

V-31

ペーストの粘性に及ぼす微粉末物性の影響

福島工業高等専門学校 正員 ○緑川猛彦

長岡技術科学大学 正員 丸山久一

1. はじめに

近年、混和材として微粉末を用いた高流動コンクリートの研究・開発が各方面で進められているが、その流動機構についてはまだ十分に明かにされていないのが現状である。そこで本研究は、コンクリートの流動機構に及ぼす微粉末の影響を調べることを目的とし、特に微粉末の物理的性質がペーストの粘性に及ぼす影響について、回転円筒粘度計による粘度測定の結果より検討することとした。

2. 微粉末の物理的性質

実験に使用した材料の物理的性質を表1に示す。粉体密度は土質工学会の土粒子の密度試験に準じ、また比表面積はブレン空気透過装置により測定した。

一般に比表面積と粒子半径の関係は次式で表されることが知られている。

$$r = \frac{K}{2\rho Sw}$$

r : 平均粒子半径 (cm)
 K : 形態係数
 ρ : 粉体の密度 (gf/cm³)
 Sw : 比表面積 (cm²/gf)

図1は各微粉末の粒径加積曲線を示したもので、フライアッシュ、高炉スラグ、石灰石微粉末ともほぼ単粒であることがわかり、各微粉末において最も卓越している粒径は、

フライアッシュ $2r=0.0030 \sim 0.0040$ cm

高炉スラグ $2r=0.0020 \sim 0.0030$ cm

石灰石微粉末 $2r=0.0010 \sim 0.0020$ cm

である。今それぞれの卓越粒径より形態係数を求め、3種類の平均値 ($K=28.2$) とすると、各微粉末の平均粒子半径は表1のようになる。

3. 実験方法

3.1 ペーストの配合

ペーストの配合は微粉末 (p) と水 (w) の質量比 $p/(p+w)$ (%) をパラメータとして、材料分離が生ぜず練混ぜ可能な範囲内で10%毎に変化させた。また、練り混ぜたペーストの体積が2000cm³となるようにした。

3.2 実験方法

ペーストはハンドミキサーによる強制練りとし、回転円筒粘度計によりペーストの粘度を求めた。粘度測定時の回転数は6、12、30、60r.p.mの4種類で検討し、最も安定している60r.p.mの測定値を粘度として用いることとした。

4. 結果および考察

図2に微粉末混入率と粘度の関係を示す。粘度は微粉末混入率の増加にともない対数的に増加しているが、特に同じ混入率であればシリカフュームや石灰石微粉末の様な平均粒子半径の小さい微粉末がペーストの粘度を著しく増加させている。

表1 使用材料の物理的性質

材 料	密 度 (gf/cm ³)	比 表 面 積 (cm ² /gf)	平均粒子半径 (cm)	記号
シリカフューム	2.245	38460	0.00016	○
石灰石微粉末	2.739	7030	0.00073	△
高炉スラグ	2.948	4330	0.00110	□
石粉 (No.2)	2.870	3850	0.00128	●
普通ポルトランドセメント	3.150	3330	0.00134	▲
石粉 (No.1)	2.870	2740	0.00179	●
フライアッシュ	2.095	3240	0.00208	■

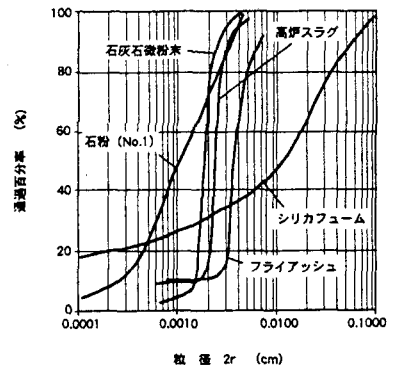


図1 各微粉末の粒径加積曲線

ペースト中の微粉末配列を六方最密充填と仮定した場合の空隙率 n と粒子中心間距離 $(2r+a)$ の関係は以下の様に表される¹⁾。

$$n = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}(2r+a)^3 \cdot \frac{4\pi r^3}{3}}{\frac{1}{\sqrt{2}}(2r+a)^3} = \frac{w}{\frac{p}{\rho} + w}$$

