

セメント処理したシールド発生土の流動性に関する考察

帝都高速度交通営団 建設本部 フェロ 藤木 育雄 ○正員 西村 高明
同 上 正員 木下 賢 清水 弘司

1. はじめに

帝都高速度交通営団では、泥水式シールドから発生する余剰泥水および土砂（一次処理土）の再生利用に関する研究を数年来行ってきた。このうち余剰泥水は、既にセメント系固化材を添加し開削工事の埋戻し材として活用している。発生土砂は、複線シールドトンネル下部のインバート材（以下発生土インバート）として活用を始めている。しかし現場の使用にあたって、発生土の性状や含水比の変化により流動性に問題が生じたことから、フレッシュな状態で具備すべき、流動性の保持について検討を行ったので報告する。

2. 発生土インバートの製造

インバート材に使用する発生土は、掘削泥水を一次処理する段階で粗い粒径（2mm以上）と細かい粒径（75mm以下）が取り除かれた砂分を使用する。この砂をインバート製造プラントに搬送し、所定量のセメント、水または泥水及び混和剤と混練りし、ポンプ圧送・打設する。図-1に土砂分離フローを示す。分離された砂は均等係数2～3、含水比45～50%、また土粒子に泥水が付着している。この様な砂を用いた発生土インバートは、掘削する地山により性状変化が著しい特性を持っている。

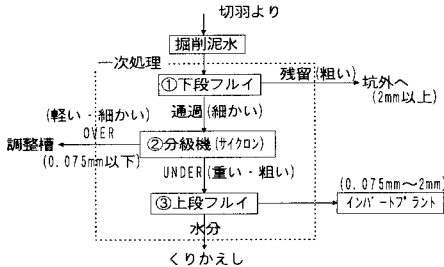
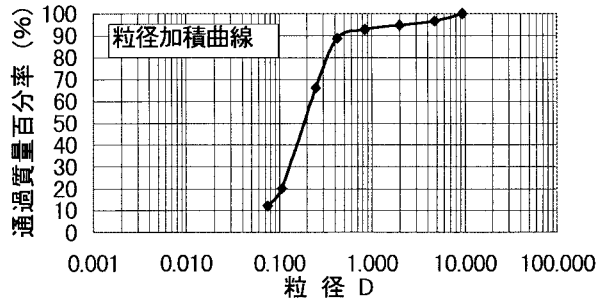


図-1



3. 現場施工

発生土インバートの要求条件は、所要強度および現場施工性から以下のように設定した。

- (1) 一軸圧縮強度(齢28日)：目標強度 6N/mm²
- (2) スランプ22cm以上

0.005	0.075	0.425	2	4.75	19	75
粘土	シルト	細砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫

表-1 当初配合表

	高炉セメントB種 C (kg)	水 W (kg)	泥水 D (kg)	水セメント比 W/C (%)	発生土 泥水含 (kg)	混和剤 減水剤 (%)
配合A	250	130	0	140	1,579	0
配合B	250	150	0	148	1,520	5
配合C	250	85	210	188	1,240	5

配合Aで現場打設を開始したが、圧送距離が長くなるに従い圧送管から排出される発生土インバートは圧密され全く流動性がなく、またパイプレータを使用しても骨材がないため振動が伝わらず打設不能となった。このため、単位水量の増加と減水剤を添加した配合Bに変更した。しかし、圧送距離が長くなるにしたがい当初と同様、圧密の発生により打設不能となった。そこで、強度低下を出来るだけ抑えかつ流動性を改善するため、工事から発生する余剰泥水を水と置き換えた配合Cに変更した。その結果、練上がりスランプ28cm、圧送距離約1,000mの打設箇所においても24cmであり施工可能となった。

キーワード：泥水式シールド、発生土インバート、流動性、スランプフロー、混和剤

連絡先：〒110-0015 台東区東上野3-19-6 TEL 03-3837-7133 FAX 03-3837-7208

4. 流動性の保持

現場施工から、フレッシュ状態でのスランプ保持は、泥水の使用、混和剤として減水剤の添加が有効と考えられた。しかし、泥水の使用はブリージングの増加・材料分離および硬化後の強度低下・乾燥収縮の増大が懸念された。また、減水剤だけでは土質変化に対応できないと考えられた。そこで、ソイルセメントに用いられている混和剤（ナリカルボン酸塩と高縮合芳香族カルボン酸塩の複合物）に着目し、この分散剤（K）および保持剤（R）の添加量が流動性に及ぼす影響について確認実験を行った。

