

V-462 各種混和材がセメントペースト・モルタルの流動性及び強度発現に及ぼす影響

西日本工業大学 正会員 沼田 晋一

1. はしがき

最近、高流動性でワーカビリティのよい高強度コンクリートの研究が進められている。これは、高性能減水剤や増粘剤とシリカフュームSFや高炉スラグ微粉末GSなどの混和材の併用によって可能となっている。ワーカビリティに関しては、高性能減水剤などに依存する余り、結合材自体の流動特性を評価しようという試みは限られている。本研究は、結合材粉体の流動特性をペーストあるいはモルタルで評価することを試みたものである。混和材としては、上記のシリカフュームSF、高炉スラグ微粉末GSの他に、超微粉末の石灰石LMを加えた。流動性評価には、ペーストでは $\phi 10\text{mm}$ ビカー針貫入量、スランプ及びフロー試験を、モルタルでは砂結合材比S/Cとフロー値の関係を尺度とした。

これら混和材で一定量置換した結合材のモルタル強度特性試験は、水結合材比W/C=35%として、高強度コンクリートのモルタル成分のS/Cの一般的範囲（S/C=1~1.6程度）を考えながら上記のモルタルのフロー値特性から成形性を考慮してS/C=1を選定して、実施した。

2. 使用材料・試験方法

使用したセメント・混和材の品質を表-1に示す。SFは顆粒状に加工したものである。モルタル試験に用いた細骨材は、海砂を単粒度の粒群にふるい分けした後一定粒度に合成し（FM=2.39）、これに豊浦標準砂（FM=0.97）を2:1で混合してISO標準砂の粒度を満足するように粒度調整したものを使用した。この粒調砂は、FM=1.95、表乾比重2.61、吸水率0.8%、実積率61.4%であった。ペースト及びモルタルの練混ぜには5ℓホバートミキサを用いた。ペーストの練混ぜはASTM C305に準拠した。モルタルの練混ぜは、練混ぜ水に関する土木学会規程に準拠したが、高速の練混ぜ時間を3分に延長した。なお、混和材の置換率は質量比とした。

表-1

粉 体	比重	粉末度 (cm^2/g)	平均粒径 (μm)
OPC	3.15	3,250	—
GS45	2.93	4,520	6.3
GS80	2.91	8,220	4.2
LM	2.61	15,000	2.3
SF	2.29	230,000(BET)	0.14

ペーストのビカー針試験では貫入量が大きくなる場合も想定してJIS R5201.9の70×100×60のコーンを、そのフロー及びスランプ試験には砂の表乾試験に用いるフローコーン38×89×74mmを用いた。モルタルのフロー試験にはJIS R 5201.9のフローコーン70×100×60mmを使用した。フロー試験はJISに準拠した。フロー試験の結果は、ペーストの場合はコーン底面直径に対する百分率のフロー率で、モルタルではJISのフロー値で整理した。モルタルの強度試験に用いる $\phi 5 \times 10\text{cm}$ 円柱供試体は、棒突きと振動締固めによって成形した。

3. ペーストのコンシステンシー

ペーストは、W/C=24~37%の範囲で種々変化させて試験した。図-1に、ビカー針貫入量、フロー率及びスランプで示されるコンシステンシー試験の結果を示す。各試験結果はコンシステンシーの試験方法が変われば異なっている。ビカー針貫入は静的な（せん断ひずみ速度が遅い）機械的仕事量を示す指標の一つであり、フロー率は動的な塑性変形を、またスランプも静的な塑性変形を調べているものと考えられる。各混和材の置換率が増大すると、この範囲のW/Cでは、いずれの混和材もOPCよりもコンシステンシーが軟らかくなる傾向は殆どみられない。いずれの試験結果でも、OPCと同等のコンシステンシーのものはGS45で、これに準じてLMであって他は固くなる。LMの平均粒径は、GS80よりも大きいが見掛け粘度が小さいと見込まれる。しかし、これらの各コンシステンシー測定値の相互間の関係は判然としていなかった。

