

気泡ソイルセメント安定液の分離含水比について

早稲田大学大学院 学生会員 ○若松 大幹
早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
早稲田大学 学生会員 重田 恭兵

1. 研究目的

地中連続壁工法の一つに SMW 工法(柱列壁ソイルセメント地中連続壁工法)がある。筆者らは、この工法に気泡掘削工法を適用し、環境負荷低減、品質向上およびコスト低減を実現してきた。掘削時には、掘削土、気泡および水が混合攪拌された気泡安定液により溝壁の安定性を確保する。近藤ら 1)は、この気泡安定液の品質管理を行うために「気泡安定液管理図」を作成した。気泡安定液管理図は、横軸に気泡安定液の単位体積重量を、縦軸にテーブルフロー値(以下 TF 値)をとり、グラフ上に 4 つの管理指標を設定している。管理指標は、気泡安定液の懸濁安定性を管理する最小含水比および分離含水比、溝壁安定性および流動性を管理する最大気泡添加率および最小気泡添加率である。

これらの管理指標は、室内配合試験結果より、掘削土の物性値、気泡添加率や気泡安定液の含水比を説明変数とした実験式で表されている。一方、掘削時に気泡に加えセメントミルクを注入しながら施工する場合もある。その場合、上記気泡安定液管理図での品質管理が難しいため、新たに、セメントが混入した「気泡ソイルセメント安定液」(以下、安定液)の管理図の作成が必要である。

ここでは、気泡ソイルセメント安定液に影響するとされている各要因(S:比表面積(m^2/kN)、q:気泡量(%), P:細粒分含有率(%), w_L :液性限界(%), P' :セメント添加率(%))を変化させたときの実測含水比と安定液の分離に関する密度比の関係に相関性があるか確認するとともに、得られた実験結果から分離含水比の実験式の導出を試みた。

2. 実験概要

表-1 に実験に使用した材料を、表-2 に各実験ケースの配合を示す。実験手順は以下のとおりである。混合攪拌にはホバートミキサーを用いた。

① 安定液の作成

試料土(2000g)にセメントスラリー(水+セメント)を添加し、3 分間攪拌混合した。その後所定量の気泡を添加し再度 3 分間攪拌混合を行った。ここで、初期状態の気泡は水で 20 倍に希釈した起泡剤を 25 倍に発泡させたものである。

② 密度比の導出

作製した安定液を図-1 に示す上下分割モールドに投入し、初期単位体積重量を測定した。安定液を 1 時間静置したのち上下分割モールドを分離し、上部単位体積重量、下部単位体積重量および密度比 d (=下部単位体積重量/上部単位体積重量)を求めた。

③ 分離含水比の決定

既往の研究では密度比が 1.02 を超えると分離状態と規定されている。これは、密度比が $d=1.02$ を超えると急激に分離が生じることが確認 1)されているためである。このときの含水比を分離含水比と設定した

表-1 実験に使用した材料

試料土	珪砂3~7号・スミクレー・木節粘土・藤森粘土・カオリン
セメント	高炉セメントB種
水	水道水
起泡剤	WTM起泡剤(20倍希釈)

表-2 気泡ソイルセメント安定液の配合

ケース	影響要因	比表面積 (m^2/kN)	初期気泡 添加率 (%)	細粒分含 有率(%)	液性限界 (%)	セメント添 加率(%)	含水比 (%)
1~32	S	156~1192	1.0	0	0	5.6	1.0~33.5
33~58	q	451	0.8~4.0	0	0	5.6	6.5~10.5
59~88	P	451	1.0	9.5~28.4	54.7	5.6	10.5~49.5
89~110	w_L	451	1.0	18.9	33.1~54.7	5.6	18.0~36.5
111~155	P'	451	1.0	0	0	4.6~12.6	6.0~10.5

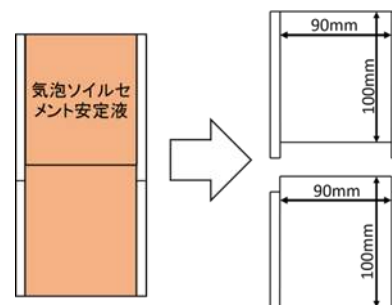


図-1 上下分割モールドを用いた分離試験の概要

キーワード： 気泡工法 安定液 地中連続壁工法

連絡先： 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院赤木研究室 Tel. 03-5286-3405

3. 実験結果

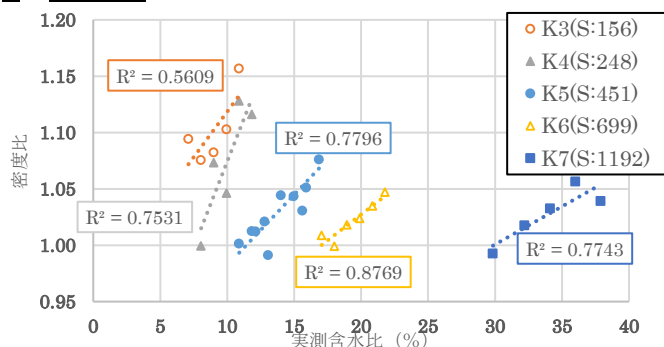


図-2 実測含水比と密度比の関係(変数: 比表面積)

