

# 建設発生不良土を用いた埋戻し工法について

A new soil-mortar method for improving weak excavated soils

ちの野

あきら彰\*

す須 とう藤

たかし隆\*\*

ひらおか 平 岡

しげあき 成 明\*\*\*

## 1. まえがき

建設工事で発生する残土は多量にのぼり、適切な残土処分地が種々の制約からだんだん少なくなってきており、社会的に大きな問題となりつつある。その問題点は、

- ① 処分地の確保が困難
- ② 処分土が受入れ側の規格に合わない
- ③ 処分地、運搬経路の公害上の問題
- ④ 処理費の上昇

等で、発注者および施工者が一体となって、この問題の解決に当たっている。

建設発生土のうちでも特に不良土は産業廃棄物の無機質の汚泥として取り扱われ、都市部ではこの処分地が少なく、困っているのが現状である。そこで、この不良土を積極的に資材（原料）として土留め壁や、空洞てん充填材として再利用するためソイルモルタル工法を採用した。

工法の概要のフローを（図-1）<sup>2)</sup>に示す。

本工法の実績は表-1のとおりである。

今回、横浜市交通局の新横浜地下鉄工事においてソイルモルタル工法による埋戻し工事を施工したので、この実績を取りまとめ報告するものである。

表-1 埋め戻し比較表

		従 来 工 法	ソイルモルタル工法
埋戻し材		山 砂（砂）	発生土+硬化材（ソイルモルタル）
材 質		0.074 ふるい通過 10%以下	特に制限なし
埋め戻した土の強度			圧縮強度7.5±2.5 kgf/cm <sup>2</sup>
施 工 性	地下埋設物 付近	水じめのみである	コンクリートと同様の施工で硬化するので安全
	一般埋戻し	覆工板をまくりながら移動するので危険が多い	一定場所で混合しポンプで打設するので安全上良好
透 水 性		透水性である クラック等への水の供給源となる	不透水層となる 漏水が少ない
沈 下 量		普 通	従来工法より少ない

\*横浜市交通局高速鉄道建設部設計課 課長

\*\*横浜市交通局高速鉄道建設部 第二工事事務所主任監督員

\*\*\*鹿島建設(株)横浜支店新横浜地下鉄J V作業所 所長

## 2. 地下鉄工事での埋戻し工事について

地下鉄・下水道等の都市土木工事では、ほとんどが公道上で施工され、地下公共施設や埋設物が多く、埋戻しは十分安全なものでなければならない。埋戻し工事が悪いと工事しゅん工後の路面の陥没・地下埋設管の損傷等を引き起こす原因となる。埋戻し工事は地下であり、切ばりや地下埋設管の支保工が障害となり、埋戻し材の転圧がしにくいため、砂質系の土砂による水締め工法が一般的に行われている。

ソイルモルタル工法による埋戻し工事はこれらの欠点を補う（表-1）<sup>3)</sup>ばかりでなく、く体の漏水防止にも役立つものと考えられる。そこで図-2<sup>2)</sup>のように埋戻し工事を計画した。図-2の①は一般埋戻しで、一軸圧縮強度  $q_u=7.5\pm 2.5 \text{ kgf/cm}^2$  の強度を主とした。②はく体上床の漏水防止のため、一般埋戻し土の機能のほかに不透水層を形成するため、ベントナイトを混合した。③は土留め壁と構築く体間のすき間のてん充填で、土圧の受持ちと不透水層の機能を考えた。

