

チクソトロピー性状を示すグラウトの性状に関する研究

宇都宮大学大学院 学生会員 ○加藤祐哉 ドーピー建設工業（株） 正会員 蛭名貴之
宇都宮大学工学部 正会員 丸岡正知 宇都宮大学工学部 正会員 藤原浩己

1. まえがき

現在、PC構造物において、グラウトの充填不良が原因となる耐久性の低下が問題となっている。そこで、優れた充填性を得るために超低粘性型グラウトが開発されたが、極めて粘性が低いためシース管内の曲げ下がり部で先流れを起し、空隙が残留するといった新たな問題が指摘されるようになった。

先流れはグラウトの粘性が高いと防げるが、流動性が悪化してしまう。そこで本研究では、グラウトにチクソトロピー性状を付与することを検討した。つまりチクソトロピー性状を付与することにより、圧入時は粘性が低くなるため良好な注入性が得られ、流動の先端部では圧力が開放されるため粘性が高く、これにより先流れの防止を期待したものである。本研究では、このようなグラウトの基本的な性状について検討した。

2. 各種粘土質混和材の効果の検討

チクソトロピー性状を与えられと考えられる物質に、ベントナイト、酸性白土、セピオライト等の粘土質添加材がある。ここではこれらを用いることによる効果を実験的に評価した。使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

材料の種別	記号	材料名	物性
セメント	C	普通ポルトランドセメント	比重:3.15
粘土質添加材	BN	ベントナイト	比重:2.60
	BE	酸性白土	比重:2.60
	SL	セピオライト	比重:2.40
混和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
水	W	水道水	

(1) チクソトロピー性状の評価

a) 実験概要

チクソトロピー性状の評価のため、本研究では図-1に示す器具を用いて、圧力を0～0.1MPaに変化させた場合の流下時間を測定し、圧力と流下時間の関係を調べた。次に、試料をビンガム流体であると仮定した場合の圧力と流下時間の関係を以下に示す理論式¹⁾より求め、実測値と比較し、図-2に示すような差 δt （ビンガム流体と仮定した場合の理論値から実測値を除いたもの）が生じるものについて、チクソトロピー性状を有すると判断した。ビンガム流体と仮定した場合の理論流下時間 t は式(1)によって求められる。

$$t = \frac{V}{\pi r^2 v} \quad (1)$$

ここに、 V ：漏斗容積 r ：出口の半径 v ：平均流速であり、 v は式(2)によって求められる。

$$v = \frac{-8\eta H_s / (\alpha p g r^2) + \sqrt{\{8\eta H_s / (\alpha p g r^2)\}^2 + 2\{1 - (r/R)^2\}\{H_s + H_T + P/(\rho g)\}}}{\{1 - (r/R)^2\}g} \quad (2)$$

ここに、 H_T ：漏斗テーパ部の高さ H_s ：漏斗直管部の高さ R ：漏斗上面の半径 ρ ：試料の密度
 g ：重力加速度 P ：圧力 η ：粘性係数 α ：降伏領域を表す無次元数
 α はフロー値より式(3)、式(4)、式(5)²⁾で、粘性係数 η はJP漏斗流下時間より式(6)³⁾で求められる。そのため、JP漏斗流下試験及びフロー試験を平行して行った。試験方法は土木学会標準示方書（標準偏）に準じた。配

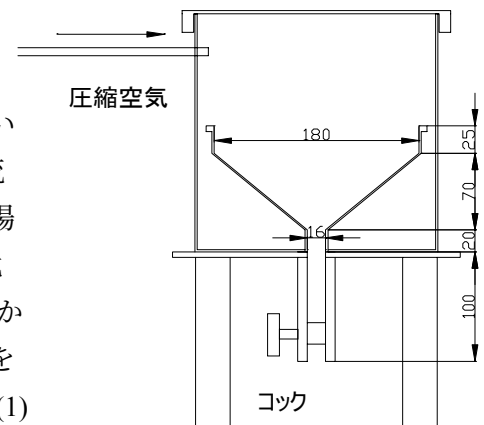


図-1 試験器具

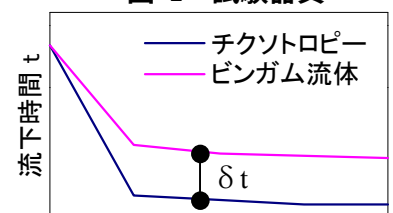


図-2 P-t曲線

キーワード：チクソトロピー、ビンガム流体、粘土質添加材、分離抵抗性、膨張性
連絡先：〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2, Tel.028-689-6211, Fax.028-689-6230

合は水粉体比W/Pを45%, SP添加率を0.25%に固定し, ベントナイト, 酸性白土, セピオライトは全粉体重量の2.0及び2.5%を置換した.

