

図-2 標準断面図 (下流部)

る。しかし、管側部の施工に必要な幅 0.75 m 程度を確保することができないことから、下記の構造で比較を行った (図-2)。

- ① 既設開水路内にパイプを据付けして、管体基礎工の施工は流動化処理をした材料で埋戻す。
- ② 既設開水路の側壁のみを取壊して、管体基礎工は従来の再生クラッシュランで埋戻す。
- ③ 上流部改築区間と同様に既設開水路を取壊して、その下にパイプを埋設する。

比較の結果、②及び③の設計では工事費が①に比べて高くなるのに加えコンクリート塊の処理、建設発生土の処理あるいは地下水の処理が必要であることから、経済的で施工性が良く産業廃棄物及び建設残土処理の少ない①の設計とした。

流動化処理材料については、エアモルタルと流動化処理土を比較し、以下の理由から流動化処理土を採用することとした。

- ① 硬化前は高い流動性を持つので狭い空間や形状の複雑な箇所でも容易に埋戻しや重点が可能である。
- ② ポンプによる圧送が可能であり、締固めを必要としないため施工の大幅な省略化が図れる。
- ③ 従来、土工に不適当と見なされていた高含水比の粘性土やシルト等の建設発生土を原料として利用が可能である。
- ④ 固化材や泥水の配合を調整することにより、用途に応じた流動性と強度 (一軸圧縮強度  $q_u = 0.2 \sim 10 \text{ N/mm}^2$ ) を得ることができる。
- ⑤ 粘着力が高いため地震時に液状化しない。
- ⑥ 打設後の体積収縮や圧縮が小さい。

管体基礎工に使用する流動化処理土の要求品質は、基礎材の反力係数  $e' = 7 \text{ N/mm}^2$  を得るため一軸圧縮強度を  $q_u = 0.5 \text{ N/mm}^2$  と設定した。また、その他の性質については、「流動化処理土利用技術マニュアル」(建設省土木研究所、平成9年12月)を参考に決定した。

- ・一軸圧縮強さ：28日後  $0.5 \text{ N/mm}^2$
- ・フロー値：160 mm 以上

- ・ブリージング率：1% 未満
- ・処理土の密度： $1.5 \text{ t/m}^3$  以上
- ・硬化熱： $50^\circ\text{C}$  以下

#### 4. 現地発生土と配合設計

配合試験は、発生土の土質、性状の調査を行い、それに基づき配合試験を実施して基本配合図を作成して要求品質を満足する配合の検討を行い決定した。なお、一軸圧縮強度は7日強度により28日強度を推定して使用した。

##### (1) 発生土の土質、性状の調査

現地で発生する建設発生土は粘性土と砂質土でその土質試験結果は表-1及び表-2のとおりであった。

表-1 建設発生土の物理的性状 (粘性土)

土粒子の密度 (t/m³)	粒度構成 (%)			塑性指数		含水比 (%)
	粘土・シルト	砂	礫	液性限界	塑性限界	
2.53	82.0	16.0	2.0	82.2	51.9	82.9

表-2 建設発生土の物理的性状 (砂質土)

土粒子の密度 (t/m³)	粒度構成 (%)			塑性指数		含水比 (%)
	粘土・シルト	砂	礫	液性限界	塑性限界	
2.88	18.0	68.0	14.0	NP*	NP*	15.0

\* 測定不能

##### (2) 配合試験の実施

配合試験は、①粘性土のみを使用した場合と、②粘性土と砂質土を混合する場合、の2ケースで行った。

###### (a) 粘性土のみの場合 (泥水式流動化処理土)

粘土を解泥して泥水の密度を  $1.15 \sim 1.25 \text{ t/m}^3$  の範囲で3種類 (セメント添加量  $100 \text{ kg/m}^3$ )、中間値の泥水密度  $1.20 \text{ t/m}^3$  に対してセメント添加量を130

