

細骨材粗粒率の変化を考慮した高流動コンクリートの配合設計法に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員 三船慎治

九州工業大学 フェロー 出光 隆 正会員 山崎 竹博

1. はじめに

高流動コンクリートの流動性は材料の特性によって変化するが、現在のところ細骨材特性を考慮して配合を定めるまでには到っていない。本研究ではこれまでに、減水剤添加率 SP/B、水粉体容積比 Vw/Vb、ペースト細骨材容積比 Vp/Vs、モルタル粗骨材容積比 Vm/Vg をパラメーターとして、ペーストからモルタル、コンクリートと繋がる配合設計の可能性について検討してきた。本報告ではより汎用的な配合設計法を確立するために、過去のデータを再度検討し、セメント・高性能 AE 減水剤(以下、減水剤)・細骨材比重の測定誤差がペーストおよびモルタルの流動性に及ぼす影響を把握した。その上で、流動性能に大きな影響を与える細骨材 F.M.(2.67~3.07)をコンクリートの配合設計法に取り込むことを目的として実験を行った。

2. 実験概要

本実験に使用した骨材特性を表-1 に示した。モルタルでは標準砂をふるい分けし、F.M.2.67, F.M.2.87, F.M.3.07 が得られるように配合した。その時微粒分による影響を取り除く為 0.15mm 以下の微粒分は取り除いた。コンクリートにおいては、ふるい分けをしない F.M.2.57 の細骨材を用い、Vp/Vs, Vm/Vg をそれぞれ変化させ、SP/B=1~2% の範囲でフロー試験を行った。

3. ペーストフロー面積比の比較と推定式

図-1 に今年と過去数年の同配合でのペーストフロー面積比 Γ_p の比較を示す。SP/B=0% の時、流動性にほとんど影響がないことより、普通ポルトランドセメントの物性の変動が流動性に及ぼす影響はわずかであり、減水剤の物性の変動が多大な影響を及ぼしていると考えられる。これまでの実験より Γ_p と Vw/Vb の関係は SP/B に関わらず、直線関係で表されることが明らかにされている。図-2 より Γ_p は(式-1)のように示され、その切片(拘束水比 β_p)と傾き(単位フロー水比 α_p)は SP/B との関係よりそれぞれ(式-2)、(式-3)で表される。これより Γ_p は(式-4)により定量的に算出できる。

$$\Gamma_p = \frac{(V_w/V_b) - \beta_p}{\alpha_p} \quad (1) \quad \beta_p = 0.93e^{-1.81(SP/B)} \quad (2)$$

$$\alpha_p = 0.11e^{-1.94(SP/B)} \quad (3) \quad \Gamma_p = \frac{(V_w/V_b) - 0.93e^{-1.81(SP/B)}}{0.11e^{-1.94(SP/B)}} \quad (4)$$

4. モルタルの流動特性

4.1 細骨材の密度が表面水率および流動性に及ぼす影響

同一の細骨材で比重が 2.55, 2.54, 2.53 と誤差を生じた時、求まる表面水率の計算結果は大きく異なり、配合中の細骨材と水の量は図-3 のようになる。比重の違いにより細骨材量が減り、水量が増加すれば

表-1 骨材特性

《細骨材》	表乾比重	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率 (F.M.)	残留湿量百分率 (%)					
					4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
基準砂	2.55	2.14	59.0	2.57	0.2	5.7	25.0	49.2	78.7	98.5
F.M.2.67砂			60.9	2.67	0.0	3.0	25.4	52.8	85.6	100.0
F.M.2.87砂			61.9	2.87	0.1	5.9	32.6	59.5	89.1	100.0
F.M.3.07砂			62.3	3.07	0.2	10.2	40.2	66.0	90.4	100.0
《粗骨材》	最大骨材寸法(mm)	表乾比重	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率 (F.M.)	残留湿量百分率 (%)				
						25	20	15	10	5
砕石	20	2.74	0.99	60.2	6.71	0.0	2.2	19.8	71.4	97.2

