

東京大学工学部 正会員 井戸勇二

同上 正会員 土谷正

1. はじめに

コンクリートの变形性能が使用材料の特性や配合からうける影響を定量的に評価することが、自己充填コンクリートの配合設計を確立する為に必要である。ブレンモルタルの場合、そのフロー値は粉体及び細骨材の固有値である流動特性値(拘束水比、変形係数)に影響を受けるが¹⁾、高性能減水剤を使用した場合、この関係がどのように変化するかを考察した。

2. 実験内容

細骨材より微粒でありその材料単味でも流動特性値が測定可能な石灰石微粉末(以下、石粉とする)と中庸熱セメントを混合したペーストの流動特性値につい

表1 使用材料

種類	使用材料	品質・特性値
粉体	中庸熱セメント	比重3.20 拘束水比0.984 変形係数0.092
	石灰石微粉末	比重2.67 拘束水比0.669 変形係数0.086
混和剤	高性能AE減水剤	*カルボキレート系

て検討した。中庸熱セメントと石粉を混合したペーストで、総粉体容積に対する石粉の容積比 V_l/V_p が0、0.4、0.6、(0.8)、1.0のものを用い、混和剤無添加の場合(実験A)、セメントと石粉の混合重量に対し1.2%の混和剤を添加した場合(実験B)、セメントの重量に対して1.2%添加した場合(実験C)についてのフロー試験を行った。表1に使用材料を示す。練り混ぜ方法・フロー値の測定方法はJIS A 5201「セメントの物理試験方法」に準ずる。

3. 実験結果

それぞれのケースの実験結果を図1~3に示す。石粉固体粒子容積比別に相対フロー面積比と水セメント容積比の関係を示した。いずれのケースも相対フロー面積比と水セメント容積比は直線関係にある。

粉体を中庸熱セメントと石粉に分けて考えるとペーストフロー値と水粉体容積比は式(1)において表される。このときの石粉を細骨材として仮定しモルタルと考え、水セメント容積比の式に表すと式(4)になり、 V_l/V_c が一定のときは図4のような直線になる。その傾きと切片は式(5)、式(6)の関係になる。

それぞれの実験ケース別に、相対フロー面積比が0になる時の水固体粒子容積比、つまりペーストの拘束水比と石粉固体粒子容積比の関係を図5に示す。石粉の拘束水比は図5の石粉固体粒子容積比の0の時の水固体粒子容積比の値と実験値の値を直線で外挿したときの石粉固体粒子容積比が1のときの値である。

$$\frac{V_w}{V_p} = E_p \cdot \Gamma_p + \beta_p \quad (1)$$

$$E_p = \frac{E_c \cdot V_c + E_l \cdot V_l}{V_c + V_l} \quad (2) \quad \beta_p = \frac{\beta_c \cdot V_c + \beta_l \cdot V_l}{V_c + V_l} \quad (3)$$

$$\frac{V_w}{V_c} = E_m \cdot \Gamma_p + \beta_m \quad (4)$$

$$E_m = E_c + E_l \cdot \frac{V_l}{V_c} \quad (5) \quad \beta_m = \beta_c + \beta_l \cdot \frac{V_l}{V_c} \quad (6)$$

Γ_p : ペーストの相対フロー面積比 E_p : ペーストの変形係数 β_p : ペーストの拘束水比
 V_w : ペースト中の水の占める容積比 V_p : ペースト中の粉体の占める容積比
 V_c : ペースト中の中庸熱セメントの占める容積比 V_l : ペースト中の石粉の占める容積比
 E_c : 中庸熱セメントの変形係数 E_l : 石粉の変形係数 E_m : モルタルの変形係数
 β_c : 中庸熱セメントの拘束水比 β_l : 石粉の拘束水比 β_m : モルタルの拘束水比

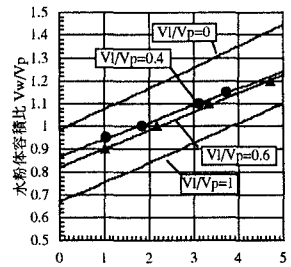


図1 実験A(ブレン)の水粉体容積比と相対フロー面積比

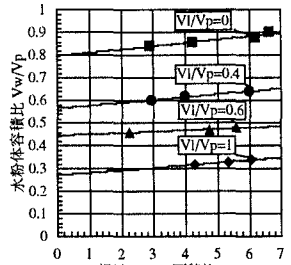


図2 実験B(SP(p*12%)添加)の水粉体容積比と相対フロー面積比

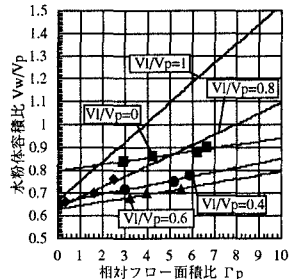


図3 実験C(SP(c*12%)添加)の水粉体容積比と相対フロー面積比

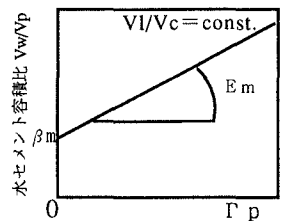


図4 相対フロー面積比と水セメント比(V_l/V_p 一定のとき)