## 3. ソイルモルタルの配合設計

### 3.1 適用土質

本工法は土をスラリー化してから硬化材と混合するのが特徴であることから、細粒分の多い土が適している。建設工事で発生する産業廃棄物のうちで最も処分の大変なもの

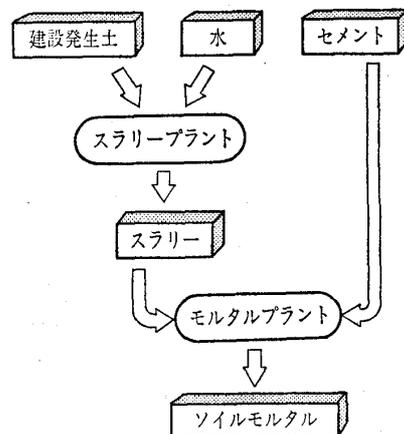


図-1 ソイルモルタル工法フロー図

表一2 ソイルモルタル工法の実績

番号	工種	工事名	施工年月	土留め面積 m <sup>2</sup>		ソイルモルタル m <sup>3</sup>		ソイルモルタル設計強度 kgf/m <sup>2</sup>
					累計		累計	
1	リバース柱列式土留め壁	横浜駅東口開発公社 横浜駅東口地下街	52. 3~ 52.10	2 785	2 785	4 826	4 826	15
2	地盤改良	"	53.12~ 54. 5			3 410	8 236	15
3	リバース柱列式土留め壁	"	54. 2~ 54. 3	2 400	5 185	3 064	11 300	15
4	空洞てん充工法	"	54.12~ 55. 7			7 993	19 203	5
5	置換工法	日本道路公団 田浦トンネル	54.10~ 55.10			5 000	24 203	30
6	壁式土留め壁	横浜市交通局 横濱地下鉄	55.10~ 56. 2	16 380	21 565	11 650	35 843	15
7	壁式土留め壁	鹿島建設(株) 実験工事	56. 2	216	21 781	130	38 073	15
8	埋戻し工事	横浜市交通局 横濱地下鉄	57. 8~ 58.12			34 520	72 593	7.5
9	P I P	"	57. 9~ 57.12	1 723	23 504	680	73 273	20
10	置換工法	"	57.11			235	73 508	30
11	壁式土留め壁	戸塚駅地下鉄	58. 1~ 58. 4	4 786	28 290	2 870	76 378	17.5

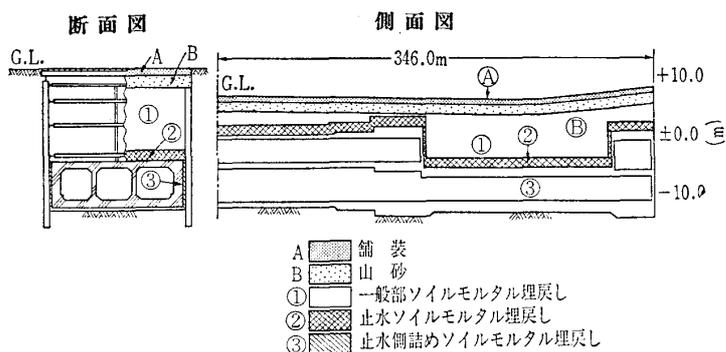
の一つであるリバース廃泥土、安定液掘削に使用するベントナイト廃泥水等も硬化材の調整により使用可能である。粗粒土は、スラリーとしてストックするとき、沈降するのであまり適していないが、強度の向上からは有効なので使用できるように研究を進めている。

3.2 配合設計

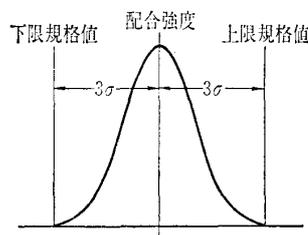
ソイルモルタルによる埋戻し範囲は2.5m以下としたので、車両荷重・路体荷重を支持できれば良いという考えから、一軸圧縮強度の下限値を5 kgf/cm<sup>2</sup>とした。図一3に示すように、標準偏差をこれまでの工事から算出したら3σは2.5 kgf/cm<sup>2</sup>となったので配合強度を7.5 kgf/cm<sup>2</sup>と決定した。配合は実験結果や、今までの施工例を参考として表一3とした。施工上からスラリーの含水比は150~200%の範囲とし、図一4の関係図からスラリーの単位体積重量を1.26~1.29 gf/cm<sup>3</sup>として管理した。また、セメント量と一軸圧縮強度の関係は図一5に示した。

表一3 ソイルモルタル配合表

名称	記号	単位	止水側詰	埋戻しモルタル	
			モルタル	止水	一般
28日圧縮強度	F28	kgf/cm <sup>2</sup>	17.5	7.5	7.5
セメント	C	kg	200	140	140
ベントナイト	B	kg	50	50	0
土	S	kg	343	350	400
水	W	kg	786	800	800
単体質量	Rt	kg	1380	1340	1340
水セメント比	W/C	%	393	571	571
含水比	W/B+C	%	200	200	200



図一2 埋戻し計画図



図一3 規格値と配合強度の関係図

表一4 試験項目および条件

試験項目	試験基準	条件
土の一軸圧縮試験法	J I S A 1216	モールドφ5×10 材令1.3.7.14.28 日水中養生
土の三軸圧縮試験法	土質工学会基準	" " UU試験, ひずみ制御, 材令28日
曲げ強さ試験	J I S A 1106	" 4×4×16 材令28日
透水試験	J I S A 1218	" φ15×10 "
フロー試験		P ロート

表-5 対象土の土性値

対象土	土粒子の比重 G <sub>s</sub>	自然含水比 w	液性限界 LL	塑性限界 PL	塑性指数 PI	均等係数 U <sub>c</sub>	曲率係数 U <sub>c'</sub>
粘性土	2.61	50.3%	61.0%	32.8%	28.2%	27.7	0.13
砂質土	2.70	21.1	—	—	—	2.43	0.93

