

石灰石骨材の微粒分量が高強度コンクリートの基本性能に及ぼす影響

太平洋セメント株式会社 正会員 ○早川 隆之

太平洋セメント株式会社 正会員 吉本 稔

京都大学大学院 正会員 河野 広隆

1. はじめに

石灰石は、堅硬かつ物理化学的にも安定した特徴を有しており、近年、コンクリート用骨材として使用される割合が増えている。また、石灰石骨材は、アルカリシリカ反応に対する不安が小さく、乾燥収縮の低減にも有効であることから今後も需要拡大が期待されている¹⁾が、山元からの輸送および荷卸し作業等の過程で、骨材同士の磨砕により微粒分量が増加する傾向にある。このような現状から、発生する微粒分をコンクリート性能に問題の無い範囲で有効活用するために JIS A 5005「コンクリート用砕石及び砕砂」が 2009 年 3 月に改正され、微粒分量の上限値が緩和されるとともに許容幅が新たに設けられた。石灰石骨材の微粒分がコンクリート性能に与える影響に関する研究報告としては、例えば長塩ら²⁾は、汎用的な強度レベルのコンクリートにおける石灰石粗骨材の微粒分量増加の影響について報告しているが、石灰石粗骨材および細骨材の微粒分量が高強度コンクリート性能へ及ぼす影響について評価した例は少ない。そこで、本研究では W/C45%、36%、27%とした高強度コンクリートを対象に、石灰石粗骨材および石灰石細骨材の微粒分量を変化させた場合のコンクリートの基本性能に関して実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料を表 1 に、骨材の物理的性質を表 2 に示す。石灰石粗骨材 (G) は北海道産とし、細骨材は高知県産の石灰石砕砂 (S1) ならびに千葉県産の山砂 (S2) を混合使用 (容積比にて 5:5) とした。G および S1 における微粒分量の調整は、元から付着していた微粒分を水洗により除去した後に、所定量 (G は 1% および 5%、S1 は 5% および 9%) となるように別途作製した微粒分 (気乾状態) をコンクリート練混ぜ時に後添加して調整した。微粒分は、G および S1 をそれぞれ専用ミルで微粉砕し、75 μm の網ふるいを通過させて作製した。

2.2 コンクリートの配合条件

コンクリートの配合条件を表 3 に示す。W/C は、45%、36%、27% の 3 水準とし、G の微粒分量を 1% および JIS A 5005 の規格値上限である 5%、S1 の微粒分量を JASS 5-2009 の規格上限値である 5% および JIS A 5005 の規格値上限である 9% とした。

2.3 試験項目および試験方法

試験室は 20℃ とし、練り混ぜには強制二軸型ミキサを用いた。スランブ試験 (W/C45% のみ) は JIS A 1101 に、スランブフロー試験は JIS A 1150 に、空気量試験は JIS A 1128 にそれぞれ準拠して行った。測定はコンクリートの練混ぜ排出直後に行った。

圧縮強度試験は JIS A 1108 に、静弾性係数試験は JIS A 1149 にそれぞれ準拠して行った。養生方法は標準養生 (20℃ 水中) とし、圧縮強度の試験材齢は 7 日、28 日および 91 日とし、静弾性係数は 28 日のみ測定した。

表 1 使用材料

使用材料		記号		密度 (g/cm ³)	産地・製造等
セメント		C		3.16	普通ポルトランドセメント
骨材	粗骨材	G		2.69	石灰石砕石(北海道産)
	細骨材	S	S1	2.68	石灰砕砂(高知県産)
			S2	2.60	山砂(千葉県産)
高性能 AE 減水剤		SP		－	ポリカルボン酸エーテル系
空気量調整剤		AE		－	アルキルエーテル系

表 2 骨材の物理的性質

記号	岩種	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率	微粒分量 (%)
G	石灰石	2.68	0.50	60.8	6.94	1.0, 5.0
S1	石灰石	2.63	2.07	—	3.43	5.0, 9.0
S2	山砂	2.54	2.27	—	2.18	0.71

表 3 コンクリート配合条件

W/C (%)	G 微粒分 (%)	S 微粒分 (%)	スランプ ^o フロー (cm)	空気 量 (%)	G かさ 容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)		SP (C×%)
						W	C	
45.0	1.0	5.0	23±	3.0 ± 1.5	0.575	170	378	0.7
		9.0						
	5.0	5.0						
		9.0						
36.0	1.0	5.0	55±	3.0 ± 1.5	0.560	170	472	0.8
		9.0						
	5.0	5.0						
		9.0						
27.0	1.0	5.0	60±	3.0 ± 1.5	0.550	170	630	1.8
		9.0						
	5.0	5.0						
		9.0						

キーワード: 石灰石骨材, 微粒分量, 高強度コンクリート, フレッシュコンクリート, 圧縮強度, 静弾性係数

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2, 太平洋セメント(株) 中央研究所, TEL: 043-498-3855

3. 試験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリート性状

練混ぜ排出直後のスランプおよびスランプフロー試験結果を図1に示す。W/C45%ではいずれの水準においてもスランプは同等であり微粒分量の影響は認められなかった。W/C36%および27%におけるスランプフローは微粒分量の増大に伴い低下する傾向を示したが、若干のSP添加により調整可能な範囲であった。スランプフローの低下は、微粒分量が増えることで実粉体材料の細粒化およびそれに伴う表面積の増大が作用し、コンクリート中の水を拘束したためと推察される³⁾。また、微粒分量増大に伴う混入空気量への影響については明確な傾向が確認されなかった。

