

徳島大学 正会員 水口 裕 久

1. まえがき

施工条件から要求される適切な流動特性を持ったコンクリートの配合を効率よく選定するためには、コンクリートの配合要因と流動特性との関係づける必要がある。これに関しては、いくつかの研究が成されある限られた条件下で関係式が求められているが、影響する要因が多く、またその組合せが複雑なこともあって、材料の特性や配合要因と流動特性との関係の定式化には成功していない。

本報告は、フレッシュコンクリートをビンガム物体と仮定し、モルタルの性質、粗骨材の量を変化させた場合の、レオロジー定数と配合要因との関係を表すパラメータについて、実験的に検討したものである。

2. 実験の概要

比重3.17、ブレン値3110 cm^3/g の普通ポルトランドセメント、比重2.64、粗粒率2.90の陸砂を用いた。粗骨材としては、比重2.61、実積率56.6%、粗粒率6.43の5 $\sim$ 15mmの碎石、比重2.48、径12.6mm、実積率61.3%のガラス玉および比重2.50、径16.8mm、実積率60.3%のガラス玉を使用した。

コンクリートの配合は、セメントペースト中のセメ

ントの体積濃度 $v_c (= \frac{C}{w+C})$ すなわち水セメント比、モルタル中の細骨材の体積濃度 $v_g (= \frac{A}{w+C+A})$ およびコンクリート中の粗骨材の体積濃度 $v_g (= \frac{g}{w+C+A+g})$ の体積割合で示し、表-1に示すスランプ値0.5cm $\sim$ 24.7cmのものとした。空気量については、無視した。

1バッチ25 L の試料は、強制練りミキサで全材料投入後3分間で練り混ぜ、水および骨材の温度を調節して、練り上がり温度が20 $\pm$ 2 $^{\circ}\text{C}$ になるようにした。

スランプ値を測定後、平行板プラストメータを用いて、モルタルは直径30cm、高さ約3cm、コンクリートは直径60cm、高さ約6cmの円板状試料の降伏値 τ_y および塑性粘度 η_{pl} を測定した。なお、本実験で用いた平行板プラストメータでは、スランプ値15cm以上の配合では、若干の測定誤差が考えられるが、このような配合は、本実験では定式化の対象外となるので、この誤差は無視した。測定は、同一条件に対して日を変えて2回以上行った。

粗骨材の表面積はふるい分析法⁴⁾、粗骨材の表面積は5 $\sim$ 10および10 $\sim$ 15mmの各50個づつから投影法⁵⁾で求めた。

粗骨材に付着して一体となって挙動するものとしたモルタル量は、振動台(3600rpm, 2g)に取付けた容器に5mm標準ふるいを固定し、練りさじ2杯分のコンクリートを載せ、40秒間振動させて、その時残ったものとした。平均付着モルタル厚さは、配合によって異なるが、0.20 $\sim$ 0.78mmとなった。

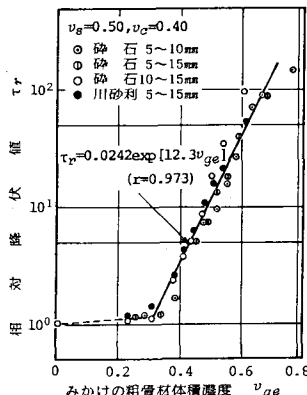
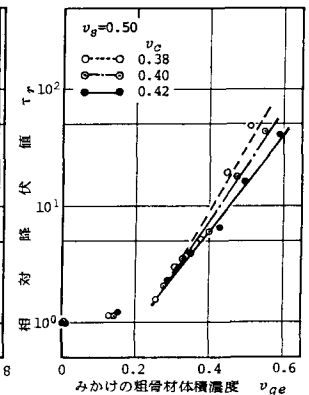
3. 実験結果および考察

モルタルの性質が一定の場合には、図-1に示すように表-2に示す付着モルタルを加えたみかけの粗骨材体積濃度 N_{ge} と相対レオロジー定数とは、定式化できることを得ている¹⁾。しかし、モルタル