表-6 ソイルモルタルの配合例 (m<sup>3</sup>当たり)

No	対象土	土の質量	硬化材使用量	水の質量
1	粘性土	380 kg	250 kg	774 kg
2	"	350	"	786
3	砂質土	950	200	585
4	"	1000	"	566
5	ベントナイト (豊順赤城)	ベントナイト 40 砂 807	250	600
6	"	ベントナイト 50 砂 840	200	"

一般的なソイルモルタルの配合・性質を知るため、表-4の方法で表-5の対象土に表-6の配合を行い実施した

表-7 硬化材一覧表

地盤改良用(一般)		へどろ処理用	
品名	メーカー	品名	メーカー
ソリッドエース 100	麻生セメント	大阪 ESC-R	大阪セメント
宇部 UKC-A	宇部セメント	" ESC-D	"
" UKC-D	"	クリーンセット20	日本セメント
ソリッドスーパー	京王科研工業	ディメント #200	三星ベルト
ソルスターP	新日本製鉄化学工業	重金属含有スラッジ用	
" S	"	品名	メーカー
タフロック	住友セメント	小野田 ST-1	小野田セメント
ネオセラメント 400	第一セメント	マスキングS	住友セメント
グリーンライム LC-A	日本石灰工業所	トーア SC-100	東亜道路工業
ハードキープ P-210	徳山曹達	アルサイト 500	不二サッシ工業
" P-430	"	フジベトン FPC	藤増総合化学
クリーンセット10	日本セメント	有機物含有土用	
" 20	"	品名	メーカー
フジベトンB	藤増総合化学	ソリッドスーパー #3000	京王科研工業
UT2000	U T ソイル	ネオセラメント 400S	第一セメント
軟弱地盤改良へどろ用		チチブソイルフィックス20	秩父セメント
品名	メーカー	チチブ EP200	"
ソリッドエース 200	麻生セメント	スタビライト M-20	三菱鉱業セメント
宇部 UKC-B, C	宇部セメント	下水道スラッジ用	
小野田ケミコ C-201, 215	小野田セメント	品名	メーカー
" C-213	"	シュタインM	三洋貿易
ソリッドスーパー #1000	京王科研工業	トーア SC-D(1)	東亜道路工業
" #2000	"	" (2)	"
シュタインMH	三洋貿易	" (3)	"
ハーデム	シーパー工業	ハードキープ S-500	徳山曹達
タフロック	住友セメント	アルサイト 100	不二サッシ工業
ケミカル水さい	太平舗道	産業廃棄物用	
グリーンライム LC-B	日本石灰工業所	品名	メーカー
" LC-C	"	ソルスター M	新日本製鉄化学工業
チチブソイルフィックス10	秩父セメント	チチブ EP100	秩父セメント
トーア PC-1	東亜興発	トーア PC-2	東亜興発
" FK	"	クリーンセット31	日本セメント
トーア OC-1, 2	東亜道路工業	アルサイト 200	不二サッシ工業
スタビライトM10	三菱鉱業セメント		

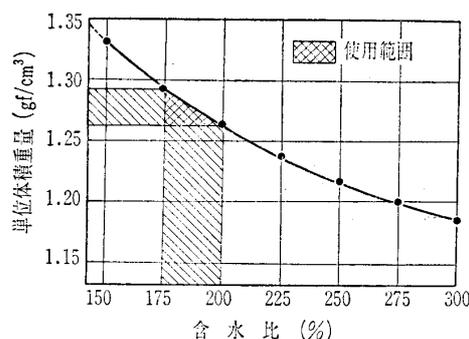


図-4 スラリー使用範囲図

結果<sup>4)</sup>を図-6~10で示す。

硬化材Aは普通ポルトランドセメント系で、硬化材Bはセメントバチルス系である。

### 3.3 硬化材

ソイルモルタル工法は土に水を加え、一たんスラリー化してから硬化材と混合するため、高含水比の土でも利用できる。経済性からセメント系の硬化材を主として用いている。

表-7<sup>5)</sup>は硬化材をまとめたもので、地盤改良用・軟弱地盤改良へどろ用・有機物高含有土用・重金属含有スラッジ用・産業廃棄物用・下水道スラッジ用等に、大きく分けられる。

## 4. ソイルモルタルの製造

### 4.1 システムおよび製造方法

表-8はソイルモルタルの製造方法をまとめたもので、実施例は表中の☆印を採用している。そのフローは図-1にも記したとおりである。建設発生土をスラリー化する最大の目的は、均一な品質の確保を図るとともに自動運転で省力化し、コストを下げることにある。次に製造順序図-11<sup>2)</sup>に従って各工程を説明する。

