

数値解析手法による PC グラウトの充填性に関する定量評価

竹中土木 正会員 西村 繭果

東京大学国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

PC グラウトは、PC 構造物の耐久性を確保するために不可欠であり、その品質や施工の良否により、構造物の寿命に大きな影響を与えと言っても過言ではない¹⁾。そのため、PC グラウトの施工においては、空隙を生じさせずに完全に充填させるシステムを確立することが重要である。現在、ノンブリーディングで高粘性タイプのグラウト用混和剤を使用することにより、シース内の断面を常に充滿させながら注入して空隙を生じさせない方法も用いられているが、定量的な面からの検討が完全になされておらず、施工方法として完全に確立されたとは言い難い。

そこで本研究では、PC グラウトの単桁 PC について注入実験を行い、空隙が生じることを確認した上で、数値解析手法を用いて、グラウトのレオロジー特性と注入条件により生じる空隙の大きさがどのように変化するか求めた。

2. グラウト注入実験

2.1 実験概要

現行の PC グラウト施工方法に基づいて、グラウトポンプを用いて単桁の模擬シースに注入する実験を行い、空隙が生じる様子を確認した。

実験は、図 1 のように、注入口 A、排気口 B、排出口 C のグラウトホースを有するシースで行い、注入開始後、排気口 B、排出口 C はグラウトホース先端よりグラウトが排出する直前で閉鎖した。シースの直径は 75mm とし、内部に PC 鋼材の代替として直径 12mm のナイロンロープを 8 本入れた。実験に用いたグラウトの配合は表 1 のとおりである。

2.2 実験結果

グラウトの注入の様子は図 2 に示すとおりである。下り勾配においては、最初先流れしてシースの断面を満たさないで流下したが、グラウトの先端が水平部分に達する前の時点では、全断面を満たして流下した。しばらくして、先に水平部分に流れたグラウトがシースの上面に達して流動し始め、このため図 3 のように、長さ約 50cm の残留空隙が生じた。その後、注入側の排気口 B よりグラウトが排出し始めたので、この排気口を閉じて、さらに注入を続けたところ、この残留空隙は移動することなくその場所に停滞し、他端の排出口 C よりグラウトが排出し始めるに至った。



図 1 実験に用いた模擬シース

表 1 グラウト配合

配合比率	材料
水セメント比 45%	セメント：普通ポルトランド
混和剤添加率 1% (対セメント重量)	混和剤：ノンブリーディング・ 粘性タイプグラウト用混和剤

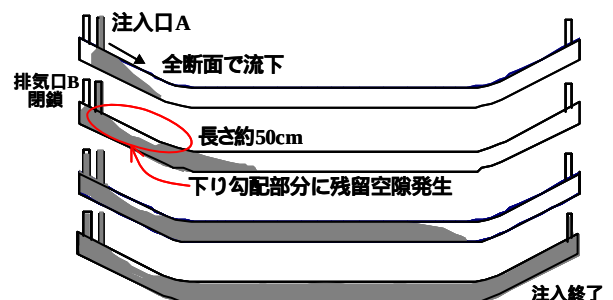


図 2 注入の様子



下り勾配に生じた残留空隙

図 3 下り勾配の様子

キーワード：PC グラウト，数値解析，レオロジー特性

連絡先：〒106-0032 港区六本木 7-22-1 TEL 03-3402-6231 FAX 03-3470-0759

3. 数値解析

2 での実験結果をふまえて、残留空隙が発生する条件を求めるために、数値解析を用いて検討を行った。流体解析プログラムは、3 次元有限体積法、非圧縮性流体解析、層流解析、自由表面解析とし、壁面応力は no-slip 条件、流体はニュートン流体（粘性係数によるレオロジー特性の定義）で密度は粘性タイプグラウトの実測値を考慮して、 1900kg/m^3 とした。

3.1 解析モデル

解析は、図 4 に示すようにシースの曲上げ部分について行った。シースの内径は 65mm、注入管の内径は 25mm とし、シースの曲上げ角度は水平から 20° とした。注入管における流体の注入速度を設定することにより、グラウトの注入量を設定した。解析のケースは表 2 のとおりで、流体の粘性係数と注入流量を表のように変化させて解析を行い、その結果、グラウトが下り勾配を流下しているときの流動勾配と生じた空隙の長さの関係を得た。流動勾配と空隙長さの定義は、図 5 のとおりである。

