

石灰石微粉末を添加したコンクリートの硬化物性に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○太田 健司
竹本油脂株式会社 正会員 齊藤 和秀
名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮
中部採石工業株式会社 牧 宗一郎
名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原 秀哲

1.はじめに

天然骨材の枯渇に伴う碎石や砕砂への移行により、全国で大量の石粉が発生している¹⁾。これに伴い、コンクリート用碎石粉に関する JIS 規格の改定が行われ、石粉の利用を促進する取組みが見られる。また、豊橋市の採石工場においても約 100 t/日の石灰石微粉末が副生産され、そのほとんどが廃棄処分されている。

本研究では、上記の石灰石微粉末の有効利用を目指し、乾燥収縮や各種物質移動抵抗性などコンクリート耐久性に関する各種物性の評価を行うことを目的とした。また、石灰石微粉末に石こうやスラグ細骨材を組合せた硬化体の物性についても同様に検討した。

2.実験概要

2.1 使用材料と配合

供試体は太平洋普通ポルトランドセメント、水道水、大井川水系産陸砂、岡崎産硬質砂岩碎石($G_{max}=20\text{ mm}$)、福山産高炉スラグ細骨材を使用し作製した。また、高性能 AE 減水剤、消泡剤、増粘剤($C\times 0.2\%$)を添加した。

石粉は細骨材の一部として置換し、副産物石灰石微粉末、市販石灰石微粉末、 CaCO_3 試薬とそれぞれ CaCO_3 の純度が異なる石粉と副産物碎石粉を用いた。その他、石粉と二水石こうを混和した配合、細骨材をスラグ細骨材として副産物石灰石微粉末と組合せた配合についても設定した。水セメント比を 50%、目標スランプ値を 8cm、目標空気量を 2%以下として供試体を作製した。

表-1 配合とフレッシュコンクリートの性状

供試体種類	W/C (%)	単位量(kg/m ³)										C.T (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S1	S2	L1	L2	L3	L4	Gy	G			
1 基準(non add)	50	155	310	857	-	-	-	-	-	-	1053	20.0	8.0	2.3
2 副産物石灰石微粉末		155	310	761	-	100	-	-	-	-	1053	20.0	9.0	2.1
3 市販石灰石微粉末		155	310	761	-	-	100	-	-	-	1053	20.0	9.5	2.2
4 CaCO_3 試薬		155	310	761	-	-	-	100	-	-	1053	20.0	8.0	2.3
5 副産物碎石粉		155	310	769	-	-	-	-	100	-	1053	20.0	6.0	2.6
6 石こう		155	310	844	-	-	-	-	-	12	1053	20.0	5.5	2.4
7 副産物石灰石微粉末+石こう		155	310	761	-	88	-	-	-	12	1053	20.0	9.5	2.2
8 スラグ細骨材	50	155	310	-	917	-	-	-	-	-	1053	-	-	-
9 スラグ細骨材+副産物石灰石微粉末		155	310	-	814	100	-	-	-	-	1053	-	-	-

S1:大井川産水系陸砂 S2:スラグ細骨材 L1:副産物石灰石微粉末 L2:市販石灰石微粉末 L3: CaCO_3 試薬 L4:副産物碎石粉 Gy:二水石こう

キーワード：石灰石微粉末、石粉、乾燥収縮、透気、塩化物イオン拡散

連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学大学院 TEL 052-735-5125

配合と実際のスランプ値、空気量、練混ぜ温度を表-1 に示し、各種石粉の物性を表-2 に示す。

2.2 各種試験概要

(1) 長さ変化試験

角柱供試体を各 2 本作製し、測定は JIS A 1129-3 に準拠して行った。材齢 7 日まで封緘養生し、脱型直後に基長をとった。以降、温度 $20\pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $60\pm 5\%$ の室内で乾燥収縮を材齢 13 週まで測定した。

(2) 透気試験および電気泳動試験

円盤供試体 $\phi 10\times 5\text{ cm}$ を作製し、打設 24 時間後に脱型し、温度 $20\pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $60\pm 5\%$ の室内で気中養生を行った。各種試験は材齢 4 週で行った。透気試験は負荷圧力を 0.2 MPa で行い、水上置換法により空気透過量の測定を行った。

(3) 圧縮強度試験

円柱供試体を 4 本作製し、打設 24 時間後に脱型し、それぞれ 2 本ずつ標準養生と気中養生(温度 $20\pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $60\pm 5\%$)を行った。試験は JIS A 1108-2006 に準拠し、材齢 4 週で測定した。

3.石灰石微粉末を添加したコンクリートの硬化物性

3.1 乾燥収縮試験

表-2 各種石粉の物性

種類	純度(%)			密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
	CaCO_3	MgO	Al_2O_3		
副産物石灰石微粉末	90.0	2.5	2.8	2.72	0.65
市販石灰石微粉末	95.0	3.0	0.5	2.71	0.48
CaCO_3 試薬	99.9	0.0	0.0	2.70	0.50
副産物輝緑岩	13.0	12.4	22.0	2.95	4.71

