

粘土鉱物混入セメントペーストのレオロジー特性

近畿大学理工学部 正員 玉井元治

同 上 " 〇山崎正純

同 上 学生員 川東龍夫

1 まえがき

比較的水-セメント比の高いセメントペーストを用いる注入材料には、材料分離の防止や注入特性を改良する目的で、粘土鉱物を混入する場合が多い。

本研究は、粘土鉱物として、モンモリロナイト鉱物を多量に含む、ベントナイトを混入したセメントペーストの定常流におけるレオロジーの性質と、その初期硬化過程を R.C.P 法 (Raised Cosine Pulse Method^{*1}) により測定した結果につき報じたものである。

2 実験概要

1) 使用材料 セメントは大阪セメント製普通ポルトランドセメントを、粘土は、群馬産、ワイオミング産のベントナイトを用いた。

2) 材料の調整、粘土は 110℃で 24 時間乾燥したものを用い、その溶解は、GE 製 M45WHW ミキサーにより行い、24 時間膨潤させたものを使用した。セメント添加後の攪拌時間は 2 分間とし実験試料とした。

3) レオロジー量の測定 測定時の供試体温度は、附属温度調節器により 20℃一定とし、RA-101 型のレオベキシーアナライザー (岩本製作所製) を用い、定常剪断法 (2 重円筒型、外筒径 $\phi 22\text{mm}$, 内筒径 $\phi 18\text{mm}$, 外筒回転 0.01 ~ 300 rpm) によりコンシステンシー曲線を求め、また RCP 法 (外筒回転角 = 1° , パルス周期 = 10 sec) により軟硬化性を測定した。

3 実験結果と考察

1) 定常剪断法によるコンシステンシー曲線

a) 水-セメント比 (W/C) を 35 ~ 80 % に変化したセメントペーストの剪断速度 (D) と剪断応力 (τ) の関係を Fig.1 に示す。この結果によれば、W/C が大きくなるに従い、D に対し τ が小さくなり、見掛け粘度 (η_a) が小さくなることを示している。

また、W/C の低い段階では、降伏値を持った擬塑性流 (Pseudo Plastic Flow) を示すが、高くなるに従い拡張オストワルド流 (Extended Ostwald Flow) の下部流動パターンに漸近するようである。

b) W/C = 50 % を一定とし、粘土-水比 (B/W) を 2 ~ 10 % に 2 % 毎に変化すると Fig.2 のように (B/W) が大きい程 (τ) を大きくする。また、(D) が 1.0 ~ 1.1 (sec^{-1}) 付近で急激に (τ) が小さくなる。この現象変化は凝集したフロックの破壊によるものと考えられ、 τ の減少率の大きいもの程、破壊直後の D に対する τ の回復は大きく Dilatant Flow を示す場合もある。

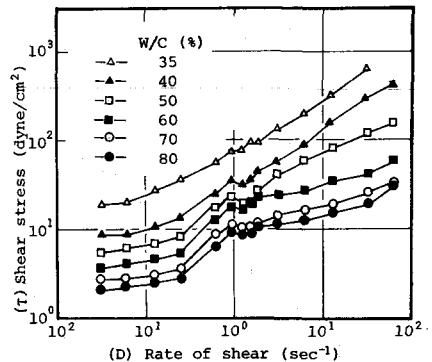


Fig. 1 Consistency curve of cement paste (W-C System)

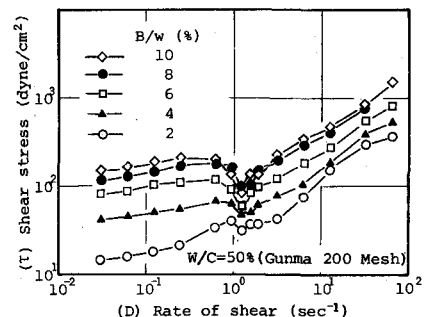


Fig. 2 Consistency curve of cement paste mixed with bentonite (W-B-C System)

