

管中混合による気泡混合処理土の品質特性と施工性の検討

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

一般に、気泡混合処理土の施工における気泡の混練には、二軸パドルミキサーなどの混練装置が用いられる。しかし、大量施工となる場合、これらの混練装置の処理能力には限界があるため、装置の増加や、装置自体の改良を行う必要がある。

筆者らはこれまでに長距離圧送や大量施工が可能な空気圧送工法を用いた気泡混合処理土の圧送後の物性について研究し、それらの結果から、空気圧送した場合でも配合設計を変えることで品質を確保できるといった知見を得た¹⁾。そこで、本研究では、空気圧送による管中混合を気泡と固化処理土の混練に適用し、それにより作製された気泡混合処理土の密度と混練度合いを詳細に調べることで、気泡混合処理土の管中混合による施工性について検討するものである。

2. 実験方法

本実験は、固化処理土と気泡を管中混合することによって、高品質な気泡混合処理土の作製を目的とした。そこで、気泡混合処理土の品質特性で特に重要な要素である処理土の密度と混練度合いを詳細に検討するため、図1に示す管中混合空気圧送システムにより実験を実施した。密度は、吐出し始めてから1分後に吐出口から直接採取を始め、それ以降は45秒おきに計5個採取し、それらの平均を測定値とした。

本実験で用いられている設備は、バッチ式ミキサー、スクイズ式ポンプ、φ38mmの圧送管、発泡装置、およびコンプレッサーである。また、液体流量計、空気流量計および圧力計を設置し、各流量と管内圧力を計測した。表1に実験ケースを示す。AとLは、気泡のポンプ圧送距離および空気圧送距離を示し、Aを4パターン、Lを5パターンとした。圧縮空気量Qaにおいては、圧縮空気を注入しないCase21を含め計6パターンとした。また、筒先の形状として、噴出を抑制するため管にシートを巻きつけた状態と管内でプラグ流を減勢させるために設置した減勢拡大管の2種類のものを用意した。

本実験では、表2に示す配合で気泡混合処理土量を50L/minとなるように作製した。この配合は、気泡混合処理土の密度とフロー(気中)および一軸圧縮強度がそれぞれ $\rho_0=1.2\text{g/cm}^3$ 、 $18\pm2\text{cm}$ 、 $q_u=200\text{kN/m}^2$ 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。使用土砂は、試料の均一性を図るために粘土(真比重2.65)と硅砂(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。固化材の混練時間は、模擬土に水道水を混合した調整土に固化材を投入して約10分とした。気泡は界面活性材を20倍希釈し、小型のスクイズ式ポンプにて所定の流量を輸送し、発泡装置で20倍発泡し14.2L/minの気泡となるよう調整した。

3. 実験結果および考察

空気圧送距離の違いによる品質の変化について検討した結果が図2である。図は気泡のポンプ圧送距離Aを8mと一定とし、空気圧送距離Lを変化させた時の圧縮空気量Qaと密度 ρ および密度の変動係

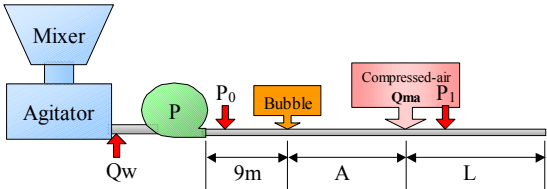


図 1 管中混合空気圧送システム概略図

表 1 実験ケース

Case	A(m)	L(m)	Qa(NL/min)	筒先形状
1	8	4	150	噴出抑制 シート
2			250	
3			350	
4		12	150	
5			250	
6			350	
7		25	25	
8			50	
9			150	
10			250	
11			350	
12	29	4	150	
13			250	
14			350	
15	0.45	4	150	減勢拡大 管
16			250	
17			350	
18			150	
19			250	
20			350	
21	33	—	0	—

表 2 気泡混合処理土の配合

目標 密度	50L当たりの配合				
	粘土	硅砂	水道水	固化材	気泡
g/cm ³	kg	kg	Kg	kg	リットル
1.2	25.2	8.4	22.5	3.1	14.2

数 C_v の関係を示している。変動係数 C_v は、採取した5個の試料により求めたものである。なお、 A が33mで圧縮空気を注入しないCase21の密度も比較のためにプロットした。図よりCase21の密度は、設定密度の 1.2g/cm^3 を大きく上回っているのに対し、空気圧送を実施した全てのケースにおいて設定密度に近い値となっていることが確認できる。作製した固化処理土の密度が $\rho_c=1.625(\text{g/cm}^3)$ であることを考慮すれば、ポンプ圧送だけでは、気泡は固化処理土とほとんど混練されず、空気圧送では、プラグ流の影響により混練されているといえる。また、実際にポンプ圧送の場合では、気泡と固化処理土が分離して吐出される様子を目視により確認した。しかし、変動係数 C_v のグラフより Q_a が 150NL/min 以上の場合、 C_v 値が非常に小さくばらつきのない均一な試料となっているが、 Q_a が25, 50NL/min では、 C_v 値が10%を超える値となっており、ばらつきのない混練をするためにはある一定以上の圧縮空気量が必要であるといえる。また、 L を比較してみると、延伸するほど密度が小さくなる傾向を示す。これより、プラグ流による乱流混合は、気泡混合処理土の混練に非常に大きな影響を及ぼしていると判断できる。

