

気泡ソイルセメントの現場管理手法について

気泡ソイルセメント安定液 TF値 AWARD工法

早稲田大学 学生会員 ○大山 哲也
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
早稲田大学 学生会員 若松 大幹
早稲田大学 学生会員 重田 恭兵

1.研究目的

気泡掘削工法(以下、AWARD工法と称す)とは、気泡の特性を利用することによって地盤を掘削し、セメントスラリーで固化させ、ソイルセメント地中連続壁や深層地盤改良を行う工法である。従来、地盤掘削工法を使用する際には、掘削時に溝壁が崩壊するのを防ぐためにベントナイト系安定液を用いていた。しかしコストが高額であることや、多量の排泥土を産業廃棄物として処理しなければならないなどの問題から、ベントナイト系安定液の代わりとして気泡を用いた安定液の使用が提案されている。掘削土、気泡及び水の混合比率を適切に調整することによりそれぞれが分離することなく懸濁状態を保った気泡ソイルセメント安定液(以下、安定液とも称す)の作製が可能である。AWARD工法において施工中の溝壁は安定液の性状に影響されるため、施工時には安定液を適切な状態に保つために予め原地盤土に対する配合が設定できていることが望ましい。安定液の性状は従来「気泡安定液管理図」によって管理されている。本研究では室内実験により、気泡を添加することによる安定液としての性状に影響を与える掘削土の物性、セメント添加量、気泡添加量、含水比などの関係について検討し、それによって作成した気泡ソイルセメント安定液管理図について報告する。

2.試験内容

(1) テーブルフロー試験

本研究では安定液の流動性を表す指標としてTF値を用いた。TF値はテーブルフロー試験(図-1)によって測定される。フローテーブル上で所定の配合により作製した安定液に所定の回数の振動を与えた後の安定液の広がり方を測定することでTF値が求められる。一般的に、地盤掘削安定液のTF値は160mm~220mm程度が適当とされている。今回は、TF値の影響要因を試料土の物性(比表面積、液性限界、細粒分含有率)、含水比、気泡添加率、セメント添加率として試験を行った。実験に使用した材料を表-1に示す。

表-1 実験に使用した材料

試料土	珪砂4~7号, カオリン粘土, 木節粘土, 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)

気泡は起泡剤を25倍に発泡させたものを使用した。



図-1 テーブルフロー試験

(2) 分離含水比試験

安定液の懸濁状態は、安定液を構成する土粒子、セメント、気泡および水の密度が大きく異なるために土粒子の沈降が発生し、不安定となると考えられる。懸濁状態を崩す因子として安定液の含水比を取り上げ検討した。沈降が生じる際の含水比は近藤らによって分離含水比と定義されている。¹⁾ 分離含水比の影響要因は試料土の物性(比表面積、液性限界、細粒分含有率)、含水比、気泡添加率、セメント添加率とした。(1)テーブルフロー試験で作製した安定液を上下分割モールドに満たし、初期密度と密度比(=下部密度/上部密度)を求め、各要因の分離抵抗性について調査した。

3.気泡ソイルセメント安定液管理図の作製

管理図を作成するにあたって、安定液の管理項目として以下の性能指標に着目した。

- ① 掘削に関わる安定液の流動性
- ② 安定液の懸濁安定性に関わる最小含水比，分離含水比
- ③ 溝壁の安定に関わる安定液の密度

①TF 値を確保するために最低限必要な気泡添加率を最小気泡添加率 Q_{min} とし、これを用いて流動性管理を行う。
 ②気泡が消泡しないために最低限必要な最小含水比 w_{min} と分離確認試験より得られた含水比 w_{sep} を用いて懸濁安定性管理を行う。③掘削の際に溝壁が崩壊しない最低限の密度を満たし、かつ添加可能な最大の気泡添加率 Q_{max} を用いて溝壁安定性の管理を行う。

これらを踏まえて管理図の作成を行う。横軸に密度，縦軸に TF 値を取り，気泡添加率と含水比をパラメータとして等気泡添加率線，等含水比線を描く。このようにして得られた等気泡添加率線，等含水比線の図において， Q_{min} ， Q_{max} ， w_{min} および w_{sep} で囲まれた領域が，安定液を用いた掘削が可能な領域となり，この領域を表した図を管理図と呼ぶ。作成した管理図の一例を図-2 に示す。

気泡ソイルセメント安定液の管理図の利用と対応手順は以下のように要約することができる。

- 掘削時の安定液を施工現場から採取し，密度と TF 値を計測して管理図にプロットする。
 - 安定液の密度および TF 値が A の領域にあるときは安定した施工が可能である。
 - B の領域では，気泡安定液の密度が小さく，溝壁が崩壊する危険がある。気泡安定液の状態が A から B に近づいたときには，気泡添加量を減少させ密度を増加させる。
 - C の領域では土粒子の分離・沈降が生じるので，A から C に近づいたときは加水量を減少させ，土粒子の分離・沈降を防ぐ。
 - D の領域では流動性が損なわれるので，A から D の境界に近づいたときは気泡添加量を増やす。
 - E の領域では消泡が生じるので，A から E に近づいたときは加水量を増加させる。
- 以上より，掘削時の気泡ソイルセメント安定液の管理は気泡添加量と加水量を組み合わせることで行うことができる。

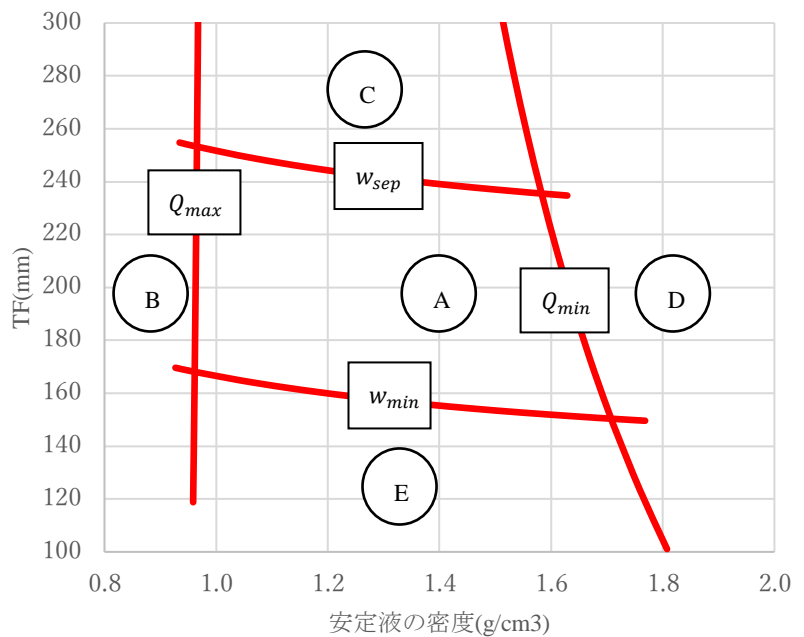


図-2 気泡ソイルセメント安定液管理図

4.まとめ

安定液の掘削性能，懸濁安定条件，溝壁安定条件などから管理限界値を決定することで，安定液の性状管理のための管理図を作成した。その妥当性に関しても，実際の施工事例と照らし合わせることで検討を重ねていきたい。

5.参考文献

- 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

6.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，(株)太洋基礎工業(株)，(株)地域地盤環境研究所，西松建設(株)，前田建設工業(株)，(株)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。