

名城大学 正会員 菊川 浩治
東京都立大学 正会員 村田 二郎

1. まえがき

フレッシュコンクリートのレオロジー研究の一環として、今回はモルタルの粘度方程式について検討した結果を報告する。ここで、セメントペーストを溶媒とし細骨材を溶質として広範な実験を行い、細骨材の粗粒率を考慮したモルタルの粘度方程式を提案するものである。

2. 使用材料

本実験に用いたセメントは日本製製の普通ポルトランドセメントである。細骨材は愛知県矢作川産の川砂と、新日鉄社製の末加工水砕砂および相馬砂である。細骨材の物性については表-1に示す。なお、本実験は数年にわたっているため、川砂については納入年度によって物性が異なるので範囲で示した。また、実験中の材料分離を防ぐ目的で、保水効果のある減水剤NL1850をセメント重量の0.25%用いている。

3. 試料の調整

試料は溶媒の濃度を同一にするため、基本になるセメントペーストの水セメント比を60%一定とし、これに細骨材を少しずつ加え、 $\%$ を0.2~2.4程度まで0.2間隔にて増加させ、それぞれの体積濃度のモルタルを作り、内円筒回転式二重円筒型回転粘度計を用いて各々の塑性粘度および降伏値を求めた。これには、表-1に示す細骨材を基本試料とし、表-2に示すように各々を適当な割合で混合して粒度を調整したもの、あるいは各粒径ごとによるいで分級し、それを適宜組合せて粗粒率の異なる試料を用意し、実験に供した。

4. 粘度方程式

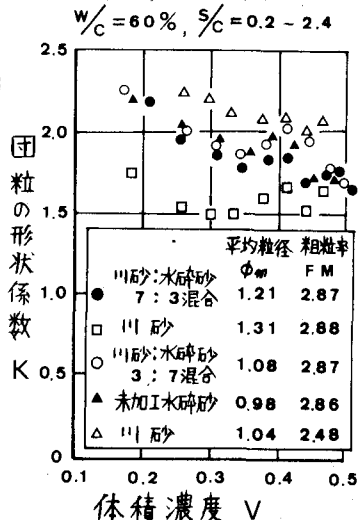
モルタルの塑性粘度を良い精度で推定することは、将来、コンクリートの粘度方程式を論ずる場合の基礎につながる重要な意味を持っている。そこで、モルタルの粘度方程式に注目し、モルタルの材料および配合要素がわかれば、 $\square$ -1 モルタルにおける団粒の形状係数Kと体積濃度Vとの関係。

表-1, 実験に用いた細骨材の物性

種類	比重	吸水率 (%)	単位容積質量 (g/cm ³)	粗粒率 FM	平均粒径 (mm)	実積率 (%)
川砂	2.56~2.58	1.03~1.63	1.559~1.699	2.48~2.88	1.04~1.31	60.4~66.4
末加工水砕砂	2.40	2.40	1.412	2.86	0.98	58.8
相馬砂	2.54	1.42	1.480	2.22	0.56	58.3

表-2, 実験に用いた細骨材の粒度

骨材の種類	粒度	FM	骨材の種類	粒度	FM	骨材の種類	粒度	FM	
川砂	$\phi 0.6$ 以下	1.27	未加工水砕砂	$\phi 1.2 \sim 0.6$	3.00	川砂:水砕砂 7:3 混合	$\phi 5.0 \sim 1.2$	4.06	
	0.6~0.3	2.00		0.6~0.3	2.00		2.5~1.2	4.00	
	1.2~0.6	3.00		0.6以下0.6以上 2:8混合	3.05		0.6~0.3	2.00	
	0.6以下0.6以上 3:7混合	3.25		2.5~1.2	4.00	川砂:水砕砂 3:7 混合	5.0以下	2.87	
	2:8混合	3.48		0.6以下	1.44		0.6以下	1.30	
	5.0以下	2.88		1.2~0.6	3.00		5.0~1.2	4.02	
	0.6以下	1.27		5.0以下	2.88		2.5~1.2	4.00	
	1.2~0.6	3.00		2.5~1.2	4.00		0.6~0.3	2.00	
	2.5~1.2	4.00		川砂:水砕砂 7:3 混合	5.0以下	2.87	相馬砂	2.5以下	2.22
	5.0以下	2.48		0.6以下	1.38				



