

管中混合固化処理工法

社団法人 日本埋立浚渫協会
技術委員会第三研究部会
軟質土固化処理研究グループ

管中混合固化処理工法は、グラブ浚渫した浚渫土砂を空気圧送船にて揚土する際に固化材を添加し、圧送管内で発生するプラグ流による乱流効果を利用して浚渫土砂と固化材を攪拌混合する工法です。名古屋港ポートアイランドおよび中部国際空港などで、既に1000万 m^3 を超える施工実績があります。

工法の特徴

1. 浚渫土のリサイクルが可能です。
2. 固化材を添加するので、任意の強度の材料を短時間で供給することができます。
3. 既存の大型空気圧送船が使用できるので、大量急速施工が可能です。
4. 既存の固化処理工法に比べてコストダウンが可能です。
5. 固化処理土は長期安定性があり、10年以上経過した処理土において安定した強度があることが確認されています。

管中混合固化処理工法における土質の適用例

分類	含水比 (土運船運搬土)	適用性	評価項目		
			固化材 添加量	圧送能力	
粘性土	砂礫分 30~50%	高	○	標準	やや低下
		低	○	標準	低下
	砂礫分 30%以下	200%以上 (2.8 w_L 程度以上)	×	—	—
		110%~200% (1.5 w_L ~2.8 w_L 程度)	○	増加	標準
		90%~110% (1.3 w_L ~1.5 w_L 程度)	○	標準	標準
		70%~90% (1.0 w_L ~1.3 w_L 程度)	○	標準	やや低下
		50%~70% (0.7 w_L ~1.0 w_L 程度)	○	標準	低下
		50%以下 (0.7 w_L 以下)	×	—	—

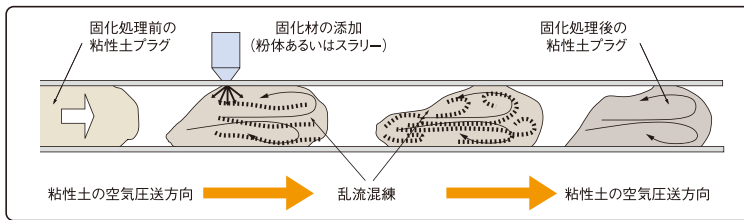
w_L :液性限界

混練原理

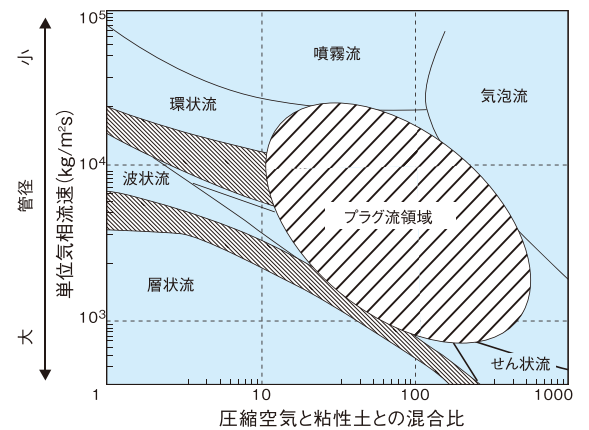
浚渫土砂を空気圧送する際、圧送管内には浚渫土砂と圧縮空気の混相流であるプラグ流が発生します。

管中混合固化処理工法はプラグ流の乱流効果を利用して浚渫土砂と固化材を攪拌混合します。

空気圧送による混練状況



混相流の流動様式(ベーカー線図)



