

## 52. タンク&プラグ混合処理工法 (T&P 工法) の開発～浚渫土の早期リサイクル技術の開発～

三井不動産建設(株)：山田 尚史、\*高羽 泰久  
三井造船(株)：高梨 清一

### 1. はじめに

近年、資源のリサイクルの観点から、港湾工事や湖沼などから発生する軟弱な浚渫土砂を有効活用するための再処理・利用技術の検討がなされている。

管中混合固化処理工法は、軟泥土を空気圧送にて搬送する過程で固化材を添加し、プラグ流を利用して混練りを行うことにより必要な強度を持つ固化処理土として様々な部位に利用しようとするものである。固化処理土は、今まで浚渫土砂が利用されていなかった岸壁・護岸の腹付土砂等へ利用できるほか、埋立に利用した場合にも地盤改良工の軽減や放置期間が短縮できるなど、建設コストの縮減や工期の短縮が図られる可能性がある。

当社では、管中混合固化処理工法の一つである「タンク&プラグ混合処理工法（以下、T&P 工法とする。）」の実用化試験を平成4年<sup>1)</sup>から行い、改良を重ねてきた。以下、T&P 工法の概要と平成10年に福岡市港湾局殿のご協力により博多港アイランドシティ埋立地にて行った実証試験結果について報告する。

### 2. 工法の概要

T&P 工法は、管中混合固化処理工法の中の圧送前に固化材を添加する圧送機添加方式に分類される。MATS-600 を代表とする MES-KH シリーズの空気圧送船の特長である攪拌機付の圧送タンクで固化材を添加し、圧送することで連続的に固化処理土の埋立を行うものである。

T&P 工法における浚渫土砂と固化材の混練りは、タンク内の攪拌機による強制攪拌（1次混練）と混気圧送中のプラグ流の乱流効果（2次混練）を併用して行う。このため、プラグ流の不連続性に影響されることなく確実に固化材を添加でき、混練りの信頼性が高いことから固化処理土を十分均質化させることが可能である。図-1にT&P 工法による埋立工概念図を示す。

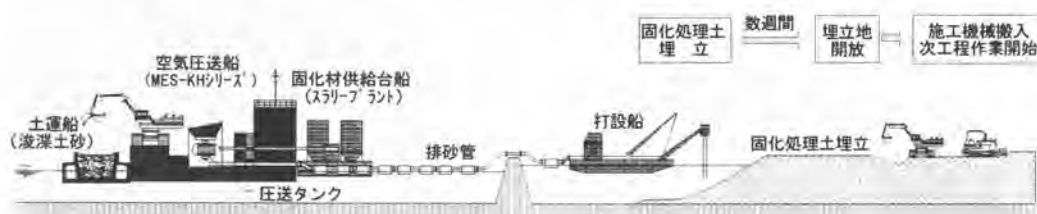


図-1 タンク&プラグ混合処理工法による埋立工概念図

### (1) 固化処理土の製造機構

T & P 工法は、圧送前に密閉式の圧送タンクでセメントスラリー等の固化材を添加し、攪拌機による1次混練り後、空気圧送を行い、この圧送過程で発生するプラグ流による2次混練りにより均質な固化処理土を製造する。図-2にT & P工法の概念図を示す。