3.2 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度試験結果を図2に、G微粒分量1%と5%(S1微粒分量は5%および9%)における圧縮強度の関係を図3に示す。G微粒分量を1%および5%とした場合の圧縮強度の関係は概ね±5%の範囲にあり同等と捉えることができるが、W/C45%および36%ではG微粒分を5%とした水準の方がG微粒分1%とした水準よりも圧縮強度が若干高い値となる傾向を示した。汎用強度域のコンクリートでは石灰石微粒分量の細孔への物理的充填効果やエーライトの水和活性による効果で強度増進が認められている⁴⁾ため、今回検討した高強度コンクリートにおいても石灰石微粒分量の増大が強度増進に対し若干影響したものと考えられる。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図4に示す。この図より、W/C27%では、圧縮強度に対する静弾性係数の値が

JASS-5のNew-RC式($k_1=1.2$, $\gamma=2.4$)よりも若干高い値であったが、材料や配合条件の変更を必要とする程度の影響は無いものと考えられた。

4. まとめ

本検討により以下の知見を得た。

- (1) 微粒分量の増大に伴いスランプフローは若干低下したがSP添加により調整可能な範囲であった。
- (2) 微粒分量が異なる各水準における圧縮強度の関係は、いずれも概ね±5%の範囲にあった。
- (3) 微粒分量の違いが高強度コンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係に及ぼす有意な差は認められなかった。

謝辞： 本研究は、石灰石鉱業協会内に設置された「コンクリート骨材研究会」(委員長：京都大学河野広隆教授)における研究活動の一環として実施されました。研究を進めるにあたり多大なご協力を頂いた研究会各位に感謝を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 石灰石骨材とコンクリート, 石灰石鉱業協会, 2005
- 2) 長塩靖祐ほか: 産地の異なる石灰石粗骨材を使用したコンクリートのフレッシュおよび強度性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.129-134, 2007
- 3) (社)日本コンクリート工学協会: 骨材の品質と有効利用に関する研究委員会報告書, 2007
- 4) (社)セメント協会: 石灰石微粉末専門委員会報告書, 2001

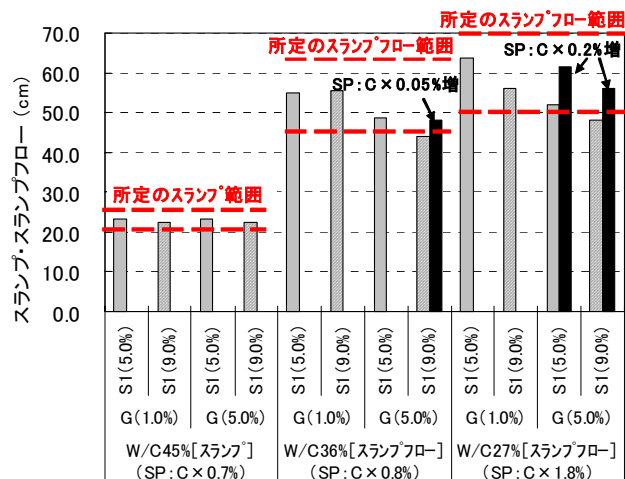


図1 スランプおよびスランプフロー

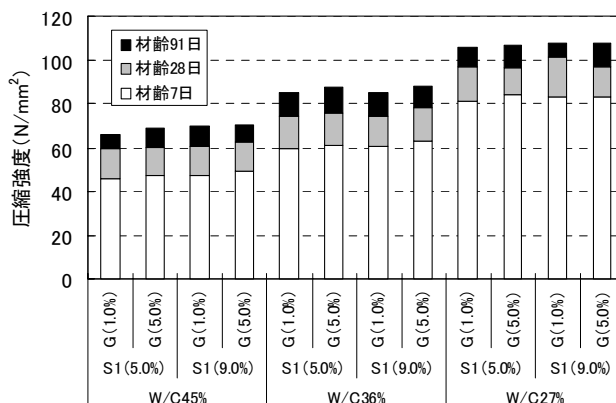


図2 圧縮強度試験結果

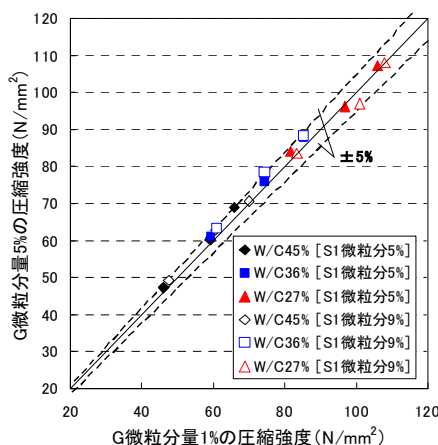


図3 G微粒分量1%と5%の圧縮強度の関係

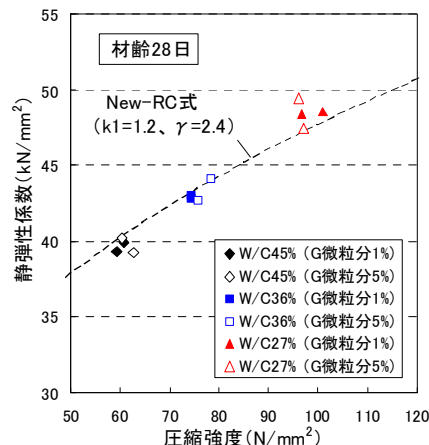


図4 圧縮強度と静弾性係数の関係