$$\alpha = 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right)^4 \quad (3)$$

$$\tau_0 = \frac{\rho g V + P \pi R^2}{a_s} \cos \theta \quad (4)$$

$$\tau_f = \frac{\rho g V_F}{\pi (\phi/2)^2 \left\{ (5\pi/2 V_F) (\phi/2)^3 + 2 \right\}} \quad (5)$$

$$\eta = \alpha k p g t_{JP} \quad (6)$$

ここに, a_s : 漏斗内部の側面積 θ : 漏斗と中心軸との成す角 V_F : フローコン容積 ϕ : フロー値

t_{JP} : JP漏斗流下時間 k : JP漏斗寸法より求まる定数

b) 実験結果及び考察

図-3にそれぞれの δt の値を示す. 図-3から, ベントナイトの場合は加圧すると δt の値が増加し, チクソトロピー性状を示すことが明らかで, 置換率が増加するとより顕著である. 一方, 酸性白土とセピオライトの場合はここでは δt の値が負となり, チクソトロピー性状を示さなかった.

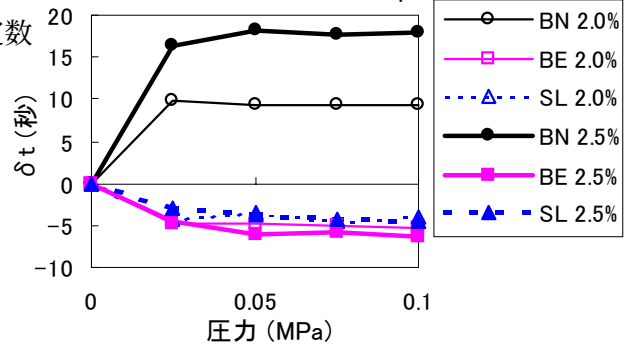


図-3 それぞれの δt の結果

(2) 分離抵抗性及び膨張性の評価

a) 実験概要

チクソトロピー性状の他にも充填性に大きな影響を与える, 分離抵抗性と膨張性についても検討した. これら进行评估するために, ブリーディング率及び膨張率試験を行った. 試験方法は土木学会標準示方書(標準編)に準じた. 測定項目を以下の式に示す.

$$3\text{時間後ブリーディング率} = B/V \times 100 \quad (\%) \quad (7) \quad \text{最終ブリーディング率} = B'/V \times 100 \quad (\%) \quad (8)$$

$$\text{膨張率} = \frac{(V' + B') - V}{V} \times 100 \quad (\%) \quad (9) \quad 4\text{日後膨張率} = \frac{V'' - V}{V} \times 100 \quad (10)$$

ここに, B : 3時間後ブリーディング水量 (ml) B' : 20時間以上経過後ブリーディング水量 (ml)

V : 最初のグラウト体積 (ml) V' : 20時間以上経過後グラウト体積 (ml) V'' : 4日後グラウト体積 (ml)

b) 実験結果及び考察

B/V を図-4, B'/V を図-5, 膨張率を図-6, 4日後膨張率を図-7に示す. 図-4から, 3時間後ではベントナイトの場合が最もブリーディング水を発生したが, 図-5から, 20時間以上経過後では酸性白土, セピオライトの場合のブリーディング水がベントナイトの場合を上回った. これから, ベントナイトの場合が最も分離抵抗性に優れていると考えられる. また, 図-6から, 20時間以上経過後ではベントナイトの場合の収縮量が最も大きい, 図-7から, 酸性白土, セピオライトの場合の収縮量がベントナイトの場合を上回った. これから, ベントナイトの場合が最も収縮量が少ないと考えられる.

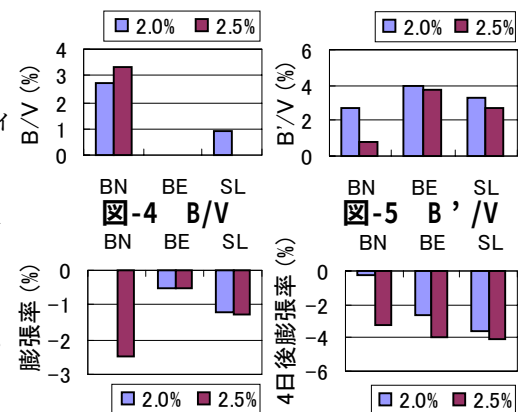


図-6 膨張率 図-7 4日後膨張率

3. 結論

- ベントナイトを混和するとチクソトロピー性状を示す.
- ベントナイト, 酸性白土, セピオライトの中では, ベントナイトを用いた場合が最も分離抵抗性に優れ, 収縮量を低減できる.

【参考文献】

- 村田二郎・鈴木一雄: 傾斜管法によるグラウトのコンシステンシー試験方法, セメント技術年報36, p175~178, 1982
- 下山善秀: フレッシュコンクリートの変形に関する基礎的研究, p117~127, 1988
- 谷川恭雄・森博嗣・里川善幸・小村理恵: セメント系粘性材料のロート試験に関するレオロジー的考察, 新材料・新工法研究会資料集II, p139~144, 1993