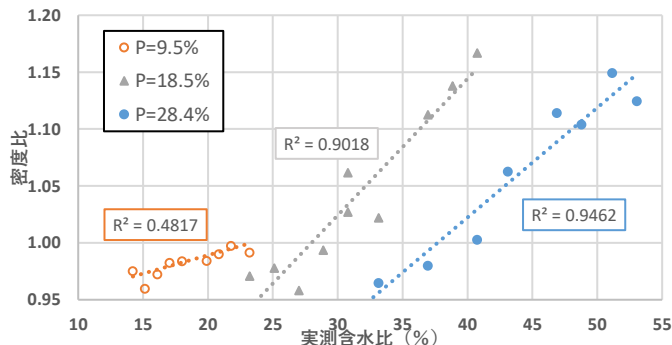


図-4 実測含水比と密度比の関係(変数: 細粒分含有率)

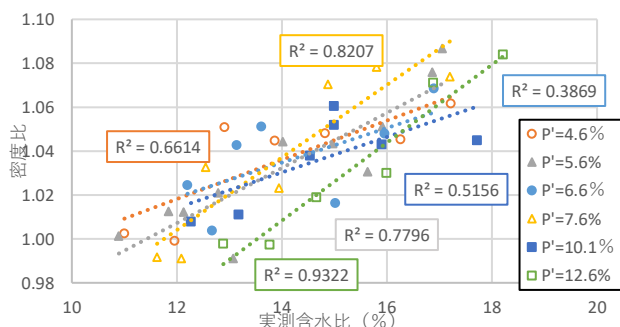


図-6 実測含水比と密度比の関係(変数: セメント添加率)

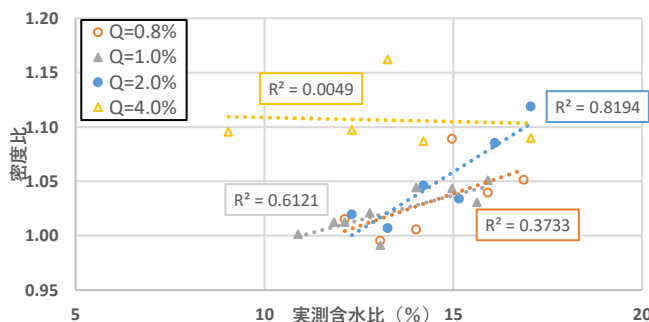


図-3 実測含水比と密度比の関係(変数: 初期気泡添加率)

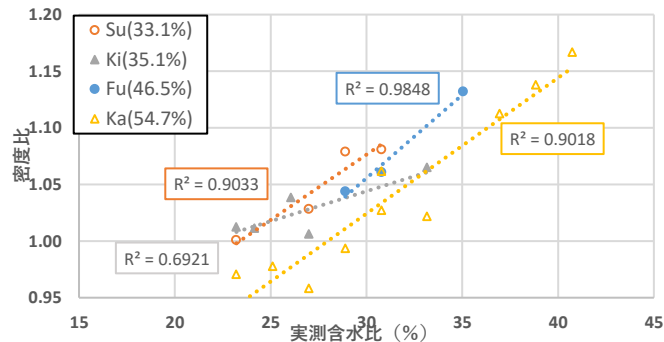


図-5 実測含水比と密度比の関係(変数: 液性限界)

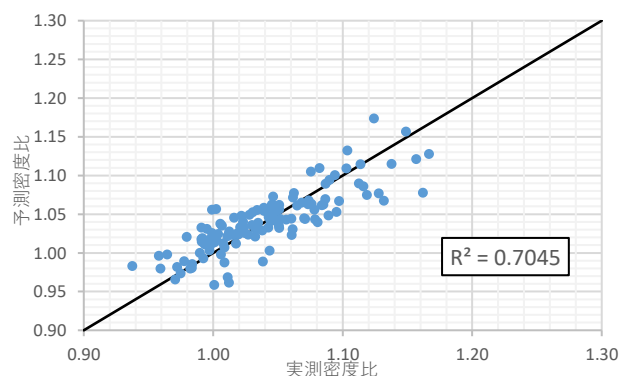


図-7 実測密度比と予測密度比の関係

分離試験の結果から得られた実測含水比と密度比の関係を図-2 から図-6 に示す。図-2 は比表面積、図-3 は初期気泡添加率、図-4 は細粒分含有率、図-5 は液性限界、図-6 はセメント添加率が変数である。実験結果から、各変数ともに実測含水比と密度比の間にばらつきはあるが線形の関係を示すことが予測される。この結果から、すべての実験結果を用いて重回帰分析により密度比推定式を導出した。この式を式(1)に示す。また、式(1)から得られた予測密度比と実験から得られた実測密度比の関係を図-7 に示す。式(1)の密度比に 1.02 を代入することで分離含水比 w_{sep} の理論式を求めると式(2)で与えられる。

$$(\text{密度比}d) = 0.010w + 0.0011q + 0.00028S - 0.0028P' - 0.007P - 0.00062W_L + 0.993 \cdots \text{式(1)}$$

$$(\text{分離含水比}w_{sep}) = -0.111q + 0.277S + 0.279P' + 0.698P + 0.0617W_L - 2.678 \cdots \text{式(2)}$$

q: 安定液の実測気泡量

4. まとめ

各影響要因の実測含水比と密度比の間に線形の関係を示すことが確認された。密度比の式を導出し、その式に密度比 $d=1.02$ を代入することにより分離含水比の式を導出した。

謝辞: 本研究は、気泡工法研究会 AWAED-Para 工法研究会(戸田建設株式会社、株式会社エムオーテック、大洋基礎工業株式会社、株式会社地域地盤環境研究所、西松建設株式会社、前田建設工業株式会社、有限会社マグマ)との共同研究で得られた成果であり、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 近藤義正, 仲山貴司, 赤木寛一: 掘削土砂に気泡と水を添加した地盤掘削用安定液の開発と適用, 土木学会論文集 Vol.64 No.3, pp505-518, 2008, 7