

増粘剤と糖類添加がセメント粒子分散に及ぼす影響

学籍番号 1230041 氏名 柿迫裕介 指導教員 大内雅博

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

要旨：増粘剤や糖類の添加による、モルタル中の水和反応の進行抑制ひいては粒子間凝集の抑制効果を、レーザー回折によるセメントの粒度分布により確認することができた。セメント粒子の凝集状態と G_m , R_m の関係から粒子の凝集を抑制するだけでは完全に自己充填性低下を抑制することはできないことがわかったが、これまで自己充填性低下の支配要因であった粒子間凝集が、混和剤の添加により低くなったと言える。

1. はじめに

フレッシュコンクリートにおいて時間経過によって自己充填性が低下するのは、セメント粒子が水和反応によって凝集することで軟度が低下するからである。これに対しては、増粘剤や糖類を添加することによって凝集を阻害し流動性を維持できるものと想定した。本研究では、フレッシュモルタルに増粘剤や糖類を添加し、時間経過によるセメント粒子間の凝集状態の変化が小さくなることと、それにより軟度低下の要因が粒子の凝集状態の変化により説明できるのかを調べた。

2. 使用材料・配合と試験手順

モルタルの使用材料（表-1）と基本配合（表-2）を示す。SPの添加量は練上り直後のフロー値が $250 \pm 10\text{mm}$ （無添加：1.5%，VMAのみ：1.9%，ショ糖：2.0%，ブドウ糖：2.0%，セルロース：1.7%）となるように調整した。増粘剤は 286g/m^3 （粗骨材容積比 0.3 のコンクリート中の添加量 200g/m^3 に相当する量）添加した。ブドウ糖、ショ糖、セルロースはセメント質量に対して 0.035% だけ添加した。練混ぜ方法は、水を一次練りと二次練りの2回に分けて添加する「分割練り」（空練り 30 秒+一次練り 90 秒+二次練り 30 秒）とした。C, S, VMA は空練りの際に、SP, AE, 糖類は一次練りの際に添加して練混ぜた。モルタルの練上りから 10 分後、60 分後、120 分後および 180 分後にフロー試験、漏斗流下速度試験、およびレーザー回折式粒度分布測定 (SALD) を行った。粒度分布測定を行うために、練上がったモルタルを $150\mu\text{m}$ のふるいにかけて後、モルタルの水和反応を抑制するためにアセトンに浸透させ、それをスポイトで吸引し測定した。

表-1 使用材料

材料	概要	記号
水	上水道水	W
セメント	普通ポルトランドセメント	C
細骨材	石灰砕砂(比重:2.68, 吸水率:0.81%, 粗粒率:2.63%)	S
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸 エーテル系化合物	SP
空気連行剤	変形ロジン酸化合物系 陰イオン界面活性剤	AE

増粘剤	セルロースエーテル系	VMA
ブドウ糖	グルコース試薬	GI
ショ糖	市販コーヒーシュガー	SU
セルロース	試薬	CE

表-2 モルタルの基本配合

W/C	細骨材容積比	単体量(kg/m^3)		
		W	C	S
0.45	0.55	264	586	1,474

3. 増粘剤や糖類を添加したモルタルの水和反応の抑制の測定

増粘剤とそれぞれの糖類の併用添加（VMA+ブドウ糖, VMA+ショ糖, VMA+セルロース）により、時間経過に対するセメント粒子径の変化を比較した。無添加のものよりも、増粘剤と糖類を添加した方が、大径方向への変化量が小さかった。そしてブドウ糖やセルロースに比べてショ糖は最も変化量が小さかった。最も変化の大きかった無添加のものとは変化の小さかった VMA+ショ糖のものを示す（図-3）。

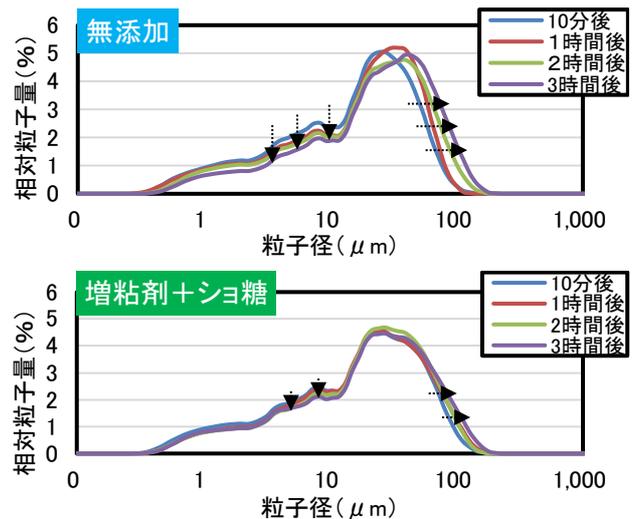


図-3 増粘剤とそれぞれの糖類の併用添加によるセメント粒子間凝集状態の経時変化の影響

4. 増粘剤とシヨ糖それぞれ単体で添加したモルタルの水和反応の抑制の測定

これまでの結果から、糖類の中で最も水和反応の抑制効果を期待できると想定したシヨ糖に絞り、増粘剤またはシヨ糖それぞれ単体で添加したものと時間経過に対するセメント粒子径の変化を比較した。増粘剤や糖類を単体で添加した場合でも、無添加のものよりも粒度分布の大径方向への変化量が小さかった。

