

## 気泡ソイルセメント安定液の分離抵抗性について

早稲田大学 学生会員 ○大山 哲也  
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一  
 早稲田大学 学生会員 若松 大幹

### 1. 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、環境負荷の低減、品質向上及びコストの削減を実現してきた。近藤らは、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つの管理項目を設定している<sup>1)2)</sup>。

従来の気泡掘削工法においては、セメントの注入は掘削機械の引き上げ時のみに限られていた。しかしながら現在では効率化のため、引き上げ時のみならず掘削時に気泡とともにセメントを注入しながら施工する場合もある。その場合には前述の気泡安定液管理図ではセメントの影響が考慮されておらず不十分であり、そのためセメントの添加を考慮した気泡ソイルセメント安定液(以下、安定液)の新しい管理図の作成が必要となる。また、新たな管理図の作成に関して、従来の管理項目についても再度検討を行う必要が生じた。

本研究では、管理項目の1つであり、かつセメントを添加した安定液の懸濁安定を保つための要因である分離抵抗性に着目した実験的検証を行うとともに、他の管理項目についても再度検討を行い、安定液管理図の作成を試みた。

### 2. 実験概要

懸濁状態が不安定となる最大の原因は安定液を構成している土粒子、セメント、気泡および水の単位体積重量が大きく異なるために土粒子の沈降が発生することであると考えられる。懸濁状態を崩す因子として気泡ソイルセメント安定液の密度比  $d$  について取り上げ検討する。安定した懸濁状態にある気泡ソイルセメント安定液に徐々に加水を行うと懸濁状態が崩れ、土砂の沈降が生じる。密度比  $d > 1.02$  のとき分離が生じるとされており、この影響要因を比表面積  $S$ 、気泡添加率  $Q$ 、細粒含有率  $P$ 、液性限界  $w_L$  およびセメント添加率  $P'$  として各要因の分離抵抗性について調査した。表-1 に実験に使用した材料を示す。実験手順は以下のとおりである。また攪拌混合にはホバートミキサーを用いた。

- ① 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分間攪拌混合を行い、安定液を作製する。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倍に発泡したものである。
- ② 台形容器(上部φ70mm, 下部φ100mm, 高さ60mm)をテーブルの中央に置き、作製した安定液で満たす。次に台形容器を取り外し、装置のハンドルを1秒間に1回、計15回まわす。広がった気泡ソイルセメント安定液の最大直径とそれに直交する直径を計測し、それぞれの値の平均をTF値とする。
- ③ 上下分割モールド(図-1)を作製した安定液で満たし、初期密度を測定する。1時間後にモールドを分割し、上部密度、下部密度および密度比(=下部密度/上部密度)を求める。

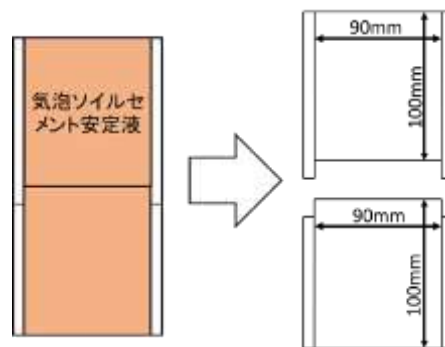


図-1 上下分割モールド

表-1 使用した材料

試料土	K:珪砂4-7号、Ki:木節粘土、Ka:カオリン、Fu:藤森粘土
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)

キーワード 気泡掘削工法, 気泡ソイルセメント安定液, 地中連続壁工法

連絡先 〒168-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学赤木研究室 TEL 03-5286-3405

### 3. 実験結果および考察

図-2, 図-3 に TF 値と密度比の関係を示す. 図-2 は, 凡例の条件で含水比を変化させた際の TF 値と密度比の関係を示したものであり, 図-3 は気泡添加率を変化させた際の TF 値と密度比の関係をそれぞれ示したものである. 実験結果より TF 値が増加すると密度比も増加する傾向がみられた. 図からおおよそ TF=230mm のとき密度比  $d>1.02$  となっており, このときに分離状態に移行していると考えられる.

