

PCグラウトの練混ぜ方法と注入方法に関する一考察

(株)安藤・間		○工藤 朗太
(株)安藤・間	正会員	田辺 重男
(株)安藤・間	工修	坂田 祐介
熊本高等専門学校	正会員 博(工)	松家 武樹

1. はじめに

PCグラウトは、PC鋼材の腐食防止、およびシース管内のPC鋼材とコンクリートの一体化の2つの役割を担っている。このため、PCグラウトの品質や施工の良否は、構造物の耐久性や構造特性に大きな影響を与える。

筆者らはこれまでに、高粘性型PCグラウトの製造後に遠心作用による練混ぜを付与することで、JP漏斗による流下時間（以下、単に流下時間と略記）を維持したまま水セメント比（以下、W/Cと略記）を小さくできることを確認している¹⁾。このことは、PCグラウトの練混ぜにおいて品質向上に資する工夫の余地があることを示唆している。

さらに筆者らはPCグラウトには0.3%から4.4%のエントラップトエアが含有されることを明らかにしている¹⁾。エントラップトエアの混入は、PCグラウトの空隙率を増加させることに加えて、圧縮強度などの品質を低下させる原因となる。なお、このエントラップトエアを循環式注入法により減少させる方法も開発されている²⁾が、練混ぜ時に実施することができるとの方法の開発も必要と思われる。

一方、PCグラウトの注入方法については、これまでに真空ポンプを併用した注入の研究³⁾や施工の報告⁴⁾が行われている。この方法は、真空ポンプを排出口に接続し、そこから真空吸引を行うことでシース管内を減圧し、充填性の向上を図るものである⁵⁾。最近では、超低粘性型PCグラウトに対しても真空ポンプの併用が広がりつつある。しかしながら、超低粘性型PCグラウトの場合、曲げ下がり部においては先流れにより排出口側の低い位置から先に充填される。したがって、シース管内が完全に充填されるまでの間、排出口に接続した真空ポンプでは減圧を十分に確保できていないと考えられる。つまり、排出口からの真空吸引では、その効果が十分に発揮されていない可能性がある。なお、萩原ら⁶⁾は排出口に加えて中間排気口からも真空吸引する方法を行っているものの、対象は高粘性型PCグラウトであり、超低粘性型PCグラウトでは行っていない。

以上のことを踏まえて本研究では、グラウトミキサーでPCグラウトを練り混ぜる際の手順の違いが品質に与える影響、および超低粘性型PCグラウトを注入する際の真空吸引の有無やその位置が施工の良否に与える影響について把握することを目的として、実物大試験体によるPCグラウトの注入実験を実施した。

2. 実験概要

2.1 試験体の形状

図-1に試験体の形状を示す。試験体の形状は、水平長を10.8m、下り勾配を10度として約1mの高低差をもたせた。また、シース管には内径80mmの波形透明ポリエチレン製シースを用い、呼び径15.2mmのPC鋼より線を12本挿入した。なお、本実験では高粘性型および超低粘性型PCグラ

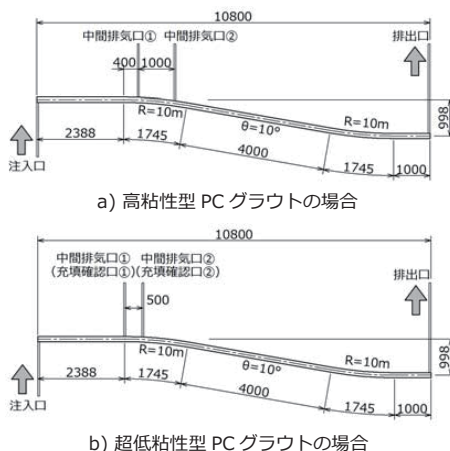


図-1 試験体の形状

ウトの2種類を用いており、中間排気口の位置は、粘性タイプに応じて異なるものとした⁵⁾。

2.2 実験メニュー

表-1に実験メニューを示す。高粘性型PCグラウトには混和剤としてGF-1720を用い、超低粘性型PCグラウトにはプレミックスタイプのハイジエクターを使用した。なお、それぞれの流下時間の目標値は製品ごとに規定されている値の中間値とした。

