

低温環境下における石灰石微粉末混和コンクリートの強度発現に関する研究

東北大学 学生員 ○ 大村 英昭
 東北大学 正会員 岩城 一郎
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、コンクリート用混和材としてその需要が急増している石灰石微粉末は、コンクリートのレオロジー特性を改善させるだけでなく、ブリーディングの低減、水和熱の抑制などといった効果も期待でき、経済性・汎用性に優れたコンクリート材料として注目されている。また、石灰石微粉末の混和に伴い低温環境下におけるセメント硬化体の強度発現が増進し、石灰石微粉末の粉末度や添加率が高いほどこの傾向が顕著に現れることについては、筆者ら¹⁾が以前に報告している。本研究では、石灰石微粉末を混和したモルタル供試体を作製し、圧縮強度、水和発熱速度、毛細管空隙量を測定することにより、低温環境下におけるセメント硬化体の強度発現性について多角的に検討した。

2. 実験概要

実験に使用した材料を表-1に、モルタルの配合を表-2に示す。水セメント比は50%で一定であり、セメント質量の67%に相当する石灰石微粉末(または安山岩石粉)を細骨材の一部と体積置換した。これらの配合に従って $\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ のモルタル円柱供試体を作製し、20℃および5℃で封かん養生を行った。材齢7, 28, 91日で圧縮強度、毛細管空隙量を測定した。ここで毛細管空隙は直径0.003~30 μm の細孔と定義した²⁾。また、水セメント比を70%で一定とし、石灰石微粉末(または安山岩石粉)をセメント質量に対して40%添加したセメントペーストについて初期48時間までの水和発熱速度を測定した。

表-1 使用材料

使用材料	比重	比表面積(cm^2/g)
普通ポルトランドセメント	3.15	3,450
石灰石微粉末(Ls)	2.70	3,830
安山岩石粉(As)	2.75	3,380
細骨材(宮城県大和町産)	2.55	F.M.2.63

表-2 配合

配合名	W/C (%)	W/P (%)	質量比			
			W	C	Ls(As)	S
Plain	50	50	0.5	1	—	2
Ls67		30			0.667	1.370
As67						1.382

$$P=C+Ls(As)$$

3. 結果および考察

石灰石微粉末を添加した配合 Ls67 と安山岩石粉を添加した配合 As67、石粉を添加していない配合 Plain についての圧縮強度試験結果を図-1に示す。図より、石灰石微粉末の添加に伴い Plain と比較して圧縮強度が増加しており、特に低温で養生した場合に圧縮強度が大幅に増加していることが分かる。また、このような傾向は石灰石微粉末とは鉱物組成が大きく異なっている安山岩石粉を添加した配合においてもほぼ同様である。すなわち、石灰石微粉末や安山岩石粉を添加することによって、低温環境下における強度発現が増進することが確認された。

水和発熱速度の測定結果を図-2に示す。久我ら³⁾は、常温環境下において石灰石微粉末の添加は C_3S の初期水和反応を促進させることを報告しているが、本研究の結果においても同様の傾向を示している。また、安山岩石粉を添加した場合においても、石灰石微粉末の場合と同様に C_3S の初期水和反応が促進されていることが分

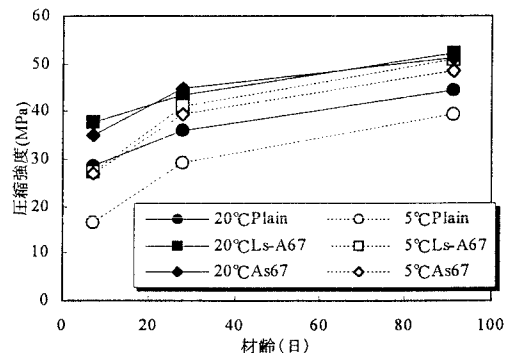


図-1 圧縮強度

かる。一方で、低温環境下においても石灰石微粉末や安山岩石粉の添加に伴い水和発熱速度が上昇していることが分かる。しかし、このような傾向が常温と比べて低温でより顕著に現れているとは言い難いことから、 C_3S の初期水和反応の促進は低温環境下における強度発現増進効果の支配的な要因にはなっていないと推察される。但し、低温環境下において水和発熱速度の急激な減速が見られないことから、その後の細孔組織の形成上好影響を与えている可能性が考えられる。