#### 4.1.1 貯泥ピット

他現場で発生した泥土をストックし、水を加え、スラリー化の前に粗練りすることを目的とし、その容量はプラントの一定時間の処理量に見合うものとし、当現場では48m<sup>3</sup>の大きさとした。

#### 4.1.2 定量供給装置

スラリーミキサーに土を一定量ごとに連続投入することは工法的に難しく、当初ターンテーブル方式<sup>6)</sup>を採用していたが、現在ではオーガス

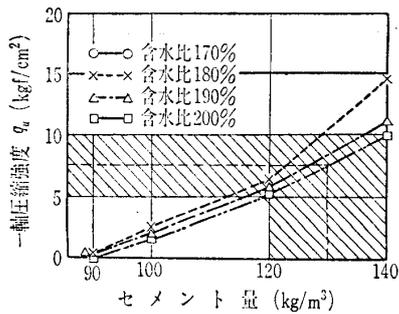


図-5 セメント量と一軸圧縮強度関係図

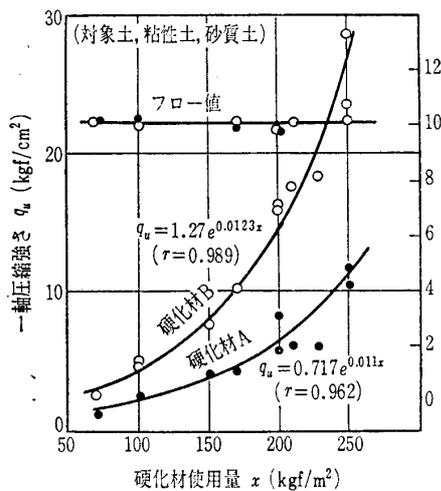


図-6  $q_u$  と硬化材使用量との関係

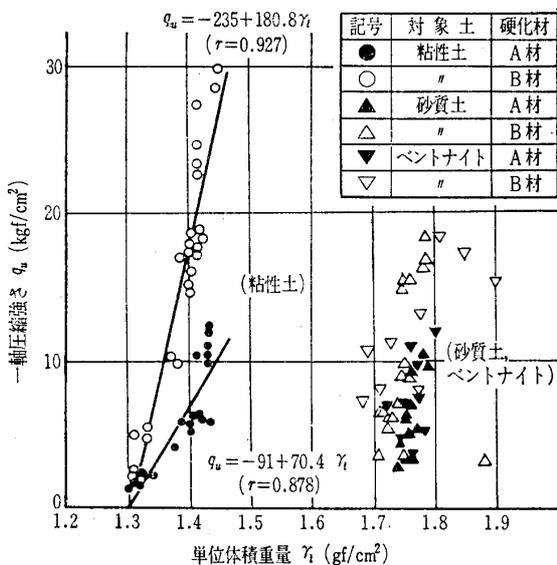


図-7  $q_u$  と  $\gamma_t$  との関係

クリュー方式で供給を調節できるように、回転調節の可能なものを用いている。搬入土によってはプラントの故障防止のため、異物除去装置も必要である。

4.1.3 スラリーミキサー

構造的にはスクリーミキサーであるが、土の塊が切れ

表-8 ソイルモルタル工法の分類

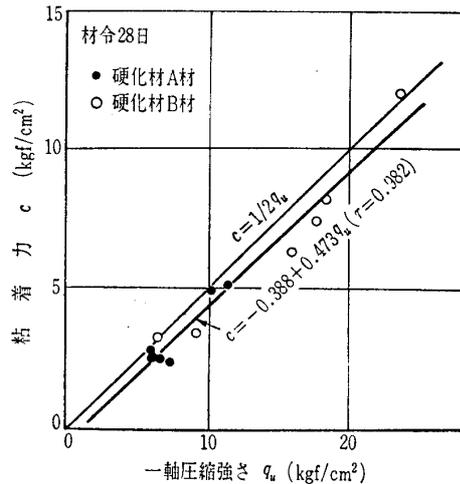
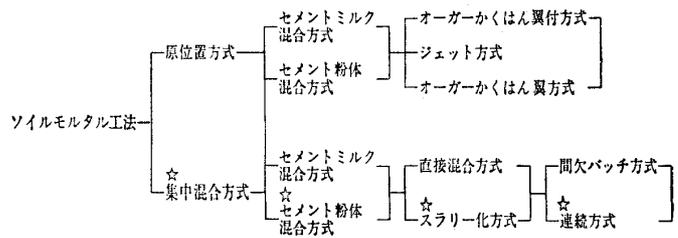


