

5. 浚渫汚泥の覆土工法における一次処理

東亜道路工業(株) 村田 裕

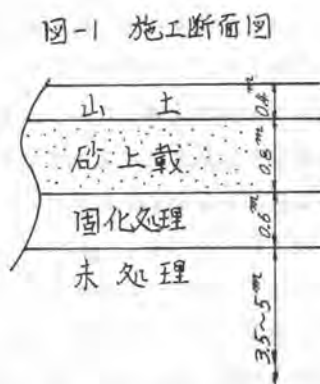
1. はじめに

近年、良質土の不足、有害底質の除去、など、シルト、粘土などの細粒分より構成される底質を使用して浚渫、埋立を行なう事例が多くなってきているが、このような材料による埋立を行なった場合、一般に含水比が液性限界をはるかにこえて、いわゆる超軟弱層を形成し、地業車はもとより、人間すら入ることが出来ない。このような場合、圧密排水と载荷を考慮して砂による覆土を行なうのが通常であるが支持力の不足による砂粒の沈下、法先破壊による覆土の転倒などにより覆土が出来ない場合がある。したがってこのような超軟弱層上に覆土を行なう際、なんらかの一次処理を行なう必要がある。一次処理の方法としてはシートを利用した、フアゴット工法、ロープネット工法などがあるが近年、固化剤を混入して表層のある厚さ迄を固化し、覆土の支持層とする工法が提唱されてきている。

本報告は九州地区において砂上載工法(水中に置いた砂をマイクロポンプ船で水搬し、排砂管に取りつけた特殊散し装置により砂と水を同時に散布して水の浮力を利用して地盤をみださず、均一な砂層を薄く形成確保し、逐次計画高さにする。)の一次処理として固化工法を行なった事例について行なうものである。

2. 概況

水銀含有底質約50万㎡をポンプ浚渫し、約16万㎡の処分地に投入したもので、いわゆる超軟弱層は3.5~5㎡となっている。水銀を含有するため、処分地に雨水の流入や、処分地からの流出、拡散を防止するため、水切終了後、早急に覆土を行なう必要があり。覆土の方法は砂上載工法が採用された。この工法は前述したように特殊散し装置により砂を薄く全体に散布するため、散し装置を移動させる必要があるため、処分地表面を人間が歩行可能な強度にする必要がある。そのため、表面を一軸圧縮強度 $\sigma > 0.3 \text{ kg/cm}^2$ 以上、処理厚さ60cmに固化剤を用いて固化を行なった。(図-1参照)この強度、および厚さは、これ迄の施工経験によって決定したものである。



使用した固化剤はセメントにリグニンスルホン酸、トリポリリン酸ソーダ、など8種類の薬品を添加したもので、水銀封鎖能力を有する軟泥専用固化剤である。

3. 事前試験

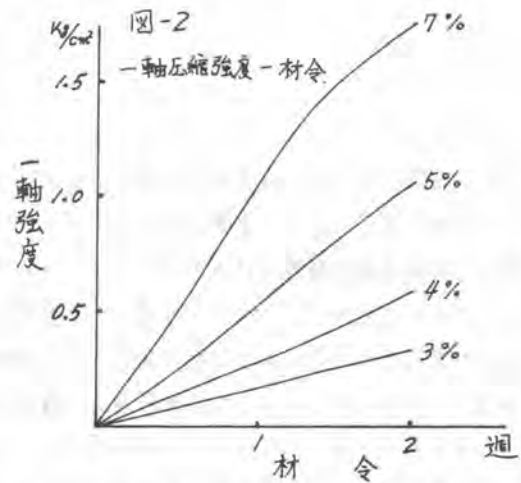
3-1 室内試験

予め、物性、固化剤添加量、などを把握するために行なったもので、物性試験として単位体積重量、含水比、強熱減量、0.074%篩通過量、の測定を行ない、強度試験は固化剤添加量を3%、4%、