図3は、空気圧送距離 L を4mと一定とし、気泡のポンプ圧送距離 A を変化させた時の圧縮空気量 Q_a と密度 ρ の関係を示したものである。 A が29mの場合、 0.45m および 8m の短い場合と比較して密度は増大の傾向を表している。これは、管内に注入された気泡が圧縮空気注入口までの間、固化処理土に混合されることなく搬送されるため、管壁との摩擦等により消泡したことが原因であると考えられる。また、 A が 8m の場合、 0.45m とほぼ等しいため、消泡はほとんどなかったと推定できる。

図4は、筒先の形状を変化させた時の圧縮空気量と密度の関係を示したものである。噴出抑制シートの場合、気泡混合処理土の飛散をシートにより防ぐものであり、シートに処理土が衝突して吐出される。一方、減勢拡大管は、筒先先端4m部分を $\phi 38\text{mm}$ から $\phi 75\text{mm}$ の管へ拡大したものを使用し、管の中間を 0.3m 上げ、後方 2m 部分は管を分岐して2本並列になるよう設置した。この装置は、管を拡大することでプラグ流を消失させ、圧縮空気を分離して搬送物の自重のみで吐出させる効果がある。図より $Q_a=150, 250\text{NL/min}$ の場合、密度 ρ は互いに同等であるが、 350NL/min の場合には、減勢拡大管の密度が変化しないのに対し、噴出抑制シートの密度は大きくなっていることがわかる。これは、 Q_a の増加に伴い、プラグ流速度も上昇するため、噴出抑制シートへの衝突により処理土内の気泡が消泡することが原因であり、減勢拡大管の効果が現れているといえる。

図2, 3, 4に現地における気泡混合処理土の密度の品質管理基準である許容誤差 $\pm 0.03\text{g/cm}^3$ の範囲を示した。図より気泡のポンプ圧送距離 A 、空気圧送距離 L 、圧縮空気量 Q_a および吐出状況のそれぞれの条件を満たすことで許容範囲に入る気泡混合処理土の作製が可能であるといえる。

4. まとめ

本研究では、管中混合により作製した気泡混合処理土の品質特性として、密度と混練度合いを調べ、管中混合空気圧送システムの施工性について検討した。その結果として、管中混合による均一性のある高品質な気泡混合処理土は、気泡のポンプ圧送距離と空気圧送距離を短くすること、またある一定以上の圧縮空気量の注入およびプラグ流を消失させることの出来る装置を筒先に設置する等の条件を満たすことで作製が可能であるといえる。

参考文献 1)古野武秀, 小川 元: 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, 第58回年次学術講演会講演概要集, VI-270

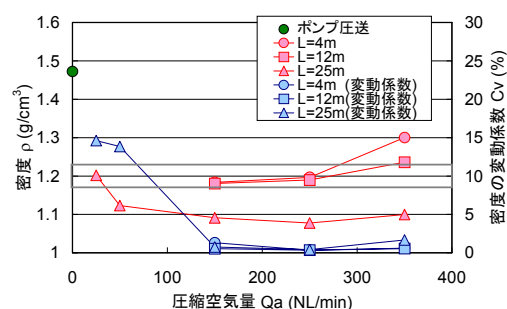


図2 Lを変化させた時の圧縮空気量と密度および密度の変動係数の関係

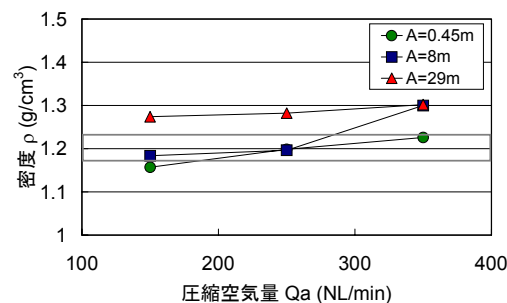


図3 Aを変化させた時の圧縮空気量と密度の関係

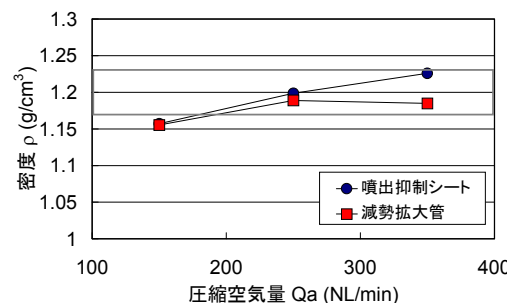


図4 筒先形状を変化させたときの圧縮空気量と密度の関係