処理土の特性

管中混合処理土は固化材で安定処理された地盤材料であり、その特性は硬質な粘性土地盤とほぼ同等であります。

処理土の強度や流動性は目的と用途に応じて、任意に設定することができます。

処理土の設計基準値

項目	設定範囲
設計強度	100~500kN/m ²
フロー値	90~200mm



フロー試験状況



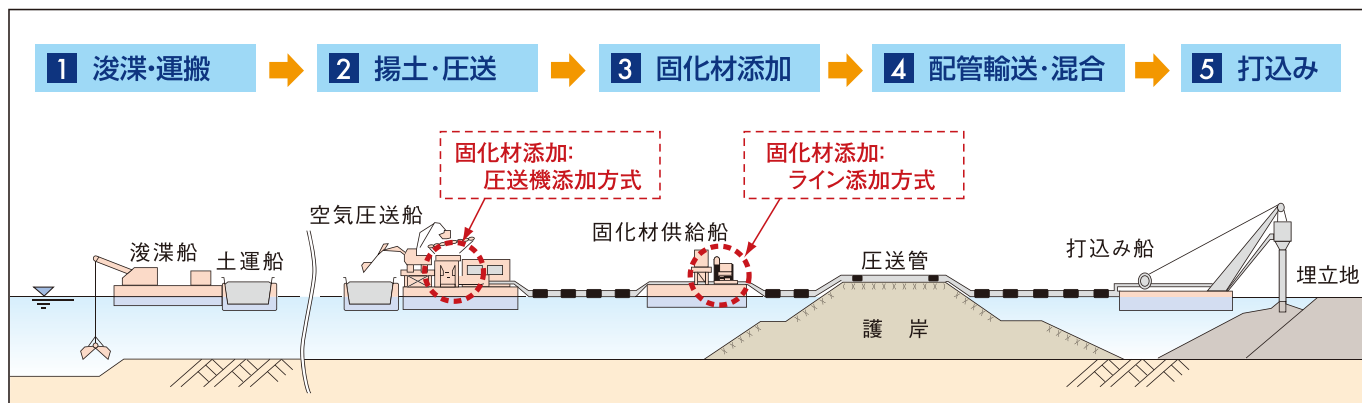
一軸圧縮試験状況(大型サンプリング試料)



処理土地盤(大型サンプリング状況)

施工方法と流れ

■ 海面埋立工事にける施工方法の流れ



1 浚渫・運搬

海底などに堆積した土砂を浚渫し、土運船で施工場所(空気圧送船)まで運搬します。

2 揚土・圧送

土運船内の浚渫土砂を、圧送船のバックホウなどで均一に解泥・混合した後に、揚土します。揚土の際、浚渫土砂に含まれる異物を除去するために、スクリーンなどを通し、ホッパーに落とします。必要に応じて加水を行い、ポンプ圧送するとともに、圧縮空気を注入し、混気圧送を開始します。

3 固化材添加

固化材は、固化材供給船からスラリー状で添加します。固化材の添加方法には、圧送船上で添加する「圧送機添加方式」と圧縮空気を注入した後に、圧送ラインで添加する「ライン添加方式」があります。

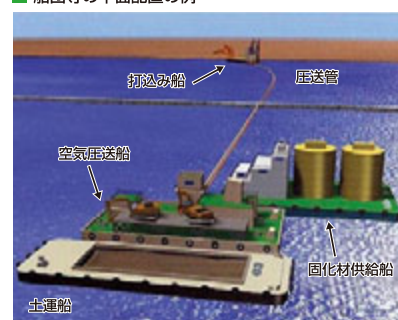
4 配管輸送・混合

圧送管内の浚渫土砂と固化材は、圧縮空気の連続注入によってプラグ流(気液二相流)を形成します。輸送中のプラグは、圧送管内壁との摩擦で、その形状が常に変化し、またプラグの崩壊や再形成が断続的に生じています。その結果として、浚渫土砂と固化材は均一に混練りされます。

5 打込み

空気圧送で送られてきた処理土は、減勢装置で空気と処理土に分離し、専用の打込み装置(打込み船やトレミ台船など)で埋立地などに、打込まれます。減勢装置を用いずに、直接打ち込む「直吹き方式」を用いることもあります。

■ 船団等の平面配置の例



船団構成(例)

船種	施工能力の規格			摘要
	300m ³ /hクラス	600m ³ /hクラス	800m ³ /hクラス	
空気圧送船	鋼D-2000PS	鋼D-3000PS	鋼D-6000PS	
固化材供給船	30t/h	60t/h	100t/h	
揚錨船	鋼D-15t吊	鋼D-20t吊	鋼D-30t吊	空気圧送船付
打込み船	300m ³ /h	600m ³ /h	800m ³ /h	
揚錨船	鋼D-5t吊	鋼D-10t吊	鋼D-10t吊	打込み船付
固化材運搬船	150t積	300t積	500t積	
引船	鋼D-250PS	鋼D-500PS	鋼D-1000PS	固化材運搬船付
(圧送管)	(φ=400)	(φ=560)	(φ=660)	

