

# 気泡ソイルセメント安定液における低強度固化について

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 ○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. 概要

山留め工法として、一般的に適用されている柱列壁ソイルセメント地中連続壁工法は、1 エレメントにおいて貫入(掘削)、引上(固化)および芯材建込みまでが一連の作業となる。そのため、1日の作業残り時間によっては次エレメントの施工が翌日作業となる場合があり効率が悪い。

そこで、著者らは上記一連作業をそれぞれ別工程で施工することにより、作業時間を出来る限り有効に使うことで生産性の向上を実現することに試みた(図-1 参照)。

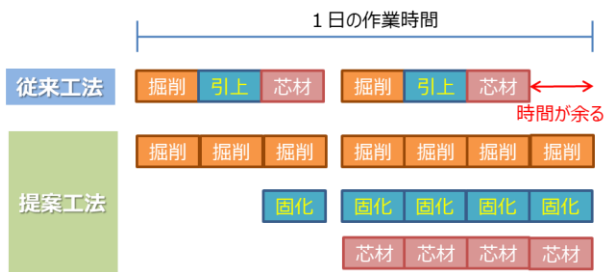


図-1 提案工法のイメージ図

図-1 に示すように、掘削工程と固化工程が別々であるため、固化工程が開始されるまで、掘削工程完了箇所が固化しないようにする必要がある。そのため、気泡掘削工法を掘削工程に適用した。既往の研究成果より、1週間程度は固化せずに溝壁保持できることを確認している。しかし、図-2 に示すように、固化工程時に前面が固化していないため、未固結状態の改良杭にダレが生じることが懸念された。

そこで、この課題を解決すべく気泡掘削部をダレが生じない程度に仮固化することとした。本研究では、提案工法施工時のダレを防止し、かつ後の固化工程での掘削作業が可能な仮固化体の配合、および各配合条件が仮固化強度に及ぼす影響を調べた。なお、今回は1~3日養生後の目標一軸圧縮強度(以降、圧縮強度と称す)を  $50\text{kN/m}^2 \sim 200\text{kN/m}^2$  として設定した。

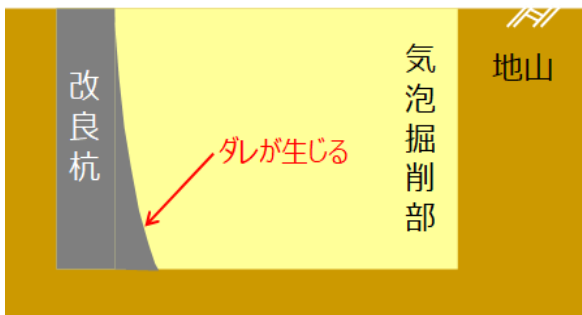


図-2 改良杭にダレが生じるイメージ

## 2. 試験内容

課題である①ダレ発生の防止、②掘削可能である、に関して、仮固化土の目標圧縮強度を満足する配合を求める。また、弱材齢を対象としているため養生日数は原則7日以内としている。実験に使用した材料を表-1に示す。

### 【実験手順】

#### ①安定液の作製

所定量の試料土(東北珪砂 5号 6000g)に表-2に示す条件でセメントスラリー(水+セメント)を添加し、ホバートミキサーで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。また、気泡は起泡剤を25倍に発泡させたものを使用した。

#### ②供試体の作製

モールド( $\phi 50\text{mm} \times h100\text{mm}$ )に作製した安定液を投入し、それぞれ1,2,7日養生を行った。養生方法は気中養生とした。

#### ③一軸圧縮試験

各養生日数の供試体に対して一軸圧縮試験を実施した。

表-1 実験に使用した材料

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 仮固化土供試体の実験条件

ケース	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
セメント添加率P'	12.5	8.3	4.2	8.3	8.3	8.3	8.3	12.5	4.2	8.3	8.3
気泡添加率Q	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2
全体含水比w	13.8	11.2	8.5	11.7	8.5	12.2	14.0	11.1	5.6	6.9	9.4

$$\text{※1 セメント添加率 } P' = \frac{m_c}{m_s} \times 100(\%)$$

$$\text{※2 気泡添加率 } Q = \frac{m_a}{m_s} \times 100(\%)$$

$$\text{※3 全体含水比 } w = \frac{m_w + m_a}{m_s + m_c} \times 100(\%)$$

ここに、 $m_w$ : 水の総量(g)

$m_a$ : 気泡添加量(g)

$m_s$ : 試料土の乾燥質量(g)

$m_c$ : セメントの質量(g)

## 3. 試験結果

実験結果よりセメント添加率、気泡添加率、全体含水比と圧縮強度の関係をそれぞれ図-3~5に示す。

### 3.1 セメント添加率の影響

図-3より、セメント添加率を大きくすると圧縮強度もより大きくなることが確認された。

### 3.2 気泡添加率の影響

図-4 より、気泡添加率を大きくすると圧縮強度はより小さくなることが確認された。また、7日目圧縮強度については、気泡添加率 1.5%の場合に圧縮強度の低下が大きく現れた。

