

微粉末を用いた高流動高耐久コンクリートの配合設計方法

太平洋プレコン工業(株)	正会員	○河野亜沙子	正会員	横山滋	村上和幸
ものづくり大学		辻正哲			
前橋工科大学	正会員	舌間孝一郎	高岡亮太		

1. はじめに

シリカフェームの実用化以来、超高強度繊維補強コンクリート（UFC）に代表されるような、超高強度高耐久コンクリートが開発実用化されている。しかし、単位結合材量が 1300 kg/m^3 以上と極端に大きく、収縮ひび割れが発生する危険性から、異形鉄筋を使用しないことを原則としている¹⁾。

一方、RC への適用のために、シリカフュームを用いず、フィラーにも結合作用のほとんどないものを採用し、粗骨材に至るまで粒度調整するという配合設計方法が検討されてきた²⁾。しかし、全ての材料について単位かさ容積を用いているため、粉体の単位容積質量の測定が困難という実用上の問題がある。

本研究では、粉体の単位容積質量に替えて、最適なフィラーと粉体の絶対容積比を実験によって求めることによって、フィラーから粗骨材に至るまで粒度調整するという配合設計方法の適用性について検討した。なお、本報でも、鉄筋コンクリートとしての用途を前提とし、粗骨材を用いて単位ペースト量の低減を図るとともに、フィラーにも結合作用のほとんどないと考えられるものを使用した。

2. 実験の概要

使用したセメントは、TC 社製の普通セメント（密度 3.16 g/cm^3 、比表面積 $3340 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）、エコセメント（密度 3.15 g/cm^3 、比表面積 $4720 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）、白色セメント（密度 3.06 g/cm^3 、ブレン比表面積 $3840 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）の 3 種類である。フィラーには、粒径がセメントの $1/10$ 以下の TP 社調整の石灰系（密度約 2.60、平均粒径約 $2 \mu\text{m}$ の単粒度となるように調整したもの）を使用した。細骨材には、川砂 2 種と砕砂 1 種の 3 種類を用いた。粗骨材には、最大寸法 20 mm と 15 mm の砕石の 2 種類を用いた。それらの物理的性質は、図-1 および表-1 に示す通りである。また、混和剤には、ポリカルボン酸系の高強度用化学混和剤を用いた。

3. 検討した配合設計方法

配合にあたっては、まず粗骨材の単位容積質量 (T_g) と単位粗骨材かさ容積 (α_g) を用い単位粗骨材量 (G) を求め、単位細骨材量 (S) を粗骨材の間隙 $\{1000 - G/\rho_g\}$ に細骨材の単位容積質量 (T_s) と α_s を乗じた値 ($\{[1000 - G/\rho_g]/1000\} \times T_s \times \alpha_s$) として求めることとした。そして、フィラーの絶対容積 (F/ρ_f) の粉体の絶対容積の和 ($C/\rho_c + F/\rho_f$)

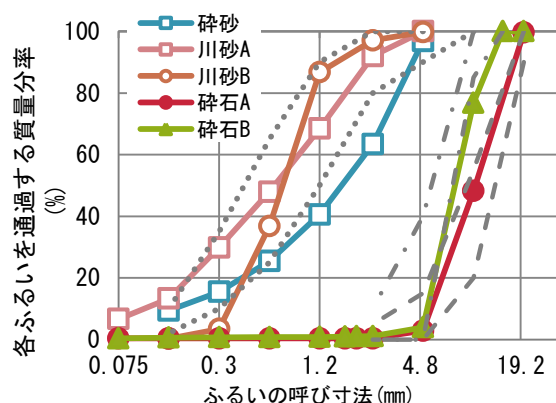


図-1 使用した骨材の粒度分布

表-1 使用した骨材の物理的性質

		粗粒率	表乾密度 (g/cm³)	絶乾密度 (g/cm³)	吸水率 (%)	単位容積 質量 (Kg/ℓ)	実績率 (%)
細骨材	川砂 A	2.49	2.59	2.53	2.37	1.66	65.6
	川砂 B	2.76	2.59	2.55	1.41	1.55	60.8
	砕砂	3.50	2.89	2.83	2.26	1.98	70.0
粗骨材	碎石 A (Gmax : 20 mm)	6.49	2.67	2.64	1.16	1.59	60.2
	碎石 B (Gmax : 15 mm)	6.14	2.64	2.61	0.87	1.58	60.5

