

空気圧送における気泡混合処理土の品質特性と実施工への可能性

佐伯建設工業株式会社 正会員 ○古野武秀

佐伯建設工業株式会社 正会員 小川 元

1. はじめに

近年、港湾工事等において、盛土材などに気泡混合処理土が使用されている。この背景には、気泡混合処理土が軽量性を有するため軟弱地盤上にも安定した埋立地盤が造成できること、また浚渫土や建設発生土のリサイクル材として使用できること等があげられる。気泡混合処理土の搬送は、軽量性の維持が重要であり、密度変化の生じにくいポンプ圧送が施工の主流になっている。しかし、ポンプ圧送では、長距離の搬送や大量施工に限界があり、施工機械の選定や配管計画を慎重に行う必要がある。そこで、本研究ではこのような課題を解決するため、長距離搬送や大量施工に適している空気圧送工法を気泡混合処理土の搬送に採用することを提案し、空気圧送方式気泡混合処理土工法の実施工への可能性を検討するものである。

2. 実験方法

本実験で用いる気泡混合処理土の配合を表1に示す。この配合は、処理土の密度と処理土フロー（気中）および一軸圧縮強度（28日強度）がそれぞれ $\rho_0=1.2\text{g/cm}^3$ 、 $18\pm2\text{cm}$ 、 $q_u=200\text{kN/m}^2$ となるように室内配合試験の結果より求めたものである。使用した土砂は、試料の均一性を図るために粘土（真比重2.65）と珪砂（真比重2.63）を75：25の割合で混合した模擬土を使用し、固化材は、高炉セメントB種を用いた。また、軽量化剤は界面活性系（パールクリーン）の起泡剤を20倍希釈および20倍発泡で作成した気泡を使用した。気泡混合処理土の作成には、バッチ式ミキサーを使用し、気泡剤は、発泡装置で作成したものをミキサーに直接投入し混合した。混練時間は、模擬土に海水を混合した調整土に固化材を投入して約12分間とし、その混合物に気泡剤を投入してから約3分間とした。

本実験の空気圧送システム概略を図1に示す。圧送管は、内径 $\phi 38\text{mm}$ の管を104m連結したが、吐出部には、空気圧送によりプラグ流速が上昇し、気泡混合処理土が筒先から噴出することが考えられたため $\phi 50\text{mm}$ 、 $\phi 75\text{mm}$ 、 $\phi 100\text{mm}$ と段階的に拡大した速度減衰装置8mを設置した。また、圧縮空気注入位置はスクイズ式ポンプから9m地点としている。気泡混合処理土の流量と管内圧力の計測は、圧縮空気注入位置の直後（ P_1 ）とポンプから30m（ P_2 ）および55m地点の圧力（ P_3 ）を測定できるよう圧力計を設置し、気泡混合処理土量と圧縮空気量をそれぞれ流量計にて測定した。なお、気泡混合処理土の流量計は、加圧部に設置した場合、気泡の縮泡により流量値の誤差が生じるため、気泡に影響を及ぼさないアジテータ直後に設置した。

実験は、気泡混合処理土量を35l/minの一定量として、圧縮空気量を0（ポンプ圧送）、25、50、75、100、150、200Nl/minと変化した計7ケースを行った。全てのケースにおいて、気泡混合処理土の品質を確認するため密度、軽量土フロー値および一軸圧縮強度を測定した。試料は、空気圧送前後の処理土の品質が比較できるように、ミキサー混練直後と筒先でそれぞれ直接3個ずつ採取し、それらの平均を測定値とした。なお、筒先で採取した試料に関しては、処理土が吐出し始めてから2、4、6分後に採取したものを採用した。

3. 実験結果および考察

管内圧力 P_1 と圧縮空気量の関係を図2に示す。管内圧力はスクイズ式ポンプの脈動により大きく変動しているため平均値

表1 気泡混合処理土の配合

目標 密度 g/cm ³	1m ³ 当たりの配合				
	粘土	珪砂	海水	固化材	気泡
	kg	kg	kg	kg	リットル
1.2	505.3	168.4	449.5	62	228.5

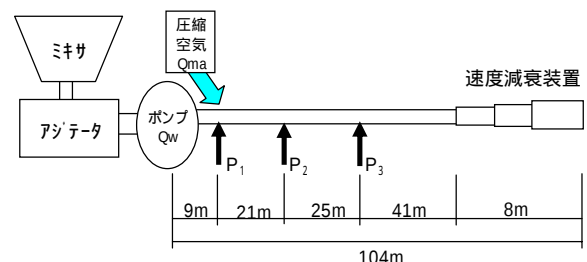


図1 空気圧送システム概略図

キーワード：気泡混合処理土、空気圧送

住所：〒101-8632 東京都千代田区東神田 1-7-8

を用いた。図より圧縮空気量が25NL/minを超えると空気量の増加に伴い、 P_1 の低下が確認できる。このことより、圧縮空気量が50NL/min以上の場合、圧縮空気の注入によりプラグ流が形成され空気圧送状態となり、プラグ流速は空気量の増加に伴い上昇していると推定できる。25NL/minでは、空気の注入によりプラグ流になっていると推定できるが、プラグ流速が遅いため速度減衰装置で滞留しポンプ圧送と同等の圧力になったと考えられる。

