

微粒シラスバルーンを用いた軽量押出建材の開発

神尾 典, 木村邦夫*

ケイテック, *九州工業技術研究所

1. はじめに

近年、住宅市場の伸びに伴い、なかでも軽量建材は、住宅用外壁材として大きな伸びを示し産業界の関心が高い。建材の成形法においては、従来より抄造法、型枠流し込み成形法、加圧成形法、さらに押出成形法などがあるが、中でも押出成形方法は、異形断面形状や高強度の成形体が得られるため住宅メーカー各社の注目を集めている。一般に、軽量化建材の骨材としてパーライト、シラスバルーンなどが使用されるが、押出成形の場合、押出圧力や成形機内部に於けるスクリュウとの剪断力等により軽量骨材は破損しやすく、経済的な軽量化が困難であった。一方、押し成形技術については未解決点が多く、特に成形に重要な因子となる原料の可塑性の把握法が不可欠である。このような背景から、鹿児島県工業技術センターや鹿児島大学および九州工業技術研究所等で開発され¹⁾、今後実用化が切望されている微粒シラスバルーンの有効かつ効果的な用途として押出建材への適用性の検討、押出成形性能評価法に重点を置いた実用的な検討、押出成形時におけるシラスバルーンの破損防止対策法の検討、経済性も勘案した配合の検討等を行った。ここでは、これらの結果について報告する。

2. 実験方法

微粒シラスバルーン (MSB と略称する) は、三機化工建設製サンキライト YO4 (Y と略称する)、宇部マテリアルズ製テラバルーン (T と略称する)、シラックスウ製シラックス MS-121 (S と略称する) を用いた。また、混練によるシラスバルーンの破壊を低減させることと、素材単価を軽減させる目的で、微粒シラスバルーンの半量を微粒火山ガラス (MVG と略称する) で置き換え、その効果も調べた。この場合、主に福島白土 (F と略称する) を用いたが、粒径の異なる福島白土 (C と略称する)、種類の異なるもの (吉田白土、K と略称する) を添加した場合についても検討した。これらの試料の平均粒径と密度を表 1 に、また、粒度分布を図 1 に示す。

表 2 に示す混合割合で混合後、宮崎鉄工製押出成形機 (オーガー径: $\phi 30\text{mm}$) の下段オーガーだけを用い、内径 20mm のダイスを取付け 2 回繰り返して混練した。混練後、上記押出成形機を用いて、幅 50mm、厚さ 5mm の平板を押出成形した。

押出成形品は、1 日湿空中で保持した後、75 ~ 80 °C、5 時間の条件で蒸気養生した。養生後、105 °C で 24 時間乾燥し、密度および曲げ強度を測定した。

また、押出建材製造の重要な因子の押出成形性を短時間で評価することを目的として、混練時に、内径 20mm 高さ 20mm の容器に試料を充填し、不動工業製 NRM-1010A-CW 型レオメーターを用い

表 1 試料の平均粒径と密度

mark	mean diameter (μm)	density (g/cm^3)		
		bulk	tap	particle
Y	23.0	0.30	0.40	1.07
T	20.3	0.27	0.37	1.32
S	14.6	0.19	0.26	1.41
F	4.9	-	-	2.35
C	2.7	-	-	2.35
K	5.4	-	-	2.35

表 2 試料の混合割合

cement: 250g
 micro Shirasu-balloons: 8 - 240g
 (cement: balloons = 1:2 - 1:4, vol. ratio)
 volcanic glass powder: 0 - 440g
 pulp fiber (Hokushin 3mm): 15 -25g
 plasticizer(methyl-cellulose MC-15000): 7.5-12.5g
 accelerator (Daimix): 25g
 water: 175 - 490g