高粘性型PCグラウトの練混ぜにおいては、練混ぜを最後まで連続で行う場合 (Case1) と練混ぜ途中で静置時間を設ける場合 (Case2) の2種類の手順で実施した。図-2に練混ぜ手順を示す。Case1は、混和剤メーカーが規定している従来から実施されている練混ぜ方法である。Case2は、2分間練り混ぜたのち5分間の静置時間を設け、再度1分間練混ぜを行うものである。

練混ぜ終了時の攪拌羽根の停止においては、ミキサーの電源を切ることにより急激に攪拌羽根の回転を停止させる方法 (以下、急停止方法と略記) と、インバータを用いて周波数を調整することにより攪拌羽根の回転数を徐々に減少させる方法 (以下、緩停止方法と略記) の2種類を実施した。図-3に攪拌羽根の停止方法の概要を示す。緩停止方法は、練混ぜ終了後に30秒をかけて攪拌羽根の回転数を徐々に減少させ、最終的にゼロにするものである。

超低粘性型PCグラウトの注入においては、真空吸引を行う場合についても実施した。真空吸引については、排出口からのみ真空吸引を行う場合と、排出口および中間排気口の双方から真空吸引を行う場合の2種類を実施した。なお、真空吸引の詳細については後述する。

また、本実験ではPCグラウト硬化後にシース管内の空隙を測定している。測定位置は曲げ下がり開始位置付近となる2箇所の中間排気口の間とした。

2.3 PCグラウトの注入方法

表-1に示すとおり本実験では5ケースについて注入試験を行っている。Case1、Case2およびCase3は注入時に真空吸引を行わない方法であり、Case4およびCase5は注入時に真空吸引を行う方法である。図-4に真空吸引を行う場合の機材配置を示す。Case4は排出口からのみ真空吸引を行ってシース管内を減圧させる方法である。これに対しCase5は、排出口および中間排気口をグラウトホースで繋ぎこみ、その双方から真空吸引を行ってシース管内を減圧させる方法である。また、Case4においては充填確認口②に負圧計を設置した。これ

表-1 実験メニュー

Case No.	粘性タイプ	目標流下時間 (s)	W/C (%)	練混ぜ方法		注入時の真空吸引	
				練混ぜ途中の静置	攪拌羽根の停止方法	排出口	中間排気口
Case1	高粘性型	18.5 (規定値 14~23)	44.0	—	急停止	—	—
Case2			42.5	○	緩停止	—	—
Case3	超低粘性型	4.75 (規定値 3.5~6)	38.0	—	急停止	—	—
Case4				—	緩停止	○	—
Case5				—	緩停止	○	○

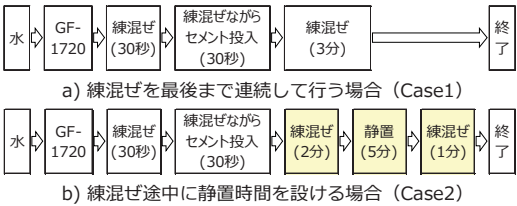


図-2 高粘性型 PC グラウトの練混ぜ手順

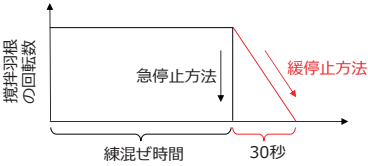


図-3 攪拌羽根の停止方法

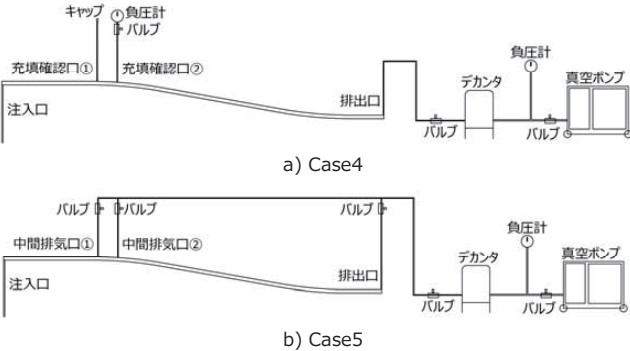


図-4 真空吸引を行なう場合の機材配置

を用いて、先流れが生じて排出口側から先に充填されたあとの曲げ下がり部におけるシース管内の減圧状態の変化を測定した。なお、真空吸引を行うケースでは、シース管内を -0.085MPa まで減圧し、シース管内の密閉状態が確保されていることを確認してから注入を開始した。