4. モルタルのフロー試験結果

図-2に砂セメント容積比 s/c とフロー値の関係を示す($W/C=35\%$)。骨材濃度が変わるにつれてフロー値の様相は大きく変化した。砂濃度が低い場合はペーストのフロー値と余り変わらない区間があって既往の研究成果の①状態から②状態への変化までの区間とみられるが¹⁾、その範囲は混和材によって異なる。ある限界以上の砂濃度ではフロー値と砂セメント比はほぼ直線関係が認められる。混和材が混入されたモルタルのフロー値は通常の粉末度のスラグGS45では、OPCの場合に比べてフロー値は小さくならず、砂セメント比が大きい場合はOPCよりも流動性が改善される。高粉末度の石灰石粉末でもその傾向がある。しかし直線勾配は、高粉末度の混和材はOPCやGS45よりも小さい。高流動性高強度コンクリートのモルタル成分の S/C は一般に $1\sim 1.6$ (容積比で $s/c=1.2\sim 1.9$)程度であるので、フロー値をこの付近で考察すると、流動性が大きいのは $50\%GS45>7.5\%LM>OPC>50\%GS80>7.5\%SF$ の順である。なお、ペースト試験に用いたフローコーンとモルタル試験に用いたフローコーンの $W/C=35\%$ のペーストのフロー率を対比すると、線形関係は概略みられるが一般的なフローの範囲では、前者が小さな値となって、とくに固練りのときにその値は小さくなる。

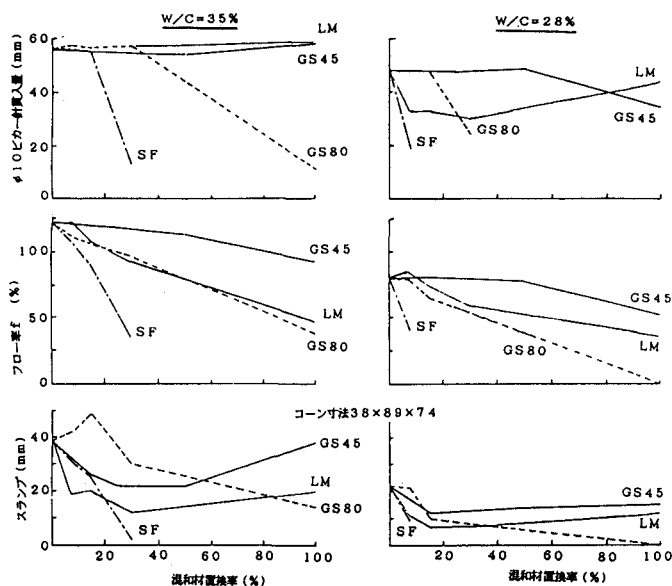


図-1

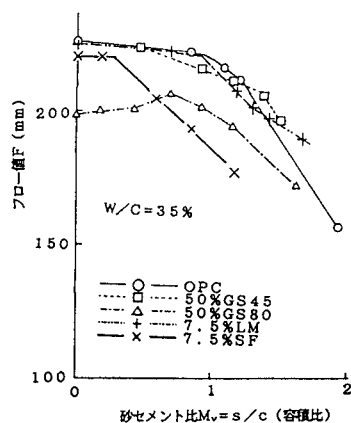


図-2

5. モルタルの圧縮強度

$W/C=35\%$, $S/C=1$ ($s/c=1.2$ 程度)のモルタル強度試験の結果を表-2に示す。石灰石粉末は強度増進にも悪影響は認められない。この傾向は通常の粉末度の石灰石粉末でも認められていて、 W/C が小さければ置換率が20%程度と余り大きくない場合においては7日強度は殆ど低下せず28日強度の低下も小さい²⁾、という結果とほぼ一致している。

表-2

結合材	強度 (kgf/cm ²)	
	7日	28日
OPC	585	727
50%GS80	608	878
7.5%LM	607	742
7.5%SF	659	816

6. まとめ

高流動高強度用の混和材として、石灰石粉末はコンシステンシーの面からも強度発現性からも有用と期待される。今後さらにその有用性が認められる。今後さらに検討することが必要である。

- 文献 1) 沼田晋一他：第4回JCI講演論文集，pp.113～116，1982
2) 沼田晋一：学位申請論文（九州大学），p.93，1982