

23. シールド裏込め連続注入(CPS)工法 および装置

日本国土開発 小 岩 則 世・渡 辺 幹 夫
越 智 義 和

1 まえがき

シールド工事に附帯する裏込め工法について、新しく開発した上記の方法について記す。

シールド機とセグメントの外径差によるテールボイドの発生は、地盤沈下の大きな原因の一つとみられており、その適切な充填が重要視されている。

連続注入工法は形成されるテールボイドの状態を勘案して、地山をできるだけ乱さずに、しかも十分な充填を行えるように構成されていて、装置は半自動運転されるようになっている。

施工結果からみると、地表面沈下量はかなり改善され相応の成果が得られたものと考えられる。さらに施工性の面も改善され裏込め注入工全体としての工事費が、従来の方法と比べて遜色のない域に達することができた。

2 システム

シールド機が推進すると、テールシールド部には負圧の空隙が生じ周囲の地山を呼び込み易い状態となっている。裏込め充填を十分に行うためには、ボイド発生に遅れることなく連続的に裏込め材を送り込むことが必須の条件である。このときボイドを構成する地山の境界層は脆弱か、性状が不均一と想定されるので、高い圧力での注入は極力避けねばならないことである。

注入された裏込め材が確実にボイド部に吐出され、かつ流動性が良く全般にゆき渡ることも大切なことであり、一度充填された裏込め材はゲル化するまで逸散しないことも必要である。

図-1に概要を示した。裏込め材原料のうち現地発生土はブラインドシールド機の隔壁部分から採取し、その他のセメント、けい酸ソーダ、洩れ防止材、水は外部から補給する。地山からの採取土は直ちに粉砕機にかけられ、固有の粘性土強度を破壊しながら加水してスラリーとする。これを連続ミキサでセメントと混合し、ソイルモルタルとしてモルタルタンクに貯留する。このとき必要に応じて発泡スチロールボールを混合させることができる。ソイルモルタルは2台のモルタルポンプによつて、吐出口としての注入機へパイプ圧送される。

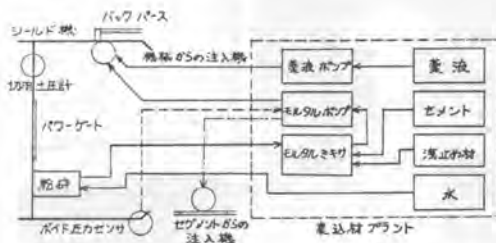


図-1 フロー・アロク図

注入機は2種類あり、シールド機体に取り付けるタイプとセグメントのグラウトホールに接続するものである。シールド機取付注入機から吐出された裏込め材はモルタル通路を径由し、ボイド直上に誘導される。けい酸ソーダは原液を注入機までパイプ圧送し機外に出る直前に噴射攪拌されるようになっている。この工程は全て継続して運転されるようになっており、モルタルの貯留時間を短縮してモルタルが凝固することなく圧送できる。

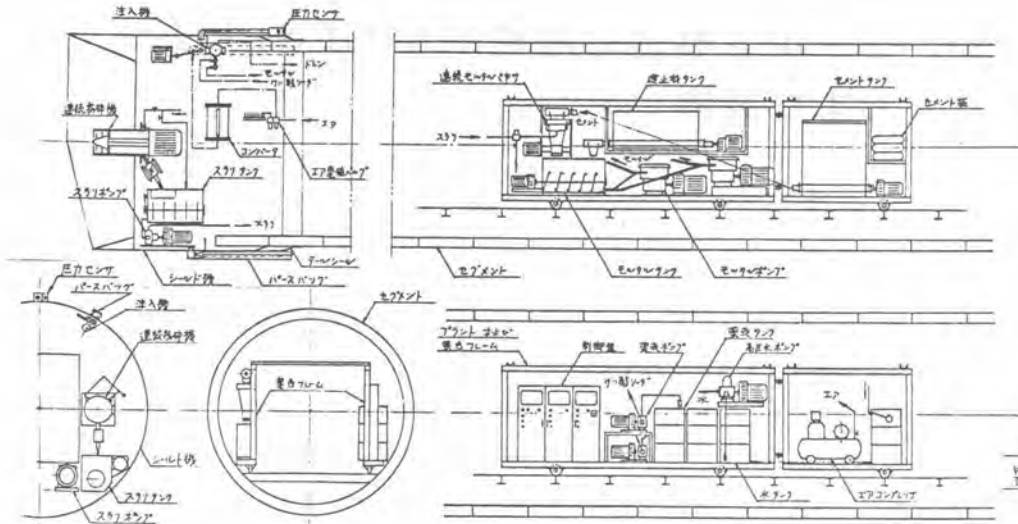


図-2
装置配置図

3. 装置の説明

全体として連続注入の目的を果すため、各構成機器は図-2に示す配置となつている。大別して2ヶ所に集約されており、その一つはシールド機に取付けられる部分であり、ほかはシールド機後方約1.5mの位置にある。前部に收容される主なものは、粘土粉砕機、粘土スラリータンク、スラリーポンプの粘土スラリー製造および送出部分がシールド機下部にあり、ボイド圧検出センサ、モルタル注入機、パースバック関係部分がスキムプレートの内外に取付けられている。