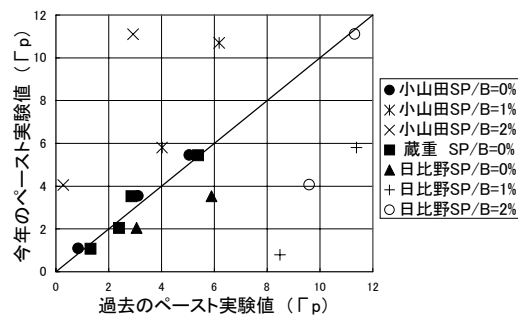


図-1 同配合でのペースト流動性の比較

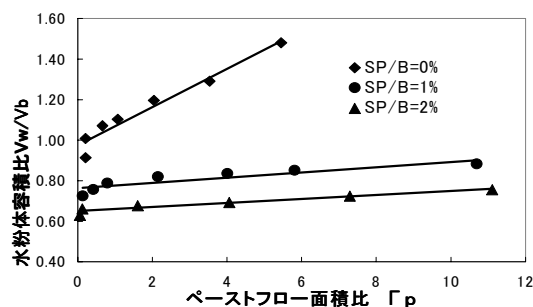
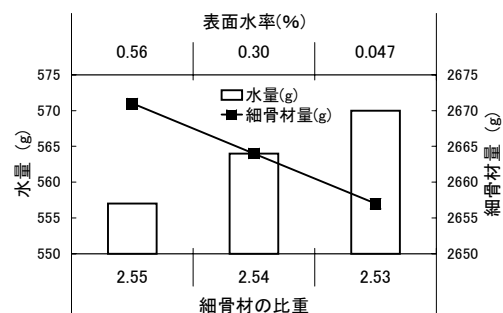
図-2 Vw/Vb と Γ_p の関係

図-3 細骨材比重が配合に及ぼす影響

キーワード：流動性，フロー面積比，高性能 AE 減水剤，粗粒率，表面水率

〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel 093-884-3114 Fax 093-884-3100

モルタルフローは増加し、最大で 65mm も実験値に差が生じてしまう。このため、高流動コンクリートでは単位水量に影響を及ぼす密度、表面水率の変動を普通コンクリートよりも厳密に管理する必要がある。

4.2 モルタルフロー面積比推定式

Γ_p が既知のペーストに F.M.2.67,2.87,3.07 の細骨材を $V_p/V_s=0.9,1.0,1.1$ と変化させ投入することで、モルタルフロー面積比 Γ_m と Γ_p の比較を行った。 Γ_m と Γ_p の関係は直線関係(図-4)になり、その関係は(式-5)のような関数化が可能であることが分かった。このとき切片 C_m と傾き I_m を SP/B と F.M.の関係から近似式により、それぞれ(式-6)、(式-7)のようになる。実験値と推定値の比較を図-5に示す。

$$\Gamma_m = C_m(SP/B, F.M., V_p/V_s) + I_m(SP/B, F.M.) \times \Gamma_p \quad (5)$$

$$C_m = (-8.5F.M. + 37.1) \times V_p/V_s + (2.2 \times SP/B + 15.6F.M. - 59.9) \quad (6)$$

$$I_m = -0.16 \times SP/B + (0.66 - 0.075F.M.) \quad (7)$$

5. コンクリートの流動特性

$SP/B=1\sim 2\%$ の範囲で、 Γ_m が既知の $V_p/V_s=1.0,1.2,1.5$ のモルタルに V_m/V_g を変化させることで、コンクリートフロー面積比 Γ_c と Γ_m の比較を行った。図-6の直線関係より Γ_c と Γ_m の関係は(式-8)のように関数化できる。 I_c と C_c は SP/B と V_m/V_g をパラメーターに持つ関数式(式-9)、(式-10)のように表せ、F.M.の違いを取り込んだ Γ_m を Γ_c の推定式(式-11)に取り込むことが可能となった。実験値と推定値の比較を図-7に示す。

$$\Gamma_c = C_c(SP/B, V_m/V_g) + I_c(SP/B) \times \Gamma_m \quad (8)$$

$$C_c = 2.11 \times V_m/V_g + (6.8 \times SP/B - 13.2) \quad (9) \quad I_c = -0.34 \times SP/B + 1.44 \quad (10)$$

$$\Gamma_c = \{2.11 \times V_m/V_g + (6.8 \times SP/B - 13.2)\} + (-0.34 \times SP/B + 1.44) \times \Gamma_m \quad (11)$$

