

## 気泡ソイルセメント安定液を用いた地中連続壁工法の排泥量について

地中連続壁工法 気泡ソイルセメント安定液 AWARD 工法

早稲田大学 学生会員 ○川上 開誠  
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一  
 早稲田大学 学生会員 大山 哲也

### 1. 概要

気泡掘削工法(AWARD 工法)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の造成や深層地盤改良を行う工法である。

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つことが可能である。この気泡混合土の状態を保ちながら掘削・固化工を施工することにより、流動性、溝壁安定性及び固化材との混合性が向上する。結果、施工性の向上、工費の低減、品質の向上とともに、従来では施工が困難な地盤への対応が可能となる。

本研究は、柱列式連続壁工法に気泡掘削工法を適用した AWARD-Ccw 工法(Ccw 工法)とベントナイトスラリーを用いる SMW 工法に着目し、現地土を用いた室内配合試験を実施して排泥量を比較した結果を報告する。また、安定液としての流動性及び固体化強度についても併せて報告する。

### 2. 試験内容

Ccw 工法の掘削時および引上時の代表的な複数の配合(case1~4)、および SMW 工法の標準的な配合(case5)における湿潤密度、テーブルフロー値(TF)、ベーンせん断抵抗( $\tau_v$ )、一軸圧縮強度(7 日養生)を求めた。実験に使用した材料を表-1 に示す。

#### 【実験手順】

#### ① Ccw 工法(case1~4)

##### (掘削時)

所定量の試料土に表-2 の条件で、セメントスラリー(水+高炉セメント B 種)を添加しホバートミキサーで 2 分間攪拌混合した後、気泡(起泡剤を 25 倍に発泡させたもの)を添加し再度 1 分間攪拌混合を行った。その後、湿潤密度、TF、 $\tau_v$ を測定した。

##### (引上時)

掘削時の混合試料土に表-2 の条件でセメントスラリーと消泡剤を添加し、ホバートミキサーで 4 分間攪拌混合を行い、0, 1, 2 時間後に湿潤密度(0 時間後のみ)、TF、 $\tau_v$ を測定した。残りの混合土で一軸圧縮試験用供試体を作成し、7 日間の湿気箱養生後に圧縮強度を求めた。

※なお、Ccw 工法の case1~4 では、セメントスラリーを掘削時に全量の 7 割、引上時に 3 割注入した。

#### ② SMW 工法(case5)

所定量の試料土に表-2 の条件でベントナイトスラリーを添加し、ホバートミキサーで 3 分間攪拌混合を行った。その後①と同様に、湿潤密度を測定し、圧縮強度を求めた。

表-1 実験に使用した材料

試料土	成田砂質土
固化材	高炉セメント B 種
ベントナイト	クニゲル v1
水	水道水
起泡剤	WTM 起泡剤(20 倍希釈)
消泡剤	WTM 消泡剤

表-2 試験条件

case	1	2	3	4	5
固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	175	175	150	200	280
W/C (%)	150	150	200	100	225
気泡添加量 (ℓ/m <sup>3</sup> )	166.5	333.1	249.8	249.8	-
消泡剤(ℓ/m <sup>3</sup> )	0.30	0.60	0.45	0.45	-
ベントナイト添加量(kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	10

### 3. 試験結果

#### 3.1 湿潤密度

掘削時並びに引上時における case1~5 の湿潤密度の実測値と計算値をそれぞれ表-3、表-4 に示す。

表-3 掘削時における湿潤密度の実測値と計算値

Case No.	1	2	3	4	5
実測密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.271	1.206	1.320	1.147	1.615
計算密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.563	1.396	1.460	1.496	1.610
実測/計算比	0.81	0.86	0.90	0.77	1.00

表-4 引上時における湿潤密度の実測値と計算値

Case No.	1	2	3	4	5
実測密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.731	1.745	1.710	1.783	-
計算密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.742	1.738	1.711	1.786	-
実測/計算比	0.99	1.00	1.00	1.00	-

表-3 の Ccw 工法(case1~4)の実測/計算比が 1 以下であるのは、攪拌混合時に起泡剤が再発泡したことによる。なお、表-4 の実測/計算比がいずれのケースにおいても約 1.00 となり、引上時には気泡はほぼ 100%消泡している。

#### 3.2 テーブルフロー値とベーンせん断抵抗(Ccw 工法)

Ccw 工法の流動性について、時間経過による TF- $\tau_v$  関係を図-1 に、セメント添加率、気泡添加率と  $\tau_v$  の関係をそれぞれ図-2~4 に示す。なお、限られた試料土量のため検体数が少なく、直線回帰によって比較しているが、概ね妥当な結果が得られている。

Field applicability of AWARD-Ccw method

KAISEI Kawakami(Waseda University), HIROKAZU Akagi(ditto)  
 TETSUYA Oyama(ditto)

### 3.2.1 時間経過による流動性の変化

図-1 より、掘削時・引上時の 0 時間経過では  $\tau_v$  がほぼ同じ値である場合において、引上時の TF 値がより大きくなった。密度の大きさが影響しているものと考えられる。

### 3.2.2 掘削時における流動性の変化

$\tau_v$  は、図-2 よりセメント添加量を、図-3 より気泡添加率を増加させると、それぞれわずかに大きく、小さくなることを確認された。また W/C の係数が 0 であるのは、気泡の添加により水量の影響がほとんど表れないことに起因しているものと言える。

