

ソイルセメント柱列壁工法の各地盤材料に対するセメント量の検討と混合層への適応性について

東洋大学大学院 学生会員 ○大友 広敏 野澤 宏斗
 ジェコス(株) 正会員 岩崎 伸一 後藤 健治
 東洋大学 フェロー会員 石田 哲朗

1. はじめに

ソイルセメント柱列壁工法は比較的止水性が良く、鋼矢板等よりも剛性が大きいので、地盤変形が問題となる現場では多用されている。一方で、関東ロームとセメントが上手く反応せず、壁体の造成不良や地下水の漏水などの問題が発生している。これまでに関東ロームと笠岡粘土を対象土としたセメントとの配合設計から、一軸圧縮強度の目標値を満たす結果を報告した¹⁾。本報ではさらに砂質土の配合設計を行い、強度の傾向を検証し、最適なセメント量を検討した。また、ソイルセメント柱列壁工法は様々な地層の地盤材料を攪拌して施工を行うことから、実地盤を想定した混合層に対する検討を行った。

2. 配合設計の概要

砂は市販されている川砂を用いた。SMW 協会では、砂質土を主体とする地盤では細粒分が 20 %以上含むことを適応条件²⁾としているが、川砂の細粒分含有率は 2 %程度であった。この不足分を笠岡粘土の粉末で補い対象土とした。この砂質土の土粒子密度は 2.74 g/cm³、工学的分類は (SF) である。固化材は SMW 設計施工指針に準じてセメント³⁾とし、添加剤は粒形の大きい砂分が沈殿しないようにベントナイトを用いた。砂質土の配合は対象土の量と注入率を固定し、水セメント比を変化させて強度の発現傾向を確認した。その配合を表-1 に示す。

ソイルセメント柱列壁工法では地盤を構成する地層を掘削しながらセメントミルクを投入し壁体を作成する。そのため、施工では様々な地盤材料が混合された土を対象とすることが考えられる。そこで本実験では実地盤を想定し関東ローム、笠岡粘土および砂質土を表-2 に示した分量をミキサーに入れ攪拌し、掘削時の混合層とした配合設計を行った。配合時に添加するものは砂質土と同様にセメントとベントナイトとした。混合層の配合は SMW 協会²⁾および SMW 設計施工指針³⁾に記述はなくこの点は不明確であるため、添加量は既報の結果から関東ロームの最適な配合 (W/C=125 %, 注入率=100 %), 笠岡粘土の最適な

配合 (W/C=600 %, 注入率=70 %) ¹⁾ および本研究で得られ砂質土の最適な配合を基に、1 m³ 当たりの添加量に換算したものを用いた。配合表は表-2 にまとめてある。

3. 実験方法

供試体作成は「安定処理土における締固めをしない供試体の作成方法 (JGS 0821-2009)」に準じて作成した。練り混ぜ直後に、流動性の評価をシリンダーフロー試験 (NEXCO 試験法 313-1999) で行った。シリンダーフロー試験の基準値は練り混ぜ直後で 200 mm 以上、1 時間養生後が 150 mm 以上とした⁴⁾。しかし、シリンダーフロー試験の測定値が目標値以下にもかかわらず、施工現場では芯材を挿入することが出来る。この差を確認する意味で、流動性の評価をハンドベンセン断試験機で行った。その目標値は施工現場で測定した値に基づき 3 kN/m² と定めた。供試体の 7 日と 28 日強度の評価は「土の一軸圧縮試験 (JIS A 1216-2009)」に準じて行った。ソイルセメント柱列壁工法の一軸圧縮強度の基準は 28 日強度で 500~1000 kN/m² であり³⁾、この値を目標値とした。

表-1 砂質土の配合表 (1 m³ 当たり)

	W/C (%)	砂質土 (kg)	注入率 (%)	水 (kg)	固化材 (kg)	ベントナイト (kg)
①	600	1700	90	711	118	120
②	700			714	102	122
③	800			716	90	123
④	900			715	80	125
⑤	1000			720	72	126
⑥	1100			715	65	126
⑦	1200			721	60	127

表-2 混合層の配合表 (1 m³ 当たり)

	ロ:粘:砂 (kg)	W/C (%)	注入率 (%)	水 (kg)	固化材 (kg)	ベントナイト (kg)
①	1:1:1	260	100	852	328	38
②	2:1:1	201		836	416	28
③	1:2:1	297		874	294	28
④	1:1:2	316		844	267	58

※ロは関東ローム、粘は粘土、砂は砂質土とする

4. 実験結果

砂質土の流動性の結果は図-1 のようになる。図-1 の流動性の結果を見ると、フロー値は水セメント比を上昇させても練り混ぜ直後、1時間養生後の値は共に大きな変化がなく、養生後の値は全て目標値の150mm以下である。よって、フロー試験での流動性の有無は判断しにくい。一方で、ハンドベーンせん断試験では、水セメント比が上昇する程、非排水せん断強度 s_u は減少しており、1時間養生後であっても目標値以下であるので、砂質土の全ての配合で芯材を挿入するための流動性はあると考えられる。

図-2 の一軸圧縮試験と水セメント比の結果は、こちらも水セメント比が上昇するほど28日養生であっても強度は低下していく。前述したように、一軸圧縮強度の目標値は500~1000 kN/m²である。本配合では、水セメント比が800~900%の場合が基準を満たしている。よって、この配合は適しているといえる。