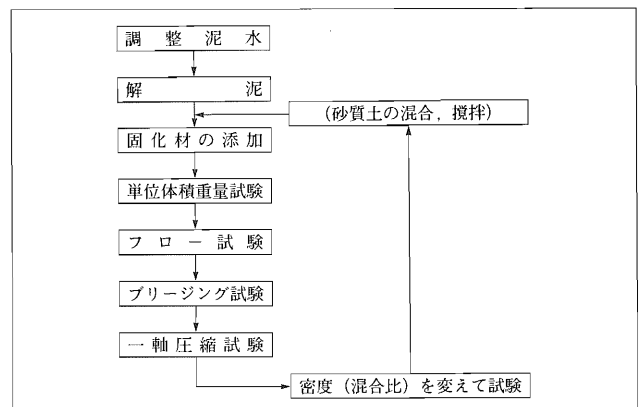


図-3 配合試験実施フロー

kg/m<sup>3</sup>, 150 kg/m<sup>3</sup> の 2 種類を加え計 5 種類の試験を行った (表—3)。

(b) 粘性土と砂質土を混合する場合 (調整泥水式流動化処理土)

泥水密度を 1.20 t/m<sup>3</sup> に固定し, 混合比を 0.75~1.6 の範囲で 4 種類, フローの状態がもっとも良い混合比 1.0 で固化材の種類及び添加量を変えたもの 4 種類を追加して, 計 8 種類の試験を行った (表—4)。

表—3 泥水式流動化処理土による実験結果

番号	泥水密度	固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	密度 (t/m <sup>3</sup> )	フロー値 (mm)	ブリージング (%)	一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
						$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
①	1.25	100	1.35	150	0.3	0.035	0.069
②	1.20	100	1.30	270	0.5	0.021	0.041
③	1.15	100	1.25	410	2.0	0.014	0.027
④	1.20	130	1.33	270	0.6	0.039	0.077
⑤	1.20	150	1.35	270	0.55	0.059	0.115

表—4 調整泥水式流動化処理土による実験結果

番号	固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	混合比	密度 (t/m <sup>3</sup> )	フロー値 (mm)	ブリージング (%)	一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
						$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
①	100	1.60	1.553	255	0.5	0.035	0.069
②	100	1.30	1.594	225	0.4	0.038	0.074
③	100	1.00	1.650	195	0.3	0.043	0.084
④	100	0.75	1.719	160	0.1	0.072	0.140
⑤	150	1.00	1.700	185	0.2	0.111	0.216
⑥	100	1.00	1.650	210	0.4	0.121	0.236
⑦	150	1.00	1.700	155	0.1	0.214	0.417
⑧	100	1.00	1.650	190	0.4	0.109	0.212

泥水密度: 1.20, 混合比 (P) = 泥水重量/砂質土重量

⑤及び⑥は一般軟弱地盤用セメント系固化材を使用

⑧は高有機質土用セメント系固化材を使用

### (3) 品質を満足する配合の検討

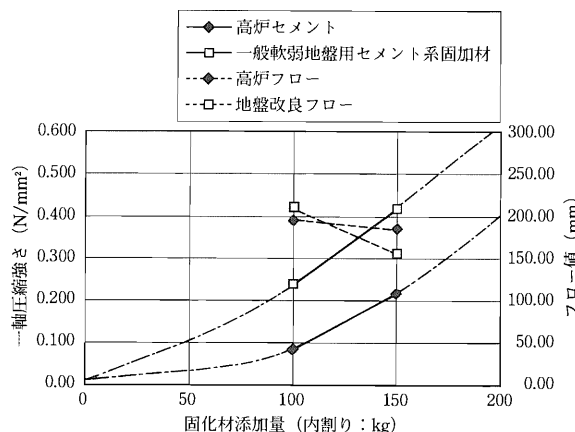
前述の配合試験結果より, 粘性土のみ (泥水式流動化処理土) の場合は要求品質を満足しないことが確認された。また, 粘性土と砂質土を混合 (調整泥水式流動化処理土) の場合においても要求品質は満足できなかったが, 一軸圧縮強度  $q_u=0.5 \text{ N/mm}^2$  に近い値を得ることができたため, 調整泥水式により行うこととした。

調整泥水式で, 固化材添加量を一定にして泥水混合比 (P) を変化させた実験では, P 値=1.0, 密度 1.6 のとき流動性 (フロー値) が 200 mm 程度となりこの混合比が最適と判断した。次に一軸圧縮強度については固化材添加量と種類を変化させた結果, 図—4 のとおり, 高炉セメントより一般軟弱地盤用セメント系固化材の方が強度発現性が良いことが分かった。また,