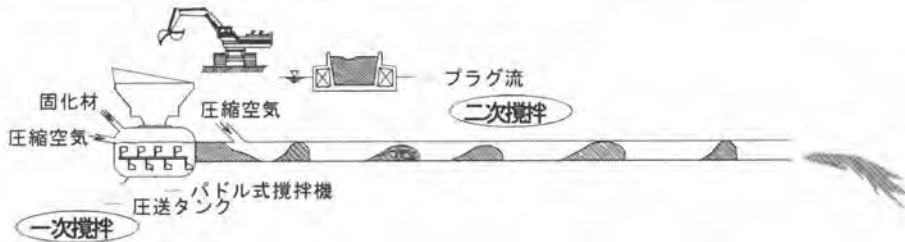


図-2 タンク&プラグ混合処理工法概念図

### (2) 工法の特徴

T & P工法の特徴を以下に示す。

#### ①混練の信頼性が高い

強制攪拌とプラグ流混合の併用となるため練り混ぜの信頼性が高い

#### ②品質のバラツキが少ない

バッチ毎に確実に固化材を添加できるため固化処理土の品質にバラツキが少ない

#### ③土砂性状の変化にも対応可能

バッチ毎に土砂量、固化材量、含水量を制御できるため、土砂性状の変化に対しても対応が可能

## 3. 実証試験

### (1) 実験概要

実験期間：平成10年12月15～21日

実験場所：福岡県福岡市アイランドシティ埋立地内



図-3 実験場所位置図

圧送システム：空気圧送船 MATS-600 (660m<sup>3</sup>/hr)

実験では、3系統6基の圧送タンクの内、1系統1基を使用

圧送距離：534～602m

固化材：セメントスラリー（高炉B種、W/C=1.0）

浚渫土砂：博多港航路浚渫土（-12.6～-14.6m）

- ・含水比 82%（土運船積載状態）
- ・液性限界 65.1%
- ・粗砂 2.0%、細砂 14.2%、シルト 35.8%、粘土 47.3%

実験ケース：実験は、気中打設を3ケース（CASE1～3、固化材添加量 50, 75, 100kg/m<sup>3</sup>）、水中打設を2ケース（CASE4,5、固化材添加量 75, 100kg/m<sup>3</sup>）、及び気中打設のバッチ容量を増加させた場合2ケース（CASE6,7、固化材添加量 75kg/m<sup>3</sup>）の合計7ケース、総打設量は 442.6m<sup>3</sup>行った。実験ケースの一覧表を表-1に示す。

表-1 実験ケース一覧表

実験番号	実験ケース	固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	調整含水比 (%)	取込土砂量 (m <sup>3</sup> /バッチ)	バッチ容量 (m <sup>3</sup> /バッチ)	打設量 (m <sup>3</sup> )
CASE1	気中 50kg	50	100	4.5	5.5	82.5
CASE2	気中 75kg	75	100	4.5	5.7	85.5
CASE3	気中 100kg	100	100	4.5	5.9	70.8
CASE4	水中 75kg	75	100	4.5	5.7	57.0
CASE5	水中 100kg	100	100	4.5	5.9	70.8
CASE6	気中全バッチ	75	100	9.0	11.4	45.6
CASE7	気中2/3バッチ	75	100	6.0	7.6	30.4
					合計	442.6

実験方法：埋立地内に 10m×10m×1m 程度の打設ピットを掘削し、30～80m<sup>3</sup>程度の固化処理土を打設した。打設後、打設ピット内の任意の5箇所から試料を採取（現場モールド、現場コアサンプリング）し、一軸圧縮強度試験を行った。なお、1ヶ所当たりの試料採取本数は、3本であり、5ヶ所合計で15本の供試体を作成した。図-4に陸上打設試験の概念図を、写真-1、2に試験状況写真を示す。

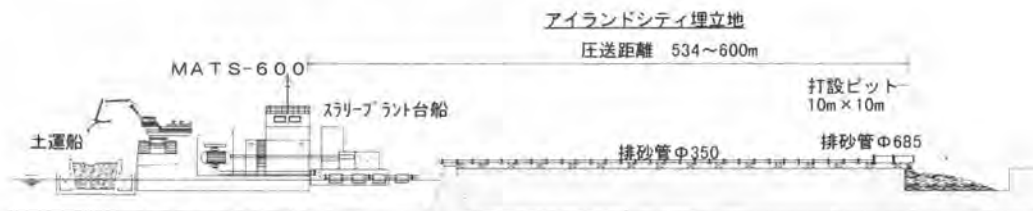


図-4 陸上打設試験の概念図



写真-1 無添加土（含水比 100%）の打設状況



写真-2 固化処理土（75kg/m<sup>3</sup>添加）打設状況及び掘削断面

## （2）実験結果

表-2 に一軸圧縮強度試験の結果の一覧表を示す。また、図-5 に気中打設における室内配合試験との強度比較、図-6 には一軸圧縮強さの変動係数を示す。

表-2 現場モールド試料の一軸圧縮強度試験結果(養生 28 日)