表-1 コンクリートの配合要因との組合せ

v_g	v_c (W/C)	0.45			0.50			0.55		
		0.38 (0.52)	0.40 (0.48)	0.42 (0.44)	0.38 (0.52)	0.40 (0.48)	0.42 (0.44)	0.38 (0.52)	0.40 (0.48)	0.42 (0.44)
0.00		○(100)	○(100)	○(100)	○(100)	○(100)	○(100)	○(100)	○(100)	○(100)
0.15			○(72)	○(72)	●(74)	○(74)	○(76)	○(76)	○(76)	○(76)
0.20			○(64)	○(64)	○(67)	○(67)	○(69)	○(69)	○(69)	○(69)
0.25			○(57)	○(57)	○(60)	○(60)	○(62)	○(62)	○(62)	○(62)
0.30		○(51)	○(51)	○(51)	○(54)	○(54)	○(56)	○(56)	○(56)	○(56)
0.35		○(46)	○(46)	○(46)	○(48)	○(48)	○(51)	○(51)	○(51)	○(51)
0.40		○(40)	○(40)	○(40)	○(43)	○(43)	○(45)	○(45)	○(45)	○(45)

注) ○印は測定した配合を示す。ただし、●印はガラス玉 12.6mm および 16.8mm についても測定した。()内は細骨材率 $\% / \%$ を示す。

図-1 N_{ge} と τ_r の関係¹⁾図-2 N_{ge} と τ_r の関係

の性質が異なる場合は、図-2に見られるように、 v_{ge} では定式化できない。そこで、フレッシュコンクリートを表-2に示すケース2への2相材料と考え、細骨材および粗骨材と一体となつて挙動するとして付着バーストおよびモルタルを考え、表に示すパラメータについて検討する。

ケース2および4の v_a および v_{solid} は、細、粗骨材の粒度、粒形の違いを表すパラメータとはならない。ケース3の v_{ae}

は、 $v_{ae} = v_{ge} + (1 - v_g)v_{se} - (v_{ge} - v_g) = v_g + (1 - v_g)v_{se}$ となり、結果的には、細骨材の粒度、粒形の違いは表せるが、粗骨材の粒度、粒形の相違は表せない。また、ケース5の v_{solid} においても、 $v_{solid} = v_{ge} + v_{se}(1 - v_g) - (v_{ge} - v_g) + (1 - v_g)(1 - v_a)v_c - (1 - v_g)(v_{se} - v_a)v_c = v_g + (1 - v_g)(v_{se} - v_{se}v_c + v_c)$ となり、ケース3の v_{ae} と同様の結果となる。

そこで、これらのパラメータを用いた場合、粗骨材の粒度、粒形の違いがどのように影響するかを検討するため、これらパラメータとレオロジー定数との関係を探り、その一例を図-3～6および砕石を用いた実用的な配合の範囲での関係式を表-3に示す。

これらの図および表に示されているように、いずれのパラメータを用いてもほぼ同じ傾向となり、砕石を用いたコンクリートでは、よく似た相関係数となっている。したがって、細骨材の粒度、粒形の違いを表わせる v_{ae} あるいは v_{solid} がより適当なパラメータとなる。図-4～6に見られるように粗骨材の粒度、粒形の影響は、

表-2 配合要因の影響を表す各種パラメータ

ケース	マトリックス	インクルージョン	パラメータ
1	モルタル	粗骨材+付着モルタル	v_{ge}
2	バースト	細・粗骨材	$v_a = v_g + (1 - v_g)v_g$
3	バースト	細・粗骨材+付着バースト+付着モルタル	$v_{ae} = v_g + (1 - v_g)v_{se}$
4	水	セメント+細・粗骨材	$v_{solid} = v_g + (1 - v_g)v_g + (1 - v_g)(1 - v_g)v_c$
5	水	セメント+細・粗骨材+付着バースト+付着モルタル	$v_{solid} = v_g + (1 - v_g) \times (v_{se} - v_{se}v_c + v_c)$

