

裏込め注入材料を用いたPCグラウトの地上注入試験

三井住友建設(株) 正会員 ○金子 正士 三井住友建設(株) 正会員 須川 智久
 住建コンクリート工業(株) 正会員 植竹 克利 (株)立花マテリアル 石井 三郎

1. はじめに

著者らが検討しているPCセグメントは、あらかじめシースを埋め込んであるコンクリートセグメント1リングを組み立てた後、アンボンドPC鋼より線を挿入し、ポストテンション方式でプレストレスを導入してリングを形成する。このため、シースとアンボンドPC鋼より線との間に空隙が残り、PCグラウトが必要となる。本稿では、シールド坑内でのPCグラウトの課題と対策、ならびに地上で行った注入試験について報告する。

2. 裏込め注入材料を用いたPCグラウトの概要

(1) PCグラウトの課題

シールド坑内でPCグラウトを行う場合、以下の課題があった。

- ・PCグラウトは、PCセグメント組立・緊張後に、できるだけ速やかに行うのが望ましく、そのためには、シールドの施工サイクルに組み込む必要がある。
- ・トンネルの横断面方向のシースに注入する場合、高低差によりクラウン部に空気が残留しやすい。
- ・トンネルの規模にもよるが、PCグラウト量は少ないため、グラウト材の地上からの配管による供給は、ロスが多く、適さない。また、坑内で作液を行う場合、粉体から発生する粉塵により、坑内環境が悪化する。

(2) 裏込め注入材料を用いたPCグラウト

前項の対策として、シールド裏込め注入とPCグラウトの、注入材料、作液装置、配管経路の共有化を検討した。シールド裏込め注入は、二液性可塑状型の注入材料を用いて、地上の自動作液プラントから圧送注入するシステムが一般化している。今回は、このシステムから、シールド坑内においてA液、B液を小型ミキサーに受けて、混練りに後に注入する方式とした。この場合、グラウト材料はゲル化した後で練り返してから注入される。

なお、アンボンドPC構造であるため、コンクリートと一体性を確保するための強度は必要なく、防食が主目的となる。また、PCグラウトは、長期安定性、無収縮性、止水性に優れること、PC鋼材の劣化につながる物質が含まれていないことが必要となる。

(3) 本システムの特長

- ・シールド裏込め注入システムにPCグラウトを組み込むことで、作業の省力化、コスト削減が期待できる。
- ・シールド掘進中にPCグラウトを行うことで、PC緊張直後に確実な充填が可能となる。
- ・二液性可塑状型裏込め注入材を使用することで、横断面方向の注入でもグラウト材が先流れしにくく、確実な充填性が期待できる。

3. 地上注入試験

(1) 試験の目的

本試験は、シールド裏込め注入とPCグラウトの材料、施工システムを統合することを前提として、PCグラウト注入の充填性や適正な配合および注入方法を確認することを目的とした。

(2) 試験装置

本試験は、セグメント内径3.0mのシールドを想定して、シース中心径3.225mとして、足場材に円形に固定した(図-1)。シース材は充填性が目視で確認できるように透明とし、一部ケースは、実際のPCセグメントに用いられているポリエチレンシースとした。また、シース内には、アンボンドPC鋼より線に模したプラスチックチューブまたは、実際のアンボンドPC鋼より線を挿入し、シースの接続部には緊張側と固定側が一体となった鋳鉄製一体型定着体を設置し、その端部に注入孔および排気孔をセットした(写真-1)。

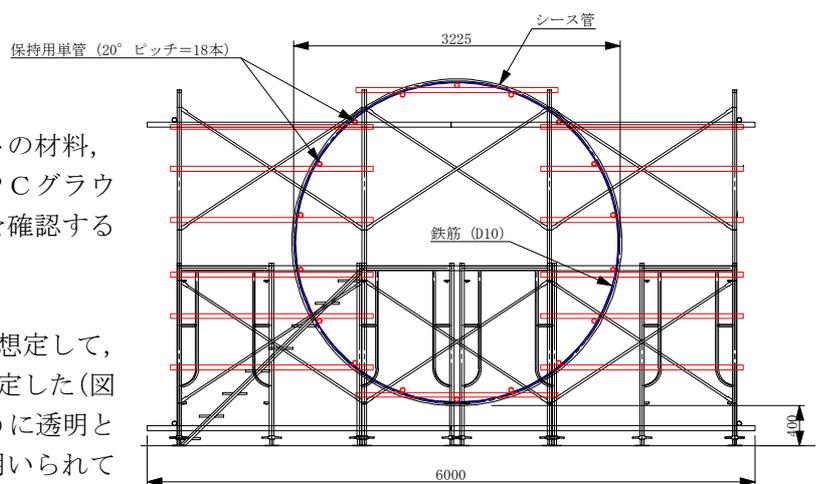


図-1 試験装置概要図

キーワード；PCセグメント，PCグラウト，シールド裏込め注入

連絡先；〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1(住友中野坂上ビル6階) TEL03-5537-2139 FAX03-3367-4761

(3) 配合

PCグラウト材の配合は、可塑状裏込材のA液（表-1）をベースとして、B液および長期強度を高めるための硬化材、練り返し後の性状を安定させるための可塑材を後添加した（表-2、図-2）。

