

地盤掘削用気泡安定液の連続地中壁工法への適用について

早稲田大学 学生会員 ○直江 久永
 早稲田大学 学生会員 仲山 貴司
 早稲田大学 正会員 赤木 寛一
 (有)アドセラミックス研究所 正会員 近藤 義正

1. はじめに

現在，連続地中壁工法において使用されている地盤掘削用安定液は，ベントナイト安定液，ベントナイト CMC 安定液などである。しかし，原料のコストが高い，その混合物が産業廃棄物となるなど地下構造物の建設コストを高くする原因となっている。そのため原料のコストも安く，また安定液を含んだ土砂の処理が簡単な起泡剤を用いた地盤掘削用安定液(以下，これを気泡安定液と呼ぶ)の開発を目的としている。ここでは，TRD (Trench cutting Re-mixing Deep wall)工法による連続地中壁構築に気泡安定液を適用することを想定して，気泡安定液とセメントミルクとの混合物の強度特性を実験的に調査した。

2. 実験の背景

コンクリートを作成する際、セメントに対する水の量を減らしても、減水剤を用いることによってセメントミルクの流動性を得ることができる。この減水剤は、気泡安定液に用いる気泡剤と同じ界面活性剤であり、気泡安定液にセメントミルクを混入した場合でも、同等の強度特性を得ることができるとともに、TRD 工法においてトレミー管でセメントミルクを流し、心材を打ち込むのに必要なフロー値を満足することもできる。ここでは TRD 工法での施工を想定し、気泡安定液をセメントで固化させたソイルセメント（以下，気泡ソイルセメント）の設計基準強度として 28 日強度で $5(\text{N}/\text{mm}^2)$ を目標とする。普通ポルトランドセメントでは、28 日強度は 7 日強度のおよそ 2 倍発現することがわかっているため、7 日強度を用いて 28 日強度を推定した。よって、7 日強度で $2.5(\text{N}/\text{mm}^2)$ を設計基準強度とした。

3. 実験方法

実験に用いた砂試料は豊浦標準砂で、固化剤は普通ポルトランドセメントである。気泡は界面活性剤系のもので 20 倍希釈し、ハンドミキサーでさらに 25 倍に起泡したものを使用した。砂試料に気泡と水を混合して気泡安定液を作成した後、セメントミルクを混ぜ合わせ、直径 5cm 高さ 10cm のモールドに流し込み、軽い振動を与えて供試体を作成した。試料が硬化した後、モールドから供試体を取り出し、 20 ± 3 で水中養生した。硬化後の供試体の材料分離状況を調査するとともに、強度特性については、打設から 7 日後に一軸圧縮試験を実施して調査した。

4. 実験結果

(1)分離実験 分離を判別するにあたって、セメント自体の分離を測定するのは困難であったため、表 1 に示す実験ケースを設定して気泡ソイルセメントに分離が生じる水セメント比(w/c)を調べた。気泡安定液を気泡添加率 0.5(%)、含水比 5(%)で作成した後、セメントミルクを砂セメント比(s/c)2.22 で混合し、水セメント比 0.50 ~ 2.00 において供試体が分離しないで作成可能であるかどうか判定した。ここで気泡添加率とは、気泡の質量を土の質量で除し、百分率で表したものである。表 1 の実験ケースで分離が確認されたのは、Case1,5,6 であった。

表 1 分離状況

case	水セメント比	含水比(%)	供試体作成可能
1	0.33	14.3	×
2	0.50	20.0	○
3	0.67	25.6	○
4	1.00	36.7	○
5	1.22	43.3	×
6	2.00	70.0	×

キーワード 地中連続壁，TRD 工法，強度，気泡，安定液，ソイルセメント

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1-58-205 TEL.03-5286-3405

Case1 では、セメントに対する水の量が少ないため、気泡安定液にセメントが均一に混ざらず、供試体を作成することはできなかった。Case2,3,4 では均一に混合された供試体を作成することができた。Case5,6 では、供試体が材料の分離を起こし、供試体の実質高さは 60～70(mm)ほどになり、多量のレイタンスが形成された。よって、Case2,3,4 の水セメント比の範囲で供試体を作成すれば、材料の分離は起こらないと考えられる。

(2)気泡添加率による強度変化 気泡ソイルセメントを作成するにあたって、気泡安定液の含水比は 5(%)とした。これは、既往の研究結果より含水比 25(%)程度の地盤で気泡添加率 2(%)の気泡安定液を適用した場合、地盤への透水が起こり、気泡安定液の含水比がおよそ 5(%)まで減少すると推定されたためである。

