ゲル化物を添加したモルタルの押出成形特性 についての実験的検討[†]

守 明 子*

Experimental Studies on Extrusion Characteristics of the Mortar-Gelled Substance System.

by

Akiko MORI*

Extrusion experiments were carried out on mortars to which some gelled substances were added to reduce friction between the materials in the mortars. Both extruding pressure and velocity were measured to elucidate the extrusion characteristics of mortars. The mortars were prepared under several conditions by changing water content, rotational frequency of screw, amount of gelled substance and gelation time.

When the amount of gelled substance added was kept constant in the mortars, the extrusion pressure decreased and the extrusion velocity increased with increasing water content. The same behavior was observed when the amount of gelled substance was decreased, contrary to expectation. In the present study, no effect was observed for the extrusion characteristics of mortars when gelled substance was added. It seems that the gelled substance works only as a porous aggregate.

Extruding pressure and velocity have been generally known to be prescribed by the extruder operating point which is determined by a cross point of screw characteristics and die characteristics. This concept may be applied to the present mortar-gelled substance system. The die characteristics of screw extrusion were found to be similar to those of piston extrusion.

Key words : Gelled substance, Fly ash, Lime, Extrusion, Water content, Operating point, Die characteristic, Rotational frequency

1 緒 言

近年、建造物のプレハブ化とともにスクリーン押出成形による建材が市販されてきている。しかし、モルタルのような非可塑性物質を用いた建材のスクリーン押出成形については、著者の知る限りでは実験データ、解析ともに皆無に近く、実際の建材製造にあたっては経験に頼っているのが実情のようである。

著者は、既に、骨材の粒度や水量比と押出成形性との関係を基礎的に調べるために、粒度の異なる骨材を用いたモルタルについて水量比を変えて押出成形を行い、成形時の圧力と速度とを測定し、骨材の粒度や水量比と成形圧力や成形速度との関係について実験的検討を試み結果を報告¹⁾し、モルタルの性質にはモルタルを構成する水の量が深く係わっていること、また、すべりやすい材料では成形速度が大きくなることを明らかにした。

石炭灰を石灰の存在下で加熱しながら水熱反応させると石炭灰の表層には水和物が生成して体積膨張をおこす。この操作をゲル化という。著者は、ゲル化物はすべりやすい材料であると考え、本報ではモルタル添

加材としてゲル化物を選び、このゲル化物がモルタルを構成する材料間の摩擦抵抗低減材として作用すると推定して水量比やスクリーンの回転数を変えて押出成形を行ない、成形時の圧力と速度とを測定し、前報と同様の実験的検討を行なった。また、前報では、スクリーン押出成形の場合、ダイ特性とスクリーン特性の交点によって規定されるという操作条件の考え方が適用される可能性を示唆する結果が得られたが、この結果がゲル化物を添加したモルタルについても適用できるかどうかについて検討した。さらに、成形速度を変えることによってダイ特性についても検討した。

2 実 験

2・1 試料

セメントは普通ポルトランドセメントを、細骨材は豊浦標準砂を、増粘剤としてメチルセルローズを、また繊維質添加剤としてクリソタイル系石綿6Dをそれぞれ用いた。またゲル化物原料として石炭灰と石灰を用いた。石炭灰の物性をTable Iに示す。石灰は工業用石灰をポットミルで粉碎して得られたプレーン比表面積6970 cm²/gのものをを用いた。モルタルはセメン

[†] 原稿受理 昭和63年1月9日 Received Jan. 9, 1988

* 正 会 員 九州工業技術試験所 鳥栖市宿町, Government Industrial Research Institute of Kyushu, Shuku-machi, Tosu

Table I. Properties of fly ash used in this study.

Chemical composition	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Total
	4.1	48.3	30.2	6.4	7.7	1.2	1.0	1.74	0.72	101.36
50 % mean particle size		(μm)			24.4					
Blaine specific surface area		(cm ² /g)			2920					
Specific gravity		(—)			2.35

Fig. 1. Reaction of fly ash with lime.