キーワード 高強度コンクリート, 高流動コンクリート, 透気性, 粒度分布, 配合, 耐久性

連絡先 〒160-0022 東京都新宿区新宿 5-13-9 太平洋プレコン工業株式会社 TEL 03-3352-9121

に対する最適な百分率 $([f/p]_{opt})$ を実験により求め、流動性、強度や耐久性から適切な W/C を選定し、配合を求めることとした。すなわち、S 及び G は単位容積質量を用いて求めるが、W、C、F の 3 つの未知数は W/C と下記の 2 式より求める方法とした。

$$W+C/\rho_c+F/\rho_f=1000-G/\rho_g-S/\rho_s \text{ 式(1)}$$

$$([f/p]_{opt})=(F/\rho_f)/(C/\rho_c+F/\rho_f)\times 100 \text{ 式(2)}$$

4. 実験結果および考察

実験では、高流動コンクリートの一般的な方法とは異なり、最適フィラー粉体比 $([f/p]_{opt})$ 、最適単位細骨材かさ容積 $([\alpha_s]_{opt})$ 、最適単位粗骨材かさ容積 $([\alpha_g]_{opt})$ の順で求めた。

図-2 では、単位水量を 189 kg/m^3 と一定の場合に 0 打フローが最も大きくなる $[f/p]_{opt}$ は、セメントの比表面積が大きいほど小さくなる傾向にあった。

図-3 は、 $[f/p]_{opt}$ で α_s を変化させて求めた $[\alpha_s]_{opt}$ は、セメント、骨材の種類に関わらず、0.61 程度であった。

図-4 によると、 $[\alpha_g]_{opt}$ は、セメント、骨材の種類に関わらず、0.64 程度であった。

以上の方法で求めた配合は、表-2 に示す通りである。

材齢 1 日および 28 日における圧縮強度は、それぞれ 15 N/mm^2 以上および 100 N/mm^2 以上であった。また、材齢 28 日におけるトレント式透気試験の結果は、 $0.001 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ 未満であった。

5. まとめ

粒径がセメントの約 1/10 のフィラーを用いた実験の結果、今回提案した配合設計方法によると、スランプフローが 600 mm 以上で水セメント比が 20% 前後のコンクリートの配合設計を合理的に行えることが明らかとなった。この方法により求められた単位水量は一般的な高流動コンクリートの 60% 程度となった。

謝辞 当時卒研生齋藤壮太様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)、コンクリートライブラリー113、土木学会、p.4(2006 年)
- 2) 辻正哲, 舌間孝一郎, Pham Van Thai, 河野亜沙子: 高強度・高耐久コンクリートを目的とした粉体から骨材までの粒度調整方法に関する実験的研究, セメントコンクリート論文集, Vol.71, (2017)

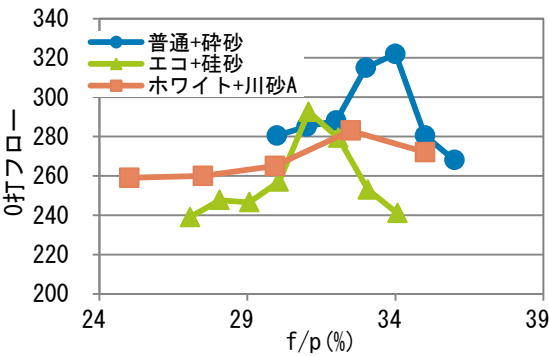


図-2 フィラー・粉体の絶対容積比(f/p)と 0 打フロー値の関係

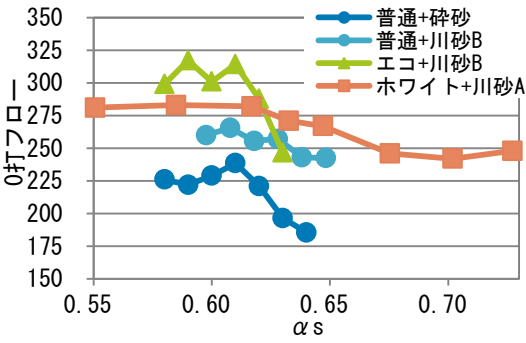


図-3 モルタルの単位細骨材かさ容積と 0 打フロー値の関係

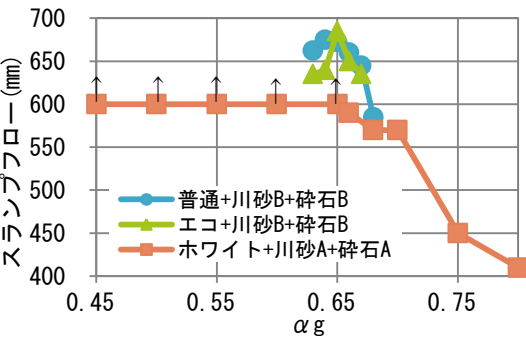


図-4 コンクリートの単位粗骨材かさ容積とスランプフローの関係

表 2 本研究の配合設計方法によって得られた各セメント使用時の配合

	W/C (%)	f/p (vol%)	単位量 (kg/m ³)					
			水	結合材		骨材		減水剤
				セメント	フィラー	細骨材	粗骨材	
エコセメント	20.34	31.07	119.94	589.80	218.70	577.70	1027.00	22.00
普通ポルトランドセメント	19.23	33.50	112.18	583.30	241.80	575.30	1166.80	20.56
ホワイトセメント	19.80	33.20	127.00	538.00	220.00	622.00	1049.00	20.50