図-8  $q_u$  と  $c$  との関係

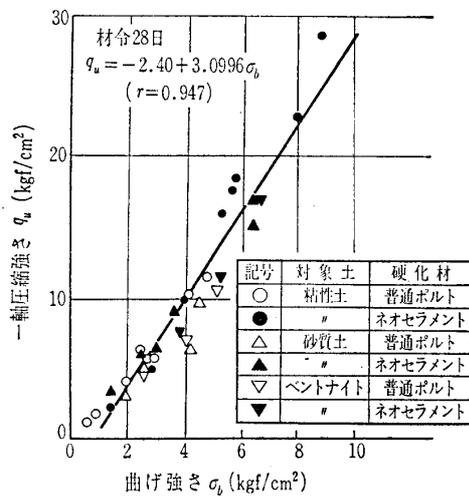


図-9  $q_u$  と  $\sigma_b$  との関係

るようスクリーの間中部に棒状カッターを取り付けるとともに高速回転とした。

4.1.4 トロンメル

スラリーミキサーを通過したものはまだ土塊が残っていたり礫を含んでいるので、これを区分する目的でトロンメルを通して。開発当初はネットコンペアー<sup>6)</sup>やマッドスクリーンを使用した。故障や騒音等からトロンメル方式の採用となった。

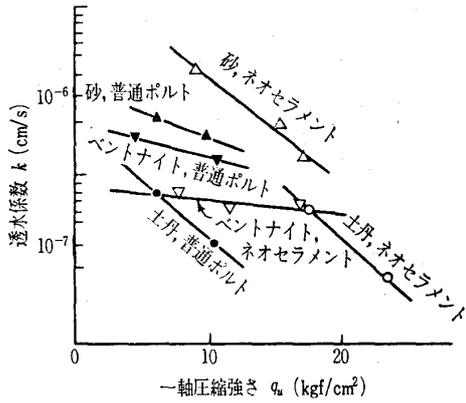


図-10  $q_u$  と  $k$  との関係

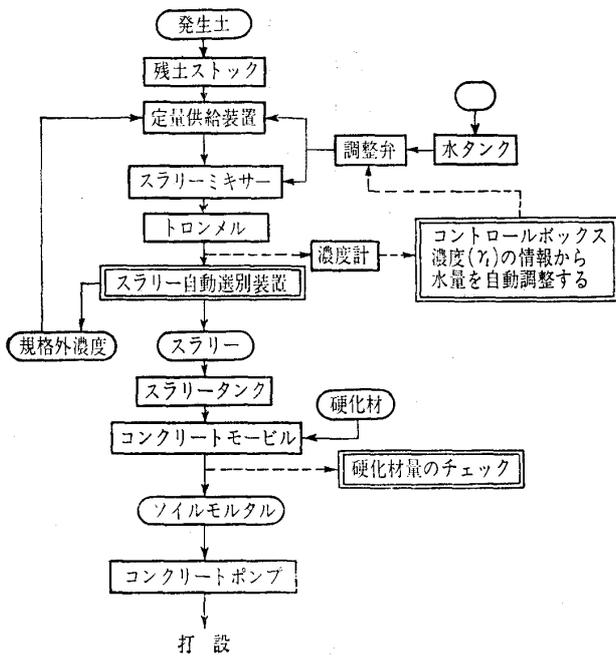


図-11 ソイルモルタル製造順序図

4.1.5 一次スラリータンク

トロンメルを通過した、まだ濃度の調節ができていないスラリーを貯えるタンクで、沈降防止のため強制かくはん方式としており、タンクの容量は  $10\text{ m}^3$  を使用した。



写真-1 練り上がったソイルモルタル

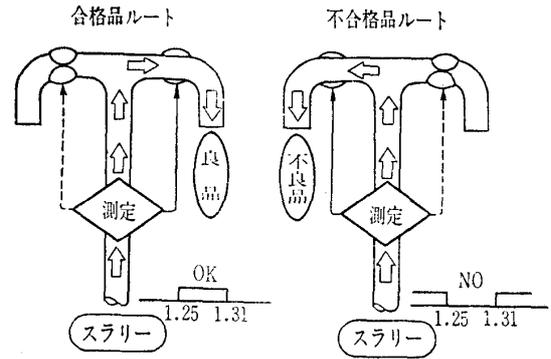


図-12 自動選別システム図

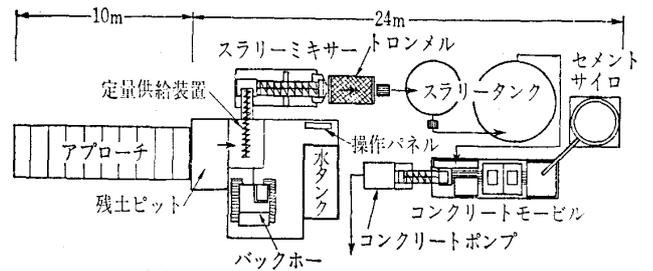


図-13 ソイルモルタル混合プラント平面図

4.1.6 自動選別装置

一次タンクから二次タンクの間中に単管密度計を取り付け、この測定により規格外のスラリーは自動的に貯泥ピットへ戻すシステムとなっている。このフローを図-12に示す。

4.1.7 二次スラリータンク

規格に合ったスラリーはこのタンクに貯え、モルタル混合に使用するまでストックする。容量はモルタルミキサー能力の1時間の処理量を目安としているが、連続壁等を使用の場合は1エレメント分とする。