混和剤無添加のときの石粉の拘束水比は、石粉単味で実験したときの値といずれの容積比のときもほぼ一致し、また混和剤を粉体総重量に対し1.2%添加した時の石粉の拘束水比も石粉単味に1.2%の混和剤を添加したときの値(図10に一つの粉体の拘束水比の混和剤添加量の変化を示した)とはほぼ一致する。実験Cの場合、混和剤量の各粉体に対する量が変わっており石粉の量が多くなると混和剤量が小さくなるので石粉の拘束水比が変化していると思われる。混和剤が中庸熱セメントだけに効いているとすれば、関係式Aのように石粉容積比が増すにつれ水固体粒子容積比は直線的に減少すると考えられるが実験値の▲を結ぶと下向きの曲線になっており、これは石粉への混和剤の効果が現れているからだと考えられる。また中庸熱セメントと石粉の容積比に応じて混和剤がそれぞれに効いているとすれば関係式Bのような曲線になる。実験値はA式、B式の間をとることから石粉に容積比に応じた量のある割合(ここでは30%)しか混和剤が効かず、残り分が中庸熱セメントにまわるものと考えられる。これは式(7)で表し、その計算値を図6に示すと実験値とはほぼ近似する。

$$\beta p = \frac{\beta c[sp=a\%] \cdot Vc + \beta l[sp=b\%] \cdot Vl}{Vc + Vl} \quad (7)$$

混和剤添加量 $sp=x\%$ (総粉体重量に対して)

$$a=x+0.7Pl/Pc \quad b=0.3x$$

Pc : 中庸熱セメントの重量 Pl : 石粉の重量

$\beta c[sp=a\%]$: 混和剤を $a\%$ ($\times Pc$)添加したときの
中庸熱セメントの拘束水比 (図9より求める)

$\beta l[sp=b\%]$: 混和剤を $b\%$ ($\times Pl$)添加したときの
石粉の拘束水比 (図9より求める)

ペーストの変形係数と石粉固体粒子容積比との関係を図7に表す。石粉の変形係数は図7の石粉固体粒子容積比が0のときの変形係数と実験値を直線で外挿したときの石粉固体粒子容積比が1のときの値である。この値は混和剤無添加及び、混和剤を粉体総重量に対し1.2%添加したときの場合では石粉単味で実験したときの値と近似する。実験Cの場合のセメントに対して1.2%添加した場合の▲で表される曲線は拘束水比の場合と同様に石粉にある割合しか混和剤が効かないと考えると式(8)で表せる。その計算値を図8に示すと実験値とはほぼ近似する。

$$Ep = \frac{Ec[sp=a\%] \cdot Vc + El[sp=b\%] \cdot Vl}{Vc + Vl} \quad (8)$$

混和剤添加量 $sp=x\%$ (総粉体重量に対して)

$$a=x+0.7Pl/Pc \quad b=0.3x$$

$Ec[sp=a\%]$: 混和剤を $a\%$ ($\times Pc$)添加したときの
中庸熱セメントの変形係数 (図10より求める)

$El[sp=b\%]$: 混和剤を $b\%$ ($\times Pl$)添加したときの
石粉の変形係数 (図10より求める)

4. まとめ

混合粉体の場合、混和剤を添加するとそれぞれに混和剤が作用し減水効果があると考えられるが、中庸熱セメントと石粉のペーストの場合、石粉には容積比に応じた量の30%が作用され残りが中庸熱セメントに作用され则认为、材料単味の混和剤量に対する流動特性値の変化が分かればフローの予測は可能である。今回は、細骨材より微粒である石灰石微粉末を細骨材に置き換えたモルタルのフロー値を検討したが、細骨材を使用したモルタルの場合も混和剤の細骨材への効果があると思われるので、上記で表したフロー値の式が適用できると考えられ、今後の検討が必要である。

(参考文献) 1) 枝松、下川、岡村; モルタルフロー値に及ぼす粉体特性の影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol16, No. 1, 1994

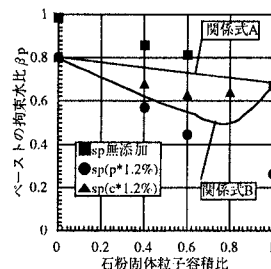


図5 ペーストの拘束水比と石粉固体粒子容積比 (1)

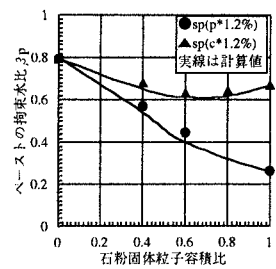


図6 ペーストの拘束水比と石粉固体粒子容積比 (2)

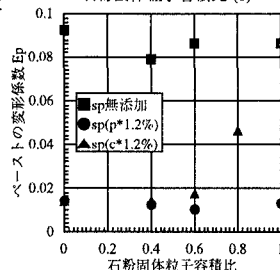


図7 ペーストの変形係数と石粉固体粒子容積比 (1)

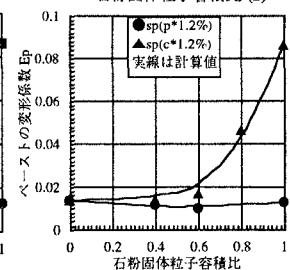


図8 ペーストの変形係数と石粉固体粒子容積比 (2)

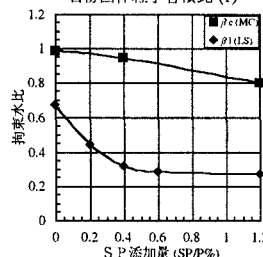


図9 拘束水比と混和剤添加量

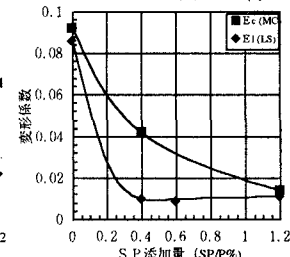


図10 変形係数と混和剤添加量