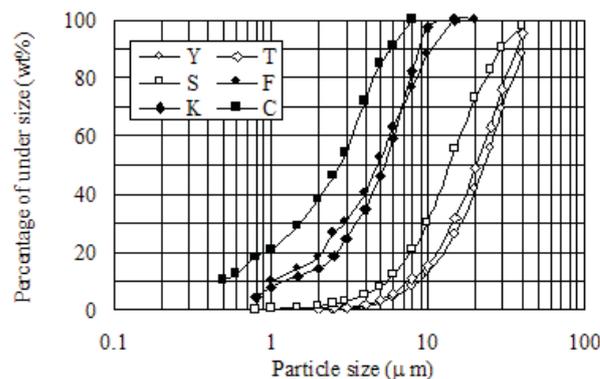


図 1 試料の粒度分布

て、直径 5mm の球を 6mm/min の速度で圧入したときの負荷を測定すると同時に、コンピューターに 1 秒毎に入力した。

3. 実験結果と考察

3.1 成形体の物性

得られた成形体の乾燥嵩密度と曲げ強度との関係を図 2 に示す。図中の記号○は微粒シラスバルーン(実線は最小二乗法により算出した密度と強度の相関式)、記号●は微粒火山ガラスを添加したものの、破線は従来のシラスバルーンを用いて押出成形した成形体の平均的な値³⁾である。

成形体は、従来のシラスバルーンを用いた場合に比べ、より軽量で高強度となっている。また、微粒火山ガラスを添加した成形体も、微粒バルーンを用いた成形体よりも若干低下するが、従来のシラスバルーンを用いた場合に比べ、より軽量で高強度の成形体である。なお、微粒バルーンの違いによる成形体物性の差異として、平均粒径が小さなものほど、若干密度はおよび強度が低下する傾向は僅かに認められたが、今回用いた 3 種の微粒シラスバルーンの顕著な優位差は認められなかった。

セメント：バルーンを 1:4 (容積比) に固定し、微粒火山ガラス F を微粒バルーン T の重量に対して 0.5 ~ 2 倍添加したときの成形体の嵩密度(□)と曲げ強度(■)の変化を図 3 に示す。また、微粒火山ガラス K をバルーン重量に対して等量添加したときの成形体の嵩密度(○)と曲げ強度(●)、微粒火山ガラス C をバルーン重量に

対して等量添加したときの成形体の嵩密度(△)と曲げ強度(▲)も同図に図示している。なお、成形体の嵩密度と曲げ強度の値は、微粒火山ガラスを添加していない成形体の値を 1 とした比で表している。

微粒火山ガラスの添加量の増加と共に、嵩密度と曲げ強度は増加する傾向を示しているが、比強度(曲げ強度を比重で除した値)はほとんど変化がない。2 倍以上の微粒火山ガラスの添加は強度低下の原因となると思われるが、2 倍迄の添加はセメント混合材として働いていると思われる。

微粒火山ガラス K は、F に比べ若干強度が低下しているが大差なく、ほぼ F と同等の効果を示している。これは、図 1 に示した粒度分布がほぼ同じであること、化学組成もほぼ同じであることなどからも当然の結果と思われる。

一方、微粒火山ガラス C は、嵩密度は F と同等で曲げ強度は約 1 割上昇している。微粒火山ガラス C の粒度分布は、図 1 に示したように、平均粒径が約 1/2 と小さい。このことは、粒度の細かい火山ガラスほど、混合材として有利に働くことを示している。

微粒火山ガラスを添加すると、軽量化素材の価格は、微粒バルーンだけに比べ概算で 4 割低下する。各素材の単価を仮定して、成形体 1m³ 当たりの原料単価を算出した。1kg 当たりの単価を、セメント 10 円、微粒バルーン 100 円、微粒火山ガラス 20 円、硬化剤 70 円、パルプ 200 円、可塑付与材 1,000 円と仮定した。