トと細骨材（砂）とを同重量配合とし、セメントに対して重量で石綿 5%，メチルセルローズ 1% を添加した。ゲル化反応時間（以下ゲル化時間と記す）は 0，0.5，1.0，2.0，および 4.0 hrs. とした。ゲル化物添加比は 0.05，0.10，および 0.20 とした。なお，ゲル化物添加比はセメント，細骨材（砂），石綿およびゲル化物中の固形分の合計重量に対するゲル化物中の固形分の割合とした。水量比は 0.15，0.20，および 0.25 とした。ここで水量比はセメント，細骨材（砂），添加水，ゲル化物，および石綿の合計重量に対する添加水とゲル化物中に含まれる水との合計重量の割合である。

2・2 ゲル化物の作成

石炭灰は Table I に示すように多量の SiO₂（シリカ）を含有している。Fig. 1 に示すように、このシリカと石灰が反応するとケイ酸カルシウム水和物ができ、Fig. 1 に示す化学式左辺のシリカと石灰の反応割合より考えて、石炭灰中のシリカと石灰との比が 0.75 となるように石炭灰と石灰を配合し、水を加えてスラリーを作る。このスラリーを 100°C で加熱かく拌しながら所定時間水熱反応させると、石炭灰の表層から反応が進行してケイ酸カルシウム水和物が生成し体積膨張を示す。この操作が前述のゲル化である。この体積膨張した石炭灰を直径 300 mm，1500 r.p.m. の遠心脱水機を用いて汙過脱水しゲル化物を得た。脱水の操作は、ゲル化物スラリーから排水が観察されなくなるまで続けた。得られたゲル化物は、直

Table II. Moisture content of gelled substance.

Gelation time (hrs.)	Percentage of moisture content ratio* (%)
0	39
0.5	42
1.0	45
2.0	49
4.0	54

* Percentage of moisture content ratio
 = (gelled substance (water)/gelled substance (solid + water)) × 100

ちに実験に供した。ゲル化物に含まれる水の量は Table II に示すようにゲル化時間によって異なり、ゲル化時間が長い程、ゲル化物に含まれる水の量は多い。

2・3 押出成形工程

実験工程および成形圧力と成形速度の測定は前報と同一であるので、ここでは省略する。スクリュウの回転数は、押出成形機のバグミル部とバレル部を同一指示目盛とし、回転速度計で測定した。それぞれの指示目盛とスクリュウの回転数との関係を Table III に示す。

Table III. Rotational frequencies of screw.

Indicating division of screw (—)	Rotational frequency (time/minute)	
	Pug mill	Barrel
0.32	8.5	8.5
0.3	11.0	11.0
0.4	15.0	13.5
0.5	18.5	17.0
0.6	22.5	21.0
0.7	25.5	25.0
0.76	28.0	26.5

3 結果および考察

3・1 ゲル化時間およびゲル化物添加比と成形圧力および成形速度との関係

ゲル化時間、ゲル化物添加および水量比の異なるモルタルを用いて押出成形を行なった。結果を Fig. 2 と Fig. 3 にスクリュウ回転数指示目盛別に示す。ゲル化時間によるデータのばらつきはあるが、両図に示すように、スクリュウ回転数指示目盛いかにかわらず、水量比の増加にともない、同一ゲル化物添加比では、成形圧力は低下し成形速度は上昇する傾向にある。この水量比に関する成形速度と成形圧力の変化の傾向は前報と同じである。しかし、ゲル化物を添加していくと、予想に反して、成形圧力が上昇し、成形速度が低下する傾向が認められる。なお、図には示していないが、水量比 0.20，ゲル化物添加比 0.20，ゲル化時間

Fig. 2. Influence of water content ratio, additive ratio of gelled substance and gelation time on extruding pressure.

Fig. 3. Influence of water content ratio, additive ratio of gelled substance and gelation time on extruding velocity.

Fig. 4. SEM photograph of gelled substance.