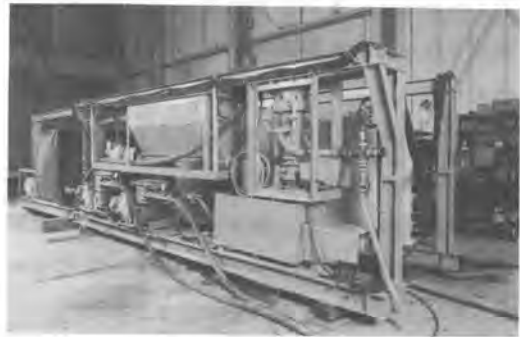
後部のプラントは、2つの巾の狭い集合フレームにまとめられ、土砂搬出用トロレールを狭んで左右に向き合せて配置している。この中にはモルタル製造部とモルタルポンプおよび原料タンクと運転操作盤、けい酸ソーダ送出ポンプ等がおかれている。

前部シールド機取付部と後部プラントとは数本のパイプと電装コードで結ばれており運転操作はプラントの制御盤で行えるようになってゐる。

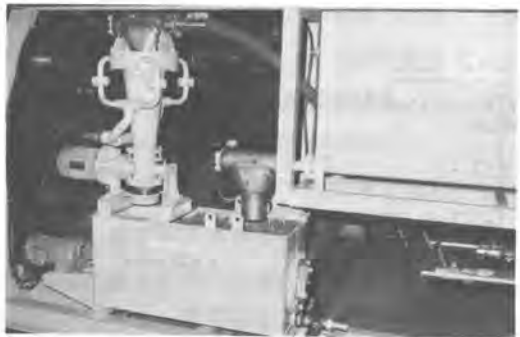
シールド機の注入機吐出口は横断図から、みられるように左右15°の2ヶ所、シールド機長さ方向ではテールシールから2.5mの位置に開口している。パースバックは吐出口を覆うように配置され、約30cm前方のアンカに取付けられている。

ボイド圧検出センサは中央上部テールシール直上に受圧面をおき、指示計は上下限圧設定器もち制御盤内に組込まれている。

パースバックは収縮するチューブと屋根形の保



写-1 プラント全景



写-2 モルタル連続ミキサ

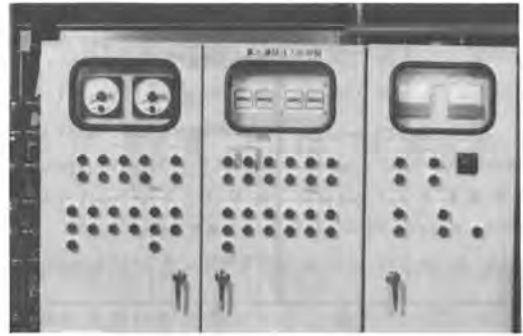
護板とから構成され、裏込材が吐出していないときモルタル通路が周囲の地山によつて押し潰されないようになっている。

コンバータはパースバッグを膨張収縮する作動水を圧送および戻し入れを行うもので空気圧で作動する。

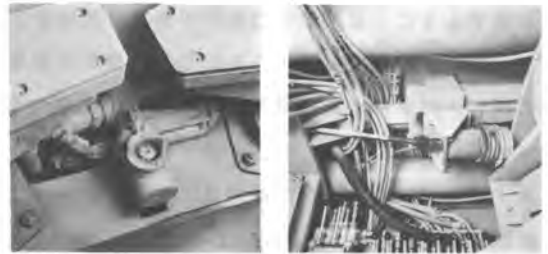
粉碎機はシールド機の中段右側の最前部に採土口が開いている。粉碎部は4翼ロータ2段と附属の翼車2段が同軸に取付けられており、モータ軸と直結している。高圧水は粉碎部と送出部に噴出され、あらかじめ設定された水量を加えて所要のスラリが製造され、下に配置した泥水スラリタンクに落トさせる。

泥水スラリタンクに接続されている泥水スラリポンプはモルタルミキサの需要に応じて適時に、定量圧送するようになっている。

プラント部にあるミキサの構造は、上部にロート状のスラリ誘導部とその上部中央に、セメント



写一三 制御盤



写一四 注入機



写一五 パースバッグと圧力センサ部

注 入 方 式	連続、低圧、ボイド内圧とリンク
注 入 量	最大 70ℓ/mm
注 入 個 所	シールド機体、またはセグメント
裏込材配合	無段階設定
制 御	半自動
材 料 補 給	粘土スラリ：現地採取、セメント 添加材、薬液：搬入
附 属 設 備	瞬結材注入装置
寸 法	プラント 巾450×高1,980×長8,650×台2 その他機内組付部
重 量	3,770kg
電 源	200V 2.5kW

