

石灰石微粉末混和コンクリートの強度発現 に及ぼす養生温度の影響

東北大学 正員 ○ 岩城 一郎
東北大学 日向 哲朗
東北大学 正員 三浦 尚

1. まえがき

近年、高流動コンクリートの実用化に伴い、コンクリート用混和材として石灰石微粉末を使用する例が増えてきた。石灰石微粉末を混和材として使用する場合、材料分離抵抗性の改善、ブリーディングの低減、水和熱の抑制といった効果の他に、初期材齢におけるコンクリート強度の増加が注目されてきており、多くの研究成果が報告されている¹⁾²⁾。しかしながら、これらの研究は、標準水中養生で行ったものがほとんどで、寒冷地の現場に対応した養生条件で行った研究は数少ない。

本研究は、寒冷地においてコンクリートが施工される場合を想定し、養生温度の違いが石灰石微粉末を添加したコンクリートの強度発現に与える影響を検討することを目的とした。

粉体としてセメントのみを用いた基本配合のモルタルと、その細骨材の一部を石灰石微粉末で置換したモルタルを 20℃ 一定、5℃ 一定で封かん養生し、強度発現を比較した。

2. 実験概要

表-1 に実験に使用した材料を示す。セメントは普通ポルトランドセメント、石灰石微粉末は 200 メッシュ（粉末度 3000~4000cm²/g 相当）のものを用いた。石灰石微粉末の成分を表-2 に示す。細骨材は宮城県大和町産の山砂を使用した。高性能減水剤はナフタリンスルホン酸系のものを使用した。表-3 に実験で用いた配合を示す。表中に示すとおり、水セメント比 50%、70% の基本配合に対して、水粉体比 (W/P) が 30% になるまで石灰石微粉末を添加した。また、混和剤の影響をなるべく除くために、モルタル打設に必要なコンシステンシーが得られない場合にのみ、高性能減水剤を使用した。

これらのモルタルを用いて作製した $\phi 5 \times 10$ cm の円柱供試体を、打設後直ちに 20℃ 一定、5℃ 一定の条件の恒温槽の中にそれぞれ置いた。キャッピングは打設の翌日に行い、脱型はその翌日に行った。脱型後は、供試体を食品包装用ラップフィルム及びチャック付きポリエチレン袋で二重に密封し、水分の出入りを防いだ。供試体の養生温度の 20℃ 及び 5℃ についてであるが、20℃ は標準的な養生温度であり、5℃ は寒冷地における日平均気温を想定した温度である。また、封かん養生は、実際の施工を考慮したものである。

3. 実験結果および考察

図-1 と 図-2 に圧縮強度試験結果を示す。水セメント比 50% のシリーズでは、20℃ 一定養生したときには、石灰石微粉末を添加した配合と添加していない配合の圧縮強度は全ての材齢でほぼ同じであり、石灰石微粉末の添加による強度の変化は見られない。しかし 5℃ 一定養生での圧縮強度は、石灰微粉末を添加した配合

表-1 使用材料および配合

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.15 比表面積 3290cm ² /g
石灰石微粉末	比重 2.70 200 メッシュ 比表面積 3000 ~ 4000cm ² /g
細骨材	宮城県大和町産山砂 比重 2.53
高性能減水剤	ナフタリンスルホン酸 ホルマリン高縮合物塩

表-2 石灰石微粉末の成分

CaO	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
55.12%	0.35%	0.21%	0.14%	0.12%

表-3 配合表

W/C (%)	W/P (%)	質量比				高性能 減水剤 (P×%)
		W	C	Ls	S	
50	50	0.5	1	0	1.25	0.8
	30			0.667	3.751	
70	70	0.7	1	0	2.75	
	50			0.4	2.375	
	30			1.333	1.501	

