

高性能減水剤がセメントペーストのレオロジー的特性に及ぼす影響

広島大学工学部 正員 田澤栄一
広島大学工学部 正員 米倉亜州夫
広島大学大学院 学生員 ○榎畑智之

1. はじめに

これまで、鉱物質混和材をセメントに置換したセメントペーストの置換率、減水剤の種別及び添加率を変化させたときの流動特性をフロー試験によるフロー値によって評価し、報告している¹⁾。しかし、同一のフロー値を示す試料でも流動性に差異が認められる。そこで本研究ではより詳細にセメントペーストの流動特性を把握するために、二重円筒型回転粘度計を用いたレオロジー的な側面から考察し、その適用性について述べる。

2. 実験概要

実験にはセメントペーストを使用し、セメントに普通ポルトランドセメント（比重 3.16, 比表面積 3390cm²/g、以下、C を表示）、鉱物質混和材に高炉スラグ微粉末（比重 2.89, 比表面積 6120cm²/g、以下、BFS）、石灰石微粉末（比重 2.71, 比表面積 5030cm²/g、以下、LP）、混和剤に特殊高分子スルホン酸塩系高性能減水剤（以下、A）、カルボキシル基含有ポリエーテル系高性能 AE 減水剤（以下、B）、ナフタレンスルホン酸塩系高性能減水剤（以下、D）の 3 種を用いた。練混ぜはホバート式モルタルミキサを使用し、粉体のみでの空練りを 30 秒間行い、練混ぜ水投入後、5 分間の練混ぜを行った。練り上がり後のペースト温度は 20±2℃となるように材料の温度を調節している。セメントペーストの配合を表 1 に示す。試験項目として、フロー試験においてはフローが 200±15

表.1 セメントペーストの配合表

	フロー試験 (W/P=26%)	レオロジー試験 (W/P=27%)
Case.1	C のみ	C のみ
Case.2	BFS/ (C+BFS) =55%	BFS/ (C+BFS) =55%
Case.3	BFS/ (C+BFS) =25%	BFS/ (C+BFS) =25%
Case.4	LP/ (C+LP) =25%	LP/ (C+LP) =25%

となる混和剤の添加率をそれぞれの混和剤について求めた。次にレオロジー試験により、フロー試験において使用した配合を用いて回転粘度計によるレオロジー定数を算出した。

3. 結果および考察

図 1 にフロー試験により得られた種々の混和剤による添加率とフロー値の関係を示す。ここで、本実験での流動性評価は試料のフロー値が 200±15 になるまでの混和剤の添加量で判断している。配合の Case 別に見るとセメントを混和材で置換した配合（Case2～4）はセメントのみの配合（Case1）に比べ、少ない添加率で高い流動性を示していることが分かる。そして、粉体に LP を 25%置換した Case4 が最も高い流動性を示し、Case.4) Case.3) Case.2) Case.1 の順で高い流動性を示している。また混和剤別に見ると、B、A、D の順に少ない添加率で 200±15 のフロー値に到達し、これは、どの Case においても概ね同じ結果となった。

