

## 気泡を用いた柱列式ソイルセメント地中連続壁工法における改良の試み

気泡 流動性 空気間隙率

早稲田大学 学生会員 ○堅尾 祐太  
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一 早稲田大学 学生会員 内山 史基  
前田建設工業(株) 正会員 安井 利彰 (有)マグマ 国際会員 近藤 義正  
戸田建設(株) 下坂 賢二 安藤ハザマ 正会員 佐久間 誠也

### 1. はじめに

従来の気泡を用いた柱列式ソイルセメント地中連続壁工法（以下 AWARD-Ccw 工法）では、セメントスラリーを引上げ時のみで吐出しており、掘削時の発生土にはセメント固化材が混入していない。その結果、掘削翼引上げ後の掘削溝に発生土が混入し、ソイルセメント上部の強度が低いなどの問題が生じていた。そのため、現在の AWARD-Ccw 工法では掘削時と引上げ時にセメントスラリーを吐出し、ソイルセメントの品質管理を行うこととしている。しかし、掘削時と引上げ時の 2 段階でセメントスラリーを加えるため、芯材挿入時に目標とする安定液の流動性や強度を満たすセメント注入比率を把握しきれていない。ここでは、AWARD-Ccw 工法における掘削時と引上げ時のセメント注入比率や気泡添加率、水セメント比の違いが安定液の流動性の経時変化と強度発現に及ぼす影響を実験的に調査した。

### 2. 実験手順と実験条件

#### 2.1 実験手順

ここでは、下記の実験手順によりセメント注入比率や気泡添加率、水セメント比の変化に伴う安定液の流動性と固化強度を調査した。

##### 1) 試料土の作成

粘性土を想定した試料の配合は東北硅砂 7 号，東北硅砂 5 号，木節粘土の配合割合を 1:2:7，含水比 25%、砂質土を想定した試料の配合は 5:4:1，含水比 15%とし、それぞれをホバートミキサーで 5 分間攪拌した。

##### 2) 流動性の経時変化の測定

- ①表 2.1 に示す掘削時のセメントスラリーおよび気泡を粘性土と砂質土を想定した試料にそれぞれ添加し、ホバートミキサーで 5 分間攪拌した後、TF(テーブルフロー)値を測定した。
- ②1 時間放置後、再び TF 値を測定した。
- ③さらに、同じ試料を利用して、表 2.1 に示す引上げ時のセメントスラリーおよび消泡剤を添加し、5 分間攪拌した後、TF 値を測定した。
- ④1 時間放置後、TF 値および含水比、湿潤密度を測定した。

##### 3) 一軸圧縮強度試験

Φ5.0cm×H10.0cm のモールドに上記で作成した試料を投入し、7 日養生後の一軸圧縮強度を測定した。

#### 2.2 実験条件

今回の実験ケースを表 2.1 に示す。

表 2.1 実験条件

ケース	土質	セメントスラリー			セメントスラリー注入比率		気泡添加率 Q (%)	消泡剤添加率 (%)
		水 (g)	セメント (g)	W/C (%)	掘削時	引上げ時		
1-A	粘性土 (C:200kg/m <sup>3</sup> )	469	313	150	80%	20%	0	0
1-B		469	313	150	50%	50%	0	0
2-A	砂質土 (C:200kg/m <sup>3</sup> )	382	255	150	80%	20%	0	0
2-B		382	255	150	50%	50%	0	0
1-1	粘性土 (C:200kg/m <sup>3</sup> )	469	313	150	80%	20%	1	1
1-2		469	313	150	80%	20%	1.5	1.5
1-3		469	313	150	80%	20%	2	2
1-4		375	313	120	80%	20%	1	1
1-5		375	313	120	80%	20%	1.5	1.5
1-6		375	313	120	80%	20%	2	2
2-1	砂質土 (C:200kg/m <sup>3</sup> )	331	255	130	80%	20%	0.5	0.5
2-2		331	255	130	80%	20%	0.75	0.75
2-3		331	255	130	80%	20%	1	1
2-4		255	255	100	80%	20%	0.5	0.5
2-5		255	255	100	80%	20%	0.75	0.75
2-6		255	255	100	80%	20%	1	1