3.2 解析結果

解析結果において、解析の入力条件である粘性係数と注入流量をそれぞれ変化させた場合の空隙の発生状況を図 6 に示す。この結果より、残留空隙を発生させないためには、一定の条件を満たすように、注入流量を増大させるか流体の粘性を高める必要があることが明らかとなった。

図 7 に流体の、管を基準とした流動勾配と生じた空隙の長さの関係を示す。これより、残留する空隙の長さは、流体のレオロジー特性や注入流量によらず、流動勾配の大きさによってのみ決まることが分かる。従って、流体のレオロジー特性および注入流量によって、流動勾配が一意的に決まると言える。

またこのグラフより、流動勾配がある一定の角度より小さくなると、シース内に空隙が生じることが明らかとなった。本解析の条件(シース内径 65mm、シースの傾斜 20°)では、空隙が生じる限界の流動勾配はおよそ 9.3° であった。

4. まとめ

本研究により、単桁シースの PC グラウトの注入においては、下り勾配において空隙が生じる可能性があることが確認された。また、数値解析の結果より、空隙を発生させないための条件が、流体が下り勾配を流下するときの流動勾配により規定できることが明らかとなった。

【謝辞】 本研究を行うにあたり、(株)エヌエムピー 菅俣氏、(株)住友精化 宮本氏に実験の材料及び器具を提供していただきました。また千葉工業大学 4 年生の伊藤一聡君にご助力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】 (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC グラウト施工マニュアル，1996

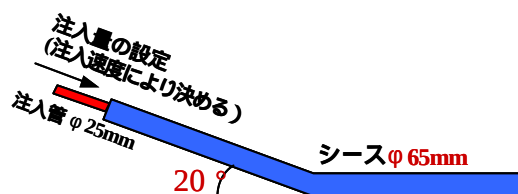


図 4 解析に用いたモデル

表 2 解析のケース

粘性係数 (Pa・s)	設定注入流速 (cm/s)	注入流量 (l/min)
3.0	78 ~ 140	23.0 ~ 41.2
3.5	70 ~ 78	20.6 ~ 23.0
4.0	54 ~ 66	15.9 ~ 19.5
4.5	52 ~ 60	15.3 ~ 17.7
5.0	48 ~ 55	14.1 ~ 16.2

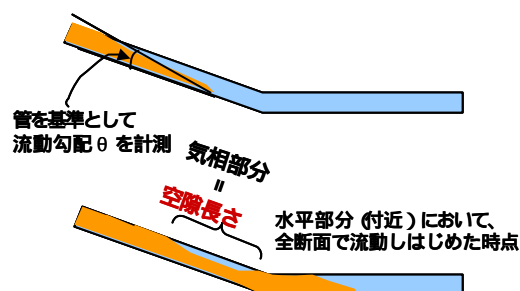


図 5 流動勾配および空隙長さの定義

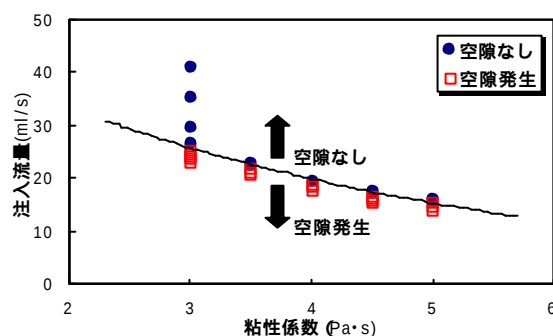


図 6 空隙の発生状況

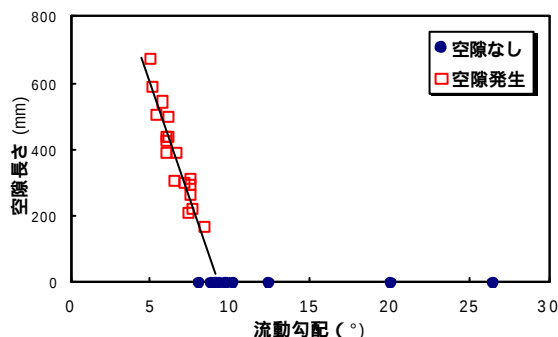


図 7 流動勾配と空隙長さの関係