$$(P = C + Ls)$$

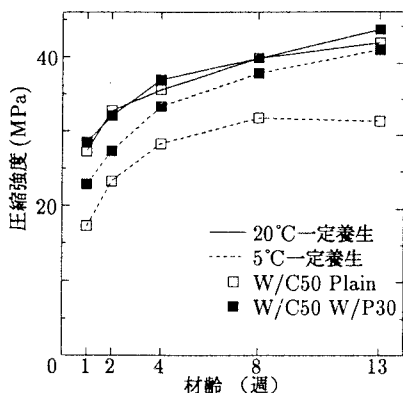


図-1 水セメント比 50% のシリーズの圧縮強度

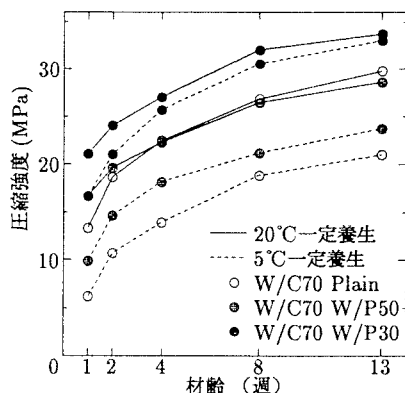


図-2 水セメント比 70% のシリーズの圧縮強度

のほうが高くなっている。同様の傾向が、水セメント比 70% のシリーズにおける水粉体比 50% の配合にも見られる。また、水セメント比 70% のシリーズにおいて水粉体比 30% まで石灰石微粉末を添加した配合では、20°C 一定で養生された場合にも強度の増加が見られるが、5°C 一定で養生された場合の強度の増加の方が大きい。このように、いずれの配合についても、石灰石微粉末を添加することにより 5°C で養生したときの圧縮強度が特に改善されるということが言える。

図-3 は、各材齢における強度発現率を示したものである。ここで強度発現率とは、各材齢における 5°C 一定養生の圧縮強度を 20°C 一定養生の圧縮強度に対する百分率で表したものである。強度発現率は各配合とも材齢が進むにつれて増加する傾向を示す。そして、石灰石微粉末の添加により、強度発現率が顕著に増加し、水粉体比 30% まで石灰石微粉末を添加した場合、材齢 4 週以降で強度発現率は 90% を超える結果を示している。つまり、5°C で養生を行った場合においても 20°C 養生と同程度の強度発現性が期待できる結果となった。過去の研究は、不活性な物質である石灰石微粉末がコンクリート強度の増進に及ぼす要因として、石灰石微粉末のフィラー効果や分散効果を挙げているものが多い¹⁾²⁾ほか、しかしながら、これらの効果が、低温下においてより顕著にしかも長期にわたって現れるとは考えにくいため、石灰石微粉末が低温下でより活発に、セメントの水和反応に関わった可能性もあると考えられる。この点については、さらなる実験により確認する必要がある。

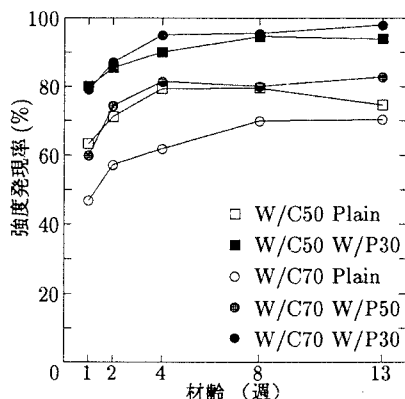


図-3 強度発現率 (5°C/20°C)

4. まとめ

今回の実験により、細骨材の一部を石灰石微粉末で置換した結果、置換率の増加に伴い、低温環境下での圧縮強度が増加することが確認された。

本研究は、普通コンクリートと石灰石微粉末の組み合わせにより考察を行ったものであるが、石灰石微粉末の低温環境下での強度発現は、セメントの種類によっても変わってくるものと思われる。また、養生温度をさらに下げたときの強度発現性についても興味深い点であり、今後もさらに検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 横内 静二, 福留 和人, 坂本 守, 喜多 達夫: 石灰石石粉を混入したコンクリートの基礎特性, コンクリート工学年次論文報告集 Vol.15, No.1, pp.333-338, 1993.6
- 2) 小林 孝一, 服部 篤史, 宮川 豊章, 藤井 學: 石灰石微粉末の混和がセメントの初期水和に与える影響, セメント・コンクリート論文集 No.50, pp.570-575, 1996