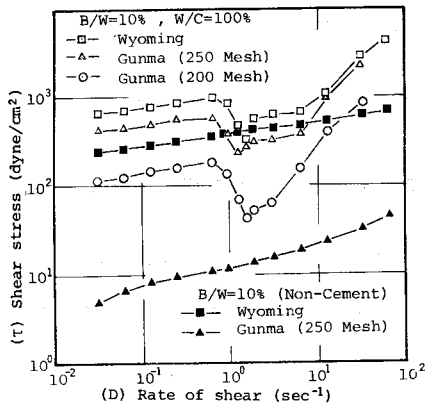


Fig. 3 Consistency curve of (W-B) system and (W-B-C) system

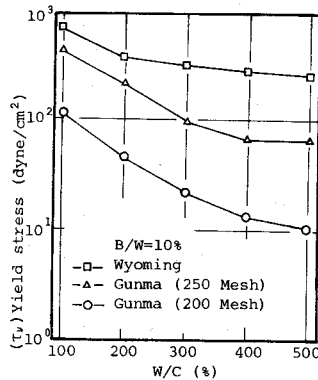


Fig. 4 Yield stress VS. W/C of (W-B-C) system

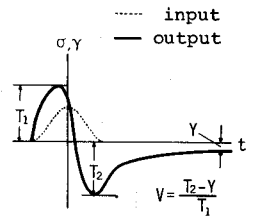


Fig. 5 Wave pattern of R.C.P.

c) Fig. 3 は粘土の種類を変えた粘土溶液とそれにセメントを添加した場合の τ -D 曲線を示す。この結果によれば $B/W = 10\%$ 程度のベントナイト-水系は降伏値を持った擬塑性流を示すが、セメントの添加により、前記と同様急激に系が変化することを示している。

d) Fig. 4 は B/W を一定とし、粘土の種類と W/C を変化した場合の各系の降伏応力を示したものであり、いずれの粘土を用いても W/C の増加は τ_y の減少に参与していることを示している。

2) PCF 法による軟硬化特性 RCP の入力波 (破線) と粘弾性を示す出力波 (実線) を Fig. 5 に示す。

a) Fig. 6 は、 $W/C=60\%$ および 100% において B/W を変化した試料の 30 分迄の時間依存性につき T_1 の増加に状況を測定し、その後再攪拌により各系の変化状態を調査した。その結果 W/C が小さくなると時間依存性が大きくなることを示し、 B/W の増加も関与していることを示している。 T_1 の上昇は再攪拌によりもとの値に戻るが、この現象はチクソトロピーによるものと思われる。

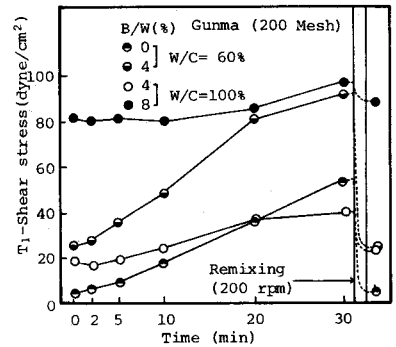


Fig. 6 Thixotropic properties

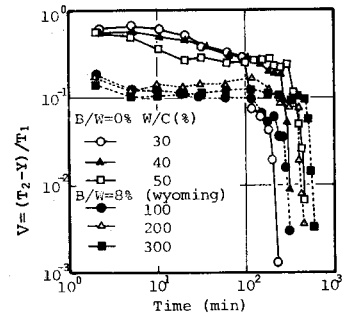


Fig. 7 Hardening process of (W-C) system or (W-B-C) system

b) Fig. 7 は化学反応を伴う軟硬化特性を時間的に把握するため V の値 (粘性体 = 1, 弾性体 = 0) を測定したものである。この結果セメントペーストおよび粘土混入系においても、 W/C が小さい程物性変化が早いことを示すが、後者は初期において Y の増加と物性変化時間を若干早めることが相違点のようである。

* 1 参考文献 梅屋, 磯田 日本レオロジー学会誌 Vol. 4, P133 ~ 136 (1976)