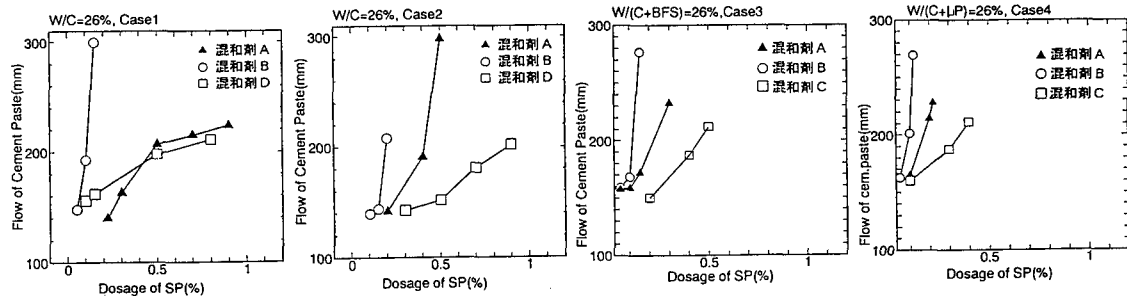


図 1 各配合における添加率とフロー値の関係

次にフロー試験の結果を基に回転粘度計によりレオロジー試験を行った。試験には、外円筒回転型回転粘度計を使用し、寸法は内円筒半径 50mm、外円筒半径 80mm、外円筒高さ 140mm である。レオロジー試験に用いた試料は表 1 に示した配合とし、練り上がり後直ちにフロー試験を行い、0 打フローが 200 ± 15 を示した混和剤の添加率にて回転粘度計での試験を行った。また、回転粘度計に用いる試料はある程度の柔らかさが必要とされるため、フロー試験では $W/P=26\%$ にて試験を行ったが、回転粘度計試験では $W/P=27\%$ としている。外円筒の回転数は段階的に上昇させ、最大 80rpm まで上昇させた。それぞれの回転数において 30 秒経過後に内円筒に働くトルクを測定し、回転数とトルクの測定結果からコンシステンシー曲線を作成した。図 2 は各混和剤について比較した回転粘度計により得られたコンシステンシー曲線である。実験に用いたペーストは全て 0 打フローが 200 ± 15 となる試料であるが、流動曲線に図のような相違が見られたことはそれぞれの試料のレオロジー値が異なっていると考えられる。フロー試験には混和剤 B は顕著な高流動性状を示したが、図 2 からは他の混和剤と比較して特筆した違いは見られなかった。より詳細に流動性状の違いを観察するため、各流動曲線のレオロジー定数を最小二乗法を用いて数量化したものが表 2 である。各試料を作成する際に用いた混和剤の固形分濃度、及び降伏値、塑性粘度を示している。表 2 より、Case1 の試料はフロー試験では低い流動性状を示していたが、回転粘度計による試験においても他の Case と比較して高い降伏値を示しフロー試験とレオロジー試験の相関が見られた。また、Case2 の試料はどの混和剤においても比較的低い降伏値となり、高い流動性を示している。しかし、フロー試験では最も高い流動性を示した Case3 及び Case4 の試料は逆に高い降伏値を示し、フロー試験と相反する結果となった。これは、回転粘度計での試験の際、Case3 及び Case4 の試料の回転初期の粘性が高く、外円筒付近の、試料が流動化していないことが予想され、高い降伏値を示した原因と考えられる。

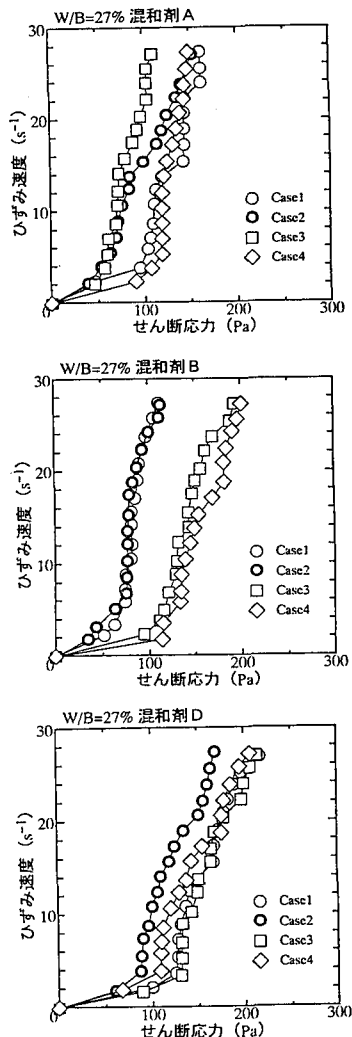


図 2 各混和材の流動曲線の比較

表 2 それぞれの試料における固形分添加率とレオロジー定数

	Case1			Case2			Case3			Case4		
	固形分添加率 (%)	降伏値 τ_0 (Pa)	塑性粘度 η_{pl} (Pa·S)	固形分添加率 (%)	降伏値 τ_0 (Pa)	塑性粘度 η_{pl} (Pa·S)	固形分添加率 (%)	降伏値 τ_0 (Pa)	塑性粘度 η_{pl} (Pa·S)	固形分添加率 (%)	降伏値 τ_0 (Pa)	塑性粘度 η_{pl} (Pa·S)
混和剤 A	0.45	63.95	4.16	0.37	32.08	4.50	0.20	43.99	2.50	0.27	45.89	5.32
混和剤 B	0.15	54.52	1.98	0.25	39.49	2.77	0.135	92.12	3.48	0.16	104.71	3.62
混和剤 D	0.54	96.12	4.13	1.05	49.10	3.53	0.60	96.70	4.32	0.67	71.28	5.00

4. まとめ

- 1) フロー試験では同一のフロー値を示したペースト試料も回転粘度計を用いたレオロジー試験ではレオロジー値に違いが見られ、より詳細な流動特性が把握できる。
- 2) フロー試験では Case4. 3. 2. 1 の順に高い流動性を示していたが、回転粘度計を用いたレオロジー試験では一概にその順とは言えず、正確なレオロジー値を測定するには、より軟らかく、分離しにくい試料での測定もしくは内外円筒が流動化している範囲を正確に把握できるようにすることが必要である。

(参考文献) 劉剣平他：第 48 回土木学会中国支部発表概要集、pp. 543-544