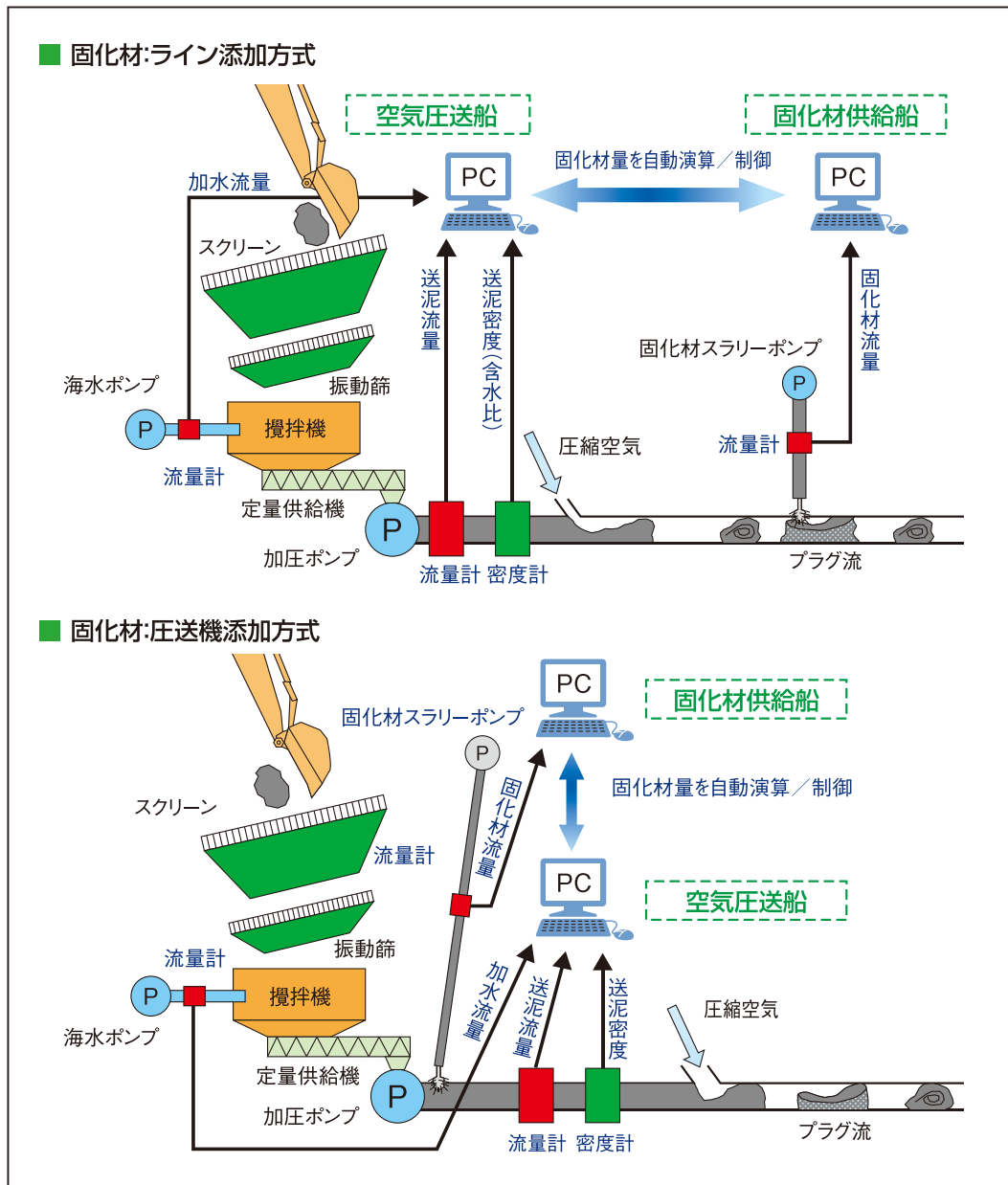
施工状況(中部国際空港)



品質管理項目(例)