図3は、粒子の直径 $(2r)$ に対する粒子中心間距離の比を

$$c = \frac{2r+a}{2r} = 1 + \frac{a}{2r}$$

とし、粘度との関係を示したものである。各微粉末とも c が大きくなるに従い粘度は減少し、また c が同じであれば平均粒径の小さい微粉末の粘度が大きい傾向を示している。これは、粘度が粒子間距離と粒径の影響を受けていることを表している。

ペンジュラー状態では、粉体同士の接触部に液体が存在する（液体架橋）ときの2粒子間に働く付着力は、粒径が小さくなるに従い小さくなるが、それ以上に粒子の自重が減少するために小さい粒子ほど凝集しやすいことが知られている。いま、液体架橋により支えられる粒子の個数を N とすると、

$$N = \frac{H}{W} = \frac{f(c,r)}{\frac{4\pi r^3 \rho g}{3}}$$

N : 粒子の個数
 H : 付着力
 W : 粒子1個の自重

となり、またペーストの粘度はその個数 N に比例すると考えられるから、

$$\eta \propto N$$

$$\eta \frac{4\pi r^3 \rho g}{3} \propto f(c,r)$$

図4は上式の左辺を平均粒子半径で除したものと c との関係を示したものである。粘度は c が大きくなるにしたがい対数的に減少し、また粒子の種類にかかわらず同じであることが分かる。

以上の結果より、ペーストの粘度は微粉末の種類に関係なく粒子間付着力によって凝集される粒子個数に影響され、以下の式で表されることが明かになった。また、本実験において定数 α_1 、 α_2 は次の様になった。

$$\eta = \frac{\alpha_1 r}{10 \alpha_2 c W}$$

η : ペーストの粘度
 $\alpha_1 = 1.0 \times 10^7$
 $\alpha_2 = 4.8$

5. 結論

本実験範囲内で以下のことが明かになった。

微粉末を用いたペーストの粘度は微粉末の種類に関係なく粒子間付着力によって凝集される粒子個数に影響され、粒径が小さくまた軽い微粉末を用いたものは凝集される粒子個数が多くなるために粘度の増加が大きい。

参考文献

- 1) 三輪茂雄：粉体工学通論、日刊工業新聞社

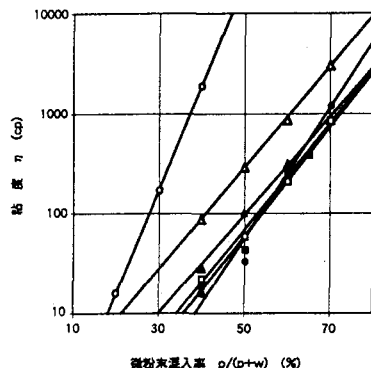


図2 微粉末混入率と粘度の関係

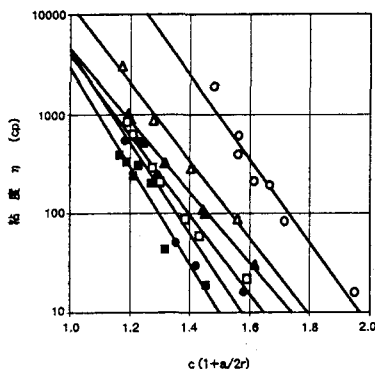


図3 c と粘度の関係

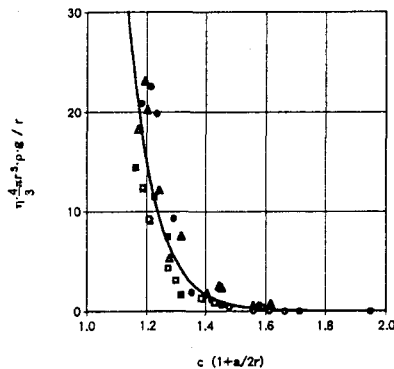


図4 c と粘度の関係