

チクソトロピー性状を示すグラウトの充填性に関する研究

○宇都宮大学大学院 学生会員 加藤祐哉
宇都宮大学工学部 正会員 藤原浩已

宇都宮大学大学院 学生会員 藤江幸人
宇都宮大学工学部 正会員 丸岡正知
ドービー建設工業株式会社 正会員 蛭名貴之

1. まえがき

グラウトは PC 構造物の耐久性に大きな影響を及ぼすため、シース管内の完全な充填が必要である。完全充填の障害となるのが、残留空隙が生じる原因となる先流れである。グラウトの粘性が高ければ先流れを防ぐことができるが、注入圧力が高くなりポンプに大きな負荷がかかる問題が生じる。

本研究ではこの問題の解決の

ために、グラウトにチクソトロピー性状の付与を提案した。チクソトロピー性状とは、せん断力が作用すると粘性が減少する性状であり、通常は流動性が低

くても、せん断力の作用で高くなることが期待される。本研究ではこのようなグラウトを作製し、実物大充填モデルを用いて充填性の確認を行った。

2. チクソトロピー性状の評価

(1) 概要

表-1 に示す材料を用い、流動性の異なる 3 種のグラウト（低粘性型、高粘性型、チクソトロピー型）を作製した。それぞれの配合を表-2 に示す。これらの JP 漏斗流下時間を図-1 に、φ 50mm×h50mm コーンによるフロー値を図-2 に示すと、これらの図から、通常の状態では低粘性型、高粘性型、チクソトロピー型の順で流動性が高いことが認められる。

これらのグラウトのチクソトロピー性状を評価するために、図-3 に示す圧力流下試験装置を用いた。まず、装置内の JP 漏斗内に試料を入れ、コンプレッサーにより容器内を加圧した状態での流下時間を測定し、圧力との関係を調べた。次に、試料がチクソトロピー性を持たないビンガム流体であると仮定した場合の流下時間 t と圧力との関係を式(1)¹⁾で求め、この値と実験値との差 δt （ビンガム流体と仮定した場合の値から実験値を除いたもの）を算出し、この値が大きいほど、チクソトロピー性が大きいと判断した。

ここに、 α ：降伏領域を表す無次元数 ((2), (3), (4)式²⁾)

$$t = \frac{\alpha_0 t_0}{\alpha} \cdots (1)$$

α_0 ：非加圧下 ($P=0$ のとき) の α

t_0 ：非加圧下の流下時間

表-1 使用材料

材料の種別	記号	材料名	物性
水	W	水道水	
セメント	C	低熱ポルトランドセメント	密度: 3.23g/cm ³
混和材	BS	高炉スラグ微粉末	密度: 2.91g/cm ³
	SF	シリカフューム	密度: 2.20g/cm ³
	BN	ベントナイト	密度: 2.60g/cm ³
	EX	膨張材	石膏系, 密度: 3.00g/cm ³
混和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
	V	分離低減剤	バイオポリマー系

表-2 各種性状試験

配合タイプ	水粉体比	SP 添加率	V 添加率	単位量 (g/リットル)							
	W/P (%)	SP/P (%)	V/P (%)	W	C	BS	SF	BN	EX	SP	V
低粘性	36.5	0.25	0.00	526.5	759.5	351.0	58.4	0.0	273.5	3.6	0.0
高粘性	26.0	0.38	0.00	447.4	1132.1	255.0	21.2	13.8	298.7	6.5	0.0
チクソ性	37.0	0.15	0.70	533.7	826.7	372.4	0.0	25.2	218.1	2.2	10.1

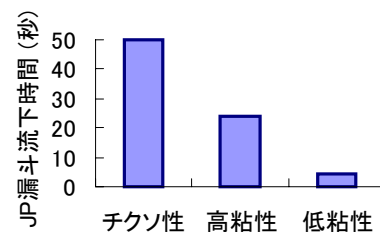


図-1 JP 漏斗流下時間

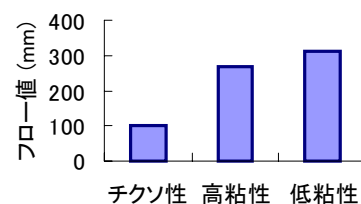


図-2 フロー値

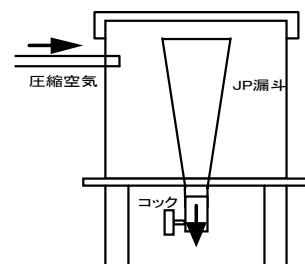


図-3 圧力流下試験装置

キーワード：チクソトロピー、ビンガム流体、ベントナイト、先流れ

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

$$\alpha = 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{\tau_f}{\tau_0} \right)^4 \quad \cdots (2) \quad \tau_0 = \frac{\rho g V + P \pi R^2}{a_s} \cos \theta \quad \cdots (3) \quad \tau_f = \frac{\rho g V_F}{\pi (\phi/2)^2 \left\{ (5\pi/2V_F)(\phi/2)^3 + 2 \right\}} \quad \cdots (4)$$