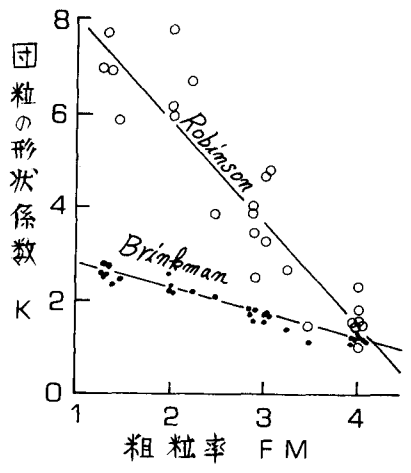
モルタルの粘度方程式としては、現在まで発表された主な粒度方程式のうち、実測値とよく適合するといわれている *Brinkman* 式および *Robinson* 式を基礎式として採用した。

Brinkman 式 $\eta_{re} = (1 - SV)^{-K_1}$ ----- 1

Robinson 式 $\eta_{re} = 1 + \frac{K_2 SV}{(1 - SV)}$ ----- 2

図-2

モルタルにおける団粒の形状係数 K と粗粒率 FM との関係
 $w/c = 60\%$, $s/c = 0.2 \sim 2.4$



ここに、 η_{re} は相対粘度、 S は実積率の逆数、 V は細骨材の体積濃度、 K_1 、 K_2 は実験定数である。

図-1 は、*Brinkman* 式における係数 K と細骨材の体積濃度 V との関係を示したものである。その結果、細骨材の粒度により、体積濃度にかかわらず K の値はほぼ一定値を示し、砂の粒径が細かいほど K は大となった。

ここで、ペースト中に懸濁している砂は付着したペーストを併って団粒状となり、一体となって挙動しているものと考えられる。この団粒は強力なフロック状ではなく、砂の体積濃度の影響も受けないものと解釈される。しかし、ペースト中に懸濁している砂の粒径が小さくなれば、粒径の大きいものより表面積が大となるため、砂粒子表面に付着して不動化するセメントペースト（溶媒）量が多くなるので、係数 K が大きくなるものと思われる。なお *Robinson* 式の場合は、これらの間に V と K との特別な関係は認められなかった。

図-3 モルタルの相対粘度と体積濃度の関係
 $w/c = 60\%$, $s/c = 0.2 \sim 2.0$

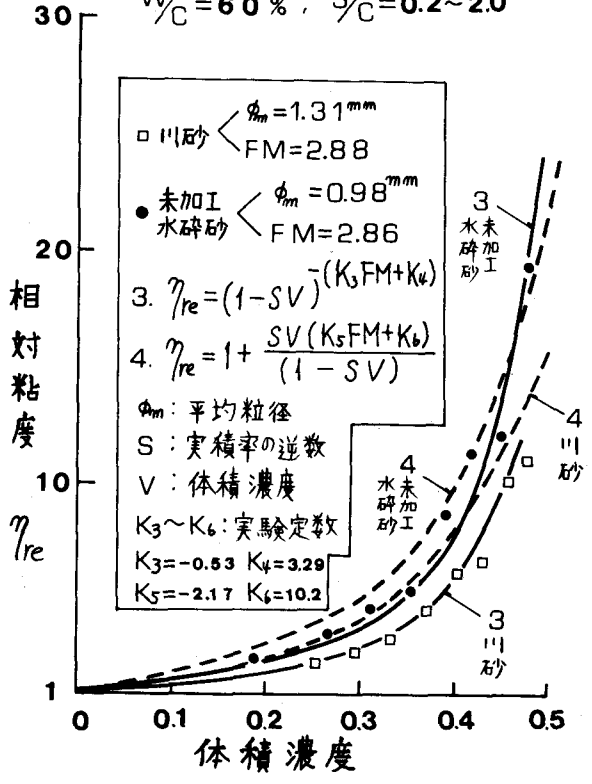


図-2 は *Brinkman* 式および *Robinson* 式における係数 K と細骨材の粗粒率との関係を示したものである。*Robinson* 式の K については、ややばらつきが大となったが、いずれも係数 K は粗粒率の一次関数で表わされる。同じ粗粒率でも粒度は不定となるが、粒度の異なる 29 個の試料（表-2 参照）についておこなったこの実験の範囲では、同じ粗粒率に対する *Brinkman* 式における K の推定誤差は大部分 $\pm 10\%$ 以内で比較的小さい。*Robinson* 式における K の推定誤差はやや大きく $\pm 30\%$ 以内の範囲でばらついている。これらの関係を利用して図-3 の中に示す式 3, 4 を提案した。これらの粘度方程式を用いて求めた相対粘度の推定誤差は *Brinkman* 式の場合、大部分 $\pm 20\%$ 以内であり、*Robinson* 式の場合、大部分 $\pm 30\%$ 以内であった。したがって、*Brinkman* 式を用いれば、材料の性質および配合条件から、モルタルの塑性粘度を実用上満足に推定できるものと思われる。なお、 FM の代りに細骨材の平均粒径を採用しても良好な結果が得られている。