

ベーン粘度計による耐酸性アルカリ刺激モルタルのコンシステンシー評価

大分高専専攻科 学生会員○山下 祐弥, 大分高専 正会員 一宮 一夫
西松建設(株) 正会員 原田 耕司, 大分高専 非会員 佐藤 修平

1. はじめに

石灰石を主原料とする普通ポルトランドセメント（以下，OPC という）は酸に対する抵抗性が低く，酸性雨，温泉水，下水，化学工場での低 pH 排水などにより著しく侵食される．酸による劣化対策には，コンクリートの性能を強化する方法や防食被覆による方法があるが，適用場所によってはコストや効果の点で課題もある¹⁾．一方，フライアッシュ等のアルミナシリカ粉末と水ガラス等のアルカリ溶液を混合するとアルカリ刺激反応により OPC と同程度の強度を有する固化体を得ることができる．同固化体では低カルシウムの材料を選択することで簡単に耐酸材料を製造できる可能性があり，上記の酸性環境での適用が期待できる．

本研究では，試作したアルカリ刺激モルタル（以下，AAM という）の練返し時の官能試験を行い，ポリマーセメントモルタル（以下，PCM という）との比較から補修材として適用の可能性があると判断した配合に対して，ベーン粘度計によるコンシステンシー評価を行い，AAM の特徴を明らかにした．

2. 実験概要

表 1 に使用材料を示す．アルミナシリカ粉末はフライアッシュ（以下，FA という）を基本とし，硬化促進のために高炉スラグ微粉末（以下，BS とする）を内割り置換（置換率 0，10，20，30% で，以下，それぞれを F100B0，F90B10，F80B20，F70B30 とする）した．アルカリ溶液には水ガラス，苛性ソーダ，水の混合液を使用し，アルカリ溶液／アルミナシリカ粉末を 45% とした．細骨材には珪砂（5，6，7 号）を使用し，モルタルに対する比を 40～56vol.% とした．練り混ぜには，ホバート型ミキサー（容量 5 リットル）を用い，細骨材，FA，BS を入れて空練り 30 秒間，GP 溶液を入れて一次練混ぜ 1 分間，掻き落とし 15 秒間，二次練混ぜ 2 分間の順で練り混ぜた．コンシステンシー評価には図 1 のベーン粘度計を使用した．同装置は補修モルタルのコンシステンシー評価のために開発したもので，装置中央の下端にある 4 枚羽根をモルタル内で回転させトルクを測定する．ベーン寸法は全幅 $D=2\text{cm}$ ，高さ $H=4\text{cm}$ で，せん断応力(τ)を地盤工学会の規定に準拠して式(1)で算出した．せん断速度は $60^\circ/\text{min}$ ，測定時期は 0，10，20，30 分とした．

$$\tau = \frac{M}{\pi \cdot D^2 (H/2 + D/6)} \quad (1)$$

ここに， τ :せん断応力(Pa)， M :回転トルク(Nm)， D :回転翼の全幅(m)， H :回転翼の高さ(m)

図 2 に PCM での測定結果の例を示す．図は練混ぜ直後，20 分後，40 分後の結果であり，いずれの場合も τ - θ 曲線は滑らかで， $\theta=30\sim 50^\circ$ 近傍にピークがあり，時間経過にともないピーク値は上昇する．

3. 実験結果

表 1 使用材料

項目	記号	材料
アルミナシリカ粉末	FA	フライアッシュ 1 種 密度 2.36g/cm^3 比表面積 $5327\text{cm}^2/\text{g}$
	BS	高炉スラグ微粉末 密度 2.92g/cm^3 比表面積 $4009\text{cm}^2/\text{g}$
アルカリ溶液		水ガラスと苛性ソーダと水の混合物，密度 1.27g/cm^3
細骨材	S	珪砂，密度 2.60g/cm^3
		種類
		平均粒径
		5 号 0.5mm 6 号 0.3mm 7 号 0.2mm

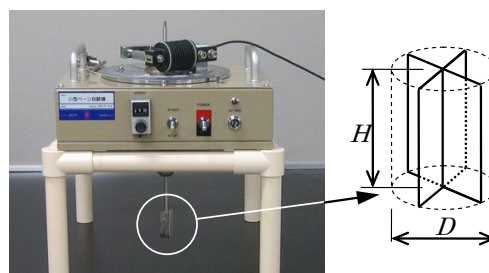


図 1 ベーン粘度計

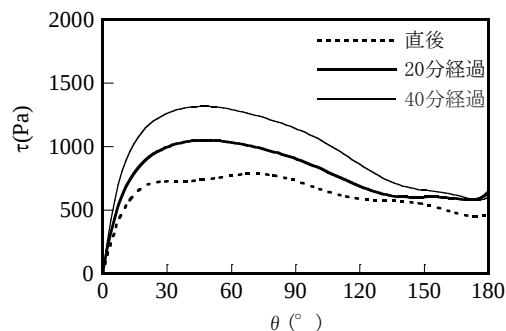


図 2 τ - θ 曲線の例 (PCM の場合)

図 3 は珪砂の粒径ごとのワーカビリティに関する官能試験の結果である。評価は、練りさじでモルタルを練返した際の感触で行い、PCM と同等の場合を○、不適を×、適否の判定が難しい場合を△とした。また△または×の評価でも練混ぜ時間を延長すると○になる場合を▲と標記した。なお、練混ぜ時間の影響については今後の課題とした。図から○の配合は、珪砂の平均粒

