

報告 石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの品質に関する 実験研究

浜田二郎*¹・加藤英昭*²・横須賀誠一*³・渡部嗣道*⁴

要旨：石灰石微粉末を用い、粗骨材の最大寸法を20および15mmとした石灰石碎石・石灰石砕砂混合砂による高流動コンクリートについて、フレッシュ時の性質、力学的性質、耐久性などの品質に及ぼす影響を実験的に検討した。実験の結果、適量の高性能A E減水剤と比表面積6000cm²/g級の石灰石微粉末を単位量250kg/m³程度混入することにより、通常用いられる呼び強度240レベルの生コンの調合(標準コンクリート)と同一水セメント比で、スランプフロー65cm程度の高流動コンクリートが製造でき、その品質は標準コンクリートに比べて同等以上と判断できた。

キーワード：高流動コンクリート、石灰石微粉末、高性能A E減水剤

1. はじめに

高流動コンクリートは、通常用いるコンクリートに比べて流動性、材料分離抵抗性、充填性などが優れており、打設作業の省力化・効率化など施工性が向上する。また、コンクリートの打設が困難な鉄筋の錯綜箇所や狭隘な箇所には極めて適している。

高流動コンクリートには多種多様な材料が用いられているが、中でも結合材については、通常のコンクリートに比べてセメント量の増大や、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどの混和剤を用いて粉体量の増大を伴うことが多い。このため、設計上必要な強度を超えて高強度化され傾向にあり、経済的にも不利となる一因になっている。

そこで、所要強度は確保するものの必要以上に超えず、できるだけ低廉な高流動コンクリートとするため、一つの方法として、非水硬性である石灰石微粉末を用いることが考えられる。本報告は、フレッシュ時の性質、力学的性質、乾燥収縮、耐久性などの品質に関する実験結果をまとめたものである。

2. 実験概要

コンクリートの使用材料を表-1に示す。石灰石微粉末(以下、石粉という)は、炭酸カルシウムの純度が高いもので(99.22%)、含有水分0.05%、比表面積6200cm²/gである。石粉以外の材は通常のレディーミクストコンクリート(生コン)規格品に用いているもので、セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は最大寸法20および15mmの碎石(石灰石)、細骨材は海砂と砕砂(石灰石)の混合砂で混合比60:40とした。粗骨材の最大寸法15mmのものは、打込み・締固めが困難な中空プレキャストコンクリート壁部材など、狭小断面への充填コンクリートとしての適用を考えたものである。混和剤は主成分がポリカルボン酸系の高性能A E減水剤およびA E助剤を用いた。なお、増粘剤は本実験では使用しないこととした。

*1 中国生コンクリート(株) 試験係長 (正会員)

*2 中国生コンクリート(株) 技術部長 (正会員)

*3 (株)フジタ 技術研究所 主席研究員 (正会員)

*4 (株)フジタ 技術研究所 主任 工修 (正会員)

コンクリートの基本調査を表-2に示す。調査Aは呼び強度240、スランプ18cmの通常のJIS規格品(標準コンクリート)、

調査BはAとほぼ同一であるが、スランプフローを65±5cm、予備検討により単位粗骨材かさ容積を0.45m³/m³と定め、石粉は混和材として計算した。なお、調査Bの水粉体比は、31.5%となる。

練りませにはパン型強制練りミキサを用い、練りませ時間は3分とした。

実験は、まず高流動コンクリートの最適石粉量を見出すため、基本調査において水、セメントおよび粗骨材量を一定とし、石粉量を200、250、300、350kg/m³の4水準として比較検討した。また適当と判断した石粉量250kg/m³において、主に基本調査で標準コンクリートとの品質的な比較検討を行った。

3. 実験結果

(1) スランプフロー

図-1に示すように、所要のスランプフロー値を得るための高性能AE減水剤添加率は、やや分離傾向にあった石粉量350kg/m³の場合を除き、石粉量が増加(水セメント比および単位セメント量一定)すると、若干減少した。