図3は、品質確認のため実施した密度、調整土フロー値および一軸圧縮強度(7日強度)と圧縮空気量の関係を示している。縦軸には3項目について圧送後の値を圧送前の値で無次元化したものを取り、横軸は圧縮空気量をとっている。図よりポンプ圧送では、密度と一軸圧縮強度の変化は特になが、フロー値は圧送後の方が大きくなっている。一般にフロー値は、気泡量の増加に伴い小さくなる傾向があることから、若干の気泡の消泡および縮泡が考えられる。空気圧送においては、全ての項目において圧送後が小さい値となっている。これは、プラグ流形成による乱れから、処理土内のミクロな気泡が互いに接合し大きくなったこと、また外部の空気を取り込み、気泡が大きくなるいわゆる2次発泡の発生が原因と考えられる。そして、空気量の増加に従い、さらに全ての値が小さくなるのは、プラグ流速が上昇し、管壁との乱れにより処理土が混合されたためと考えられる。また、特に一軸圧縮強度の変化が大きいため、処理土内に大きな気泡が発生し、処理土の構造が非常に脆弱となったと推測できる。

4. まとめ

本研究では、空気圧送における気泡混合処理土の品質特性を調べ、実施工への可能性を検討した。得られた主要な結論を以下に述べる。

気泡混合処理土を空気圧送することは可能であるが、ある一定以上の圧縮空気量が必要になり、空気量の増加に伴い管内圧力は低下することが確認でき、また、プラグ流速は増加する傾向を示すと考えられる。

ポンプ圧送の場合、今回実施した100mの圧送距離では、気泡混合処理土内の気泡は、処理土フロー値から判断し管内圧力の上昇により消泡あるいは縮泡する傾向を示したが、品質にはそれほど大きな影響を及ぼさなかった。ただし、品質に影響を与えないでポンプ圧送できる距離には限界があり、距離の延長に伴い気泡の消泡量は増加により密度が大きくなることで、圧送不可能な状態になると考えられる。

空気圧送の場合では、密度、調整土フロー値、一軸圧縮強度の全てにおいて、気泡の増量あるいは拡大の傾向を示し、特に強度に大きな影響を与えていることが確認できた。今後の可能性として、あらかじめ空気圧送で生じる気泡の増量と強度の低下を予測した上で配合設計を行うことにより、空気圧送による気泡混合処理土の搬送は可能であると考えられる。特に、プラントから打設距離までが長距離となる場合においては、空気圧送による搬送は効果的であるといえる。

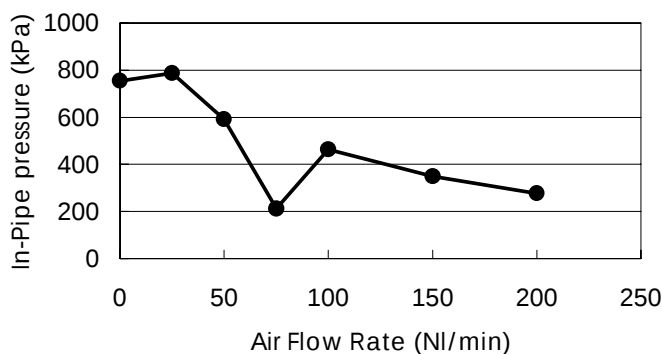


図2 管内圧力 P_1 と圧縮空気量の関係

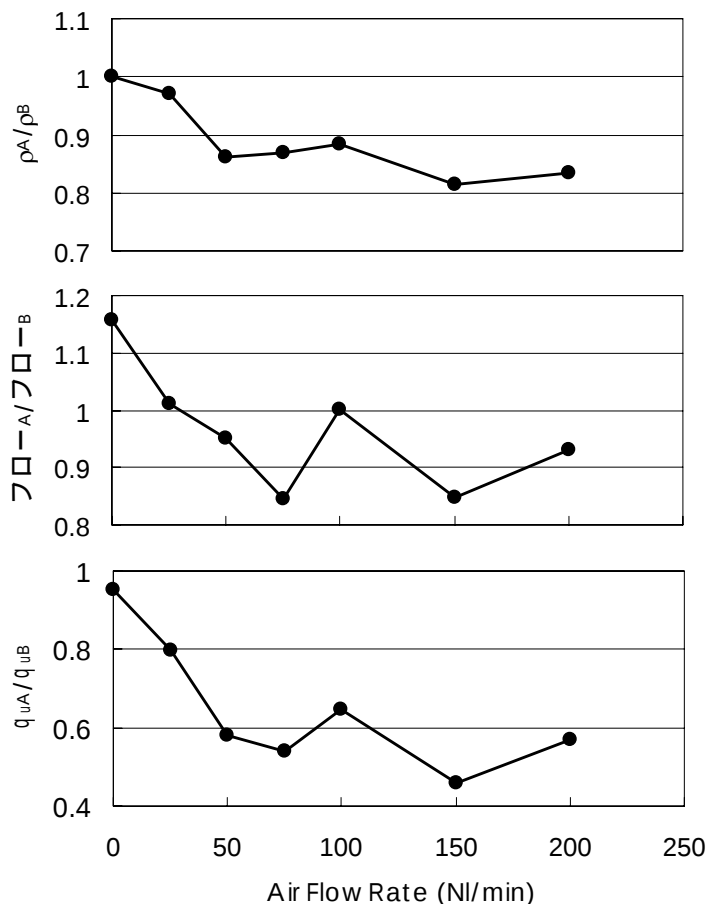


図3 各品質項目と圧縮空気量の関係