### 3.2.3 SMW 工法、引上時における流動性の変化

図-4 より、セメント添加量を増加させるとベーンせん断抵抗は小さくなることを確認された。

### 3.3 一軸圧縮強度(7日目)

ケースの 7 日養生時の圧縮強度を表-5 に示す。

表-5 7 日目一軸圧縮強度試験結果

Case No.	1	2	3	4	5
一軸圧縮強度 (kN/m <sup>2</sup> )	778.2	764.7	528.2	1332.5	412.8

これは 7 日養生の結果であり、所定養生後には必要強度を満足するものと言える。

### 3.4 排泥量

表-2 の配合から求めた注入固化液量、排泥量低減率を表-6 に示す。

表-6 Ccw 工法と SMW 工法の排泥量

Case No.	1	2	3	4	5
注入固化液量 (1m <sup>3</sup> あたり)	0.327	0.334	0.360	0.276	0.726
Ccw/SMW 比	0.450	0.460	0.496	0.380	1.000
排泥量低減率(%)	55.0	54.0	50.4	62.0	0.0

本ケースでは、SMW 工法に比べて Ccw 工法は排泥量が 5~6 割低減された。

### 3. まとめ

AWARD-Ccw 工法が所定の性能を確保しつつ、SMW 工法に比べて排泥量が低減されることが確認された。これより従来工法よりもエコな施工と排泥量の低減によるコストカットが期待できる。

謝辞: 本研究は、気泡工法研究会(戸田建設株式会社, 株式会社エムオーテック, 太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
- 2) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説, pp430-440, 2004, 10

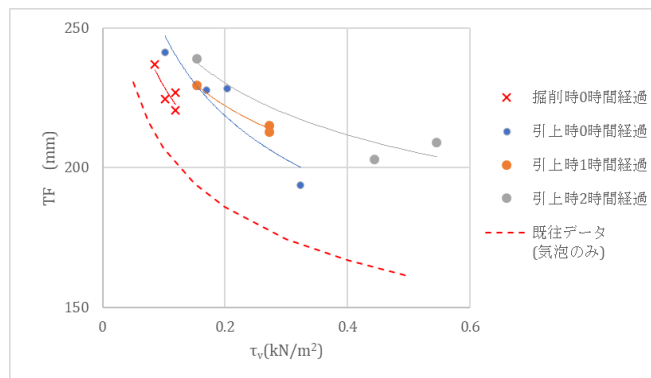


図-1 ベーンせん断抵抗と TF 値の関係

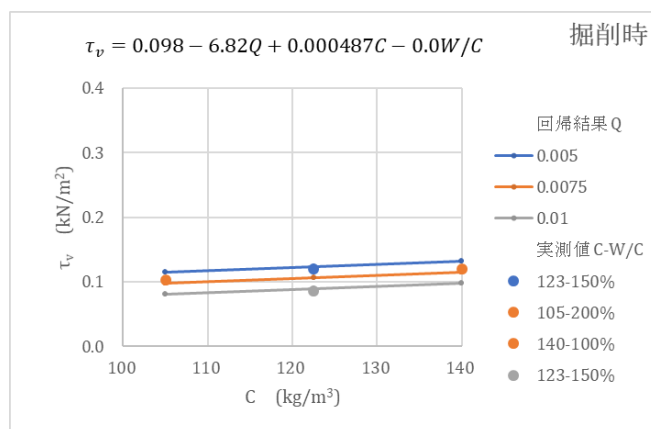


図-2 セメント添加量とベーンせん断抵抗の関係

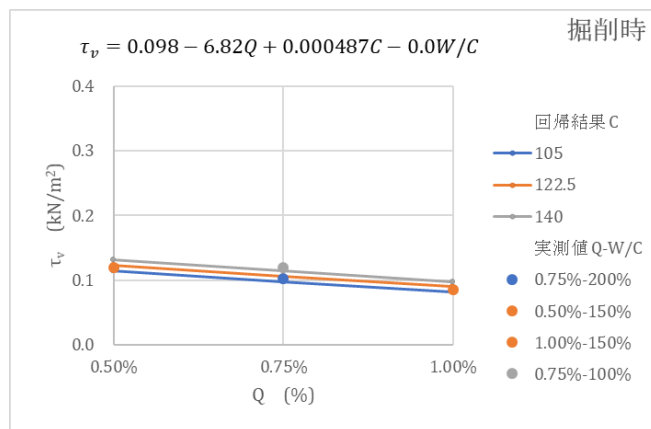


図-3 気泡添加率とベーンせん断抵抗の関係

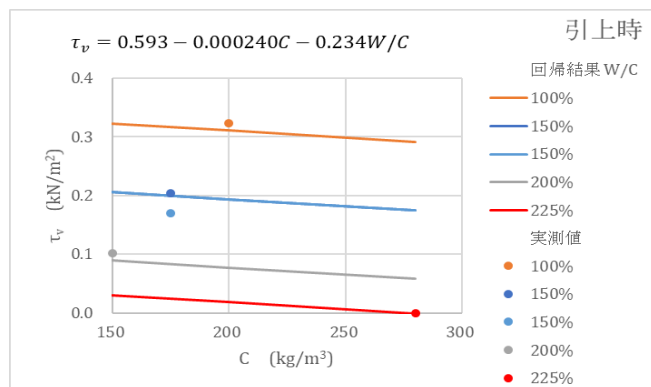


図-4 セメント添加量とベーンせん断抵抗の関係