微粒火山ガラスを添加しない場合、セメント：

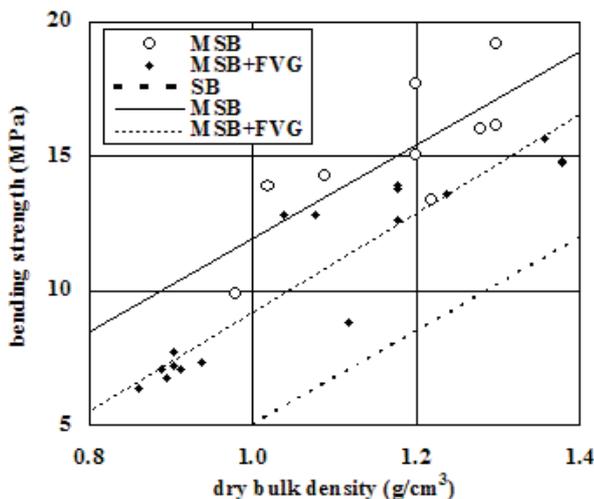


図 2 成形体の乾燥嵩密度と曲げ強度との関係

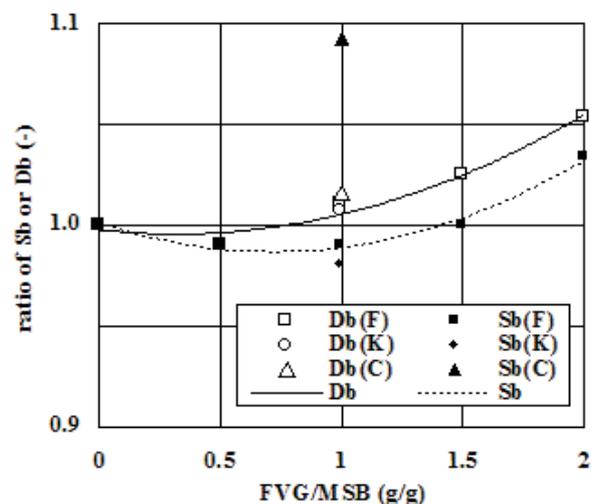


図 3 成形体の嵩密度と曲げ強度の変化

微粒バルーンを 1:2 ~ 1:4 とすると、原料価格は約 80,000 円/m³ ~ 約 90,000 円/m³ となるが、微粒バルーンの半量を微粒火山ガラスに置き換えると、原料価格は約 65,000 円/m³ ~ 約 75,000 円/m³ となる。さらに、強度の低下がない程度の過剰の微粒火山ガラスを添加することにより、50,000 円/m³ 程度まで下げることが可能であった。このことは、コストが重要な因子となっている建材では有利であり、工業化に役立つと思われる。

3.2 球圧入法による押出特性の評価

球圧入測定結果例を図 4 に示す。負荷係数は、接触面積が最大になる距離、つまり球の半径の高さが圧入される距離の 2.5mm 付近までは接触面積にほぼ比例して増加し、その間に、送り帯の生成や粒子配向が起り塑性変形へと移行し、さらに圧入すると、混練物の上下方向への移動に加え、圧入により生じた空洞への移動も可能となることと、塑性変形へと移行していることなどから、負荷係数は低下すると推察される。

図中、実線は比較的可塑性の良好な混練物で、その負荷係数が最大となる距離は 2.5mm より小さく、破線は可塑性がない混練物でその負荷係数が最大となる距離は 2.5mm より大きい。

筆者らは既に、 $Fr/F2d$ ($Fr, F2d$: 図 4 参照) を可塑性指数とすることを提案している²⁾。この値は、上記の負荷係数が最大となる距離と対応し、値が大きいほど可塑性がある混練物である。

また、負荷は混練物の硬さと相関がある。図 5 に、負荷 $F2d$ と押出圧力との関係を、図 6 に、負荷 $F2d$ と押出速度との関係を示す。負荷が大きくなると、つまり、混練物が硬くなると押出圧

力は高くなり、速度は遅くなっている。また、微粒火山ガラスを添加した混練物(破線)は圧力は低く、速度は速くなる傾向を示している。このことは、微粒火山ガラスの添加が押出成形性の向上に役立っていると思われる。