気泡安定液は、時間が経過するとともに気泡が消泡する。そこで、気泡添加率 0.5～2(%)で気泡安定液を作成した後、砂セメント比 2.22 となるように水セメント比 1 のセメントミルクを混合し、一軸強度を測定した。

この結果を図 1 に示す。気泡添加率が減少するとともに、気泡ソイルセメント中の空隙が減少するため、強度は増加する。しかし、設計基準強度 $2.5(\text{N/mm}^2)$ に達しなかった。

(3)水セメント比による強度変化 供試体全量に対する水の量を増減させて水セメント比を変え、供試体を作成した。気泡添加率 0.5(%)で密度約 $1.25(\text{g/cm}^3)$ の気泡安定液を作成し、砂セメント比 2.22 となるように水セメント比を 0.5～2 の範囲で変化させて実験を行った。この結果を図 2 に示す。これより、水セメント比が約 0.7 以下で設計基準強度を超えることが確認できる。また、図 2 に(1)で求めた分離等により気泡ソイルセメント作成不可能な領域を斜線で描き、太線で区切られた 4 領域に対応した気泡ソイルセメント状態を表 2 に示した。なお、(2)で測定された値も比較のために図 2 にあわせて示す。

4. まとめ

以上の結果を取りまとめると、図 2 の領域 ①に入るように気泡ソイルセメントを配合すればよいと考えられる。また、気泡ソイルセメントの強度特性は水とセメントの量に最も大きく影響されることがわかる。たとえば、実際の施工上、気泡添加率が 0.5(%)まで消泡が進まず 0.5～2.0(%)の範囲にあるとき、水セメント比 0.5 を目標に配合すれば、設計基準強度を満たすことができる。

参考文献

- ・ TRD 工法(ソイルセメント地中連続壁工法)技術資料，TRD 工法協会，平成 13 年 8 月版
- ・ 赤木他，第 37 回地盤工学研究発表会，No.765，2002 年 7 月

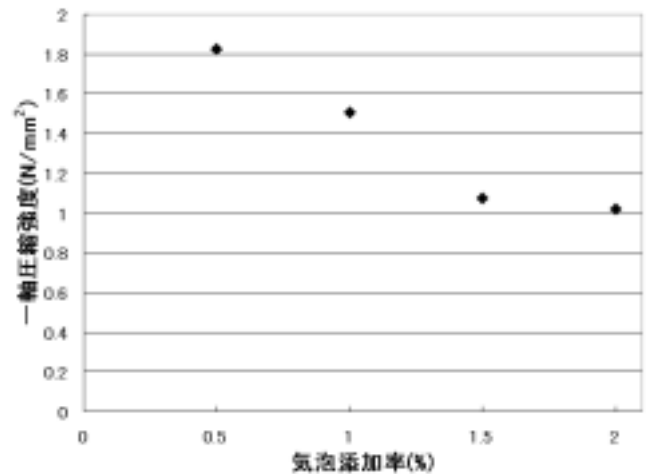


図 1 気泡添加率を変化させた時の強度

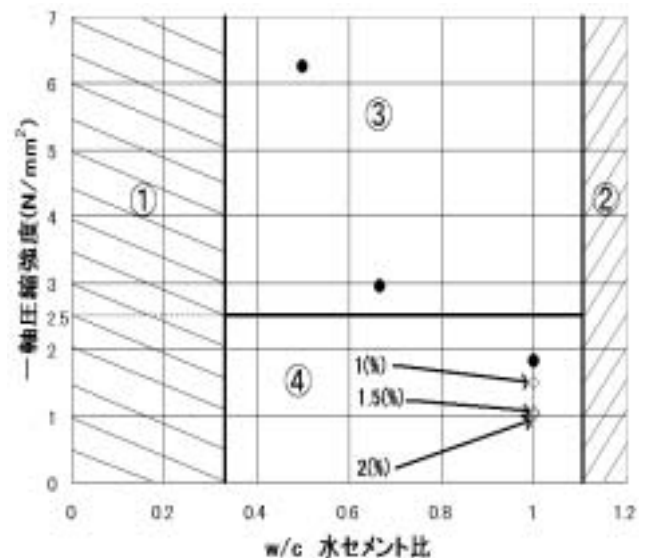


図 2 水セメント比を変化させた時の強度

表 2 図 2 で示された領域に対応した状態

領域番号	状態
①	起泡安定液とセメントミルクが混合不可能
②	気泡ソイルセメントが分離
③	設計基準強度を満たす
④	設計基準強度に達しない