図-2に示すように、練り置いたスランプフローの20℃における経時変化は、練り上がり後30分経過時に5~9cm増大し、その後はほとんど減少せずに推移した。フローが静止するまでの時間も、フロー値の増減に対応して変化する傾向を示した。フロー値70cm以上の場合は材料分離の傾向にあったが、それ以外は高流動コンクリートとして良好なものであった。また、石粉量は目視などにより250kg/m³程度が適当と判断した。

表-1 コンクリートの使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	海砂：豊田郡瀬戸田町産，絶乾比重2.45，吸水率2.44%，粗粒率2.99 砕砂：大分県津久見産，絶乾比重2.62，吸水率0.89%，粗粒率2.87
粗骨材	碎石(2005)：津久見産，絶乾比重2.64，吸水率0.55%，粗粒率6.92 碎石(1505)：津久見産，絶乾比重2.63，吸水率0.65%，粗粒率6.28
混和材	石灰石微粉末：山口県美祢市産，比重2.71，比表面積6200cm ² /g
混和剤	高性能AE減水剤：ポリカルボン酸系，比重1.05

表-2 コンクリートの基本調査

調査の記号	粗骨材の最大寸法(mm)	ス・ラン プ	空 気 量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能AE減水剤 (%)	
						水	セメント	石灰石微粉末	粗骨材		
A	20	18	4.5	55	45.3	185	336	-	770	984	0.88
	15				48.3				821	930	1.00
B	20	65	-	-	51.5	-	-	250	764	751	1.49
	15								-	-	-

* [セメント+石灰石微粉末]の重量に対する百分率

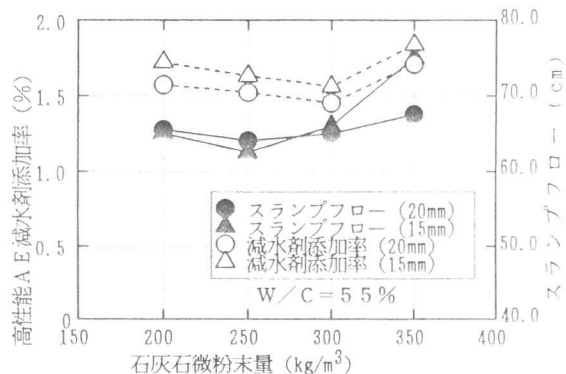


図-1 高性能AE減水剤添加率

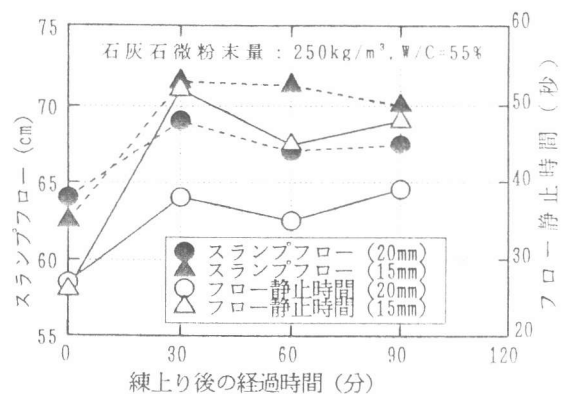


図-2 スランプフローの経時変化

(2) ブリーディング

図-3に示すように、石粉を用いた高流動コンクリートは、標準コンクリートよりもブリーディング(20°C)の開始および終了とも1.5時間程度遅れ、ほぼ1/10のブリーディング量であった。また、粗骨材の最大寸法が20mmから15mmになるとブリーディング量は減少し、減少率は標準コンクリートで11%、高流動コンクリートで14%であった。

(3) 凝結速度

表-3に示すように、20°Cにおける凝結速度は標準コンクリートとほとんど同等で、石粉混入や高性能AE減水剤の添加率増大による影響はほとんどみられなかった。

(4) 圧縮強度およびヤング係数

図-4に示すように、同一水セメント比の標準コンクリートの材齢28日圧縮強度は300 kgf/cm²程度であり、石粉を混入した高流動コンクリートではほぼ1.3~1.5倍の増大が認められた。また、圧縮強度は石粉量が多くなるほど漸増する傾向を示した。

