

MPS 法を用いたシース管におけるグラウトの充填性の解析

福岡大学 学生会員 ○高木 雅治 正会員 千田 知弘・橋本 紳一郎
オリエンタル白石株式会社 正会員 中村 敏之・吉村 徹

1. はじめに

近年、PC 橋においては、施行時におけるシース管内のグラウトの充填不良によって生じた空隙により、PC 鋼材が腐食し破断する問題が顕在化している。現在のシース管の排気孔の配置は FVM を用いた解析結果¹⁾を基として定められているが、精度が不十分であると考えられる。そこで本研究では、近年津波などの流体の解析で多くの実績のある、粒子法の一つである MPS 法を用い、シース管内のグラウトの充填性の評価を目的とした解析を行った。具体的には、グラウトの流動性試験である JP 漏斗試験及びモルタルフロー試験の解析を行い MPS 法の精度評価を行った後、シース管を対象とした解析を行い、空隙を表現できるかを検討した結果を報告する。

2. 解析概要

本研究では、汎用粒子法流体解析ソフトウェアである Particleworks を用い、グラウトをビンガム流体とみなし MPS 法で解析を行った。解析に使用した各材料定数を表-1 に示す。入力パラメータは、塑性粘度、密度、降伏値のように実験から得られる値と、降伏点パラメータのように仮定して与える値の 2 種類に分かれる。前者は実際に実験を行い、得られた値を解析に用い、後者は図-1 に示す bi-viscosity モデル²⁾を用いて流動限界ひずみ速度 $\pi_c=0.1$ として算出した。bi-viscosity モデルを用いる理由として、ビンガム流体はせん断応力が降伏値を超えるまでひずみ速度がゼロであり応力が不定となるが、この状態をモデル化するのは困難であるため、高粘性流体としてモデル化する必要があるためである。また、解析で使用する粒子径は精度に大きく影響すると思われるが、粒子径を小さくし過ぎると解析時間が膨大なものとなり、実用的ではない。そこでまず、

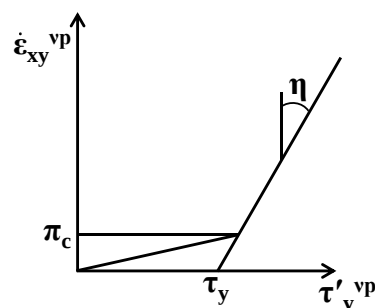


図-1 bi-viscosity モデル

表-1 解析に使用した材料定数

	塑性粘度(Pa・s)	密度(g/cm ³)	降伏値(Pa)	降伏点パラメータ($\pi_c=0.1$)
超低粘性	0.271	2.01	2.99	0.00906355

JP 漏斗試験およびモルタルフロー試験を行い、実験結果と比較することで最適な粒子径を設定していく。図-2 に

PC 橋のシース管の一部を模した斜め管の側面図を示す。シース管は $\phi 76.4\text{mm}$ 、直線区間 500mm、斜め区間 1000mm、排出口を端部から 100mm の箇所に配置したモデルを 3 次元でモデル化した。

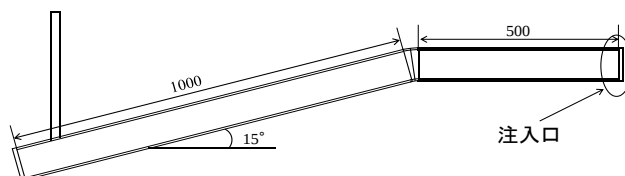


図-2 斜め管(単位:mm)

3. 解析結果及び考察

JP 漏斗試験の実験結果と粒子径を変えて行った解析結果を図-3 に、同様にモルタルフロー試験の実験結果と粒子径を変えて行った解析結果を図-4 に、解析結果の代表例として、粒子径を 2mm として解析した JP 漏斗試験の流動挙動を図-5 に、モルタルフロー試験の流動挙動を図-6 に示す。JP 漏斗試験における流下時間は、図-3 に示すように、実験、解析ともに、試験開始から流出口からのグラウトの流れが急激に細くなるまでの経過時間とした。モルタルフローの解析においては、試験開始から 5 秒後の最大径を図中に示した。JP