5. 増粘剤や糖類を添加したモルタルの Gm や Rm と累積 50%における粒子径の大きさとの関係

各時点におけるセメント粒子径の累積50%の値を取り出し、その値と各時点の Gm または Rm との関係から増粘剤や糖類の単体使用と併用の比較をした。Gm, Rm とともに無添加は変化量が大きく増粘剤とシヨ糖の併用は変化量が小さかった。また、増粘剤やシヨ糖単体よりも併用した方が、水和反応抑制効果が大きいことも分かった。図に示す点線は、Gm または Rm と粒子径累積 50%から求めた決定係数のそれぞれの回帰直線である。Gm, Rm と粒子径の間において相関性があると分かった (図-4, 図-5)。

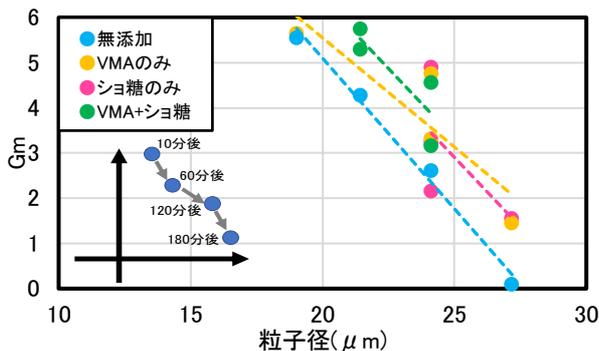


図-4 粒子径累積 50%と Gm の関係から見る増粘剤や糖類の単体使用と併用の比較

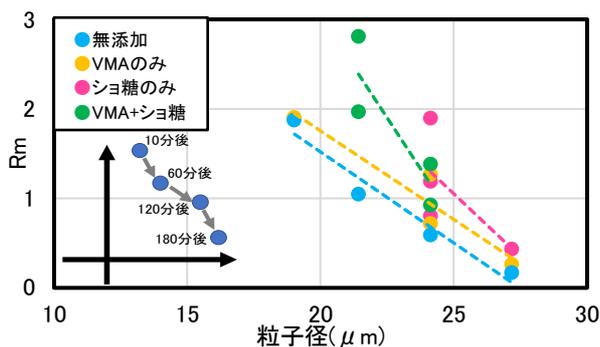


図-5 粒子径累積 50%と Rm の関係から見る増粘剤や糖類の単体使用と併用の比較

Gm, Rm と粒子径累積 50%から求めた決定係数 (R^2) より、Gm, Rm の値が最も大きい無添加には粒子径とのより強い相関が見られた。一方、混和剤、特にシヨ糖を添加したものは無添加に比べると相関が低かった (図-6)。

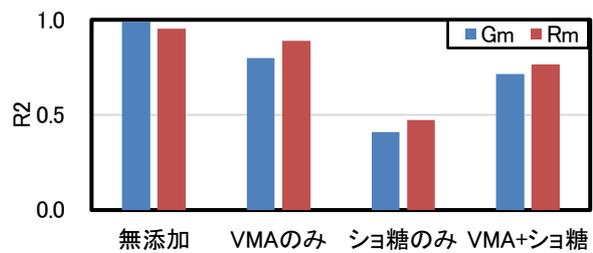


図-6 Gm, Rm と粒子径累積 50%から求めた決定係数 (R^2)

6. 粒子径累積 50%の増加量と練り上がり 3 時間後の Gm や Rm の低下量の関係

粒子径の増加量、すなわち粒子間凝集を抑制すると Gm の低下量を抑制できる傾向が見られた。ただし、シヨ糖には Gm 低下抑制効果、凝集抑制効果が共に見られ、増粘剤は、Gm 低下抑制効果が見られたが、凝集抑制効果は見られなかった。Gm で見られた、傾向は Rm には見られなかった。

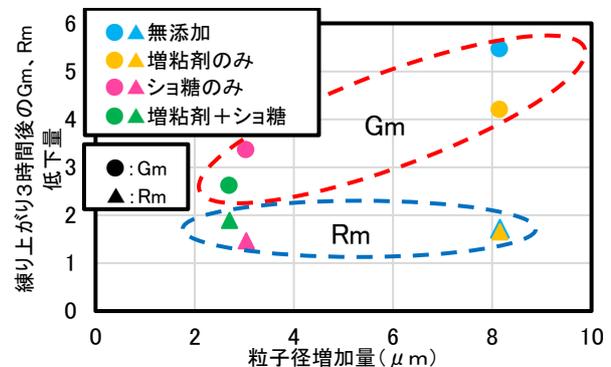


図-7 粒子径累積 50%の増加量と練り上がり 3 時間後の Gm や Rm の低下量の関係

6. 結論

- (1) 増粘剤や糖類の添加による、モルタル中の水和反応の進行抑制、粒子間凝集の抑制効果を、確認できた。
- (2) 糖類の中でもシヨ糖が、ブドウ糖やセルロースと比べて水和反応の進行抑制ひいては粒子間凝集の抑制効果が高かった。
- (3) 増粘剤や糖類は単体でなく併用した方が粒子間凝集の抑制効果が大きかった。
- (4) 粒子径と Gm や Rm の決定係数が無添加では最大であった。以前は粒子間凝集が支配要因であったが、混和剤の添加により低くなったと言える。
- (5) セメント粒子の凝集状態と Gm, Rm の関係には相関があるが、特にシヨ糖を添加すると流動性低下の要因を粒子間の凝集だけでは説明できないことがわかった。

7. 参考文献

折尾太輝：増粘剤と糖類添加によるセメント粒子間の凝集進行の変化
高知工科大学卒業論文 2022年3月