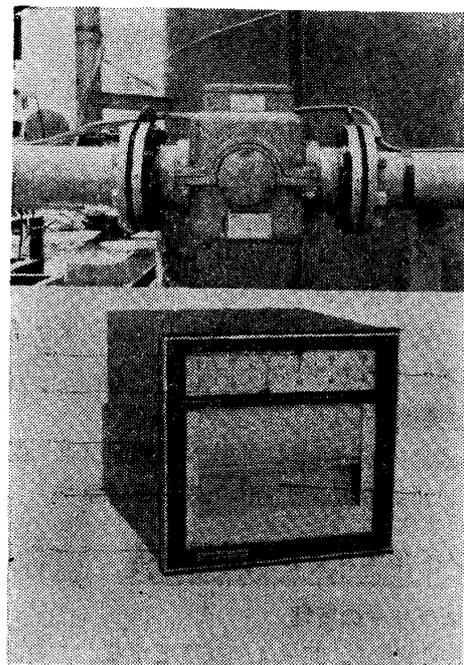


写真-2 電磁流量計検出器

表-9 主要機械一覧表

番号	機器名	規格	性能	kW	備考
1	棧橋	幅4000 高1800 長10000			
2	貯泥タンク	幅4000 高2000 長6000	48m <sup>2</sup>		
3	ショベル架台	幅4000 高2000 長4200			
4	油圧ショベル		0.3m <sup>2</sup>		
5	供給装置架台	幅2700 高2000 長2100			
6	定量供給装置	幅2700 高2000 長2100	30m <sup>2</sup> /h	11	
7	ミキサー架台	幅2500 高2000 長1800		0.8	
8	スラリーミキサー		30m <sup>2</sup> /h	15	
9	トロンメル		40m <sup>2</sup> /h	3.7	
10	ベルトコンベアー	幅600 長7000(3000)		2.2	
11	スラリーポンプ			11	
12	スラリータンク	直径3000 高2500	10m <sup>2</sup>	3.7	
13	スラリーポンプ			11	
14	単管密度計	NZ99型			ND 172型 発信器と組合
15	スラリータンク		80m <sup>2</sup>	11	
16	スラリーポンプ			11	
17	セメントサイロ		30t	7.7	
18	モルタルミキサー		50m <sup>2</sup> /h	30	
19	コンクリートポンプ	BRA 1408E	60m <sup>2</sup> /h	75	
20	水タンク	幅1600 高1800 長5400	20m <sup>2</sup>		
21	エアコンプレッサー			3.7	
22	水中ポンプ			3.7	
23	調節弁	トップガイド型単座		4吋	
24	調節弁	偏心回転型(VFR型)		2吋	
25	電磁流計	NNM型		4吋	