5%, 7%における一週および二週養生の一軸圧縮強度の測定を行った。その結果を表-1および図-2に示す。この強度試験の結果より添加量3.5%を一応の目安とした。

表-1 物性試験結果

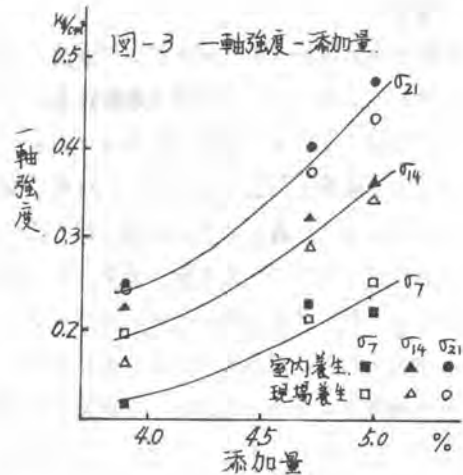
物性項目	測定値
単位体積重量	1.245 kg/m^3
含水比	181.7 %
0.074%篩通過量	91.8 %
強熱減量(4Hr)	20.5 %



3-2 試験施工

実際施工に先立ち、混合深さの設定、および固化強度の再現性をチェックするため、試験施工を行なった。第一回目は固化剤添加量3%、3.5%、4%にセッティングを行なったが、処理深さ約90cmとなり、添加量少なく失敗したため二回目として添加量を4%、5%、6%を目標として行なった。測定試料の養生は現場養生（現場にそのまま置き、所定日数経過後、切り取り、トリミングを行なって測定する。）および室内養生（モールドにつめて一日室内養生後脱型して所定日数水中養生として測定する。）を行なった。結果を図-3に示す。

この試験施工結果より $\sigma_2 > 0.3$ を満足させるためには4.5%程度の固化剤を添加する必要があることが判明した。この値は前述した室内試験結果に比べて1%の添加量増となっている。この原因として室内試験と試験施工の間に約6ヶ月のずれがあり、含有残渣が質的变化をおこしたことが、後述時に高分子凝集剤を利用しているが、このフロック形成能力が劣化し、見かけの粒径が小さくなること。処分地内に静置させている状態で分級化がおり、表層に細粒分が多くなること、細粒部の増加により表面の含水比が増化したこと、などが考えられるが判然としない。



3-3 固化物の透水試験

この試験は固化処理をした後液底質の透水性を把握するとともに、封じこめられた未処理底質が上載荷重による圧力増加とは異なる充分圧密促進に対応出来るかどうかを明らかにするために行なったもので、変水位法によって行なった。（水頭160cm~90cm）

土の骨格構造強さが殆んど0に等しい未処理底質の場合、浸透圧力によって試験後の試料にかなりの密度変化がみられ、問題点もあるが、試験結果を表-2に示す、この結果より未処理底質も、処理

底質も透水係数は $10^5 \sim 10^6$ の間にあり、処理層と未処理層の排水速度に大きな差はなく、処理層が圧密促進に大きな影響を及ぼさないと判断した。

表-2 透水試験結果

試料	含水比 W (%)	単位体積重量		間隙率 e	飽和度 Sr	透水係数 k (cm/sec)	
		γ_s (kg/m ³)	γ_d (kg/m ³)				
2.4%	N01	216.1	1.24	0.392	5.56	99.9	3.66×10^{-6}
	N02	215.2	1.22	0.387	5.64	98.1	2.40×10^{-6}
	平均	215.7	1.23	0.389	5.60	99.0	3.03×10^{-6}
2.6%	N01	206.9	1.25	0.407	5.31	100.1	2.02×10^{-6}
	N02	204.9	1.24	0.407	5.31	99.2	2.53×10^{-6}
	平均	205.9	1.245	0.407	5.31	99.7	2.28×10^{-6}
2.7%	N01	214.1	1.22	0.388	5.62	97.9	4.21×10^{-6}
	N02	217.6	1.21	0.381	5.75	97.3	1.10×10^{-5}
	平均	215.9	1.215	0.385	5.69	97.6	7.60×10^{-6}
未処理	N01	194.6	1.19	0.398	5.46	91.6	5.59×10^{-6}
	N02	203.3	1.23	0.411	5.25	99.5	1.08×10^{-5}
	平均	199.0	1.21	0.405	5.36	95.6	8.25×10^{-6}