毛細管空隙量の測定結果を図-3 に示す。図より、材齢の経過に伴い毛細管空隙量が減少していることが分かる。材齢 7 日においては、Plain での毛細管空隙量が Ls67 や As67 よりも多く、特に低温養生を行った場合にこの傾向が顕著に現れている。材齢 28 日以降では、このような配合間での毛細管空隙量の差がかなり小さくなっている。

本研究では石粉を細骨材の一部と置換したことにより、各配合での石粉を含めた単位ペースト量が異なっている。そこで、毛細管空隙に相当する細骨材中の空隙の影響を取り除き、実験結果を補正することより単位ペースト量当たりの毛細管空隙量を推定した。結果を図-4 に示す。図より、ペースト部分においては、Plain と比較して Ls67 や As67 の毛細管空隙量が材齢長期にわたり明らかに減少していることが分かる。すなわち、石灰石微粉末や安山岩石粉の添加に伴いペースト部分の細孔組織が緻密化しているものと考えられ、低温養生を行った場合についてもこの傾向は顕著に現れている。

4. まとめ

石灰石微粉末の添加に伴い低温環境下におけるセメント硬化体の強度発現が増進することが確認された。この傾向は石粉の鉱物組成に依存していないことから、石灰石微粉末の反応性に起因しているものではないと考えられる。また、石粉の添加に伴う C_3S の初期水和反応促進効果についても低温環境下における強度発現増進の支配的な要因にはなっていないと推察される。むしろ、ペースト部分の毛細管空隙量の減少傾向に現れているように、細孔組織の緻密化に関連している可能性が高いと考えられる。

【参考文献】

- 1) 大村 英昭, 岩城 一郎, 三浦 尚: 石灰石微粉末の添加が低温養生を行ったコンクリートの強度発現性に及ぼす影響, 土木学会年次学術講演概要集(第V部門), No.151, pp.302-303, 1998
- 2) H.Uchikawa, S.Uchida, S.Hanehara: il cemento, pp.67-90, 1991
- 3) 久我 比呂氏, 浅賀 喜与志: ポルトランドセメントの水和反応に及ぼす無機質微粉末の影響, セメント・コンクリート論文集, No.50, pp.62-67, 1996

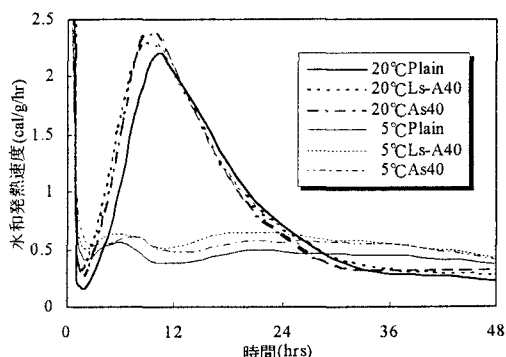


図-2 水和発熱速度

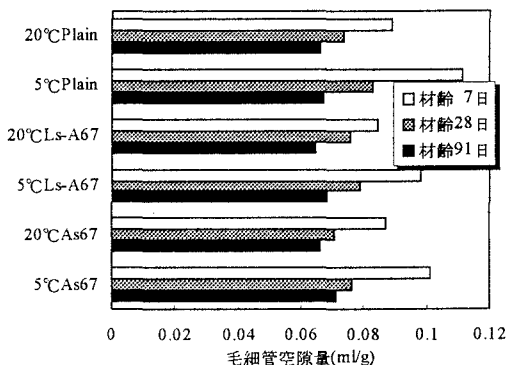


図-3 毛細管空隙量

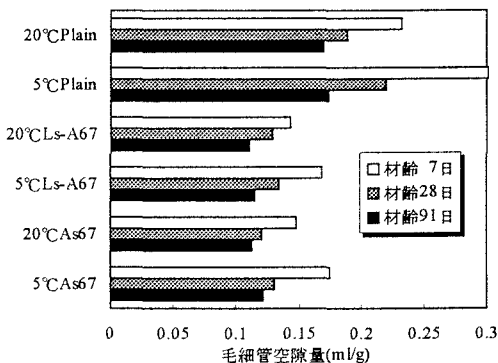


図-4 補正した毛細管空隙量