### 3.3 全体含水比の影響

図-5 より、全体含水比の範囲を 8.5%~14.0%の間で変化させたところ、全体含水比 11.2%のケースで2日目、7日目の圧縮強度が最も大きくなった。全体含水比がセメント水和反応の進行に影響を与えているのではないかと考えられる。

## 4. 一軸圧縮強度の推定

これらの結果から重回帰分析により仮固化土の1日目圧縮強度推定式(1)が得られた。また、実測値との関係を図-5に示す。

$$F = -49.948Q - 10.386w + 26.640P' + 6.448 \quad \dots式(1)$$

ここに、F: 圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>), Q: 気泡添加率(%),  
w: 全体含水比(%), P': セメント添加率(%)

## 5. まとめ

セメント添加率、気泡添加率、全体含水比をパラメータとして圧縮強度を比較した。各パラメータが圧縮強度に影響を及ぼすことが確認されたため、圧縮強度推定式の導出の際に上記のパラメータが必要となることが確認された。また、得られた実験結果から仮固化土の1日目圧縮強度の推定式を導出した。

仮固化土の圧縮強度に影響を及ぼす要因は本研究で扱ったパラメータ以外にも複数存在していると考えられる。そのため、今後は比表面積や細粒分などの要因による圧縮強度への影響などを検証する所存である。

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

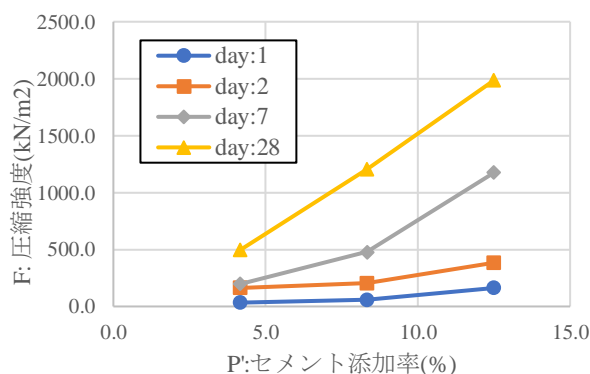


図-3 セメント添加率 P' と圧縮強度 F の関係(ケース 1,2,3)

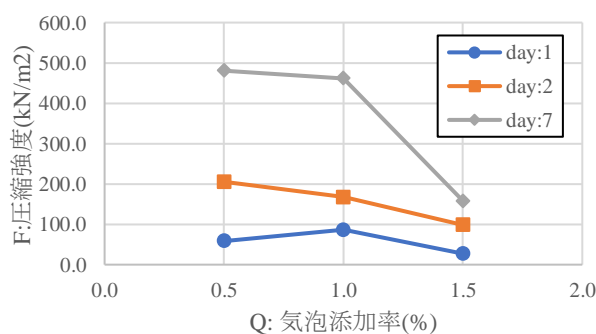


図-4 気泡添加率 Q と圧縮強度 F の関係(ケース 2,4,6)

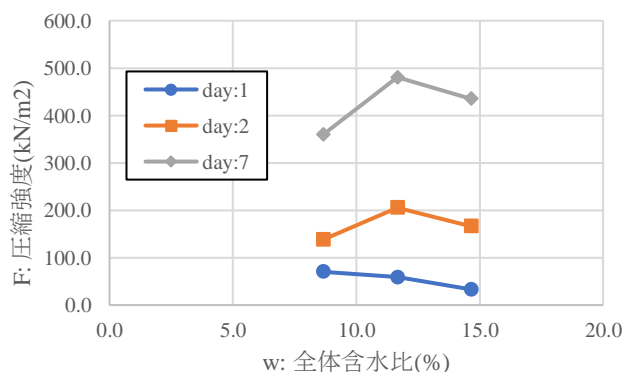


図-5 全体含水比 w と圧縮強度 F の関係(ケース 2,5,7)

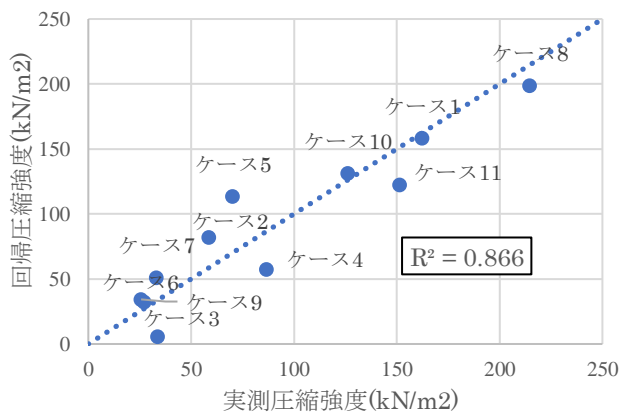


図-6 実測圧縮強度と回帰圧縮強度の関係