3. 実験結果および考察

3.1 PCグラウトの品質

(1) 流下時間

図-5に流下時間の測定結果を示す。PCグラウトの流下時間はすべてのケースにおいて各製品の規定値の範囲内に収まっている。

本実験では、練混ぜ途中で静置時間を設けないCase1に対して、静置時間を設けたCase2ではW/Cを小さくしている。しかしながら、この2ケースはほぼ同じ流下時間となった。このことから、高粘性型PCグラウトでは練混ぜ途中で静置時間を設けることで、流動性を維持したままPCグラウトのW/Cを小さくでき、圧縮強度や緻密化による塩分浸透抵抗性などの品質を向上させることが可能であるといえる。

(2) 空気量

図-6に空気量の測定結果を示す。本実験では、緩停止方法は急停止方法に比して空気量は小さくなっている。なお、本実験におけるPCグラウト温度は 18.0°C から 22.5°C の範囲であった。筆者らの既往の研究¹⁾では、PCグラウト温度が高いほどエントラップトエアの含有量が多いことを明らかにしている。このことから、PCグラウトの温度が高くエントラップトエアが問題になるような場合には、攪拌羽根の緩停止がエントラップトエアの低減に有効な手法となる可能性がある。

3.2 注入時の目視による流れ方の確認

図-7に注入時のPCグラウトの目視による流れ方の確認結果を示す。高粘性型PCグラウトでは練混ぜ方法の違いにかかわらず先流れが生じず、超低粘性型PCグラウトでは真空吸引の有無や位置にかかわらず先流れが生じた。また、Case4の充填確認口におけるシース管内の負圧の測定結果は、PCグラウトが排出口に到達した時点から徐々に大気圧状態に近づくものとなった。このことから、排出口からのみの真空吸引では、曲げ下がり部において真空ポンプ併用の効果が十分に得られていないと判断できる。

3.3 PCグラウト表面における空隙率

表-2に超低粘性型PCグラウトの場合のシース管内の空隙率を示す。ここに示す空隙率とは、シース管断面に形成された空隙面積をシース管断面積で除して求めた割合である。空隙面積は2箇所との中間排気口の間の10箇所を測定した平均値とした。空隙率は、排出口からのみ真空吸引を行なったCase4が2.7%と最も大きく、真空吸引を行わなかったCase3の1.1%を上回る結果となった。一方、中間排

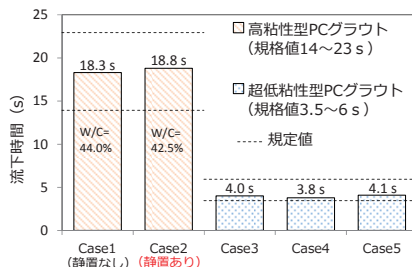


図-5 流下時間

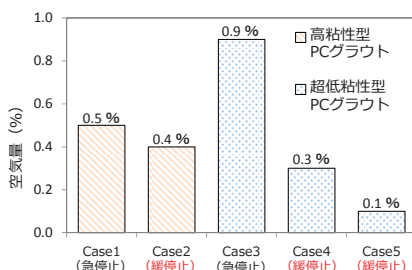
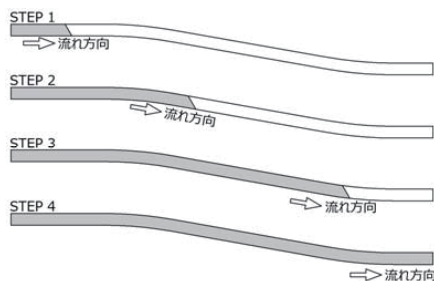
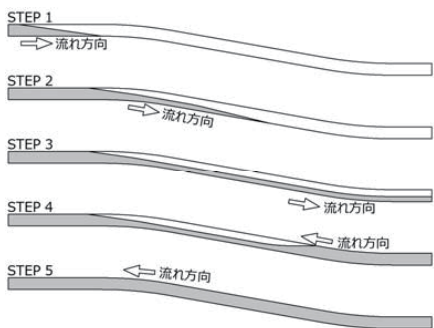