図-3 に混合層の流動性の結果を示す。シリンダーフロー試験の場合流動性は練り混ぜ直後であっても、目標値200mmを大幅に下回っている。これは、関東ロームと笠岡粘土がどちらも粘性土であり、粘着力が高いことから流動性が失われたことが原因と考えられる。しかし、ハンドベーンせん断試験の結果は、全ての配合で目標値3 kN/m²以下である。よって、実際の現場では芯材を挿入するための流動性は確保していると考えられる。図-4 の一軸圧縮試験の結果をみると、7日養生の段階で既に最終目標とする強度に達している。よって、28日養生では大幅に強度が発現してしまった。これは設定した水セメント比が低いことから砂質土と粘土が反応して、供試体は過剰に固化したことが要因として挙げられる。このことから、混合層の最適な配合は水セメント比又は注入率をさらに増加させていく必要があり、この実験結果を踏まえて再度配合設計を行っている。

5. まとめ

本報では、砂質土と混合層を対象土とし、セメントによる強度発現と最適セメント量を検討した。結果として、砂質土は水セメント比800~900%、注入率90%の配合の時に目標値500~1000 kN/m²を満足した。よって、最適セメント量は80~90 kg/m³程度であると考えられる。一方、混合層では、地盤材料毎の最適な配合から1 m³当たりの量に換算した配合を用いて供試体を作製したが、強度の目標値を超え過剰に固化したことから、水セメント比や注入率を変化させ、再度検討する予定である。

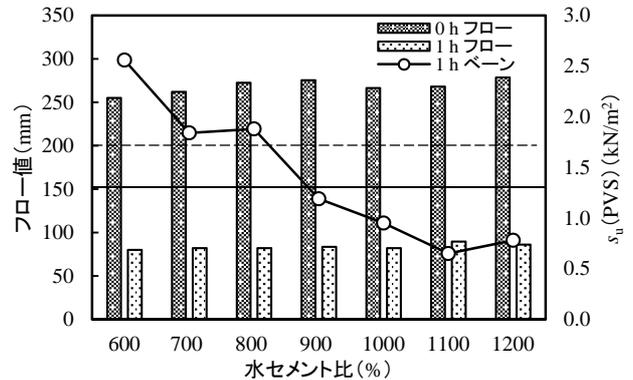


図-1 砂質土の流動性の評価

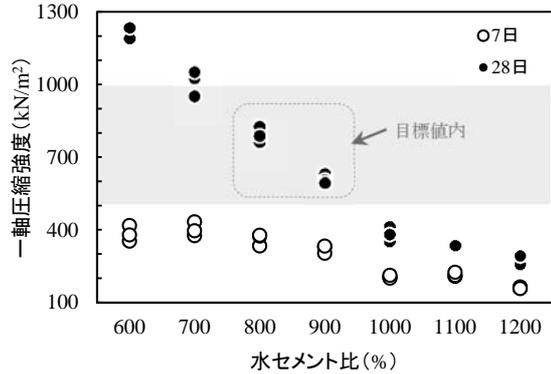


図-2 砂質土の強度の評価

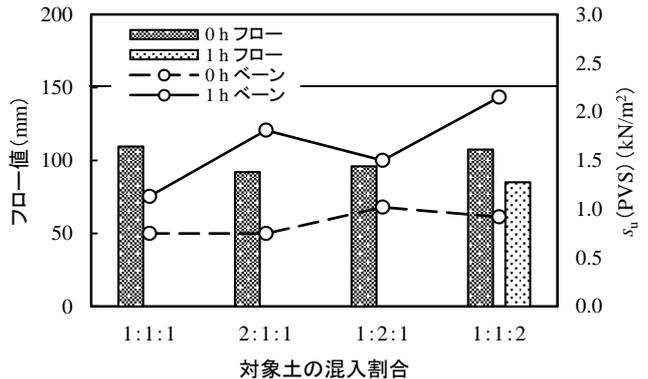


図-3 混合層の流動性の評価

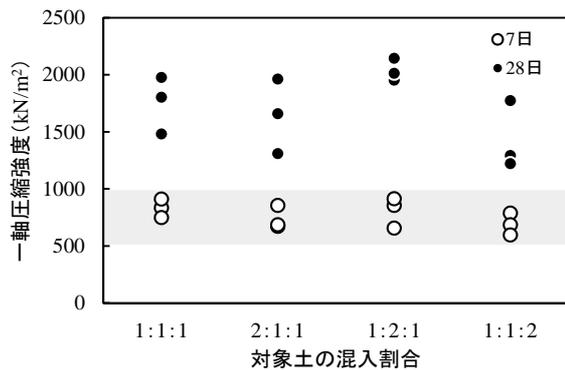


図-4 混合層の強度の評価

参考文献

- 1) 大友広敏ほか:ソイルセメント柱列壁工法における土層別のセメント量の検討, 第45回土木学会関東支部技術研究発表会, III-11, 2018.
- 2) SMW協会HP: [PDF] 造壁方式・アースオーガ選定フロー, <http://www.smw-kyokai.jp/machine/zouheki.html>
- 3) 日本材料学会編:ソイルミキシングウォール(SMW)設計施工指針, p.4, pp.6-7, p.52, 2002.
- 4) 東日本道路株式会社等編:NEXCO試験方法 第3編 コンクリート関係試験方法, p.8, 2010.