実験番号	実験ケース	固化材添加量 kg/m <sup>3</sup>	一軸圧縮強さ kgf/cm <sup>2</sup> ×10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	変動係数 %
CASE1	気中打設 50kg	50	1.26(1.36)	6.8(12.0)
CASE2	気中打設 75kg	75	3.74(3.12)	13.8(19.8)
CASE3	気中打設 100kg	100	8.74(6.29)	5.6(10.4)
CASE4	水中打設 75kg	75	(3.63)	(14.6)
CASE5	水中打設 100kg	100	(7.44)	(18.0)
CASE6	気中打設全ツク	75	4.83	4.8
CASE7	気中打設2/3ツク	75	5.11	11.5

注) ( )内の数値は、現場コアサンプリングにより採取した試料

気中打設 (CASE1~3) での固化処理土の一軸圧縮強さは、現場モールドにおいて固化材添加量 100kg/m<sup>3</sup> で  $q_{u28}=8.74\text{kgf/cm}^2(\times 10^5\text{N/m}^2)$ 、固化材添加量 50kg/m<sup>3</sup> でも  $q_{u28}=1.26\text{kgf/cm}^2(\times 10^5\text{N/m}^2)$  まで発現してい

る。これは、室内強度の 50～80%に相当し、実用上良好な数値が得られた。強度のばらつきを示す変動係数は、現場モールドで 15%以内、現場コアサンプリングにおいても 20%以内に収まっている。また、水中打設(CASE4,5)及びバッチ容量を増加させた場合(CASE6,7)でもほぼ同等な品質が得られている。

圧送能力に関しては、圧送時間、圧送背圧の計測結果より無添加土の圧送に比べ 2～3 割程度低下することが分かった。

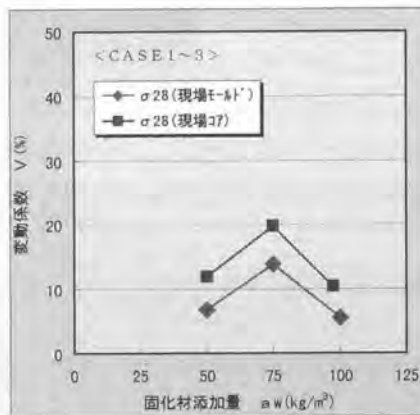
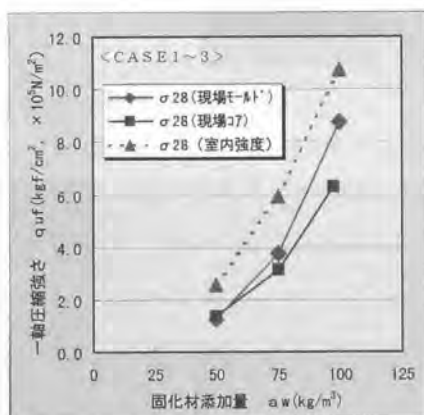


図-5 気中打設における室内強度との強度比較 図-6 気中打設における固化処理土の変動係数

#### 4. 固化処理土の利用方法

##### ①埋立土砂として利用

埋立土砂として利用した場合、埋立後の地盤改良（パーチカルドレーン工法や表層処理工法）や圧密放置期間が不要となるため、埋立から土地利用までの工期が大幅に短縮できる可能性がある。

(図-1 参照)