1) 試料は第一回試験施工における三廻現場養生のものを使用。

2) 土粒子比重は $G_s = 2.57$

4. 施工

4-1 施工法の概略

施工法は、予め陸上に設置したベトンミルクプラントで固化剤と水を1:1の割合で混合して固化剤ミルクを作り、これを処理機の中筒タンクに送る。混合は攪拌羽根よりミルクを噴射しつつ連続的に行なう。処理深さの調節は羽根の傾斜角を変化させることにより行なう。処理機の運行は陸上に設置したアンカーよりワイヤーを引き、ウインチの捲上げ速度により定速運転を行なう。

4-2 使用機械諸元

ベトンミルクプラント		ヘッドロ処理機	
操作方式	全自動電気空気式	型式	連続斜攪拌式I型
ミルク製造能力	60%	処理厚	0.5~1.0m
計量装置	定量設定秤付ダイヤル 自動計量器	処理巾員	6m
ミキサー	2枚羽根水平攪拌式 1.3m ³ バッチ式	混合装置	羽根径 1480mm 枚数 3枚
貯留槽	2枚羽根水平攪拌式 2.6m ³	回転数	60rpm
ミルク圧送ポンプ	吐出量 1.3m ³ /min	混合軸	4本
		ミルク中筒槽	5m ³
		走行用ウインチ	3.7kW x 2台

揚提 39 m
 総重量 60 ton
 所要電力 60.5 kW
 ミルクプラント



運行速度 0 ~ 7 %/min
 ミルク圧入ポンプ 吐出量 200 l/min
 吐出圧 8 kg/cm²
 台数 4台
 船体寸法 13.5 x 5.5 x 0.9 m
 動力 200 KVA 総電圧搭載
 所要動力 126.3 kW
 処理機



4-3 施工および品質管理

施工の速度はポンプ吐出量、添加量、および処理厚さから計算し、104 %の速度で行なわれ、一日の施工量はほぼ2,000 %であった。

施工時の留意点として、

- 1), 施工前に全体のレベルを観察し処理底質の上に未処理底質がかぶらないよう施工計画をたてる。
- 2), 運行用ワイヤーは移動後たるみを完全にとってから施工にかかる。(蛇行の原因となり、あとの手直しが困難となる。)
- 3), 今回処理した底質について $\rho_u = -0.0025 W_c + 0.67$ という実験式が成立し含水比の高い箇所は処理層が厚くなり添加量が少なくなるので、事前観察により速度を遅くして添加量が減少するのを防止する。などである。

品質管理は一軸圧縮強度、添加後の含水比、コーンペンネトローメーターによる処理厚さについて行ない、固化剤の添加量については一作業当りの固化剤使用量を処理量で除して平均値も算定した。

品質管理結果を表-3に示す。

5. まとめ

以上軟弱汚泥上の覆土における一次処理として固化工法を利用する一例として、砂上載工法との組合せの例を報告したが、フロッグ工法、ローフネット工法の一次処理としても利用され充分その使命をまっとうしているので今後、大いに利用されることを期待する。

表-3 品質管理結果

項目	平均値	標準偏差	検体数
室内一軸圧縮強度 σ_1	0.373 kg/cm ²	0.160	76
現場一軸圧縮強度 σ_1	0.342 kg/cm ²	0.122	76
処理後の含水比	198.2 %	37.8	76
厚さ	69.8 cm	11.96	148