

中口径P & PCセグメント工法におけるPCグラウトの実規模注入実験

鹿島建設(株)	正会員	滝本 邦彦	東亜建設工業(株)	正会員	犬伏 義徳
日本国土開発(株)	正会員	杉本 雅人	○三井住友建設(株)	正会員	金子 正士
SMCコンクリート(株)	正会員	植竹 克利	ジオスター(株)	正会員	白石 哲也

1. はじめに

P & PCセグメント工法は、組み立てたコンクリート製セグメントのトンネル円周方向にプレストレスを導入するシールドトンネル工法である(図-1)。本工法では、シースとPC鋼より線の間にPC鋼より線の防食を目的にグラウト材を充てんするが、シースが円弧状に配置されるため、天端部でグラウト材の先流れが生じて充てん不良が発生しやすくなる。シールド内径が大きくなるとシース径が大きくなって充てん断面積が増加するため、その現象がさらに顕在化する可能性が高く、グラウト材の注入に際しては十分な検討が必要となる。今回、セグメントの径が5,000mmの中口径トンネルを対象にPCグラウトの実規模注入実験を実施した。本報は、その結果についてとりまとめたものである。

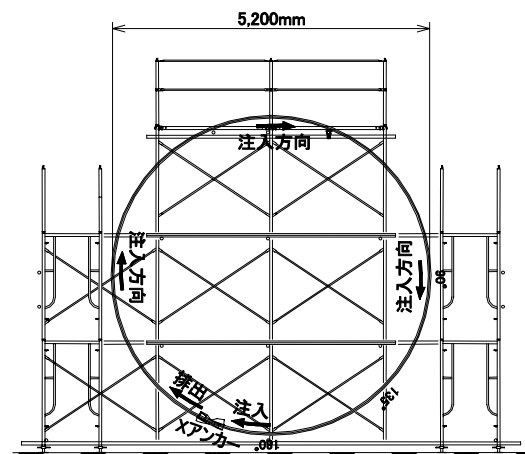


図-2 実験設備の概要

2. 実規模注入実験の概要

実規模注入実験の実験設備を図-2に、シース・PC鋼より線の仕様を実構造物と比較したものを表-1に示す。実験で用いたシースは、グラウト材の充てん状況が目視観察できる透明シースと実構造物に使用するポリエチレンシースの2種類とした。シース内にはアンボンドPC鋼より線を模したプラスチックチューブを挿入し、鋳鉄製一体型定着体(Xアンカー)で接続した。

表-1 シース・PC鋼より線の仕様

項目	単位	実構造物	実験	
シース	仕様	—	ポリエチレン	透明
	内径	mm	36.0	38.1
	断面積	mm ²	1,018	1,140
PC鋼より線	仕様	—	1S17.8	プラスチックチューブ
	外径	mm	21.8	21.0
	断面積	mm ²	373	346
充てん断面積	mm ²	645	672	794
空隙率	%	63.3	66.0	69.6

実験では、表-2に示すようにグラウト材の種類と注入速度を変化させて注入を行った。グラウト材の計量値を表-3に示す。グラウト材には、先流れの防止を期待して高粘性型のもと高チクソトロピー性を有するもの¹⁾(以下、高チクソ型)を用いた。高チクソ型についてはプレミックスタイプと混和剤タイプを用い、混和剤タイプは水セメント比を3水準変化させた。練混ぜには高速グラウトミキサ(容量100リットル、回転数1,000rpm)を用い、練混ぜ時間は全材料投入後5分間とした。注入には可変式グラウトポンプ(吐出圧力2.5MPa)を用い、2インチの圧送ホース20mとテーパ管を介した1インチの注入ホース2mを介して圧送し、円弧下端に配置したXアンカー

の注入口から円弧上方に向かって注入した。測定および観察項目は、グラウト材のコンシステンシー(JASSフロー試験($\phi 50 \times h 50\text{mm}$)), 注入圧, 注入中および硬化後(シース切断後)

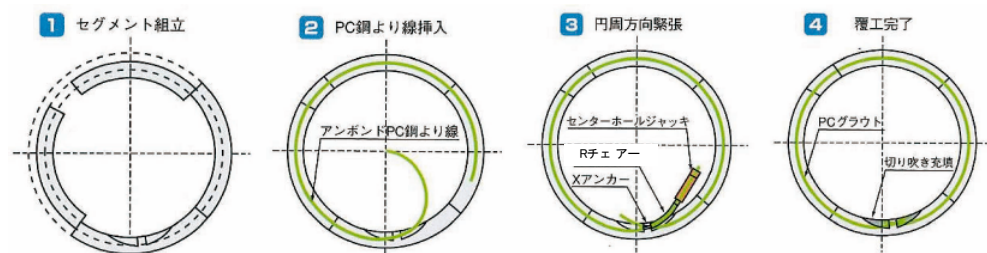


図-1 P & PCセグメント工法

表-2 検討要因と実験水準

Case	グラウト材種類	水結合材比(%)	注入速度(ℓ/分)	シース種類
1	高粘性型	50	10	透明シース
2			5	
3	高チクソ型(プレミックス)	33	10	透明シース
4			5	
5	高チクソ型(混和剤)	37	10	透明シース
6			5	
7			10	
8			5	
9		39	10	実シース
10			5	
11		41	10	
			5	