(注) $v_{ge} = v_g + S_g v_{se}$ ただし、 S_g : 細骨材の比表面積 (m^2/m^3) t_g : 付着バースト厚さ (100 μ)

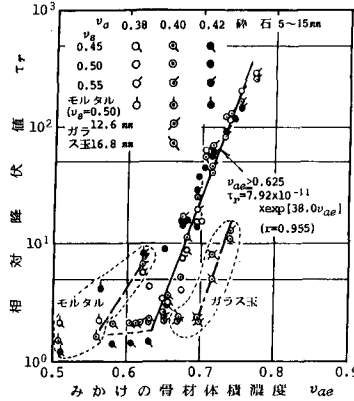


図-3 v_{ae} と τ_r の関係

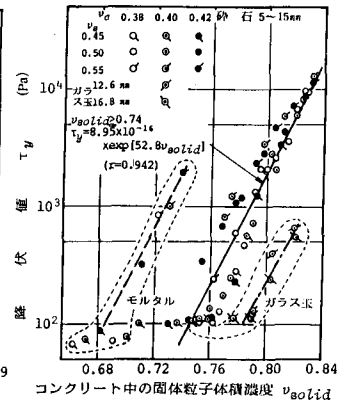


図-4 v_{solid} と τ_r の関係

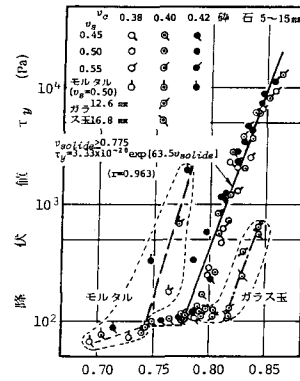


図-5 v_{solid} と τ_y の関係

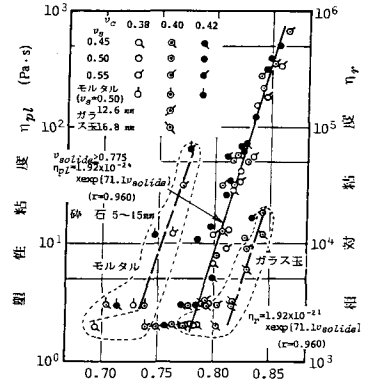


図-6 v_{solid} と η_{pl}, η_r の関係

表-3 各種パラメータを用いた関係式

レオロジー定数	値	相関係数	式番号	塑性粘度	相関係数	式番号
パラメータ	関係式			関係式		
v_{ae}	$\tau = 7.92 \times 10^{-11} \exp[38.0 v_{ae}]$	0.955	1	$\eta_p = 7.44 \times 10^{-12} \exp[41.3 v_{ae}]$	0.959	2
v_{solid}	$\tau_y = 8.95 \times 10^{-16} \exp[52.8 v_{solid}]$	0.942	3	$\eta_p = 1.35 \times 10^{-19} \exp[59.4 v_{solid}]$	0.925	4
v_{solid}	$\tau_y = 3.33 \times 10^{-20} \exp[63.5 v_{solid}]$	0.963	5	$\eta_p = 1.92 \times 10^{-20} \exp[71.1 v_{solid}]$	0.960	6

(注) τ_y : 降伏値 (Pa), τ_r : 相対降伏値, η_{pl} : 塑性粘度 (Pa·s), η_r : 相対粘度

参考文献

- 1) 水口ら; 土木学会第35回年次講演会要集, 1980, pp.315-316.
- 2) 角田ら; セメント技術年報, Vol.33, 1979, pp.227-230.
- 3) 水口ら; フレッシュコンクリートの物性値の測定法について考察に際してのポリアンダール法, 土木学会, 1983, pp.17-24.
- 4) Powers; The Properties of Fresh Concrete, Wiley, pp.26-31.
- 5) 松尾ら; セメント技術年報, Vol.3, 1949, pp.170-176, Vol.4, 1950, pp.183-192, Vol.5, 1951, pp.226-230.
- 6) 水口ら; 土木学会第34回年次講演会要集, 1979, pp.65-66.
- 7) 水口ら; セメント技術年報, Vol.35, 1981, pp.138-141.