固化材添加量の増加に伴い流動性が低下することも確認された。

固化材の材料費については, 高炉セメントは材料単価が安いものの添加量が多くなることから不経済となるため一般軟弱地盤用セメント系固化材を使用することとした。流動性の低下については流動化剤を添加してフロー値 160 mm 以上を確保することとした。

固化材添加量は図—4 から 175 kg/m<sup>3</sup> となるが現場発生土のばらつきがあるため 10% 割増した 190 kg/m<sup>3</sup> とした。



図—4 固化材添加量と一軸圧縮強さ

### (4) 配合結果

調整泥水式に配合した最適結果を表—5 に示す。

表—5 配合結果

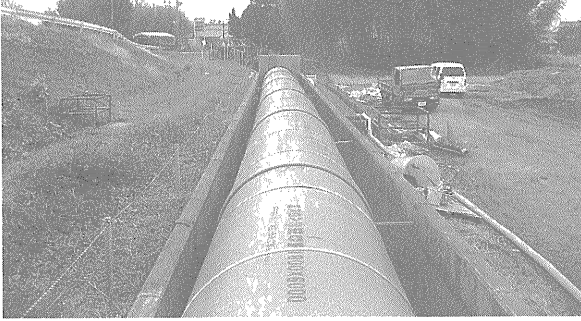
泥水密度 (t/m <sup>3</sup> )	配合量 (kg/m <sup>3</sup> )				流動化剤 (kg/m <sup>3</sup> )
	粘性土	砂質土	水	固化材	
1.2	401	796	395	190	2

## 5. 流動化処理土の施工

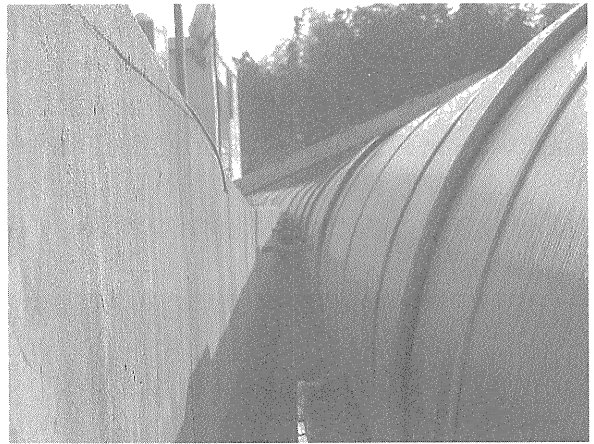
施工は, 既設開水路の中に FRPM 管を布設し, 既設水路と新設パイプラインとの間に生じる空隙を流動化処理土により埋戻し, その後上部に盛土を行う工事であり, 施工延長 89 m である。また, 管体基礎及び狭隘箇所の埋戻し数量は 204 m<sup>3</sup> である (写真—1, 写真—2)。

