nd,Annual Tech.Conf.S.P.I.,7 - E (1977)
- 2) 藤井太一, 前川善一郎, 強化プラスチック, 25,103 (1979)
- 3) 藤井太一, 前川善一郎, 材料,28,1211 (1979)
- 4) 前川善一郎, 藤井太一, 材料,31,1169 (1979)