

粉体から骨材まで粒度調整した高強度・高耐久・高流動コンクリートの性状に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○豊田 明央 正会員 舌間 孝一郎

ものつくり大学 辻 正哲

太平洋プレコン工業(株) 正会員 河野 亜沙子, 門井 康太, 横山 滋, 長野 健一

1. はじめに

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. これらは, 2.5mm 下の細骨材を用いたモルタルであり, 単位結合材量が極端に大きく, 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.

一方, RC への適用のために, 平均粒径がセメントの 1/10 程度で結合作用のほとんどないフィラーから, セメント, 細骨材, 粗骨材に至るまで粒度調整する配合設計方法が検討されてきた²⁾³⁾. これに従った配合では, 材料分離が生じにくくなることにより, 単位粗骨材かさ容積および単位細骨材かさ容積を大きくできるため, 単位水量および水セメント比の小さい高強度・高耐久・高流動コンクリートの製造が可能になると考えられる.

本報では, フィラーから粗骨材に至るまで粒度調整する配合設計方法によって製造したコンクリートの強度発現性状, 透気試験および人工海水中における凍結融解試験, 高流動コンクリートとしてのフレッシュ性状を検討した結果を取りまとめて報告する.

2. 実験概要

表 1 使用した骨材の物理的性質

		粗粒率	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実績率 (%)
細骨材	川砂 A	2.58	2.59	2.53	2.70	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	砕石 A (Gmax20 mm)	6.49	2.67	2.64	1.16	1.59	60.2
	砕石 B (Gmax15 mm)	6.14	2.64	2.61	0.87	1.58	60.5

検討したセメントは, TC 社製の普通セメント (密度 3.16g/cm³, 比表面積 3340cm²/g), エコセメント (密度 3.15g/cm³, 比表面積 4270cm²/g), 白色セメント (密度 3.06g/cm³, 比表面積 3840cm²/g) および早強セメント (密度

3.14g/cm³, 比表面積 4520cm²/g) の 4 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 2.60g/cm³, 平均粒径約 2 μ m 単粒度に調整したもの) を使用した. 細骨材には, 川砂と砕砂の計 3 種類を用いた. 粗骨材には, 最大寸法 20mm と 15mm の 2 種類の砕石を用いた. 表 1 に骨材の物理的性質を示す. 強度発現は圧縮強度試験, 耐久性は JIS A 1148 の A 法に準じた人工海水中凍結融解試験およびトレント式透気係数試験, フレッシュコンクリートの性状はスランプフローおよび U 型充填高さ (障害 R1) 試験によって評価した.

3. 実験結果および考察

表 2 配合設計方法によって得られた配合表および最適フィラー粉体比 ([f/p]_{opt})

セメントの種類	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						骨材の種類		最適フィラー 粉体比 [f/p] _{opt} (vol%)
		水	結合材		骨材		減水剤	細骨材	粗骨材	
			セメント	フィラー	細骨材	粗骨材				
エコセメント	20.3	120	590	219	578	1027.	22.0	川砂 B	砕石 B	0.310
普通セメント	19.2	112	583	242	575	1167	20.6	川砂 B	砕石 B	0.335
ホワイトセメント	19.8	107	538	220	622	1049	20.5	川砂 A	砕石 A	0.325
早強セメント	23.0	128	557	216	578	1027	22.4	川砂 B	砕石 B	0.320

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

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学 TEL: 027-265-7364 E-mail: shitama@maebashi-it.ac.jp

粒度調整による配合設計方法は、高流動コンクリートの一般的な方法とは異なり、最適フィラー粉体容積比 ($[f/p]_{opt}$)、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 ($[\alpha_g]_{opt}$) および W/C の条件から、W,C,F,S,G を求める方法である。フィラー粉体容積比を変化させ、0 打フローが最も大きくなる $[f/p]_{opt}$ を求めた結果は表 2 右に示す通りであった。 $[f/p]_{opt}$ 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。また、 $[\alpha_g]_{opt}$ は、セメント、骨材の種類に関わらず 0.64 程度であった。スランプフローが 650mm 以上となる W/C により求めた配合を表 2 に示す。

強度発現性状の一例を図 1 に示す。日最高気温が 5°C 程度の気中養生であっても、材齢 1 日および 28 日における圧縮強度は、それぞれ 15N/mm² 以上および 100N/mm² 以上であった。