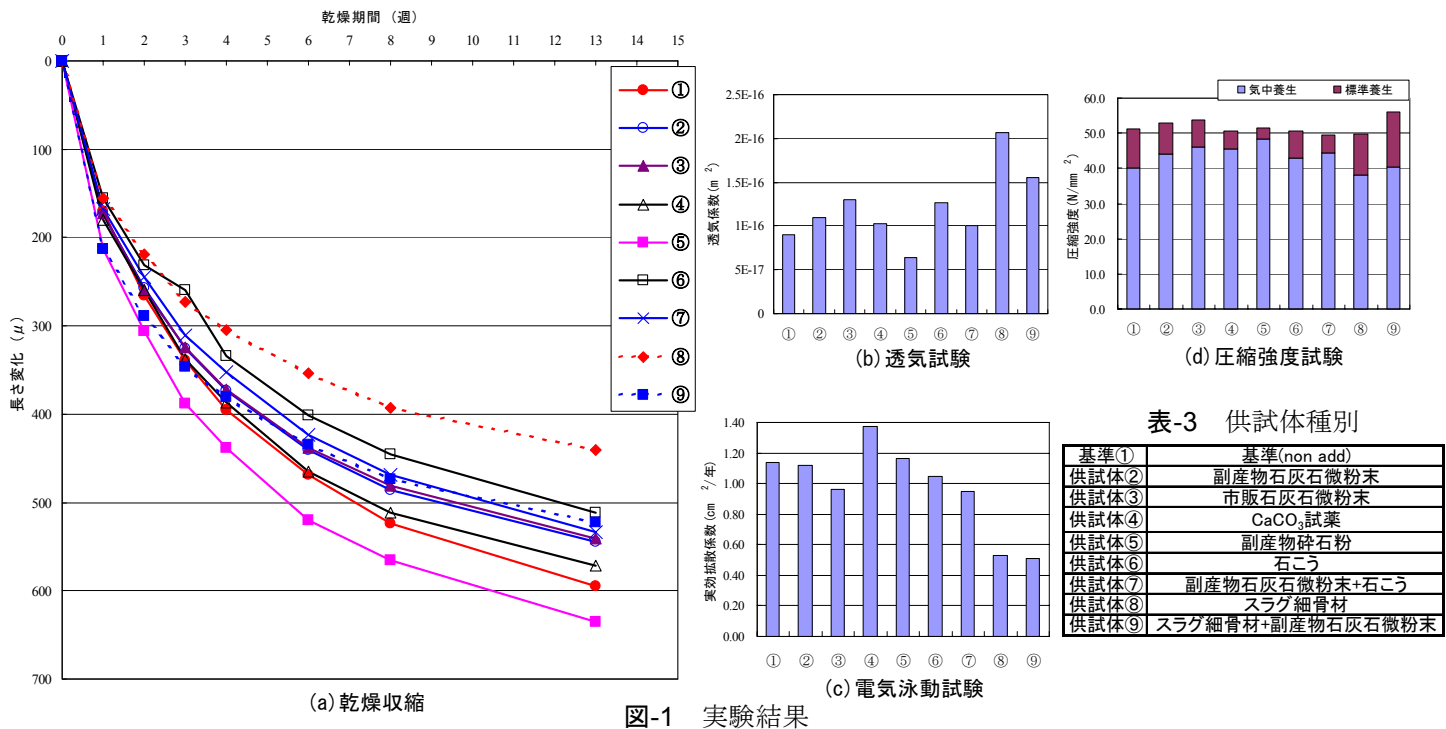


図-1 実験結果

図-1(a)に乾燥収縮試験結果を示す。石粉を用いた供試体②, ③は基準①と比較して、測定材齢 13 週において 50 μ 程度、供試体④は 20 μ 程度、収縮量が小さくなる結果となった。石こうを用いた供試体⑥, ⑦は基準①と比較して 60~85 μ 程度、収縮量が小さくなった。また、スラグ細骨材を用いた供試体⑧, ⑨は基準①と比較してそれぞれ 155 μ , 70 μ 程度、収縮量が小さくなる結果が得られた。しかし、副産物砕石粉を用いた供試体⑤は基準①と比較して 40 μ 程度、収縮量が大きくなる結果となった。

3.2 透気試験

図-1(b)に透気試験結果を示す。石粉を用いた供試体②~④は基準①と比較して、透気係数が大きくなった。また、副産物砕石粉を用いた供試体⑤の透気係数は基準①と比較して小さくなった。石こうを用いた供試体⑥は基準①と比較すると透気係数は大きくなったが、石粉と組合せた供試体⑦で若干小さくなる結果が得られた。スラグ細骨材と石粉を組合せた供試体⑨はスラグ細骨材のみの供試体⑧と比較して透気係数は小さくなる結果となった。

3.3 電気泳動試験

図-1(c)に電気泳動試験結果を示す。石粉を用いた供試体②, ⑤では基準①と比較して同程度であった。供試体③では若干小さくなり、供試体④では若干大きくなる結果となった。石こうを用いた供試体⑥, ⑦では基準①よりも小さくなる傾向がみられた。

3.4 圧縮強度試験

図-1(d)に強度試験結果を示す。標準養生を行った供試体では、基準①と比較して若干の強度増加がみられる供試体もあるが、全体ではほぼ同程度の圧縮強度であった。一方、気中養生を行った供試体では、石粉を用いた供試体では基準①の供試体と比較して 10~20% 程度の強度増加がみられた。

4.まとめ

本研究では、石灰石微粉末を細骨材の 100 kg/m³ 置換で添加したコンクリートの硬化物性について検討した。以下に、その特性を示す。

- (1) 乾燥収縮は若干数 10 μ 程度低下した。
- (2) 透気試験や電気泳動試験などの物質移動抵抗性は若干低下した。
- (3) 乾燥環境下における圧縮強度の低下が緩和された。

以上の結果より、石灰石微粉末などの石粉の添加には、乾燥に対する抵抗性の向上が期待できる。

謝辞：本研究は、豊橋市が施行する「新事業創出等支援事業」に係る研究助成を受けて実施しました。また、竹本油脂株式会社 小林竜平氏、名古屋工業大学 鵜飼貴史氏、神田ゆかり氏には実験の実施にあたり多くの御協力を頂きました。ここに記し深く感謝致します。

参考文献：1) 辻幸和ほか：コンクリート用砕石粉の品質の実態に関する調査研究, コンクリート工学, Vol.48, No.3, pp.15-22, 2010.