

AWARD-Para 工法のフィールド試験（その2：室内配合試験）

早稲田大学	学生会員	○大山	哲也
早稲田大学	フェロー会員	赤木	寛一
早稲田大学	学生会員	川上	開誠
(有)マグマ	正会員	上原	精治
戸田建設(株)	正会員	田中	孝

1. 目的

従来用いられている地中連続壁工法には SMW 工法(柱列式)や TRD 工法(等厚式)などがある¹⁾。これら従来工法に対して気泡掘削を適用することで開発された地中連続壁工法(AWARD-Ccw 工法(柱列式), AWARD-Trend 工法(等厚式)など)は, 気泡を用いることで, 高い流動性による加水量の低減, セメントスラリーの W/C 比の減少による固化剤添加量の低減, 造成時の消泡による排泥土量の削減を実現する工法である²⁾。AWARD-Para 工法は, SMW 工法, TRD 工法と比較し, 気泡を用いた工法の優位性を高めるため, さらなる施工の効率化を図りコスト削減と工期短縮を実現することを目的に開発された工法である。従来用いられている SMW 工法, TRD 工法では地中連続壁造成の際, 掘削工程, 固化工程を 1 台の施工機で連続して施工していた。AWARD-Para 工法では, 掘削工程, 固化工程にそれぞれ専用の機械を使用することで, これらの工程を平行的(Parallel)に行うことができ, 工期短縮とコストダウンを図ることができる。この工法を実施する際に懸念すべきこととして, 掘削工程時の溝壁体(先行壁体)の安定性がある。この先行壁体を構成するセメント安定処理土(仮固化土と称す)は, 固化工程施工時の安定性(ダレや崩壊)を維持しつつ, 固化工程の施工機械で容易に掘削可能な最小限の壁体強度がキープポイントとなる。従って, この仮固化土は従来のセメント安定処理土と異なり極めて低強度であることが求められ, この配合を策定する必要がある。本稿では, AWARD-Para 工法の実証試験にあたって, 仮固化土の物性確認のため室内配合試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

現地試験施工での掘削工程で必要とされる物性を満足する配合を決定するために試験場所で採取された試料土を用いて室内配合試験を実施した。今回指標として用いた物性は気泡添加率 Q, セメント砂比 C/S, テーブルフロー値 TF, 含水比 w, 山中式土壌硬度計読み値 γ である。また, 各物性の目標値を表-2.1, 現地試料土の物性を表-2.2 に示す。なお, 試験工時での固化工程時の

施工機械による仮固化土の破碎状況を室内配合試験において再現するにあたり, その破碎程度の判断に苦慮した。ここでは, 発現強度にたいして安全側であると想定し, 10mm ふるいを通過するまで仮固化土をハンマーで粉砕し固化工程の配合試験に供した。

表-2.1 各物性の目標値

物性	目標値
【掘削工程安定液, 仮固化土】	
湿潤密度	$\rho > 1.05(\text{g/cm}^3)$
テーブルフロー値	TF ≥ 130 (引上時)
一軸圧縮強度(1 日目)	200 $\geq q_1 \geq 50(\text{kN/m}^2)^*$

*仮固化土は固化工程時に, 溝壁の安定とともに掘削に際して容易に切削混練が可能であり, 相反する強度特性を要求されている。これについては開発過程で様々な議論がなされたが, ここでは過去の実工事で沖積粘性土層においても溝壁の安定性が損なわれていないことなどから, 中位の粘性土強度を採用した。

表-2.2 現地試料土(シルト質砂)の物性

試料名	砂質土
湿潤密度 $\rho_t \text{ g/cm}^3$	2.032
乾燥密度 $\rho_d \text{ g/cm}^3$	1.672
土粒子の密度 $\rho_s \text{ g/cm}^3$	2.685
自然含水比 $w_n \%$	22.4
間隙比 e	0.606
飽和度 $S_r \%$	95.3

3. 実験手順

試験手順を以下に示す。フローチャートを図-3.1 に示す。

- ①試料土の計量, セメントスラリーおよび気泡の作製を行う。
- ②ホバートミキサーでセメントスラリーと試料土を 1 分間混練する。
- ③気泡を所定量添加し, さらに 1 分間混練する。
- ④出来上がった気泡ソイルセメント安定液に対しテーブルフロー試験, ハンドベーンせん断試験, 湿潤密度測定, 含水比測定を行い, 山中式土壌硬度計測用供試体を作製し, 1 日目強度を測定する。

キーワード 気泡掘削工法, 気泡ソイルセメント安定液, 地中連続壁工法

連絡先 〒168-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学赤木研究室 TEL 03-5286-3405