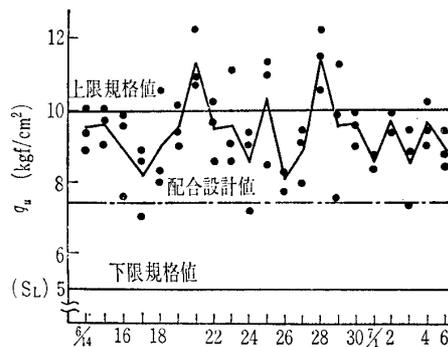


図-15 ソイルモルタル強度の  $\bar{X}$ -R 管理図

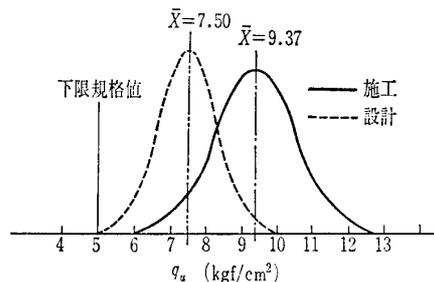


図-16 ソイルモルタルの設計と施工強度の差

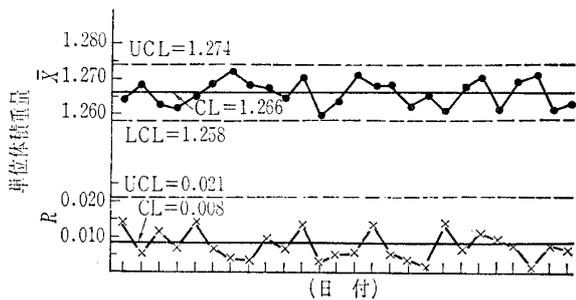


図-14 スラリー濃度の  $\bar{X}$ -R 管理図

4.1.8 モルタルミキサー

連続ミキシング方式でスラリー量を一定とし、セメント量により強度の調整を行うシステムとなっている。

混合能力は最大 50 m<sup>3</sup>/h である。

4.1.9 コンクリートポンプ

練り上がったソイルモルタルは写真-1 のようにどろんとしたペースト状であり、一般のコンクリートポンプでは圧送能率が極端に落ちるため西独製のプッツマイスターポンプを使用している。

4.2 主要機械

4.1 で概略は述べたが、全体の機械配置を<sup>2)</sup> 図-13 に示すとともに主要機械一覧表<sup>2)</sup> を表-9 に示す。

5. ソイルモルタルの品質管理

5.1 スラリーの管理

スラリーの濃度は図-4 の範囲とする。この図よりスラリーの単位体積重量の規格値は

$$\gamma_t = 1.25 \sim 1.29 \text{ tf/m}^3$$

と定める。これは 4.1.6 で述べた自動選別装置で管理しているが、計測装置の故障ということも考えられるので人力で 1日3回測定し、この結果を用いて図-14 のようなスラリーの単位体積重量の  $\bar{X}$ -R 管理図を作成し管理している。

5.2 ソイルモルタルの管理

ソイルモルタルの品質管理も自記記録方式で単位体積重量と打設量を記録している(写真-2)。

5.3 ソイルモルタルの強度のチェック

ソイルモルタル打設に際しては 1日一度の割合でサンプリングし、一軸圧縮試験用モールドに詰めテストピースを作り、7日強度と28日強度のチェックを行っている。図-15 はこの強度の  $\bar{X}$ -R 管理図である。

表-10 発生土を利用した埋戻し施工に必要な申請書類一覧表

許可申請書 添付書類	
1	取扱い産業廃棄物の種類
2	事業計画書
3	定款
4	登記簿謄本
5	申告所
6	印鑑証明
7	委任状
8	役員名簿
9	許可申請者の略歴
10	従業員名簿
11	不動産登記簿謄本
12	案内図
13	産業廃棄物の処理に関する覚書

表-11 許可申請から工事までのフロー

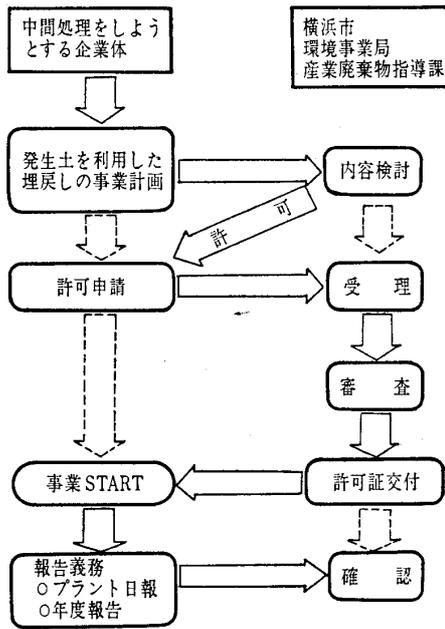


表-12 埋戻し実績工程表

種別	期間	57年											
		5	6	7	8	9	10	11	12				
準備工													
止水側詰め ソイルモルタル													
止水ソイルモルタル													
一般部ソイルモルタル													

表-13 施工実績一覧表

施工量		
一般部ソイルモルタル	26 550 m <sup>3</sup>	合 計 34 520 m <sup>3</sup>
止水ソイルモルタル	6 400 m <sup>3</sup>	
止水側詰ソイルモルタル	1 570 m <sup>3</sup>	
使用材料		
不良土	17 300 m <sup>3</sup>	
硬化材	4 930 t	
ベントナイト	400 t	

このようにして品質の確保に統計的手法を用い管理したところ、図-16で分かるように平均強度は  $\bar{X}=9.37 \text{ kgf/cm}^2$ 、標準偏差は  $\sigma=1.20 \text{ kgf/cm}^2$  となり下限規格値は確保することができた。