(4) 試験ケース、試験項目

試験は注入位置及び配合などのパラメータを組み合わせて、表-3の7ケースとした。また、試験項目は、施工性や充填性の確認を目的とし、表-4の項目とした。

(5) 試験結果

① 注入時の確認

CASE 1 では、充填材の下降する側面部分において、先流れを起し、未充填の部分が確認された。CASE 2 以降では、ほぼ良好な充填状況となった。注入速度一定（8ℓ/min）の場合の、実注入圧は、配合1～3で0.11～0.25(Mpa)となった。また、注入速度を若干早めた場合でも、充填性に大きな差異は見受けられなかった。

② 充填材硬化後の切断による確認

CASE 1 では側面の未充填を確認した（60cm程度）。CASE 2 では、数箇所エア溜りが確認された（側面、上部）。その他の試験ケースでは、エア溜りはなく実物シースのCASE6,7に関しても切断した範囲での充填状況は良好であった（写真-2）。

③ 品質

混合直後のテーブルフローは、配合1～3で155～95mmとなった。また、練り返し後は、配合3で170mmとなった（表-5）。ブリージングは確認されなかった。また、ほぼ密閉状態で養生した供試体に関しては乾燥収縮もほとんど確認されなかった。

表-5 計測結果および品質試験結果

配合	テーブルフロー		注入速度 (ℓ/min)	注入圧			コンクリート強度	
	混合直後 (mm)	練り返し 後 (mm)		循環時 (Mpa)	注入時 (Mpa)	実注入 圧 [*] (Mpa)	σ_7 (N/mm ²)	σ_{28} ^{**} (N/mm ²)
1	155	—	8	0.40	0.51	0.11	—	—
2	130	—	7.8	0.56	0.73	0.17	—	—
3	95	170	8	0.73	0.98	0.25	1.8	5.3

※実注入圧＝注入時－循環時、 ※※室内配合試験時

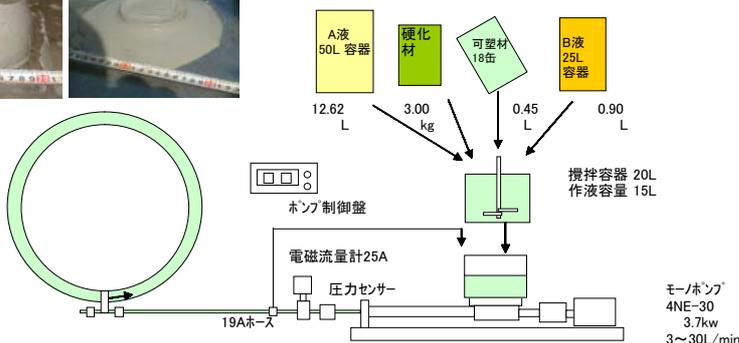


図-2 作液・注入装置概要図

表-1 可塑状裏込材配合

名称 (タイプ)	配合 1 m ³				急硬化 (Q)
	A液				
名称 (タイプ)	固化材 (KS)	助材 (T-6)	安定剤 (RL)	水 (水道)	
配合量	230kg	60kg	2ℓ	822ℓ	75ℓ
容量比	925ℓ				75ℓ

表-2 PCグラウト材基本配合

名称	配合 1 m ³			
	A液 ℓ	B液 ℓ	硬化材 (増強剤) kg	可塑材 (ポリマー) ℓ
配合 1	851	50	200	30
配合 2	841	60	200	30
配合 3	831	70	200	30

表-3 試験ケース

試験ケース	PC鋼材	シーす	配合	注入位置
CASE.1	12.7	透明	1	下
CASE.2	12.7	透明	2	下
CASE.3	12.7	透明	3	下
CASE.4	12.7	透明	3	横
CASE.5	21.8	透明	3	下
CASE.6	12.7	実物	3	下
CASE.7	21.8	実物	3	下

表-4 試験項目

	項目	測定内容
充填性	シーす内充填確認	充填確認（施工時目視） 断面確認（施工後切断）
	コンシステンシー	配合ごと
品質	一軸圧縮強度	基準配合（ σ_7 , σ_{28} ）
	ブリージング	基準配合
	乾燥収縮	基準配合

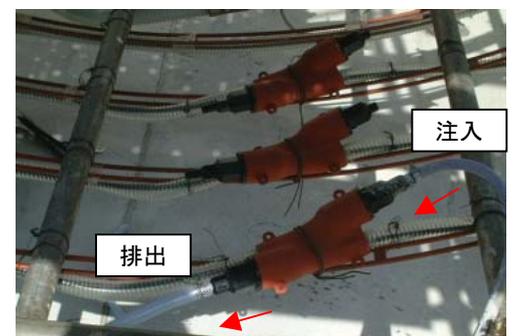


写真-1 注入状況（CASE1）



写真-2 硬化後の切断確認（CASE7）

4. まとめ

シールド用可塑状裏込注入材料をベースとして、硬化材、可塑材を一部添加すれば、充填性、強度、ノンブリージングといったPCセグメント用のPCグラウトとしての材料特性は、満足できた。

5. 今後の課題

現状では、シールド坑内での練り直しが必要となるが、大口径シールドを前提とした場合、連続注入の可能な自動プラント化が望まれる。今後実工事に適用する中で、改良を進めたい。

参考文献 ・可塑状裏込め注入工法技術マニュアル 可塑状グラウト協会シールド注入部会