流動特性の目標値を満足させるために、配合要因の補正が必要であり、補正手順は流動性、材料分離抵抗性を調整した後自己充填性の補正を行う必要があると考える。その補正量は、 $V_m/V_b, SP/B, V_m/V_g$ の加減量に対する Γ_c 、V ロート流下時間、U 字型充填高さの変化量を関数化できれば、その関係より定量的に求まると考える。このためにも表-2に示すような明確な配合範囲の中で統一性のあるデータを蓄積することにより、汎用的な配合修正表が確立されると考える。

6. まとめ

1. 細骨材の密度、表面水率の変動はコンクリート中の単位水量に多大な影響を及ぼす。普通コンクリートよりも単位水量の変化により大きな影響を受ける高流動コンクリートでは、細骨材の管理をより厳密に行う必要がある。
2. ペーストにおいて α_p と β_p を実測値により把握することで、 Γ_c は $V_m/V_b, SP/B, V_p/V_s, V_m/V_g, F.M.$ をパラメーターとして関数で推定することが可能である。

参考文献：1) 俵 道和, 出光 隆, 山崎 竹博, 渡辺 明：ペースト及びモルタルの流動性に及ぼす高性能 AE 減水剤の影響評価, コンクリート工学年次論文報告集 Vol.2 pp.517-522 1999.

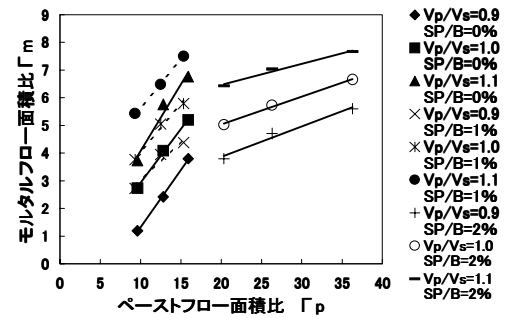


図-4 Γ_p と Γ_m の関係

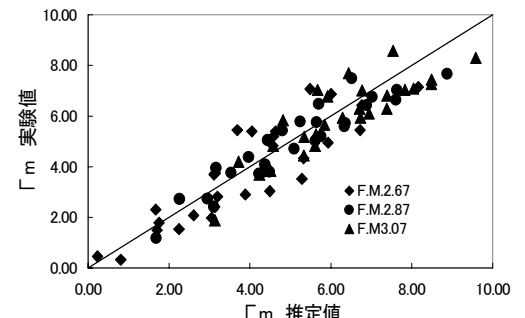


図-5 Γ_m の実験値と推定値の比較

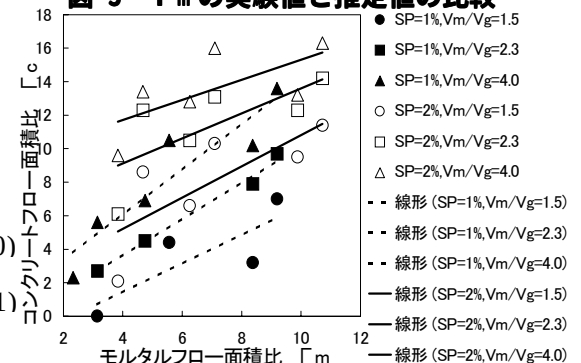


図-6 Γ_m と Γ_c の関係

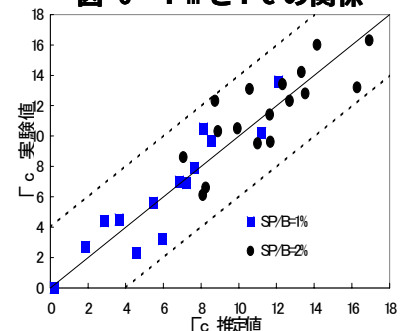


図-7 Γ_m の実験値と推定

表-2 高流動コンクリートの配合範囲

配合要因	配合の範囲	備考
水粉体比 V_w/V_c	1.5以下	これ以上になると材料分離を起す可能性が高くなるため。
ペースト細骨材容積比 V_p/V_s	1.0~1.5	単位細骨材量のモルタルに対する容積比で0.4~0.5の範囲。
モルタル粗骨材容積比 V_m/V_g	20~30	硬化コンクリートの品質を損なわず、範囲で所要の自己充填性が得られる範囲。
減水剤添加率 SP/B	1%~2% (1%~3%)	減水剤の種類によって異なるが、現在用いているレオシルドSP8Sは過去のデータとの相関性も考え、この範囲が妥当であると考えられる。