図-5にセメント水比と圧縮強度との関係を示す。粗骨材の最大寸法15mm使用の場合、同20mmのものより同一水セメント比では強度が数%高くなる傾向を示した。

図-6に圧縮強度とヤング係数との関係を示す。ヤング係数はコンプレッソメータで測定した強度の1/3応力レベルのセカントモジュラスである。石粉を用いた高流動コンクリートは粗骨材量が少なく、ヤング係数は標準コンクリートより低下する傾向にあるものの、RC構造計算規準の式と同等以上であった。

(5) 引張強度、曲げ強度およびせん断強度

表-4に標準養生した材齢28日供試体の引張強度、曲げ強度およびせん断強度(二面せん断法による)試験結果を示す。石粉を用いた高流動コンクリートの引張強度、曲げ強度およびせん断強度は、いずれも圧縮強度に対する比では標準コンクリートに比べてやや小さくなるが絶対値としては同等であった。

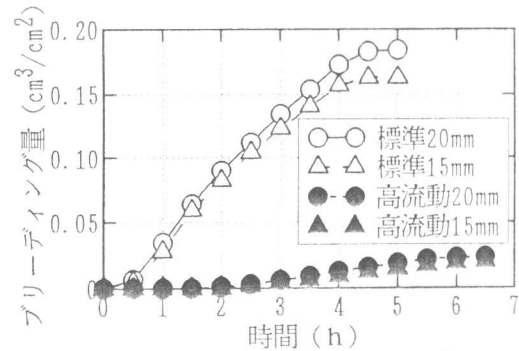


図-3 ブリーディング

表-3 コンクリートの凝結時間[単位:時-分]

	調合A (標準)		調合B (高流動)	
	骨材20mm	骨材15mm	骨材20mm	骨材15mm
始発	5-40	5-44	5-22	5-42
終結	7-03	7-11	7-10	7-27

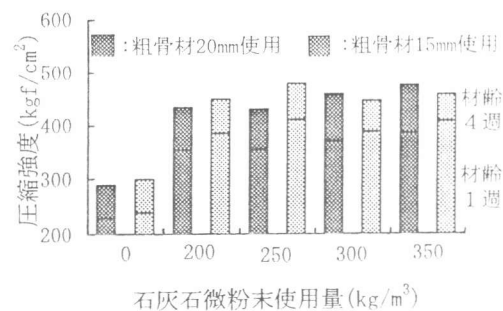


図-4 石灰石微粉末量と圧縮強度

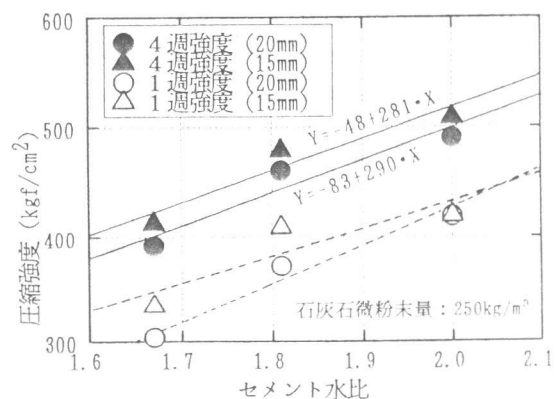


図-5 セメント水比と圧縮強度

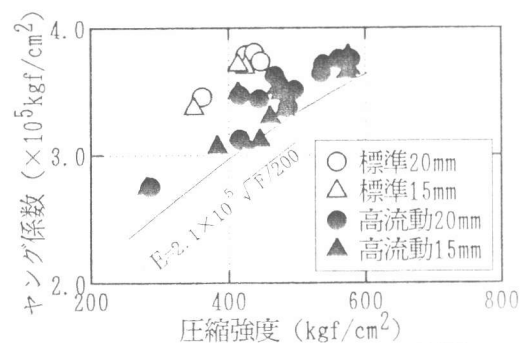


図-6 圧縮強度とヤング係数

6) 乾燥収縮

図-7に乾燥収縮測定結果を示す。石粉を用いた高流動コンクリートの乾燥収縮挙動は、標準コンクリートに比べてほぼ同等で、石粉の混入による乾燥収縮への影響は小さいものと考えられる。粗骨材の最大寸法が15mmのもの乾燥収縮は、20mmのものよりもやや大きくなる傾向が認められた。

