

第V部門

セメントの種類が異なる場合のセメントペーストの粘度の経時変化予測モデルの検討

摂南大学大学院 学生員 ○谷内 秀省
 摂南大学工学部 正会員 熊野 知司
 摂南大学工学部 正会員 矢村 潔
 摂南大学大学院 学生員 小平 伸彦

1. 目的 セメントペーストの粘度の経時変化を予測することは、フレッシュコンクリートの流動性の経時変化を予測する上で重要な基礎技術となる。既報¹⁾において提案したセメントペーストの経時変化予測式をより汎用的なものとするためには、セメントや混和剤の組み合わせが異なった場合についても検討していく必要がある。そこでセメントペースト

表-1 各セメントの示方配合

配合種類	w/p	W/C	W	C	SP添加率
	(%)	(%)	(kg/m ³)		(C×%)
普通	95	30	484	1610	0.4~1.0 (0.1%刻み)
早強		30.3		1599	0.6~1.2 (0.2%刻み)
低熱		29.2		1656	0.30, 0.35, 0.40

中の粒度分布や陰イオン濃度等の時間の経過に伴う微視的な変化を観察するとともに、そこから得られた知見をもとに、セメントの種類が異なる場合の経時変化予測モデルの拡張を検討することにした。

2. 実験概要 表-1に示方配合を示す。ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いた高流動ペーストをモデル材料とし、経時変化試験を行った。測定項目は粘度、セメントペースト中の微粒分の粒度分布、混和剤の分散性能に影響を及ぼすと考えられる硫酸イオン濃度とした。粘度はB8U形粘度計を用い、5分から185分まで30分おきに測定した。また5分後と125分後の試料を採取し、レーザー回折式粒度分布測定機を用いて粒度分布の測定を、遠心分離機により採取した上澄み液をイオンクロマトグラフィを用いて硫酸イオン濃度の測定を行った。

3. 実験結果 図-1にセメントの粒度分布の比較の一例を示す。ここで相対粒子量50%に対応する粒径をメディアン径と定義する。図-2に練上り5分後と125分後のメディアン径の比較を示す。図より、いずれの混和剤添加率においても、練上り5分後よりも125分の粒径が大径化するという傾向が見られた。図-3に硫酸イオン濃度の経時変化をそれぞれ示す。いずれの添加率においても時間の経過に伴う明確な変化がみられなかった。

4. セメントペーストの経時変化予測モデルの検討 既報¹⁾において考察する粘度の経時変化予測式を式(1)に示す。

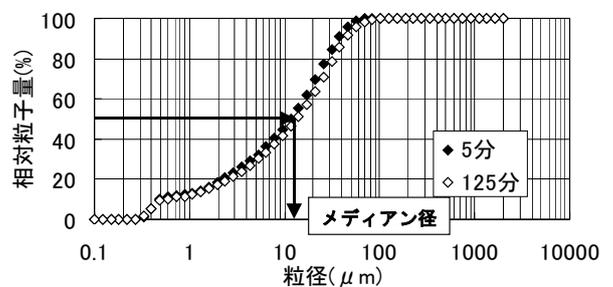


図-1 粒度分布の比較の一例

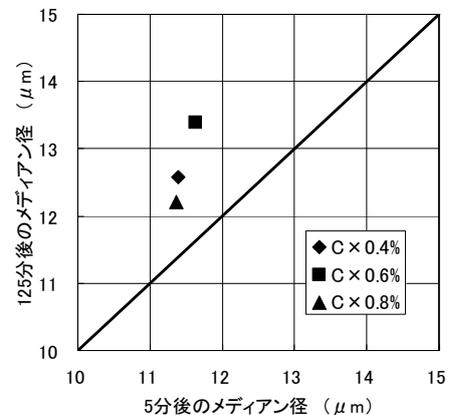


図-2 5分後と125分後のメディアン径の比較

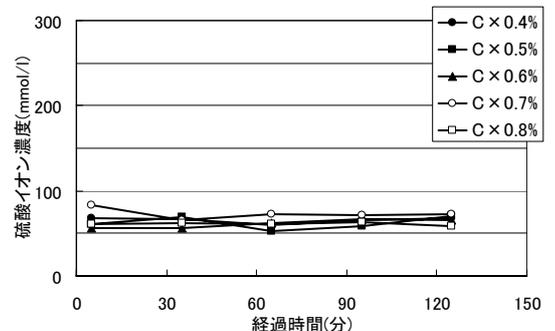


図-3 硫酸イオン濃度の経時変化

ここに、 δ : 混和剤の分子構造や添加量によって決まる定数

時間経過に伴うセメント粒子の大径化の要因として、硫酸イオンの増加によるセメント粒子の凝集と水和反応による粒径の大径化が考えられる。加藤²⁾は硫酸イオン濃度が上昇することにより、セメント表面の吸着層厚の縮小が発生し、分散能力が低下すると報告している。一方、本研究の結果では数時間にわたる経時変化試験の間で硫酸イオン濃度はほぼ一定であり、硫酸イオンが粘度の経時変化に直接影響を与えるものではないと考えられる。そこで、水和反応による大径化に着目した。

