

## 地表の沈下を防いだ 二液型同時裏込注入

西平 福宏\* 小西 守\*\*  
Fukuhiro Nishihira Mamoru Konishi  
是枝 信也\*\*  
Shinya Koreeda

新横浜駅付近地下鉄工事では泥水式シールド工法を採用したが、地表の沈下を±3mm以内、トンネルの蛇行が±50mm以内と大変厳しい精度を求められたため、裏込注入を二液型の同時裏込注入とした。

二液型は短時間で強度を発揮するため同時注入が可能であり、注入圧を増してテールボイドを完全に充填することができた。高注入圧での充填を可能にしたグラウトストッパーについても述べる。

### 1 地質

泥水シールド通過部の地質は、砂層と固結シルト（土丹）層で構成されている。砂層は透水係数 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/sec}$ で均等係数は7.3前後、間隙水圧は $0.9 \sim 1.6 \text{kgf/cm}^2$  ( $88.2 \sim 157 \text{kN/m}^2$ )である。固結シルトはN値50以上であり、一軸圧縮強度 $35 \text{kgf/cm}^2$  ( $3.43 \text{MN/m}^2$ )である。

### 2 後方セグメントの動きと配合

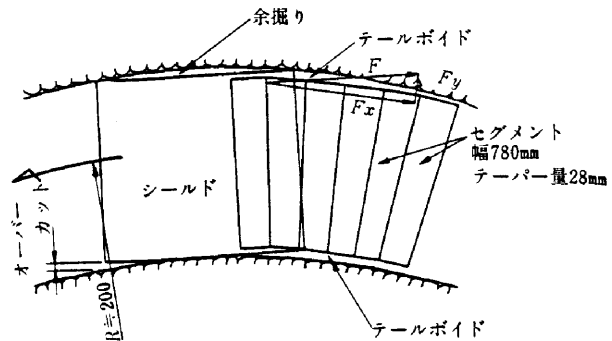
シールド機を方向制御するためには、ジャッキ推力を地山に伝達しその地盤反力によってシールド機を制御することが必要である。よってテールボイドの発生と同時に裏込注入を施工しても注入材が硬硬性であれば、セグメントが圧力により変形し蛇行の原因となる。

このことから裏込注入材として、セグメント組立時間内（約1時間）で圧縮強度以上の裏込注入材強度が必要と考えられる。

上記の関係を Fig.1 に示す。

以上の検討より Table 1 に示す示方配合が決められた。一軸圧縮試験の結果、物性を Table 2, Table 3 に示す。

\*技術研究部土木技術課課長  
\*\*横浜(支)新横浜(出)係長



$F$  : シールドジャッキ推力 = 常用1,500tf  
 $F_x$  : 有効推進力  
 $F_y$  : 外方移動力 = 6.4tf  
 $F_z$  : 有効反力面積(1Ring当り)  $= 16.17 \text{m}^2 \times \frac{90^\circ}{360^\circ} = 4.04 \text{m}^2$   
 押圧強度 =  $\frac{\text{押圧力}}{\text{反力面積}} = 0.16 \text{kgf/cm}^2$  ( $15.7 \text{kN/m}^2$ )  
 一方、泥水の浮力からは押圧強度  $= 0.44 \text{kgf/cm}^2$  ( $43.1 \text{kN/m}^2$ )  
 地山の強度は  $35 \text{kgf/cm}^2$  ( $3.43 \text{MN/m}^2$ )

Fig.1 曲線部の押圧力

Table1 裏込注入材の示方配合  $\text{m}^3$ 当り

液名 材料	A 液				B 液	
	高炉セメント	フライアッシュ	砂	水	珪酸ソーダ3号	水
(A)	280kg	120kg	650kg	280ℓ	180ℓ	140ℓ
(B)	250	150	650	300	100	220

Table2 一軸圧縮強度

配合	強度	$\sigma_{1H}$	$\sigma_{1日}$	$\sigma_{3日}$	$\sigma_{7日}$
(A)		$0.45 \text{kgf/cm}^2$	$51.0 \text{kgf/cm}^2$	$78.2 \text{kgf/cm}^2$	$105 \text{kgf/cm}^2$
(B)		0.19	30.9	47.2	51.3

\*  $\text{kgf/cm}^2 = 98 \text{kN/m}^2$

Table3 物性

状態 物性	大気中		泥水中(泥水比重 $\gamma = 1.19$ )		
	フロー値(Jロート)	ゲルタイム	分離状態	ゲル状態	体積変化
(A)	11.7秒	水温20°C 60秒	分離なし	1'08"ゲル化	2.5~3倍
(B)	8.4	水温18°C 54秒	分離なし	1'30"ゲル化(やや軟かい)	1.5倍

配合(A)は重要構造物下部に、配合(B)は一般構造物下部に使用する。

### 3 注入方法

Fig.2に示すように、坑外プラントで混練し坑内へ2インチ鉄管で圧送し、後方台車上のアジテーター(A液)及びタンク(B液)へ仮受けしスネークポンプへ送る。グラウトホールにY字管をセットしA, B液の注入量を制御盤で管理しながら注入する。注入圧, 注入量はデジ