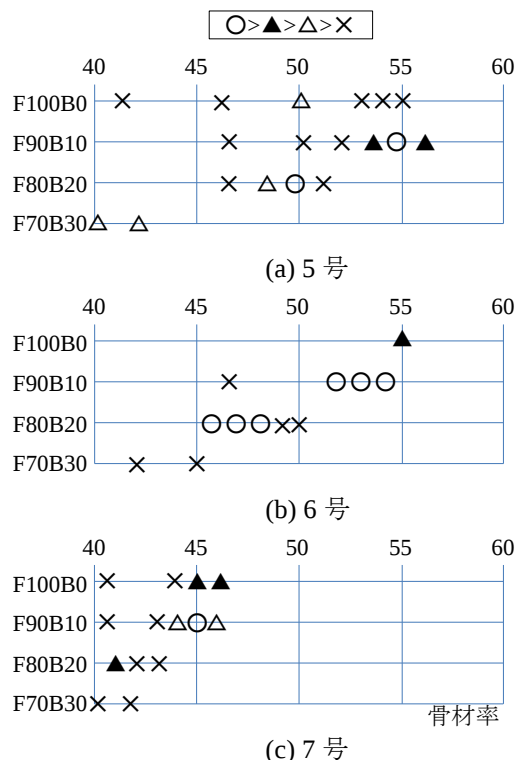


図 3 官能試験の結果

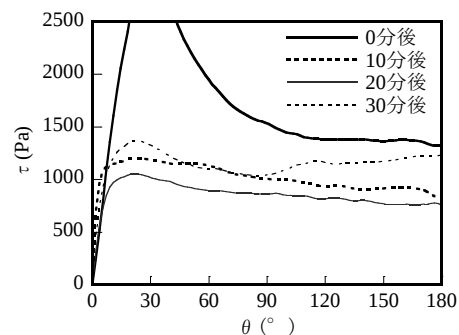
径が小さいほど骨材率は小さい傾向にあることが分かる。また、○となる配合は F90B10 と F80B20 に集中しているが、F100B0 では粘度を所要値まで上昇させることが難しく、F70B30 では練置き時間が長くなると τ が急激に上昇して実用性に欠けると判断した。

図 4 に○と判断した配合の τ - θ 曲線の例を示す。全体的に、曲線の形状、ピーク値のレベルともに図 2 の PCM の場合と類似点が多く、補修モルタルに求められるコンシステンシー特性を有していると判断できる。F90B10 の場合の(a), (b), (c)図では、練混ぜ直後 (0 分後) のピーク値は各図中で最も大きく、10 分以降の曲線形状はほぼ同じ傾向にある。一方、(d)図の F80B20 の場合は上述の 3 配合とは異なり、練置き時間 30 分で τ は大きく上昇しており、BS 置換率が 20%を超えると可使時間が短くなることを示している。AAM の PCM との違いは、前者では練置き時間 10 分以降の場合に、曲線形状は $\theta=10^\circ$ 付近にピークを生じ、その前後で形状が急変する点である。このような τ - θ 曲線の特徴は、AAM の高いチクソトロピー性に起因するものと考えられる。チクソトロピーは、かき混ぜたり、振り混ぜたりすることにより、力を加えることで、粘度が下がる現象である。適度なチクソトロピー性は補修材に必要な性能であり、本研究で使用したベーン粘度計は耐酸性を有する AAM の開発にも有用であることを確認した。

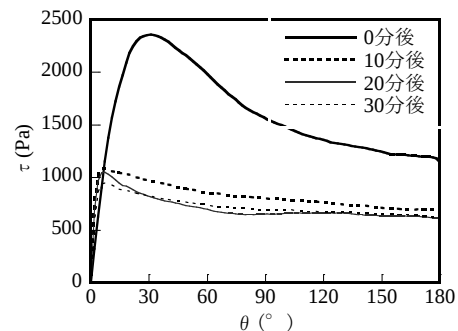
4. まとめ

粉体に FA と BS、アルカリ溶液に水ガラス、苛性ソーダ、水の混合液、細骨材に珪砂 (5, 6, 7 号) を使用した材料の混合比を調整したモルタルを製造し、低カルシウムで耐酸性が期待できる補修モルタルとしての適用性を検討した。その結果、各材料を適切に組み合わせることで、PCM と同等のコンシステンシーを有する材料開発が可能であることが分かった。また、本実験で使用したベーン粘度計の有用性も確認した。

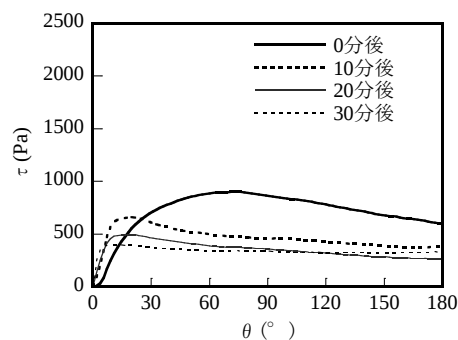
参考文献 1) 小林一輔ほか、図解コンクリート事典、オーム社



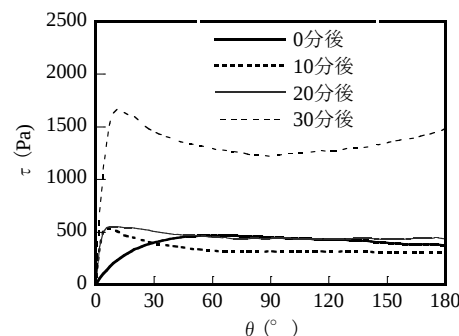
(a) 珪砂 5 号, F90B10, 骨材率 54.8%



(b) 珪砂 6 号, F90B10, 骨材率 53.0%



(c) 珪砂 7 号, F90B10, 骨材率 45.0%



(d) 珪砂 6 号, F80B20, 骨材率 47.0%

図 4 τ - θ 曲線