打設時の FRPM 管に発生する浮力対策は, 2 m 間隔で既設水路路面からステンレス製のアンカーベルトを設置した。

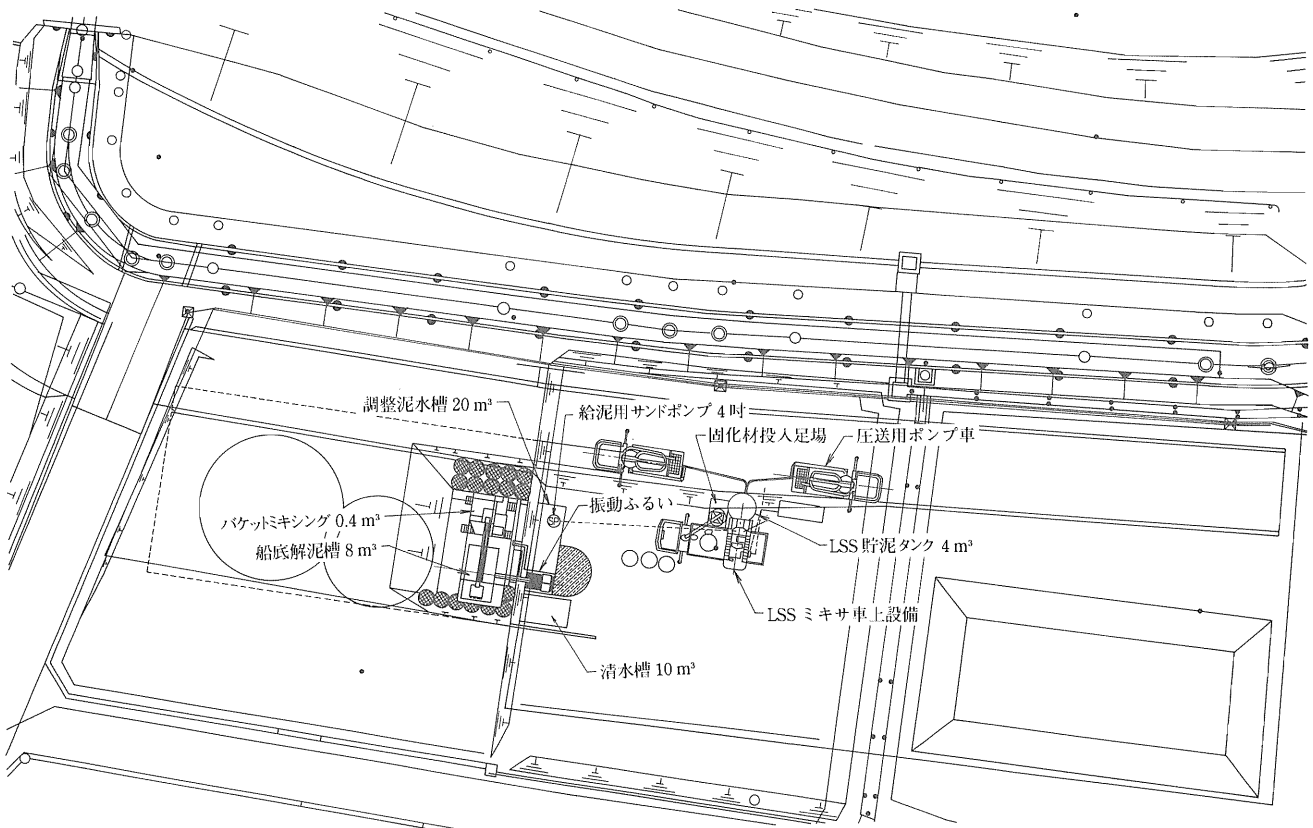
処理土の製造には, ユニット式の処理プラントが多く使われているが, 本工事では施工規模が小さいため施工場所に隣接して借地を行い, このヤード内に小型プラントを設置して行った (図—5)。



