

VI-7 管内混練固化処理システム『スネークミキサ工法』の開発

佐伯建設工業㈱ 正会員 小川 元

1 はじめに

港湾工事などから発生する軟弱浚渫土の有効利用を図るため、固化処理技術に対する要請が増している。一般に、浚渫土は軟弱で含水比が高く埋立利用を行う場合、土地利用や環境の問題から固化処理が必要である。従来は、埋立地土捨場内で固化材を混合する事後混合や、専用の固化処理船上で固化材を混合する事前混合処理工法が行われてきた。しかし、これらの方法は工費や強度のバラツキに問題があった。

これに対してより経済的な施工方法として、既存の空気圧送機による圧送中の管内で固化材と軟弱土を簡単に混練する管内混練固化処理システム『スネークミキサ工法』を開発した。

2 システムの概要

空気圧送工法は、圧縮空気のエネルギーを利用した土砂の管内搬送工法である。図-1に示すように、管内を圧送されている土砂に圧縮空気を注入すると、管内において土砂と圧縮空気が交互に連続した、気液二相流の状態（プラグ流）となる。

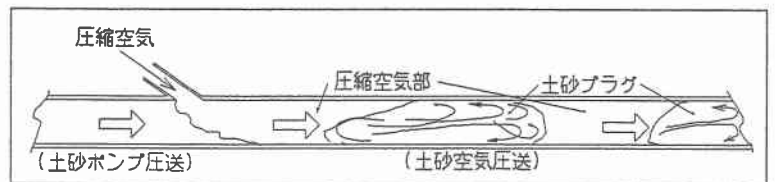


図-1 プラグ流状態

空気圧送では、プラグ流状態となることで圧縮空気の膨張エネルギーおよび管壁と土砂との接触面積が減ることによる摩擦の軽減により、通常のポンプ圧送よりも搬送能力が増加する。

また、プラグ流では、プラグ内部の土粒子が壁面摩擦の影響で乱流状態となっている。このような状態の土砂に固化材を混入すると練混ぜられることになる。この特徴を利用して浚渫土砂などを固化処理することも試みられていたが、固化処理の均質性が欠けるなどの問題があった。この問題を解決するため、乱流状態の増大を目標に管路を数箇所拡大あるいは縮小させたり、曲管を組込むなどの新しい工法の開発を進めた。また、工法の開発にあたっては固化材をどの位置に、どのような性状（粉体かスラリーか）で添加するのが最適かということも問題であった。

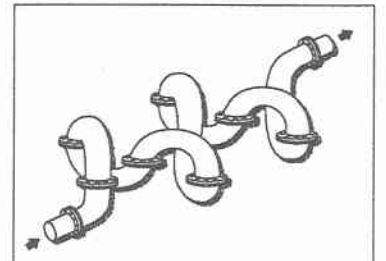


図-2 スネークミキサの組合せ例

スネークミキサは、180度ロングエルボを基本部材とし、これを図-2のように組合せた形となっている。この形状によりプラグ流を上下左右に動かし、管壁との衝突、流れの方向の強制的な変化などにより、プラグが攪拌されると考えた。（図-3参照）

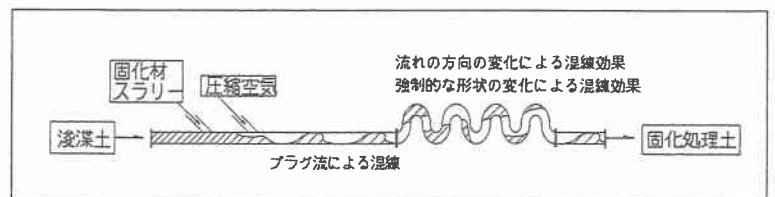


図-3 スネークミキサの混練機構

3 性能確認

(1) 実証実験

実証実験では、各種混練装置による性能確認を行った。管を途中で拡大あるいは縮小する方法については、さほど混練効果の向上は見られなかった。しかし、曲管により水平および鉛直の2方向に管路を蛇行させる方法では高い混練効果が確認できた。実験では含水比 110%の粘性土を空気圧送（管径 250mm、距離 100m、送泥量 80m³/h）する過程で固化材（セメント量 50,100kg/m³）をスラリー（W/C=100%）注入し、本ミキサで混練効果の

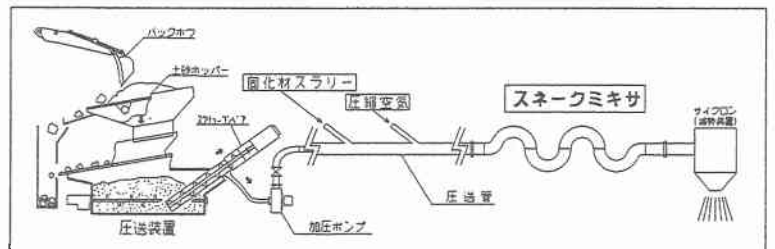


図-4 実証実験装置

は高い混練効果が確認できた。実験では含水比 110%の粘性土を空気圧送（管径 250mm、距離 100m、送泥量 80m³/h）する過程で固化材（セメント量 50,100kg/m³）をスラリー（W/C=100%）注入し、本ミキサで混練効果の