### 3. 実験結果と考察

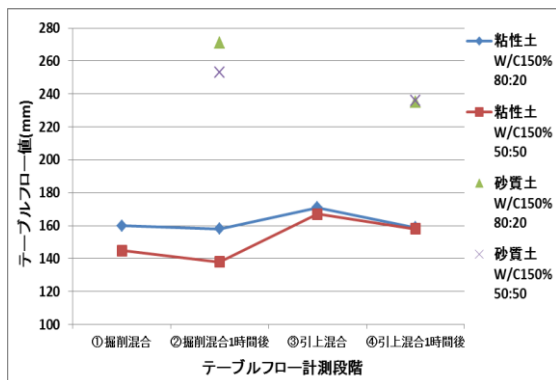


図 3.1 セメント注入比率の違いによる TF 値の経時変化

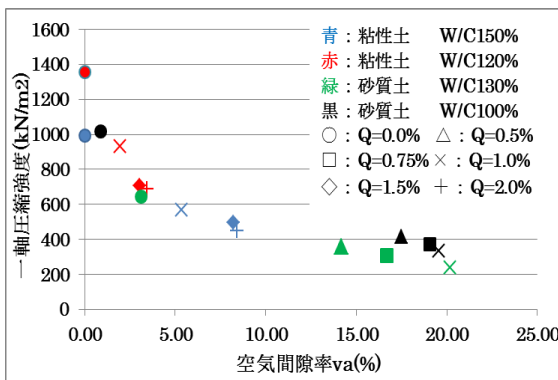


図 3.2 空気間隙率と一軸圧縮強度の関係

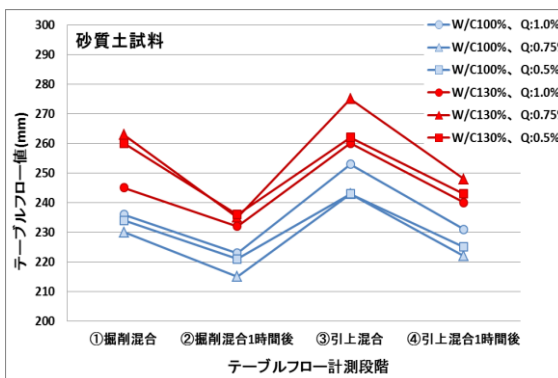
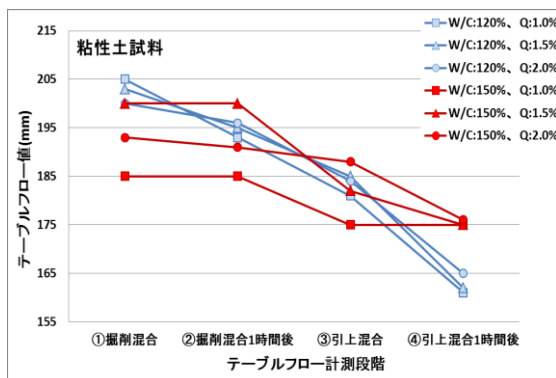


図 3.3 気泡添加率および W/C の違いによる TF 値の経時変化

図 3.1 はセメント注入比率の違いによる TF 値の経時変化を示す。粘性土試料において、③引上混合と④引上混合 1 時間後の TF 値が同等の値を示している。このことから、セメント注入比率に関係なく水セメント比によって、芯材挿入時の安定液の流動性が決まることがわかる。また、砂質土試料においても③引上混合の TF 値は測定不能であったが、④引上混合 1 時間後の TF 値が同等の値を示していることから、粘性土試料と同様のことが言える。

図 3.2 は固化後のソイルセメントの空気間隙率と一軸圧縮強度の関係を示す。空気間隙率は上昇すると一軸圧縮強度は低下していく。また、水セメント比が上昇した場合でも強度は低下する。さらに、気泡添加率が增加するにつれ、空気間隙率が上昇している。これは、気泡添加量が多い場合では消泡剤によって破泡される割合が減少するためであると考える。そのため、供試体内に空隙が多くなり強度発現性が低下する。

図 3.3 は気泡添加率および W/C(水セメント比)の違いによる TF 値の経時変化を示す。粘性土試料の場合、気泡添加率に関係なく④引上混合 1 時間後の TF 値は同等の値を示し、水セメント比は高い方が TF 値は大きくなる。このことから、前述のように芯材挿入時の安定液の流動性はセメントスラリーのセメント比によって決まることがわかる。また、水セメント比が低いと TF 値の低下が大きくなるため、水セメント比 130%では芯材挿入時の目標 TF 値 >160mm をクリアしているが、現場施工での作業の遅延などを考えた場合では施工の確実性を上げるために水セメント比 150%の方がよいと判断される。砂質土試料では、気泡添加率に関係なく④引上混合 1 時間後の TF 値は同等の値を示し、水セメント比は高い方が TF 値は大きくなる。このことから、粘性土と砂質土試料共に気泡添加率は低い場合で施工することで起泡剤の削減などのコスト削減を図れる。また、水セメント比に関係なく④引上混合 1 時間後の TF 値は 160mm を超えているので、加水量が少ない W/C100%で施工できると判断される。

#### 4. まとめ

- (1) セメント注入比率に関係なく芯材挿入時の安定液の流動性は同等であるため、ソイルセメント壁上部に流れ込む発生土にセメントが多く混入するように、掘削時：引上げ時=8:2 とするのが適当である。
- (2) 気泡添加率に関係なく、芯材挿入時の流動性は同等である。また、気泡添加率が低い方が、空気間隙率が低く強度発現性が高い。したがって、コストを考えた場合に気泡添加率は低い方がよい。
- (3) W/C は少ない方が、流動性は低下し強度発現性は高い。しかし、砂質土試料の場合は W/C が少ないときでも目標とする流動性を確保できる。粘性土試料では、W/C が少ない場合では芯材挿入時の目標の流動性を確保できない可能性があるため、W/C を 150%で施工をした方がよいと判断される。

今後はさらなる W/C の変化や放置時間の増加に伴う安定液の流動性の把握についての検証を進めていく。