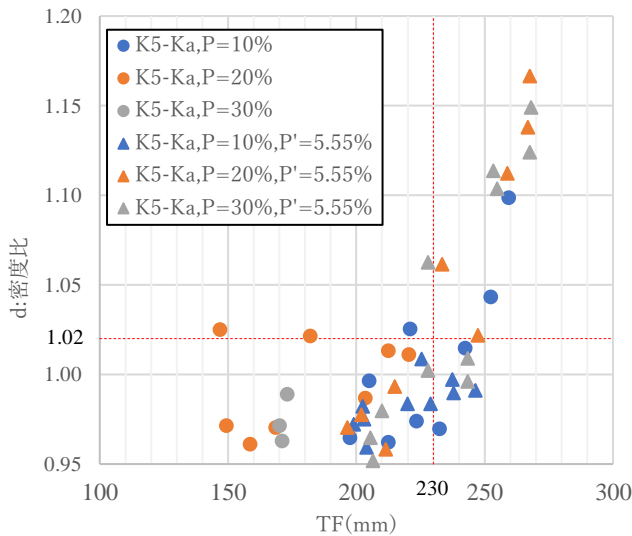


図-2 TF と密度比の関係 (変数: 含水比)

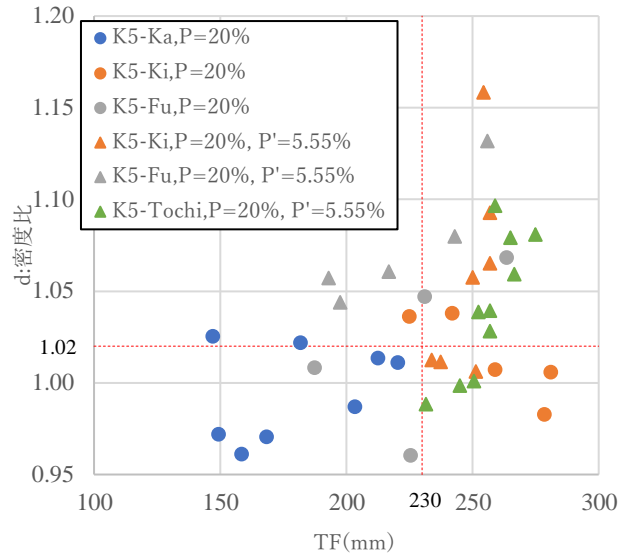


図-3 TF と密度比の関係 (変数: 気泡添加率)

### 4. 管理図に関する検討

従来の研究では密度比  $d>1.02$  の状態を分離状態であると定義している. 図-2, 図-3 に示した実験結果より TF=230mm 付近で密度比  $d=1.02$  となり, 分離状態に移行していることが確認されたため, 分離状態を  $TF>230mm$  と定義することができる. 一方, TF 値の下限値については気泡が消泡する最小含水比をもとに求めていたが, 芯材挿入性の観点から TF 値の下限値を TF=150mm とすることができる. また, 溝壁安定性の観点から安定液密度の下限値は  $\rho=1.05g/cm^3$  であり, 上限は地山密度である. 作成した管理図と従来の管理図とを比較した図を図-4 に示す. 安定液の性状を 4 本の線に囲まれた領域内に収めることで安定した施工が可能であると考えられる.

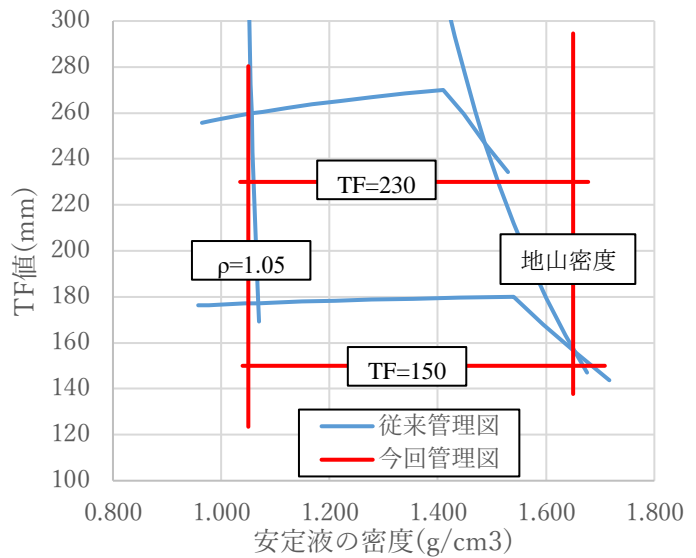


図-4 気泡ソイルセメント安定液管理図

### 5. まとめ

- TF 値の下限値を 150mm, 上限値を 230mm と決定した.
- 安定液密度の下限値を  $1.05 g/cm^3$  とし, 上限値を地山密度とした.
- それぞれの管理項目について再度検討を行い, 新たな管理図を作成した.

### 謝辞

本研究は, 気泡工法研究会 AWARD-Para 工法研究会(戸田建設(株), (株)エムオーテック, 大洋基礎工業(株), (株)地域地盤環境研究所, 西松建設(株), 前田建設工業(株), (有)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

2) 平岡成明: 地中連続壁の安定液, 山海堂, pp27-46, 1991, 8