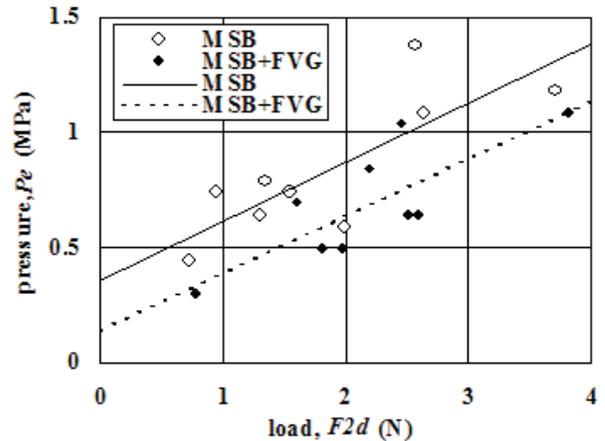


図 5 負荷 $F2d$ と押出圧力との関係

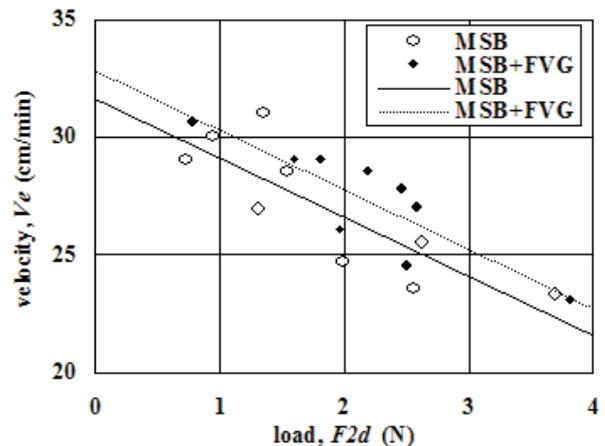


図 6 負荷 $F2d$ と押出速度との関係

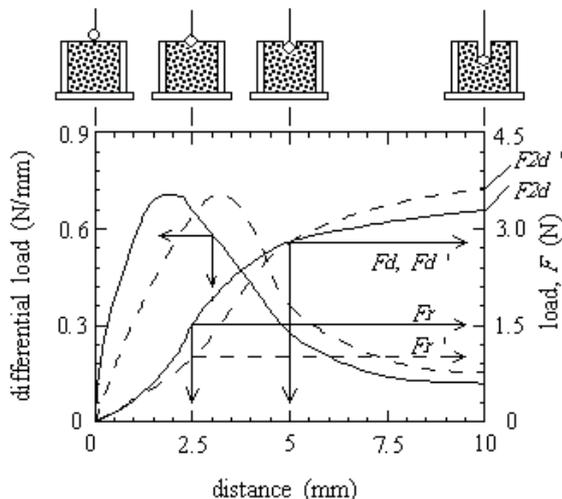


図 4 球圧入測定結果例

可塑性指数とすることを提案している $Fr/F2d$ と押出圧力との関係を図 7 に、押出速度との関係を図 8 に示す。可塑性が良好な混練物は、押出圧力が低く押出速度が速いことを示している。

そこで、押出速度を圧力で除した値をその最大値で除した値を算出し、押出成形性指数 I_{ex} とした。 Fr/Fd と I_{ex} との関係を図 9 に示す。

○は微粒シラスバルーン(MSB, 実線は最小二乗法により算出した相関式), ●は微粒火山ガラスを添加したもの(MSB+MVG)である。 Fr/Fd と I_{ex} とでは正の相関が認められ、 Fr/Fd による混練物の押出成形性の簡易評価が可能と思われる。