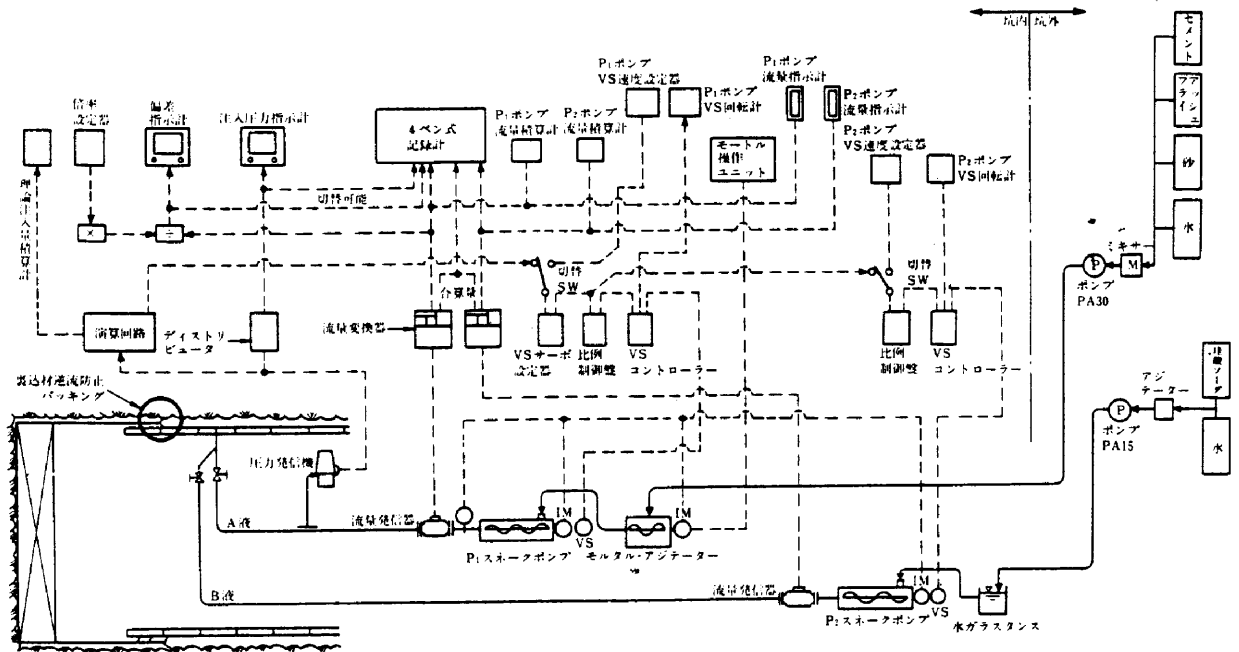


Fig.1 2液同時裏込注入システムフローシート図

タル表示されるとともに、4ペンのペンレコーダーで記録用紙に記録させる。

4 注入圧力

モルタル注入圧は切羽泥水圧以上でセグメント強度以下、すなわち0.6~2.5kgf/cm<sup>2</sup> (58.8~245kN/m<sup>2</sup>)の圧力としたが、テールボイドの残留泥水をモルタルで完全に置換えることができなかった。

そこでセグメント強度を検討して短期の圧であれば4kgf/cm<sup>2</sup> (392kN/m<sup>2</sup>)まで可能であるとの結論を得た。以後最大圧力3~4kgf/cm<sup>2</sup> (294~392kN/m<sup>2</sup>)で注入を行った結果、填充率がアップしボイド量に対して125%となった。

5 施工結果

- (1) 脈動のないスネークポンプを使用し、モータは注入量の制御が可能な可変速モータを使用した結果、テールパッキング、切羽、地山へのハンマリング現象が少なかった。
- (2) 注入量、注入圧、ポンプ回転数が自動表示され、設定圧力以上になると注入が自動的にストップするので、状況の把握、管理が容易であった。
- (3) 同時注入急硬性なので、地山の応力解放が短期で収斂し緩み範囲も狭められ、地表の沈下も±3mm程度で収まった。
- (4) 余掘り及びテールボイド部を同時に充填硬化するためセグメントの収斂速度が速く、ジャッキ推力が地山に

伝達されシールド制御が容易であった。また、泥水浮力、モルタル浮力に対する抵抗が他工法に比べ大きい等の利点が発揮され、蛇行量も最大40mm以内に収まった。(5) シールド機後端外周にグラフトストッパーを取付けた結果、裏込注入材の切羽への回り込み防止に効果があった (Fig.3 参照)。

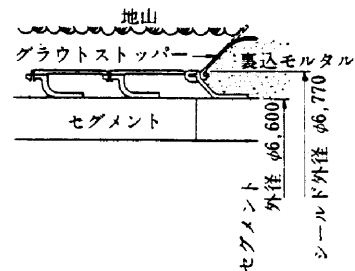


Fig.3 逆流防止パッキング