キーワード P & PCセグメント工法, PCグラウト, 充てん性, 高チクソトロピー性

連絡先 〒164-0011 東京都中野区中央1-38-1 住友中野坂上ビル6F TEL 03-5337-2132

の充てん状況とした。

3. 実験結果および考察

実験結果の一覧を表 - 4 に示す。高粘性型は、いずれの注入速度においても円弧頂部を超えた 30° 付近の下り勾配部からグラウト材の急激な先流れが生じた。また、シース切断後の充てん検査において

も連続した広い範囲で未充てん部が生じていた。なお、注入速度を上げることで未充てん範囲が小さくなったが、10 リットル/分の注入速度でも十分な充てんは得られなかった。これに対して高チクソ型は、いずれのケースにおいても、鉛直下向き部でも先流れすることなくシース内を充てんしていく様子が観察された(写真 - 1)。シース切断後の充てん検査においても、材料中に含まれていたと思われる空気泡(表 - 4, 写真 - a)が一部のケースで観察されたものの、シース内はほぼ完全に充てんされていた。また、高さ約 2mm のリブを有する実シースにおいてもリブ内部までグラウト材が密実に充てんされていた。高チクソ型は、写真 - 2 に示すようにせん断応力が作用しない状態では形状を保持し、せん断応力が作用すると容易に変形するような性状¹⁾を有していた。高チクソ型は、せん断応力がシース内で最も小さい流動先端部で形状を保持しようとするため、先流れが生じないものと推察された。なお、高チクソ型については、全ケースとも注入中およびシース切断後の充てん状況に有意な差が認められなかったが、注入圧に関しては、注入速度が速い方が、プレミックスタイプよりも混和剤タイプの方が、また、水セメント比が小さい方が高い圧力を示した。これらの結果を踏まえると、実際の施工では、高チクソ型のグラウト材を用い、JASS フロー値を本実験で良好な充てん性が確認された範囲(60~80mm)で管理し、注入圧が過大とならないように注入速度を変化させることで、良好な充てん性が得られるものと判断された。

4. まとめ

中口径 P & P C セグメント工法における P C グラウトの注入に高チクソ型のグラウト材を用いることで良好な充てんが得られることが確認された。今後、品質管理基準や作業手順等を整備していく予定である。

謝 辞: 本実験を行うに際しては(株)デイ・シイ殿より多大な御協力を頂いた。深く感謝の意を表します。

参考文献: 1) 蝦名, 二戸, 丸岡, 藤原: 高チクソトロピー性グラウトの研究開発, プレストレストコンクリート, Vol.47, No.3, pp.64-70, 2005.5

表 - 3 グラウト材の配合(計量値)

Case	グラウト材種類	水結合材比(%)	計量値(kg/ハッチ)				
			水	高炉セメントB種	プレミックス粉体	高粘性型混和剤	高チクソ型混和剤
1, 2	高粘性型	50	37.55	75(3袋)	—	0.75	—
3, 4	高チクソ型(プレミックス)	33	24.75	—	75(3袋)	—	—
5, 6, 7	高チクソ型(混和剤)	37	27.75	75(3袋)	—	—	3
8, 9		39	29.25	75(3袋)	—	—	3
10, 11		41	30.75	75(3袋)	—	—	3

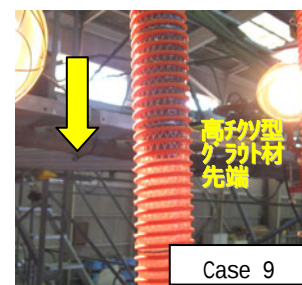


写真 - 1 充てん状況



写真 - 2 高チクソ型の性状

表 - 4 実験結果と充てん状況の評価一覧

Case	グラウト材 種類	水結合 材比 (%)	シース 種類	注入 速度 (kg/分)	JASSフロー (mm)			注入 圧 (Mpa)	注入中の 先流れ	シース切断後の評価
1	高粘性型	50	透明	10	156 × 154	155	0.4	あり	頂部に長さ560mm, 深さ21mmの連続した未充てん部あり	
2				5	161 × 161	161	0.3	あり	頂部に長さ2500mm, 深さ18mmの連続した未充てん部あり	
3	高チクソ型 (プレミックス)	33	透明	10	66 × 66	66	0.9	なし	最頂部に微細な空気泡あり	
4				5	67 × 66	67	0.6	なし	空隙なし	
5	高チクソ型 (混和剤)	37	透明	10	63 × 62	63	1.4	なし	最頂部に微細な空気泡あり【写真-a】	
6				5	63 × 62	63	1.3	なし	空隙なし	
7				5	63 × 62	63	1.2	なし	頂部1m区間のリブに深さ1mm以下の独立空隙	
8		39	透明	10	66 × 65	66	1.0	なし	空隙なし	
9				5	66 × 66	66	1.0	なし	空隙なし	
10		41	透明	5	72 × 71	72	0.7	なし	頂部に微細な空気泡あり	
11				5	79 × 78	79	1.0	なし	頂部1m区間のリブに深さ1mm以下の独立空隙【写真-b】	

<JP漏斗流下時間> Case1:22.8秒, Case2:21.2秒 その他のケースは∞(閉塞) <ブリーディング率> 全ケースとも0%



【写真 - a Case5 (頂部)】



【写真 - b Case11 (頂部)】