### 6. 処理に伴う許認可等

産業廃棄物法では、ほとんどの産業廃棄物の処分について厳しく規制しているが、利用する方向の指導が少ないのが現状である。

これは横浜市の実例であるが、建設発生土を受け入れて埋戻しに利用する場合、表-10に示す書類や、関係諸官庁の了解が必要である。関係諸官庁としては、所轄警察署の



写真-3 埋戻し状況

防犯課、市役所として環境事業局の産業廃棄物指導課、道路局残土対策室、道路管理課、所轄土木事務所があり、各々了解が必要である。

### 7. 施工実績

埋戻し工事に、このソイルモルタル埋戻し工法が決定してから許可手続きが完了し、工事に着工するまでに約3か月の月日を要した。表-12に実施の工程表を示す。表-13は施工実績一覧表である。この表でも分かるように、全体で 34 520 m<sup>3</sup> を施工した。

写真-3は埋戻し状況である。この写真のように、コンクリートと同様に流し込み、端部は型枠で留めて施工しているので、45° ぐらいの法で立ち上がることが可能である。

### 8. あとがき

本工事の埋戻し工事でも分かるように、建設工事で発生する土の処分量をなるべく少なくするため、発生土を資源として利用するソイルモルタル工法を積極的に採用に踏み切った。今までの実績例として表-2の工種に適用してきたが、今後も応用範囲を広げることが可能と思われる。

当工事で実際の埋戻し工事に採用してみて、表-3に示した以外のメリット・デメリットを列記すると

- メリットとして
- 流動性が高いので、すき間や狭い所も十分にでん充が可能である
  - 埋設物復旧支保工が簡単になる
  - 防水層の役目を果たすので、防水膜が不要となる
  - 施工直後、すぐ道路復旧ができる
  - 転圧機械が不要
  - 不良土や産業廃棄物扱いのベントナイト廃液等が利用可能である
- デメリットとして
- プラントが必要
  - 産業廃棄物の許認可が必要
  - 他現場の土を利用する場合、調整が必要

No. 1393

○施工量が少ない場合、割高となる  
などである。

以上、実績を報告したが、資源の有効利用にもつなげる  
ソイルモルタル工法の発展を望むとともに、多大な御協力を  
いただきました関係者に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 鹿島建設㈱：パンフレット，KT1 C 8501，ソイルモルタル  
土留壁工法，鹿島建設㈱，1982。
- 2) 池田 正・須藤 隆・平岡成明：建設発生土利用によるソイ  
ルモルタルの品質管理と施工—横浜市高速鉄道3号線新横浜

駅工区土木工事，建設の機械化，日本建設機械化協会，No.  
394，pp. 46-52，1982，12。

- 3) 横浜市交通局高速鉄道建設部：土木工事標準仕様書，横浜市  
交通局，1970。
- 4) 鹿島建設技術研究所：昭和57年度技術研究所報告会 報文集  
(土木)，鹿島建設㈱，pp. 36-37，1982。
- 5) 経済調査会編：凝集剤，固化材，積算資料，財経調査会，  
p. 248，1982，12。
- 6) 平岡成明：処理土でん充工法による柱列式土留め壁の施工例，  
土と基礎，Vol. 27，No. 6，pp. 21-28，1979。

(原稿受理 1983. 2. 22)

土質工学会発行

### 土質基礎工学ライブラリー

A 5 判 布クロス上製本 送料1冊 350円

	ページ数	会員特価	定価
1 軟弱地盤の調査・設計・施工法	310ページ	3,200円	4,200円
3 掘削のポイント(第1回改訂版)	399ページ	3,800円	4,900円
4 土質調査試験結果の解釈と適用例(第1回改訂版)	365ページ	3,400円	4,400円
7 土と基礎実用数式・図表の解説	443ページ	4,100円	5,300円
9 土と構造物の動的相互作用	567ページ	4,200円	5,500円
10 日本の特異土	356ページ	3,200円	4,200円
11 土留め構造物の設計法	358ページ	3,900円	5,000円
12 切土ノリ面	395ページ	4,000円	5,200円
13 軟弱地盤における工事実施例(その2)	375ページ	4,600円	5,900円
14 実施例に見る構造物基礎	310ページ	3,900円	5,000円
15 土質工学における化学の基礎と応用	326ページ	3,400円	4,500円
16 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用	316ページ	3,500円	4,500円
17 掘削用機械・特殊な掘削	285ページ	3,000円	3,900円
18 土と基礎の沈下と変形の実態と予測	301ページ	3,200円	4,200円
19 建設工事と地下水	319ページ	3,400円	4,400円
20 緑化・植栽工の基礎と応用	319ページ	3,400円	4,400円
21 土と基礎の物理探査	308ページ	3,400円	4,400円
22 土と基礎のコンピュータ・プログラム	427ページ	4,600円	6,000円
23 土の凍結—その制御と応用—	268ページ	3,000円	3,900円

発売：(社)土質工学会 ☎03-251-7661(代)

〒101 東京都千代田区神田淡路町2-23(菅山ビル4階)