確認を行った。混練効果の確認は、実験時に得られた試料の一軸圧縮強度を室内で十分混練した試料によるものと比較することで行った。

実験結果から、図-5に示すように、固化材添加量や養生時間に関係なく、本ミキサによる混練状況は室内での完全な混練と同等であることが確認された。

(2) 試験工事

試験工事では、航路の維持浚渫から発生した軟弱な浚渫土を陸上に土捨するための固化を目的として、スネークミキサ工法を用いて長距離圧送が可能か、少量の固化材添加量で低強度の均質な固化処理が可能かを検証するために行った。試験結果を以下に示す。

① 長距離圧送

本工法は空気圧送状態になる前に、管内が軟弱土で充填され定量に流れている時に、固化材スラリーを注入し、搬送する過程で固化材を軟弱土を混練する工法である。混練は、搬送されている圧送管内およびスネークミキサで行われる。(図-3参照) 圧送管の始点からスラリー状の固化材を注入する方式であるため、圧送土砂の粘性が強くなり、圧送抵抗が増大し長距離圧送が可能かどうか懸念された。結果的にはこれまで圧送距離 300～400m程度が限度とされていたのに対し、固化材の添加量に関係なく最大約 1 km の長距離圧送をすることができた。また、圧送抵抗を表わす圧送圧力についても、最大 4 kgf/cm²、平均 3.5kgf/cm² 程度であり、圧送管材の限界である 5 kgf/cm² 以内で安定した圧送をすることができた。

② 混練効果および強度

少添加量による低強度の均質固化処理(目標強度 $q_{u28} = 0.3\text{kgf/cm}^2$) に関しては、添加量を変化させた処理土を材令 28 日で一軸圧縮強度試験を実施して確認した。(図-6参照)

試験結果をみると、強度のバラツキが非常に小さく、添加量 60,80kg/m³ については変動係数 25%程度となった。また、強度の数値は添加量 60kg/m³ 以上において目標強度を上回った。

(3) 性能確認の成果

本工法は、固化材スラリーをプラグ流が発生する前の段階である圧送管の始点から注入することによって、圧送土量に対する固化材の定量添加管理が可能であること、また、プラグ流による混練効果および本ミキサによる混練効果によって軟弱な浚渫土と固化材を均質に混練したうえ長距離圧送できることが実施された。

4 技術的課題

今回の試験工事を通じて長距離圧送とスネークミキサによる均質な混練効果を確認することができた。今後、施工実績を重ね、以下に示す様々な技術的課題を克服していく必要がある。

- (1) 含水比や液性限界等の土性の異なる土砂への対処方法
- (2) 有機物等を含む様々な土質への固化材の選択方法
- (3) 土性の違いによる施工能力(圧送土量、圧送距離)予測
- (4) 本ミキサの最適な設置位置

5 まとめ

今後、前述した課題に対する検討を行い、大規模施工への研究・開発を進めて、軟弱浚渫土の有効利用のためより効率的で低コストの工法として普及させていきたい。

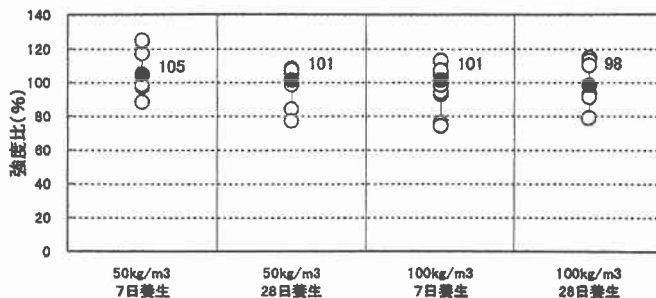


図-5 室内混練試料と実験試料の一軸圧縮強度の比較

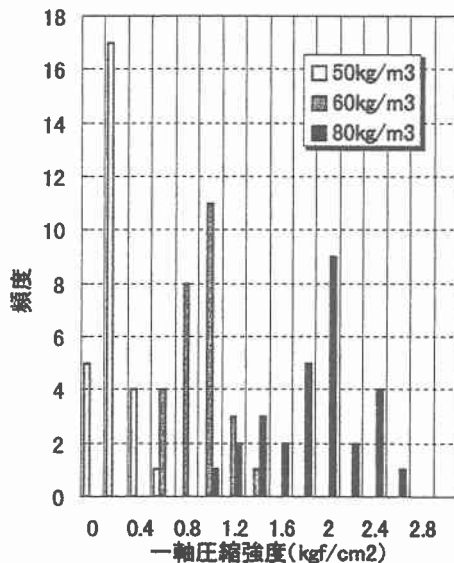


図-6 一軸圧縮強度試験結果