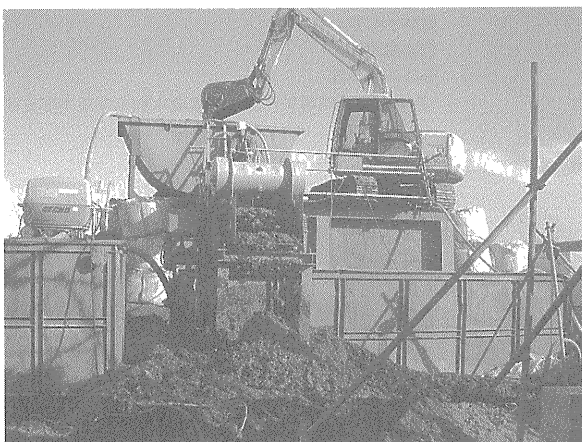
写真一 管据付け後



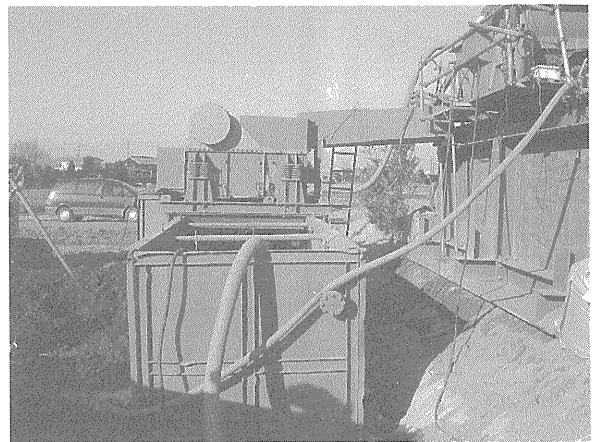
写真二 既設水路との隙間



図一5 流動化処理プラント配置図



写真三 解泥作業

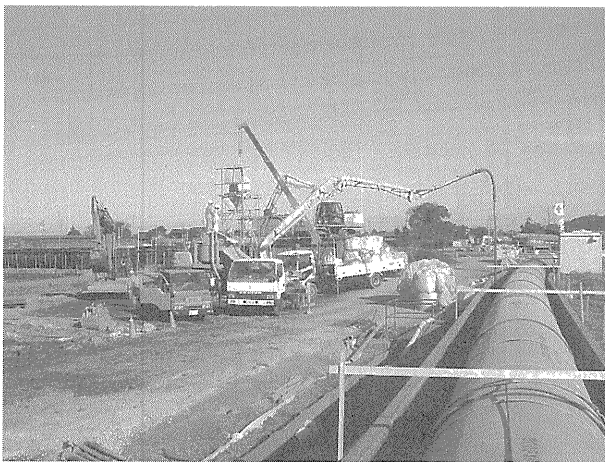


写真四 貯泥作業

流動化処理土の製造は、解泥槽（8 m<sup>3</sup> 船底）（写真—3）に建設発生土と水を加えバケットミキシング（0.4 m<sup>3</sup> クラス）で攪拌し泥水を作製し、密度を測定後、振動篩で40 mm以上の礫等を排除し調整泥水槽（20 m<sup>3</sup>）へ泥水を貯留する（写真—4）。次に、LSSミキサ（1 m<sup>3</sup> 級）で調整泥水と固化材及び流動化剤を混



写真—5 混練作業



写真—6 流動化処理土圧送状況



写真—7 打設状況

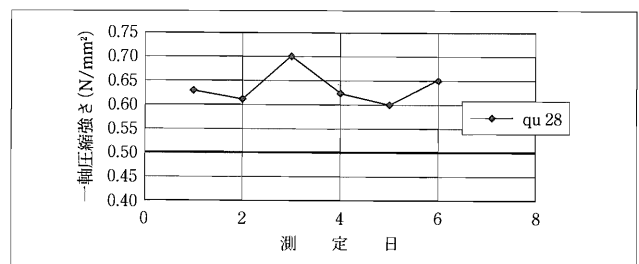
練して流動化処理土をアジテートする（写真—5）。

処理土の打設は、LSS貯泥タンクにコンクリートポンプ車を直接繋ぎ、処理土の圧送打設を行った（写真—6、写真—7）。

打設時の管側部にかかる圧力によりFRPM管の変位を抑制するため、施工は1層の打設高さを50 cmとし、打設箇所が1箇所集中せず均等に打ちあがるように管理を行った。

## 6. おわりに

建設発生土を利用し流動化処理工法によりパイプラインの管体基礎工の施工を行ったが、要求品質の内、一軸圧縮強度は図—6のとおりであり、その他の項目についてもすべて満足することができた。また、流動性を高くすることでセルフレベルングの施工が可能となり大幅な省力化を図ることができた。



図—6 品質管理結果（一軸圧縮強度）

今回の流動化処理土による施工延長は88 m、流動化処理土打設量は204 m<sup>3</sup>と小規模な工事であったが、捨土の削減量が134 m<sup>3</sup>となった。今後、施工規模を大きくすることで建設発生残土処理量が少なくなることから、より一層地球環境に優しい施工が出来る。

J C M A

### 【筆者紹介】

齋藤 和美（さいとう かずみ）

農林水産省

東海農政局

整備部防災課

（前東海農政局新矢川用水農業水利事業所南部支所長）



白枝 健（しらえだ たけし）

農林水産省

東海農政局

整備部設計課

（前東海農政局新矢川用水農業水利事業所南部支所係長）