##### ②護岸、岸壁等の腹付土砂として利用

浚渫土砂が海砂等の代替材として利用可能となるほか、 $q_u=1\sim 2\text{kgf/cm}^2$  程度の強度を持つ地盤を構築できるため、安定上有利となり、現地盤の地盤改良が軽減できる。また、固化処理土は液状化しないため岸壁の液状化対策が不要となる。(図-7 参照)

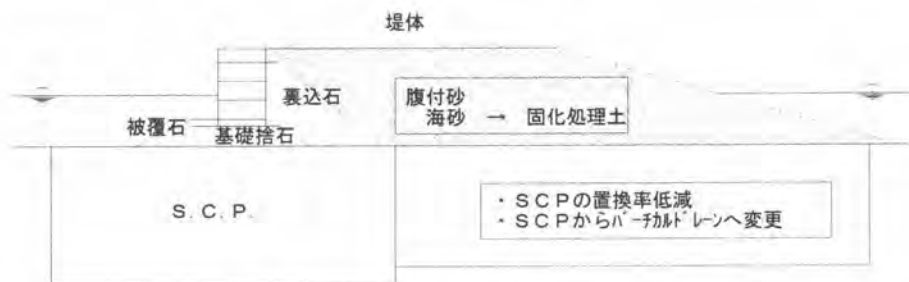


図-7 護岸、岸壁の腹付土砂としての利用概念図

### ③ 浚渫土の陸上運搬・処分の補助工法として利用

組立可搬式の空気圧送機（KH-150 等）を用いれば湖沼等の浚渫から圧送・固化処理までを一貫して行うことが可能である。固化処理土は、翌日にはダンプトラックに積み込み可能な程度まで硬化するため、浚渫区域から離れた処分場までの運搬が可能となる。また、固化処理土は硬化後、山積みのできるため、限られた面積の処分場を有効に利用することができる。（図-8 参照）

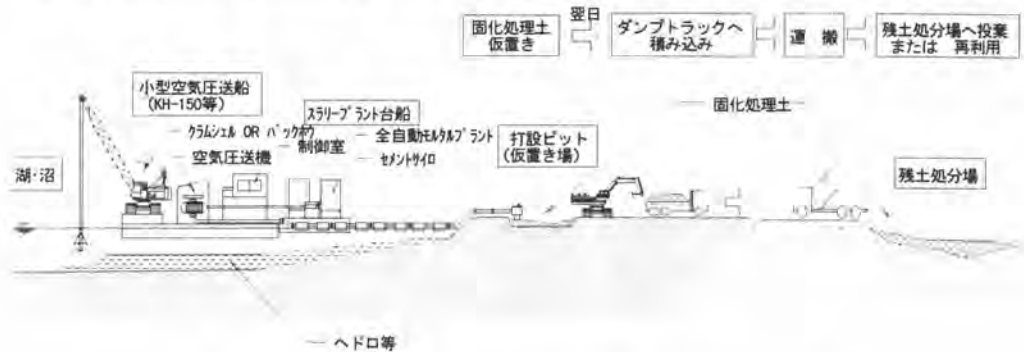


図-8 浚渫土の陸上運搬・処分の補助工法としての利用概

### ④ その他の利用方法

- ・ケーソン岸壁等における現地盤の置換工法として利用
- ・鋼鉄セル、二重締切矢板の中詰材としての利用

## 5. おわりに

実証試験の結果は、埋立や護岸・岸壁の腹付土砂等に利用するために必要な強度が充分得られており、本工法が、浚渫土の有効利用を実現する有効な手段となる可能性が高まったと判断する。今後は、試験施工等の実施により水中打設の施工方法や出来形管理、品質管理等の施工管理方法など、残された問題を解決して行きたい。

なお、実証試験の実施にあたり、格別なご理解とご協力を頂いた福岡市港湾局殿に紙面を借りて厚く感謝する次第である。

### <参考文献>

- 1)内山、村沢、別府：空気圧送船によるプレミックス埋立工法実験報告，土木学会第20回関東支部技術発表会講演概要集 P573～574，1993.3.