4時間のモルタルでは、モルタルがバレル内で停留し成形が不可能となることさえあった。この原因を考えると、Fig. 4に示すように、ゲル化物の表面にはケイ酸カルシウム水和物の生成により多数の凹凸や空孔が生じる。このためにモルタルのワーカビリティに寄与する水の量が少なくなり、それにともない成形圧力が上昇し、成形速度が低下し、ついには成形困難に至ったと考えられる。

成形圧力についてみると、水量比が低いモルタルほどゲル化物添加比の影響が顕著であり、また、成形速度についてみると、水量比の高いモルタルほどゲル化物添加比の影響が顕著である。これは、前報で示したように、成形圧力の水量比による変化は、モルタル水

量比が低くなるに従がい大きくなること、また、成形速度の水量比による変化は、モルタル水量比が高くなるに従がい大きくなることによるものと考えられる。

以上の結果から、ゲル化物をモルタルに添加することの有用性は得られず、ゲル化物は、単に、空孔を有する骨材の役割しか果たしていないようである。

なお、ゲル化物を添加しないモルタル（図中○△□）についてみると、いずれの水量比においても、ゲル化物を添加したモルタルに比べて成形圧力は比較的低く、成形速度は大きくなっている。これは、ゲル化物が多孔質骨材であることに対して標準砂が密実な骨材であるという骨材形態の違いによるものと思われる。

3・2 押出成形の操作条件

前報で報告したように、実際の押出成形での操作条件は、スクリー特性とダイ特性との交点で与えられるといわれている²⁾。本報では成形速度を変えてダイ特性について調べた。ピストン押出成形では、ダイ特性について、ある圧力のところまでは材料は押し出されず、それ以上で初めて押出しが始まり、成形速度と成形圧力との関係は、上に凹の曲線をたどって成形速度が増加する、さらに液状物質の増加にしたがって成形速度の圧力依存性がなくなっていくといわれている³⁾。そこで、本報で用いた各種ゲル化物を添加したモルタルについて、成形速度と成形圧力との関係をプロットすると、Fig. 2とFig. 3よりFig. 5が得られる。この図には全てのデータが含まれている。図に示すように、

Fig. 5. Relation between extruding pressure and extruding velocity.

成形圧力と成形速度との関係は、おおむね水量比の種類によってそれぞれのゾーンが形成されており、成形圧力が増加すると成形速度は小さくなっている。これは操作条件の考え方が、ゲル化物を添加したモルタルの押出成形についても適用される可能性のある事を示唆していると考えられる。一方、各モルタルの水量比に対し、成形速度は成形圧力と正の関係にあり、水量比が増加すると、各成形速度による成形圧力のゾーンを結ぶ線の傾きは大きくなっている。つまり、成形速度が成形圧力に依存しなくなる傾向を示している。したがって、ダイ特性については、スクリュウ押出成形においてもピストン押出成形と類似の結果が得られていることがわかる。

4 結 語

モルタルの水量比と押出成形性との関係を基礎的に調べるために、ゲル化物をモルタルを構成する材料間の摩擦抵抗減材として考え、ゲル化物を添加したモルタルについて水量比とスクリュウ回転数を変えて押出成形を行なった。成形時の圧力と速度を測定し、水量比、ゲル化物添加比、ゲル化時間およびスクリュウ回転数と成形圧力および成形速度との関係について調べた結果、以下の知見を得た。

1) ゲル化物をモルタルの摩擦抵抗低減材として用いることの有用性は、本実験からは見いだせず、ゲル化物は空孔を有する骨材の役割しか果たしていないようである。

2) ゲル化物を添加したモルタルのスクリュウ押出成形においても、スクリュウ特性とダイ特性によって規定される操作条件の考え方が適用される可能性がある。

3) ゲル化物を添加したモルタルのスクリュウ押出成形におけるダイ特性は、ピストン押出成形におけるダイ特性と類似している。

最後に、本実験を遂行するにあたり住金鋼材工業(株)岩崎 毅氏および清水 豊氏と当所神尾 典主任研究官に協力頂いた。また本稿をまとめるにあたり、当所大内山紀男主任研究官と九州大学工学部松藤泰典教授には有益な助言を頂いた。記して謝意を表わす。

(昭和63年3月21日 日本建築学会九州支部研究報告会にて講演)

参 考 文 献

- 1) 守 明子, 神尾 典, 材料, **36**, 1279, (1987).
- 2) J. R. Parks and M. J. Hill, J. A. C. S., **42**, 1 (1959).
- 3) 岡田 純, 工業化学雑誌, **63**, 2071 (1960).