図-6 空気量



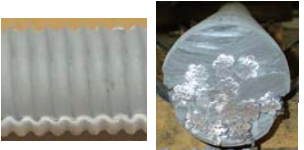
a) 高粘性型 PC グラウトの場合



b) 超低粘性型 PC グラウトの場合

図-7 PC グラウトの流れ方

表-2 空隙率

Case No.	Case3	Case4	Case5
真空吸引	なし	排出口のみ	排出口+中間排気口
空隙発生状況			
空隙率 (断面積比)	1.1%	2.7%	0.0%

気口からも真空吸引を行ったCase5では空隙はまったく発生しなかった。シース管の全長を見てもCase5の空隙がもっとも少ない状況であった。このことから、超低粘性型PCグラウトの場合、排出口および中間排気口の双方から真空吸引する方法は充填性を向上させる有効な施工法であること、排出口のみから真空吸引を行う方法は真空吸引を行わない方法よりも充填不良のリスクが高くなることが分かる。なお、高粘性型PCグラウトを用いたCase1およびCase2では、注入終了後の再加圧時にシースジョイント部よりPCグラウトが漏出したことから、空隙の測定を行っていない。

4. まとめ

本報告の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 高粘性型PCグラウトでは、練混ぜ途中に一定の静置時間を設けることにより、流下時間を従来の練混ぜ方法とほぼ同じとしたままW/Cを小さくすることができる。
- (2) 練混ぜ終了後、攪拌羽根を徐々に停止することによりPCグラウトに含有されるエントラップトエアの量を低減することができる。
- (3) 目視確認によるPCグラウトの流れ方は、高粘性型PCグラウトでは先流れが生じず、超低粘性型PCグラウトでは先流れが生じた。また、高粘性型PCグラウトでの練混ぜ方法の違いや超低粘性型PCグラウトでの真空吸引の有無は、PCグラウトの流れ方に影響を及ぼさない。
- (4) 超低粘性型PCグラウトの注入に真空ポンプを併用する場合、排出口からのみ真空吸引を行う方法では曲げ下がり開始位置付近に大きな空隙を発生させる。
- (5) 超低粘性型PCグラウトの注入に真空ポンプを併用する場合、排出口および中間排気口の双方から真空吸引を行う方法により、排出口からのみ真空吸引を行う方法で発生する空隙を著しく小さくすることができる。

参考文献

- 1) 松家武樹, 田辺重男, 木村茂昭, 坂田祐介: 真空および大気圧下での遠心作用による練混ぜを付与したPCグラウトの諸特性, プレストレストコンクリート工学会第23回シンポジウム論文集, pp.47-52, 2014.
- 2) 圓尾直信, 岡部成行, 前田文男: 循環式注入法によるPCグラウトの施工, セメント・コンクリート, No.808, pp.33-38, 2014.
- 3) 内山周太郎, 野永健二, 山口隆裕: PCグラウト注入における真空ポンプと注入ポンプ併用の効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.2, pp.745-750, 2003.
- 4) 坂本弥, 倉田孝司, 小篠康徳, 牧大樹: 真空ポンプ併用式PCグラウト注入工法の現場適用性について—八本松跨道路上部工事—, プレストレストコンクリート, Vol.46, No.1, pp.81-88, 2004.
- 5) 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(施工マニュアル2013改訂版), 2013.
- 6) 萩原秀樹, 清田三四郎, 武田哲郎, 内山周太郎: フィンバックPC橋における真空ポンプ併用グラウト—北陸新幹線 姫川橋りょう—, プレストレストコンクリート, Vol.48, No.1, pp.22-27, 2006.