エコセメントを用いたコンクリートの透気係数は、 $0.0049 \times 10^{-16} \text{m}^2$ であった。ホワイトセメントでは、気中・水中養生に関わらず、全て透気係数が $0.001 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 未満であった。ただし、脱型直後 48 時間 90°C の乾燥炉で乾燥させた場合には、平均で $0.019 \times 10^{-16} \text{m}^2$ と大きくなったものの十分に高耐久な値となった。

図 2 は、このコンクリートの人工海中における凍結融解試験結果である。若材齢からの凍害を想定した厳しい条件下であっても、動弾性係数および質量が大きくなった。これは、試験開始材齢が 7 日であったことから、水和の進行が関係していると考えられる。

図 3 は、 α_g とスランプフローの関係を示したものである。セメントや骨材の種類に関わらず、0.64 程度でスランプフローが 650mm 以上と大きくなった。早強セメントコンクリートの U 型充填試験 (障害 R1) では、充填高さは 300mm 以上となった。単位粗骨材かさ容積が一般の高流動コンクリートに比べて著しく大きくても、自己充填性ランク 1 となっている。

4. まとめ

今回の配合設計方法によると、一般的な高流動コンクリートに比べて、粗骨材かさ容積が 0.66 程度と著しく大きく、単位水量が 20~30% 程度小さくても、高強度高耐久で自己充填性ランク 1 のコンクリートを製造できることが明らかとなった。

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)
- 2) 辻正哲, 舌間孝一郎 他, 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, 71 巻 1 号 pp494-500 (2017)
- 3) 河野亜沙子, 辻正哲, 舌間孝一郎, 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, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, V410, pp819-820 (2018)

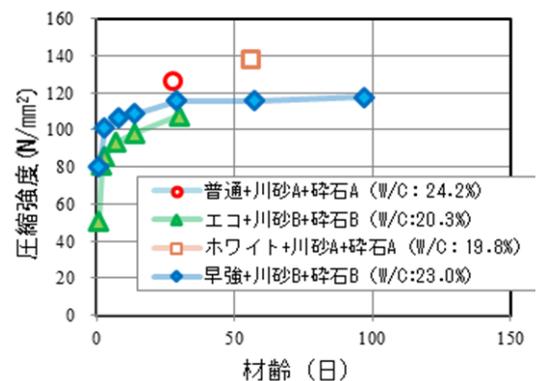


図 1 コンクリートの強度発現性状

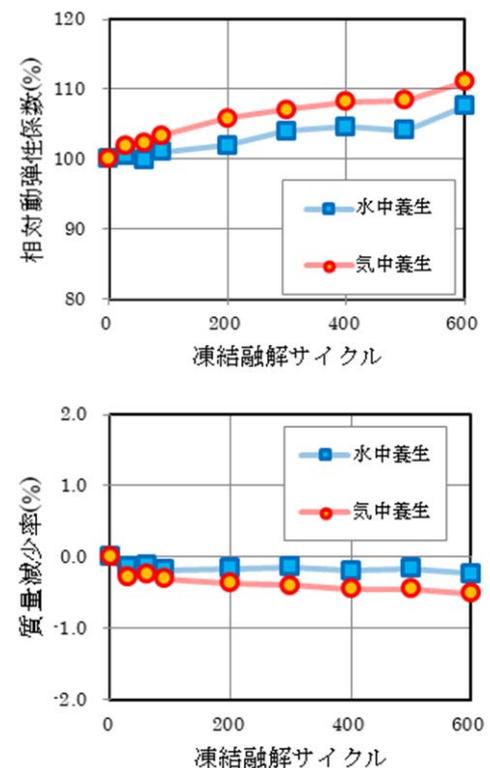


図 2 ホワイトセメントを用いたコンクリートの凍結融解試験結果 (材齢 1 週)

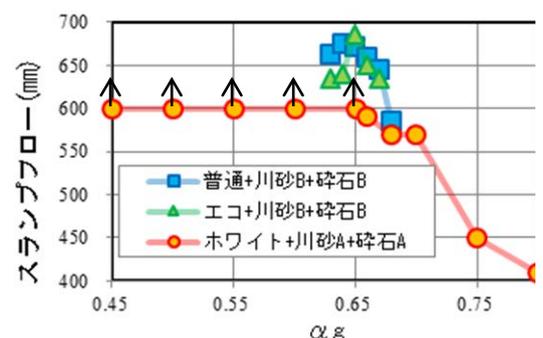


図 3 α_g とスランプフローの関係