7) 凍結融解抵抗性

図-8に凍結融解試験結果を示す。石粉を用いた高流動コンクリートは、耐久性指数が17以上であり、適切な空気量を導入すれば十分な凍結融解抵抗性を有するといえる。最大寸法20mmの標準コンクリートの相対動弾性係数がやや小さいのは、フレッシュ時の空気量が3.1%と他より少なかったことによると思われる。

8) 中性化抵抗性

図-9に30℃、60%RH、CO₂濃度5%の促進中性化試験結果を示す。石粉を用いた高流動コンクリートの中性化速度は、標準コンクリートに比べて同等であり、石粉混入による中性化抵抗性への影響は小さいと考えられる。

4. まとめ

比表面積6000cm²/g級の石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートについて、実験にて導かれた結果をまとめると以下ようになる。

1) 通常用いられる呼び強度240レベルの生コンの調合(標準コンクリート)と同一水セメント比で、適量の高性能AE減水剤と石灰石微粉末を250kg/m³程度混入することなどにより、スランプフロー65cm程度の高流動コンクリートが製造できた。

2) 得られた高流動コンクリートの力学的性質、乾燥収縮、耐久性などの品質は、標準コンクリートに比べて同等以上と判断できた。

参考文献

1) 桑原彰・横須賀誠一・渡部嗣道・岡本嘉行・加藤英昭：石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの現場適用性に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集A，pp.625-626，1994.9

表-4 各種強度(材齢28日) [単位: kgf/cm²]

調査	骨材(mm)	圧縮	引張	曲げ	せん断
A	20	374	33.4	57.2	140
	15	392	35.5	57.4	130
B	20	488	39.0	53.1	150
	15	534	44.3	58.6	158

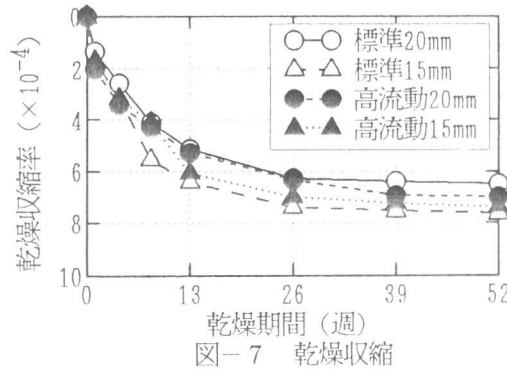


図-7 乾燥収縮

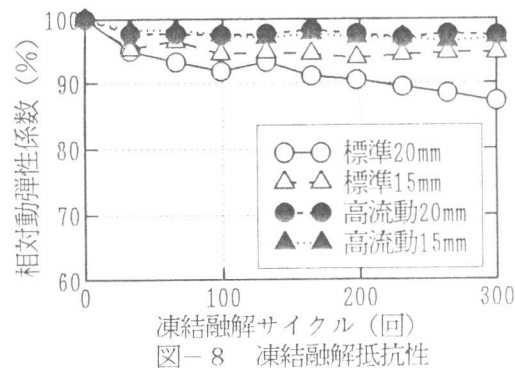


図-8 凍結融解抵抗性

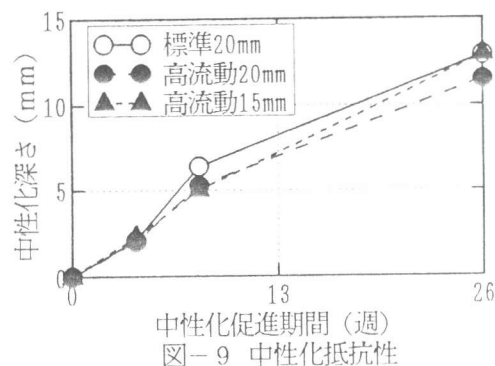


図-9 中性化抵抗性