浚渫土管理(施工前)	浚渫土砂の物性試験、事前配合試験の実施 <ul style="list-style-type: none"> ● 土砂の物性の把握と室内配合検討 ● 強度発現特性による固化材添加量の決定 ● 土量変化率の把握
浚渫土管理(施工中)	浚渫土量、浚渫土砂の含水比(湿潤密度)の把握、加水量の決定
圧送管理	圧送土量、加水量、空気量、固化材供給量(添加量) 圧送元圧
打込み管理	打込み箇所(平面位置)、打込み前の地盤高さ 打込み量、打込み後の処理土の地盤高さ、勾配
環境管理	水質管理(SS、pH)
品質管理(固化前、施工中)	フロー値、湿潤密度、含水比
品質管理(固化後、施工後)	処理土の強度、湿潤密度、含水比

品質管理システムのフロー(例)



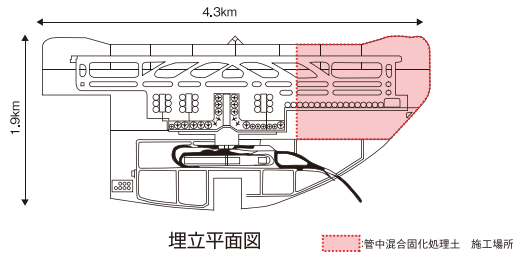
上図は、原料土の流量・湿潤密度を連続計測し、その値に対して処理土のW/C(水セメント比)が一定になる固化材添加量を自動演算・制御する配合管理システムの例です。

利用用途と用途事例

海上および陸上埋立材としての利用

大規模な埋立地へ浚渫土砂をリサイクル材として利用した事例です。大量急速施工が可能のため工期短縮・工費縮減が図れ、また固化処理土による沈下抑制と支持力確保の効果があります。

工事名：中部国際空港 空港島造成工事(その1)
 事業主体：中部国際空港株式会社
 固化処理土量：8,630,000 m³
 利用用途：埋立材



処理土打込み状況

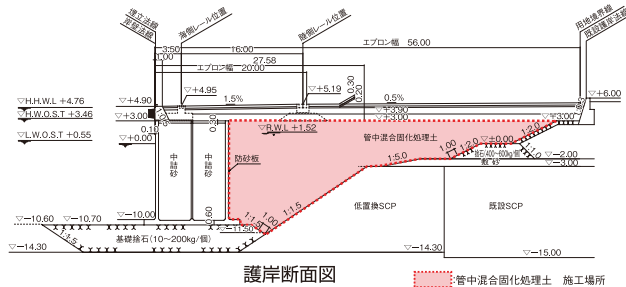


海上埋立全景

新設および既設岸壁・護岸背後の裏込材・裏埋材としての利用

処理土を裏込材・裏埋材として使用するため、主働土圧の低減に起因した堤体断面・基礎マウンド断面の縮小が可能で、かつ工費縮減・工期短縮を図ることができます。また、液状化対策工法のうちの固結工法に相当するため、耐震補強になります。

工事名：公共港湾改修 単県玉島地区造成 6号埠頭建設合併工事
 事業主体：岡山県 倉敷地方振興局
 固化処理土量：54,920 m³
 利用用途：護岸背後の裏込材



空気圧送船

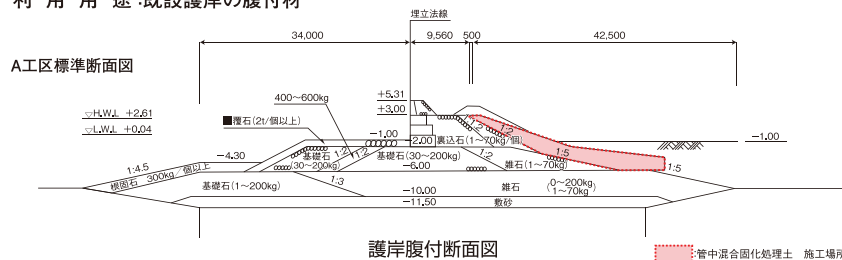


護岸背面裏込め施工全景

護岸腹付材および中仕切材としての利用

透水係数の小さい浚渫粘性土を固化処理し、護岸内側に腹付け材として利用した事例です。浚渫土砂の漏出防止対策としての効果があります。

工事名：名古屋港第三ポートアイランドA工区裏埋工事
 事業主体：運輸省 第五港湾建設局
 固化処理土量：31,000 m³
 利用用途：既設護岸の腹付材



空気圧送船、固化材供給船



打込み状況