式(1)において δ は粒子間ポテンシャルの大きさを表す項である。各セメントの δ と普通セメントの δ との比を δ_r とする。表-2に δ_r とセメント化合物との相関行列を示す。表より δ_r と C_3S 、 C_2S 、 C_3A に良好な相関が見られ、その中でも C_3A が最も相関が高いことがわかる。このことからエトリンガイトを生成する C_3A が粘度の経時変化に影響を与えるパラメータであると推測される³⁾。そこで、 C_3A の水和に着目し、予測式の拡張を試みた。

表-2 相関行列

	δ_r	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
δ_r	1	-0.948	0.957	-0.965	-0.705
C_3S		1	-0.999	0.960	0.843
C_2S			1	-0.973	-0.871
C_3A				1	0.960
C_4AF					1

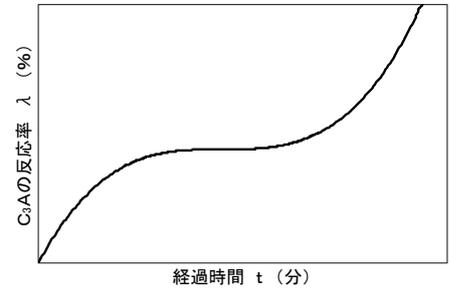


図-4 C_3A 成分の反応率の経時変化

図-4に C_3A の反応率の経時変化を示す。 C_3A の反応率は式(2)によって記述される。

$$\lambda = 1 - (1 - s \cdot t)^3 \quad (2)$$

λ : C_3A 成分の反応率 (%) s : C_3A 成分の反応速度定数 (=0.025)

t : セメント接水からの経過時間 (分)

練上り直後に付加される粒子間ポテンシャルを E_0 とすると、 C_3A の水和により時間とともに減少する粒子間ポテンシャル δ は C_3A の平均的な反応率 $\bar{\lambda}$ を用いて、式(3)で示される。と考えた。

$$\delta = E_0 - \alpha \cdot B \cdot \bar{\lambda} \quad (3)$$

E_0 : 混和剤により練上り直後に付加される粒子間ポテンシャル

α : C_3A の水和によるポテンシャルエネルギーへの影響を示す定数

B : セメントの C_3A の含有量

$\bar{\lambda}$: 考察する経過時間内の平均的な C_3A 反応率

図-5に $\alpha = 3.57 \times 10^{-16}$ 、 $\bar{\lambda} = 0.106$ 、 $E_0 = 0.919Ad. + 2.544$ (Ad.: 混和剤添加率)と仮定した場合の実測値と予測値との比較を示す。図より普通セメントおよび低熱セメントに対しては、混和剤添加率が低い場合は若干異なる傾向となっているが、比較的混和剤添加率が高い場合はおおむね一致していることが分かる。

5. おわりに 水和発熱モデルを取り入れたセメントペーストの粘度の経時変化予測モデルを提案した。しかしながら本研究の範囲は、ポルトランドセメントを用い混和剤がポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤標準形という限定的な範囲であることから、セメントの種類、および混和剤の種類が異なる場合への拡張を行う必要がある。

<参考文献> 1) 立山典宏, 熊野知司, 矢村潔: セメントペーストの粘度の経時変化の予測に関する研究, 土木学会関西支部概要集, pp. V-29-1~2, 2004 2) 加藤弘義: 粉体系高流動コンクリートの高品質化のための材料設計, 京都大学学位論文, pp. 37-78, 2002.9 3) 李柱国, 谷川恭雄, 森博嗣: 高流動コンクリートのフレッシュ性状の経時変化およびチキソトロピーに関する理論的考察, 日本建築学会構造系論文集 第558号, pp. 15-22, 2002.8

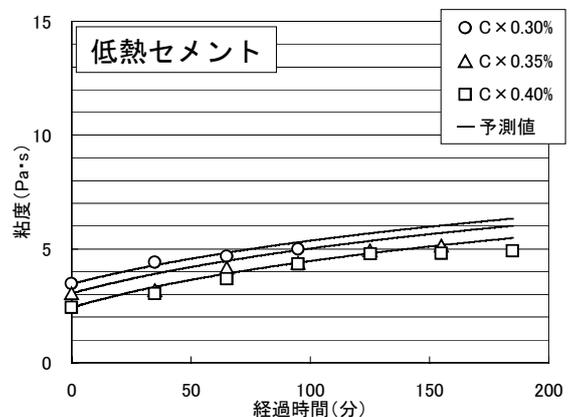
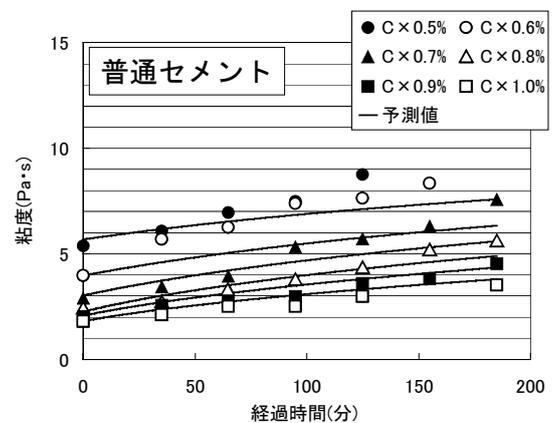


図-5 実測値と予測値との比較