流動性の評価指標として、スランプフローと保持時間を測定することとした。

- 要求条件は、現場での施工実績などから以下とおとした。
- ・混練り直後のスランプフロー：65±5cm
- ・経過時間90分のスランプフロー：50cm以上

配合は単位セメント量（C）250kg/m³一定、W/C=150～175%の4種類に対しK=0～4.5%（Cに対する添加量）、R=2.5%まで変化させた。実験結果を図-2～5に示す。

混練り直後（経過時間0分）から経過時間90分までのスランプフローはK=0%とした場合、Rの増加に伴い経過時間によるスランプフローの低下が小さい。また、R(≠0)を一定とした場合、Kの増加に伴い経過時間による低下が小さい。混練り直後のスランプフローは、Kの増加よりW/Cの影響が大きい。W/C=160%以下とした場合、K・Rとも増加させても要求条件を満足しない。

実験から W/C=170%以上の場合、混和剤量 K=0.5%、R=1.5%の時、混練り直後および経過時間 90 分のスランプフローとも要求条件を満足できた。

これらの結果および所要強度・圧送性および施工性から、表-2を基本配合とし、発生土の性状変化により多少の配合変更は行ったが、約 11,000m³を問題なく打設できた。

表-2 配合表

高炉セメントB種 (kg)	水 (kg)	水セメント比 W/C(%)	発生土(泥水含む) (kg)	混和剤	
				分散剤(kg)	保持剤(kg)
265	220	170	1,410	1.33	3.98

5. まとめ

- ①均等係数の小さい砂を用いてセメント処理された発生土インバート材の流動性確保には、混和剤として減水剤よりもソイルセメント用混和剤（ナリカルボン酸塩と高縮合芳香族カルボン酸塩の複合物）が有効である。
- ②発生土インバートのフレッシュ状態での流動性の保持には保持剤が有効である。
- ③混練り直後の流動性確保には、大きな強度低下を招かない程度に W/C を増加させることが有効である。
- ④流動性の確保（混練り時）と保持（経過時間）に関し保持剤と分散剤の添加量には相関がある。

【参考文献】

助川：泥水シールド発生土によるトンネルインバート材の開発、土木学会 論文集 No504/VI-25, 1994. 12

伊東・勝俣他：シールド工事から発生する余剰泥水のインバート材への適用についての基礎的実験、地盤工学研究発表会 1996. 7

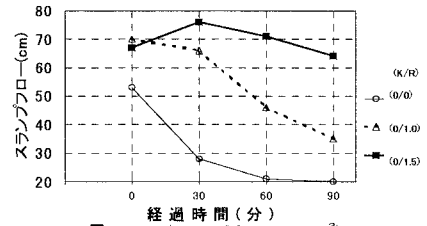


図-2 W/C = 175 C = 250 kg/m³

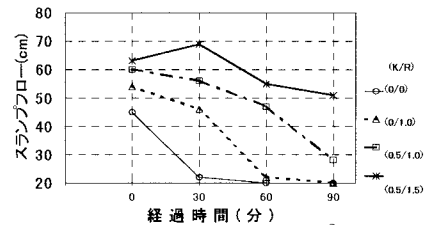


図-3 W/C = 170 C = 250 kg/m³

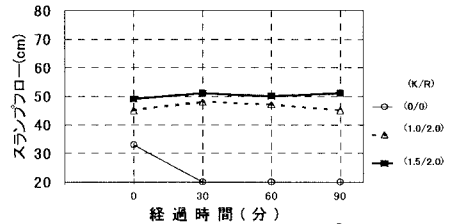


図-4 W/C = 160 C = 250 kg/m³

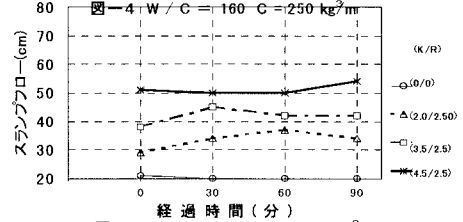


図-5 W/C = 150 C = 250 kg/m³