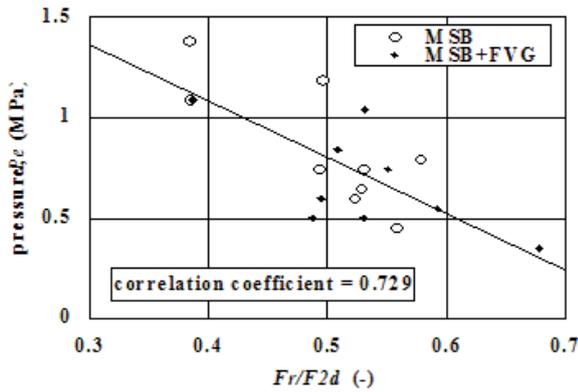


図7 $Fr/F2d$ と押出圧力との関係

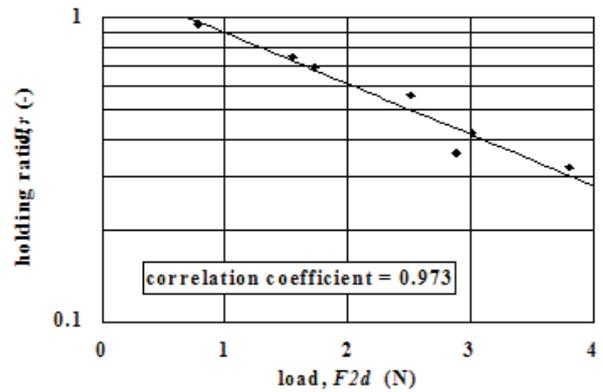


図10 負荷と保形性との関係

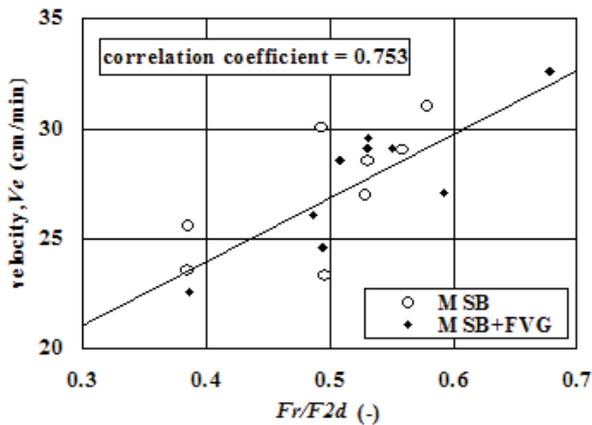


図8 $Fr/F2d$ と押出速度との関係

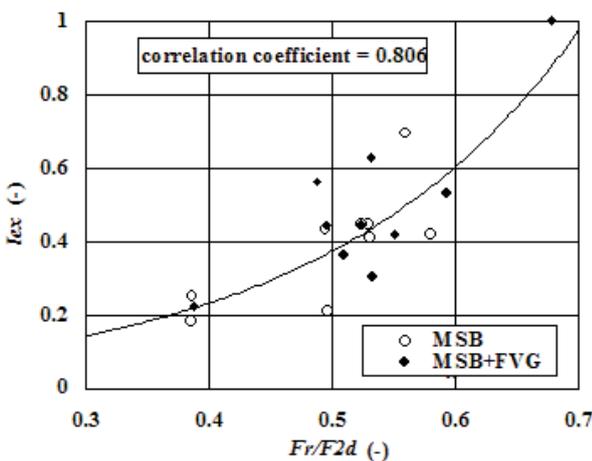


図9 Fr/Fd と Iex との関係

負荷と保形性との関係を図10に示す。なお、保形性は、幅50mm、高さ5mm、長さ約150mmの押出成形直後の平板を卓上角から50mm出したときの突端の上がり量を50mmで除した値とした。図10によると、負荷と保形性とは負の相関があり、球圧入における負荷が大きい混練物、つまり、固い混練物を押出成形すると、成形体の保形性は良くなることを示している。

4. まとめ

セメント系押出建材への微粒シラスバルーンの適用性、経済性と押出成形性を勘案した微粒火山ガラス添加の検討、可塑性および保形性等の押出成形における性能評価法の検討等を行った結果、下記のことが明らかになった。

- 1) 本研究で用いた微粒シラスバルーンはこれまで市販されているシラスバルーンに比べ微粒で成形時の破壊が少なく、軽量高強度建材の素材として最も適していると思われる。
- 2) 微粒火山ガラスの添加は、経済性、押出成形性および成形体の物性が改善される。
- 3) 押出成形条件を支配する原料の可塑性および保形性等の押出成形性については、球圧入法が現場的測定法として利用できると思われる。

謝辞

微粒シラスバルーンは、三機化工建設(株)、宇部マテリアルズ(株)、(株)シラックスウに提供していただいた。また、微粒火山ガラスは、丸中白土(株)、鹿児島県工業技術センターに提供していただいた。これらの方々に対して、心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 木村邦夫, 神尾典, 「超微粒化に展望を見いだすシラスバルーン」, 工業材料, 421 [15] 117-121 (1994).
- 2) 木村邦夫, 神尾典, 「建材の押出成形における可塑性の簡易評価を目的とした一実験」, 資源・素材学会平成6年度春季例会講演要旨集, 22-24 (1994).
- 3) 神尾典, 「V S 発泡体利用による軽量押出建材」, V S I (火山珪酸塩工業) 研究会編「新時代を築く火山噴出物—その性状と利用の手引き—」, リアライズ社, p.139-142(1995)