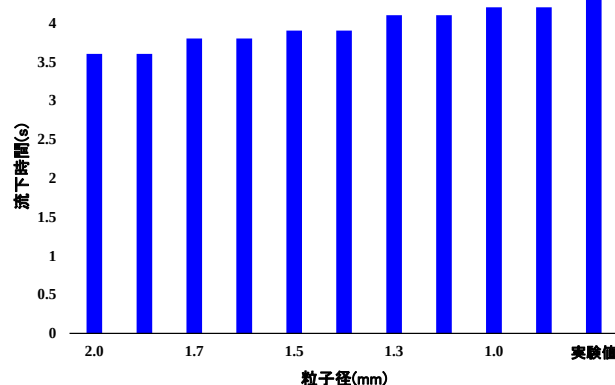


図-3 JP 漏斗解析結果

漏斗試験、モルタルフロー試験ともに、粒子径が小さくなる程、解析値は実験値に近づいていくことが分かる。ただし、1mm 以下の粒子径に設定した場合、解析結果に差が生じなくなったことから粒子径 1mm とした場合が最も精度の高い結果が得られるといえる。粒子径が小さいほど精度が向上する理由として、粒子径によって、粒子一粒の重量が異なることが上げられる。これは、本解析では、最初のパラメータで与えた密度から各粒子に重量を与えるのではなく、全重量を粒子数で除した値を各粒子の重量として与えるためである。よって、表-1 で与えた塑性粘度と、各粒子の重量の影響のバランスによって、解析結果に差が生じるものと推察される。しかしながら、粒子径を 2mm とした場合でも、十分に JP 漏斗試験、モルタルフロー試験をモデル化できており、また、精度と解析時間を検討した場合、粒子径 1mm と粒子径 2mm とでは解析時間に約 20 倍以上の計算時間に差があり、粒子径が増加するほどこの差は増加することから、粒子径 2mm が最も実用的であると判断した。なお、本解析に先んじてニュートン流体とした解析を予備解析として行っているが、図-5 に見られるようなグラウトが JP 漏斗に付着する挙動がみられず、モルタルフロー試験では、粒子が広がり続ける挙動が見られた。

上記解析結果を反映させ、図-2 に示す斜め管の解析を行った。本解析のモデルは、シース管の両端に蓋がされており、注入口から毎分 10 リットルのグラウトを流し込む設定で解析を行った。斜め管におけるグラウトの流動挙動を図-7 に示す。図-7 に示すように、グラウトは排気口を通して、上昇しているが、直管と斜め管の継ぎ手付近で空隙が生じている。よって、本解析手法でシース管内に生じる空隙をモデル化できることが確認された。

4.まとめ

本研究では、MPS 法を用い、シース管内のグラウトの充填不良によって生じた空隙をモデル化できるかの検討を行った。JP 漏斗試験及びモルタルフロー試験の解析し、実験結果と比較することで MPS 法の解析精度と再現性の確認を行ったのち、斜め管の解析を行い、空隙をモデル化できることが確認できた。

参考文献

- 1) 一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会, PC グラウト&プレグラウト PC 鋼材施行マニュアル 2013 改訂版, 2013.
- 2) 富山ら: フレッシュコンクリートの流動解析における MPS 法の適用, 構造工学論文集, Vol.55A, PP164-171, 2009.

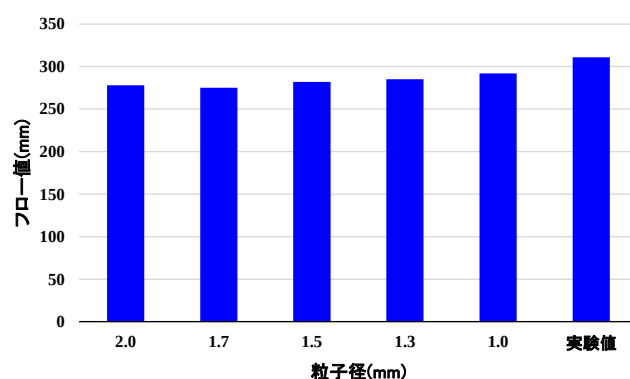


図-4 モルタルフロー試験の解析結果

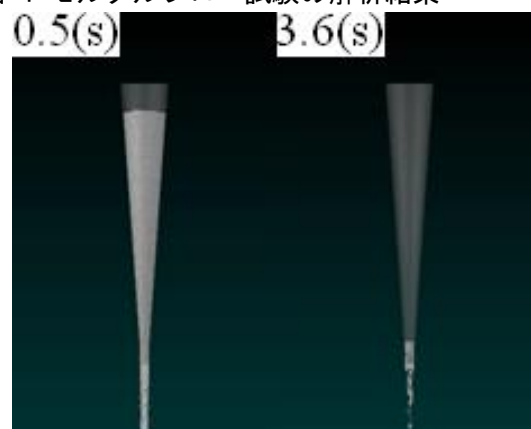


図-5 JP 漏斗試験の流動挙動

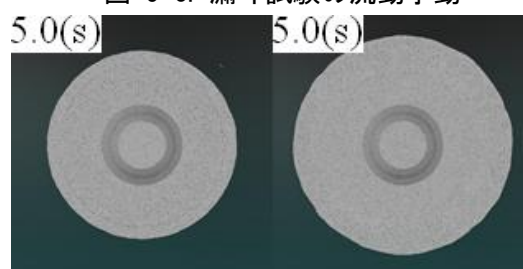


図-6 モルタルフロー試験の流動挙動

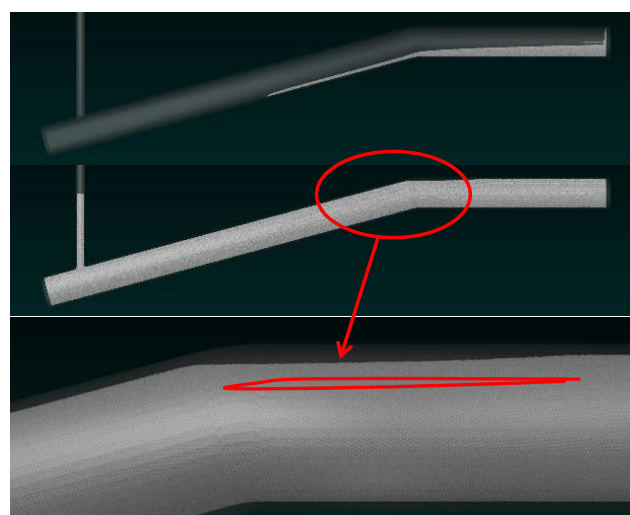


図-7 斜め管の流動挙動