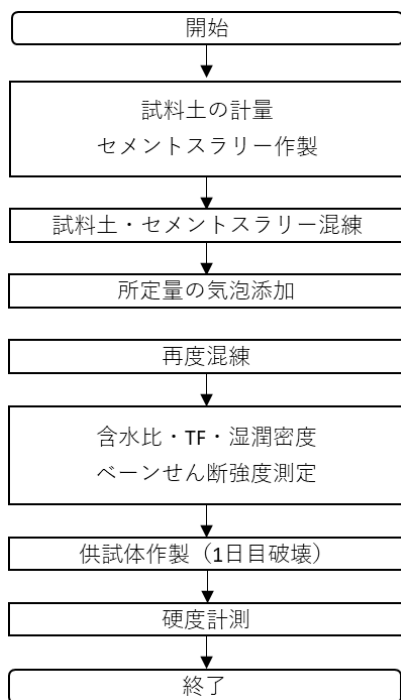


図-3.1 実験フローチャート

4. 実験結果および考察

室内配合試験の結果を図-4.1, 図-4.2 に示す。

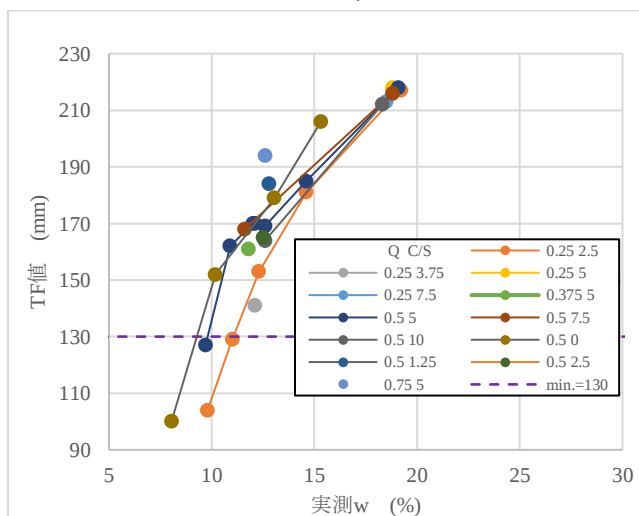


図-4.1 実測含水比とTF値の関係

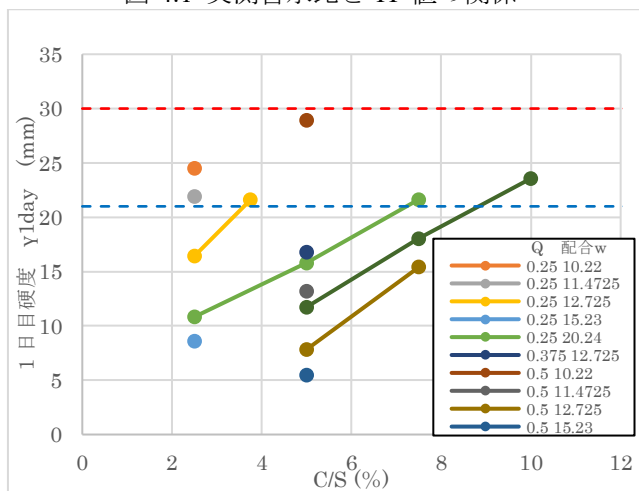


図-4.2 セメント砂比と1日目硬度の関係

*それぞれのグラフの点線は表-4.1 に示す仮固化土の目標性能基準を参考に示している。

表-4.1 仮固化土の目標性能基準³⁾

TF	γ	q_u
130 (mm)	21 (mm)	50 (kN/m ²)
	30 (mm)	200 (kN/m ²)

図-4.1 から、含水比の増大に伴ってTF値も流動性が上がっていることが確認された。また図-4.2 から、C/Sの増加に伴い強度も増加していることが確認された。これらの結果より現場での試験配合は水セメント比 W/C=80(%), セメント砂比 C/S=2.0~10.0(%), 気泡添加率 Q=0.25~0.5(%), 加水量 W=0.0(L/m³)であれば仮固化土の目標性能を満足すると考えられる。現場実証試験の結果については「AWARD-Ccw-Para 工法のフィールド試験（その3：施工性・品質の評価）」に詳細を示している。

5. まとめ

本稿では「AWARD-Para 工法のフィールド試験（その1：工法概要とフィールド試験概要）」に示した現場実証試験における配合決定のため、室内配合試験を実施した結果について報告した。今回の現場対象土にAWARD-Para 工法を適用するにあたって、仮固化土の目標性能を満足するためには水セメント比 W/C=80(%), セメント砂比 C/S=2.0~10.0(%), 気泡添加率 Q=0.25~0.5(%), 加水量 W=0.0(L/m³)付近の配合設計であれば良いと判断され、現場実証試験の配合の参考としている。現場実証試験の配合およびその結果・考察については本稿に続く「AWARD-Para 工法のフィールド試験（その3：施工性・品質の評価）」に報告される。

謝辞

本研究は、気泡工法研究会 AWARD-Para 工法開発プロジェクトチーム（戸田建設㈱, ㈱エムオーテック, 太洋基礎工業㈱, ㈱地域地盤環境研究所, 西松建設㈱, 前田建設工業㈱, ㈱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) 平岡成明：地中連続壁の安定液，山海堂，pp27-46，1991，8
- 2) 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
- 3) 大関敏広，日比野信一，村山篤史：山中式土壌硬度計を用いたソイルセメントの品質管理，地盤工学研究発表会 発表講演集 Vol.39，pp767-768，2004，7