ここに、 ρ ：試料密度 g ：重力加速度 V ：漏斗容積 P ：圧力 R ：漏斗上面半径

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

(2) 実験結果および考察

各グラウトの JP 漏斗流下時間と圧力との関係を図-4、前述の δt と圧力との関係を図-5 に示す。図-4 から、チクソトロピー型の流下時間は、非加圧下では高粘性型よりも長い、加圧すると高粘性型よりも短くなり、ほぼ低粘性型の流下時間と同等となることが分かる。つまり、チクソトロピー型の流動性は、非加圧下では低い、加圧下では低粘性型並に高くなる。一般に、チクソトロピー性が高いほど加圧に伴って粘性が低下し、流下時間が短くなるため、本研究で用いたチクソトロピー型は他の 2 者に比べてチクソトロピー性が高いと考えられる。図-5 から、加圧下における δt の値が他の 2 者に比べて大きく、チクソトロピー性が高いと確認できる。

3. 実物大充填実験

(1) 実験概要

チクソトロピーグラウトの充填性を確認するために、実際の施工を想定した実物大

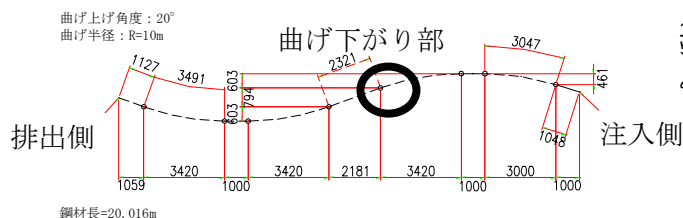


図-6 試験体の形状

充填実験を実施した。試験体の形状を図-6 に示す。実験には上記の 3 種類のグラウトを用いた。充填性の確認は、先流れの発生しやすい曲げ下がり部で行った（図-6 中の○で囲った部分）。

(2) 実験結果および考察

曲げ下がり部における低粘性型、高粘性型、チクソトロピー型の様子をそれぞれ図-7、図-8、図-9 に示す。低粘性型および高粘性型は、曲げ下がり部において先流れを起こし、大きな空隙が生じた（図-7、図-8 参照）。一方、チクソトロピー型は、曲げ下がり部においても全断面流下し、全体に渡って良好な充填性を得ることができた（図-9 参照）。

また、高粘性型は注入圧力が 1.5MPa 以上を要したのに対し、チクソトロピー型は 0.4MPa 程度で充填できた。このことから、チクソトロピー型は注入ポンプに与える負荷を大幅に減少できると考えられる。

これらの結果から、グラウトにチクソトロピー性状を付与すると、充填性が向上し、注入も低い圧力で容易に行うことができると考えられる。

4. 結論

- チクソトロピーグラウトは、非加圧下では高粘性型並の流動性であっても、加圧下では低粘性型並の流動性を示すことができる。
- チクソトロピーグラウトは、低い圧力で容易に注入することができる。

[参考文献]

- 1) 谷川恭雄ら：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, pp139~144, 1993
- 2) 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, pp117~127, 1988

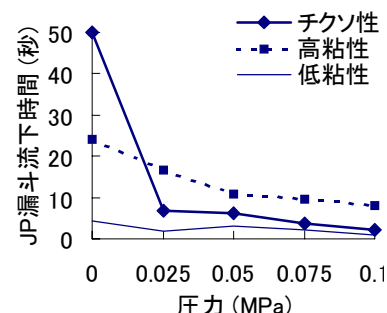


図-4 JP 漏斗流下時間

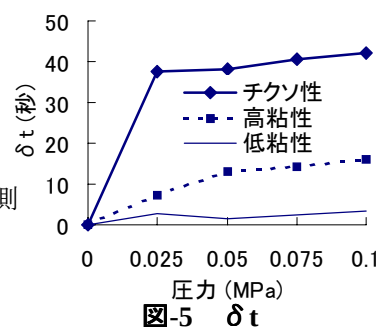


図-5 δt



図-7 低粘性型



図-8 高粘性型



図-9 チクソ性型