図一三 OPS主仕様

受入部があり、ロート下部には4翼2段の攪拌ロータが縦軸にとりつけられモータ駆動されている連続的に製造されたモルタルは、下のモルタルタンクを径由して2台のスクイーズ式モルタルポンプに送られ、さらに注入機へと送られる。タンク内では発泡スチロールボールを混合させることができる。

注入機はモルタルを機外に吐出させるもので、モルタルホースの接続部に開閉バルブをもち、さらにけい酸ソーダ噴射バルブを内蔵している。機内には少しの裏込材の淀み箇所が残るので攪拌機が組込まれており、モータ駆動されて注入経路の閉塞を防止している。

正規の運転状況においては、制御部の全運転ボタンを押すことにより、各機器は設定された範囲内で作動を継続する。但し洩れ止め材とけい酸ソーダの添加工程は独立操作系となっており、状況に応じて任意運転を行う。

粒 砂 分	120 ~ 130%	単位体積重量 γ_s	1,597 ~ 1,671 t/m ³
度 シルト分	60.0 ~ 70.0%	間 隙 率 e	1.669 ~ 2.057
性 粘 土 分	17.0 ~ 22.0%	一軸圧縮強度 p_u	4.99 ~ 6.82 t/m ²
液性限界含水比 w_L	36.5 ~ 42.6%	変形係数 E_{50}	320 ~ 596 t/m ²
塑性指数 IP	16.6 ~ 19.9%	粘着力 c	2.25 ~ 2.40 t/m ²
土粒子の比重 G_s	2.751 ~ 2.773	せん断抵抗角 ϕ	2.0 ~ 3.0°
含水比 w	60.9 ~ 78.1%	液性指数 IL	14.6 ~ 27.4%

図-4 土質状況

C : kg	1 5 0	スラリー比重	1.3
S : kg	4 5 0	単位体積重量	1.4 1
W : kg	7 8 0	テーブルフロー(m)	1.9
硫酸ソーダ: kg	1 5 0	σ_1 : kg/cm ²	0.7
残止材: 体積%	5	σ_3 : "	2.2
W/C: ×100%	52.5	σ_7 : "	4.3
W/CtS: ×100%	13.0	σ_{28} : "	9.2

図-5 実施配合と裏込材性状

4 施工と実績

工事内容は道路下、土被り約7.5mに下水道を築造するもので掘削外径は4.3~4.6mであり、坑道中心は、ほぼ直線である。施工地盤は沖積層に属し、対象部は貝殻混りシルト質粘土となつていてN値は0である。図-4の土質状態からシールド機はブライント型が採用されており、極めて順調に施工された。

この工事は前期、後期の2つがあり、延長それぞれ約600mの掘削区間であつた。前期において連続注入装置の試用を経て、一部改造を加え後期工事に供用したものである。

図-5に裏込材の性状を示し、図-6に沈下のカーブを示した。この図はシールド機推進軸上に設定した基準点を計測したものであり、沈下量とシールド機先端部位置との関係を示す。カーブ①②は連続注入工法でけい酸ソーダを使用した場合を示し、③④は同じ方法でけい酸ソーダを使用しないケースを描いている。さらに⑤⑥は従来通りの裏込方式即ちシールド機掘進後、数リング後方セグメントからの注入の場合を表わしている。連続注入のケースが全体として優つていることがわかる。

特にシールド機先端附近のカーブ勾配がやや急になる部分即ち一次沈下が従来工法では大きいのが、連続注入工法では大巾に改善され、明瞭な区切りが付き難くなつてきているのが特徴的である。

図-7にはシールド工事1セグメントリング施工の裏込注入関係作業のサイクルを示した。

5 あとがき

シールド工事で採取後捨土される現地発生土を活用、構造材料として実用できることは有意義であつた。裏込め注入作業がシールド機掘進サイクルとの組合せによつて、裏込め施工の経済性は装置償却費の割高さにもかかわらず、従来方法と似たものと算出されている。

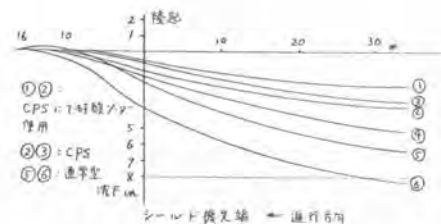


図-6 地表自沈下量とシールド機位置との関係

リングの作業サイクル	10	20	30	40	50	60	70
シールド機関係作業	掘進	掘進	掘進	セグメント組立			計測掘進準備
裏込注入装置関係作業	正入	注入	注人	材料供給 点検 整備	休 止		注入 掘進 準備

図-7 シールド機とCPSの作業サイクル