

ベントナイトを使用したソイルセメントの流動性とコスト削減の検討 その1

東洋大学 学生会員 ○朱 群興, 市川 準
 ジェコス(株) 正会員 後藤 健治, 有富 敏也, 岩崎 伸一
 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、山留め工法の一つであり、止水性が高く、適用範囲が広いなどの特性から市街地での根切り工事に多用されている¹⁾。この工法では孔壁維持にベントナイトが使われているが、ソイルセメントの効率の良い配合やベントナイトの種類を使い分け、練り混ぜが行われているかは疑問である。本研究ではベントナイトの種類、添加量、練り混ぜ時間の変化によるソイルセメントの流動性を調査し、作業性の向上、コスト削減を検討する。

2. 使用材料

本研究では、豊浦硅砂、高炉セメントB種、水、ベントナイト5種（ベントナイトA、ベントナイトB、ベントナイトC、ベントナイトD、ベントナイトEと表示）を使用した。

3. 配合設計

表1に本研究の配合設計を示す。対象土の含水比は18%に設定した。水とベントナイトの攪拌時間を t_1 、ベントナイト液とセメントの攪拌時間を t_2 、セメント系懸濁液と対象土の攪拌時間を t_3 とした。

4. 実験方法

第一段階としてセメント系懸濁液の流動性の試験を行った。第二段階としてソイルセメントの流動性の試験と一軸圧縮試験を行った。

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。鋼性円筒（内径80mm、高さ80mm）に試料を充填し、鉛直方向に引き上げた際に得られるフロー値を測定する方法である。フロー値の目標値は練り混ぜ直後200~250mmとした。一つの配合条件に対し、攪拌直後と攪拌一時間後のフロー値をそれぞれ2回測定し、合計826回行った。

供試体の強度の評価は「土の一軸圧縮試験（JIS A 1216-2009）」に準じて行った。一軸圧縮強度の目標値

は28日養生強度で500~1000kN/m²とした。供試体は一つの配合条件に対し、7日養生と28日養生を3本ずつ、合計744本を作成し破壊した。

5. 実験結果

5.1 セメント系懸濁液のフロー試験（第一段階）

前述したように、ソイルセメントのフロー値の目標値は200~250mmであるため、砂を添加することでフロー値が250mm下がると仮定し、セメント系懸濁液の時点でフロー値が450~500mmとなる添加量を各ベントナイトから2つ選択した。結果、ベントナイトAは添加量10kgと15kg、ベントナイトBは15kgと20kg、ベントナイトCは10kgと20kg、ベントナイトDは10kgと15kg、ベントナイトEは40kgと50kgを選択した。第二段階の攪拌時間 t_1 は、実際の現場に合わせて30s、60s、120sを選択した。

5.2 ソイルセメントのフロー試験（第二段階）

ソイルセメントの試験の結果、直後のフロー値の目標値である200~250mmに収まるものは一つもなかった。そのため、最適攪拌時間について検討する。

図1にベントナイトAの攪拌直後のフロー値の結果を示す。グラフの形がやや右上がりであることから、 t_3 は150sが最適である。 t_3 が150sにおいて添加量10kgでは t_1 は60sが最小であり、添加量15kgでは t_1 は30sが最小である。

図2にベントナイトBの攪拌直後のフロー値の結果を示す。グラフの形が右上がりであることから、 t_3 は150sが最適である。 t_3 は150sにおいて t_1 は120sのときに最小になる。

表1 配合設計（1m³あたりの各材料の質量）

土の重量 (kg)	水 (kg)	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	W/C (%)
1800	440	220	10 ~ 50	200

キーワード ソイルセメント, ベントナイト, フロー値, 最適攪拌時間, 一軸圧縮強度

連絡先 〒350-8585 川崎市鯨井2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 地盤環境学研究室

図3にベントナイトCの攪拌直後のフロー値の結果を示す。 t_3 が450sで一度フローが下がるが全体として右上がりのグラフであることから、 t_3 は150sが最適である。 t_3 は150sにおいて、 t_1 は120sのときに最小になる。

図4にベントナイトDの攪拌直後のフロー値の結果を示す。グラフの形が横ばいの傾向があることから、最適な t_3 は定まらない。 t_1 を変化させてもフロー値が変わらないことから最適な t_1 も定まらない。

図5にベントナイトEの攪拌直後のフロー値の結果を示す。グラフの形が横ばいの傾向があることから、 t_3 を変化させてもフロー値にほとんど影響を及ぼさないとはいえる。添加量毎に比べると t_1 が120sのときに最小になる傾向がある。

5.3 一軸圧縮試験

前述したように、一軸圧縮強度の目標値は28日養生強度で500~1000 kN/m²である。本配合では、いずれのベントナイトでも多くが1000~1600 kN/m²の範囲にあり、目標値を上回る結果となった。一例として、図6にベントナイトA、添加量10kgの場合のソイルセメントの一軸圧縮強度の結果を示す。

6. まとめ

- (1) 攪拌直後のフロー値の目標値である200~250mmに収まるものは一つもなかった。
- (2) 各ベントナイトの最適攪拌時間は、ベントナイトAは t_1 が30sまたは60s、 t_3 が150s。ベントナイトBは t_1 が120s、 t_3 が150s。ベントナイトCは t_1 が120s、 t_3 が150s。ベントナイトDは t_1 、 t_3 ともに影響を与えない。ベントナイトEは t_1 が120s、 t_3 は影響を与えない。
- (3) 一軸圧縮強度はいずれのベントナイトにおいても多くが目標値を上回った。

本報の続報その2²⁾では、ここで得られた結果を分析し、フロー値を目標値に収めるための方法を示す。

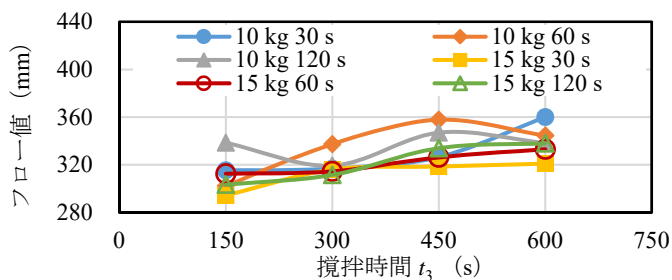


図1 ベントナイトA (攪拌直後) のフロー値

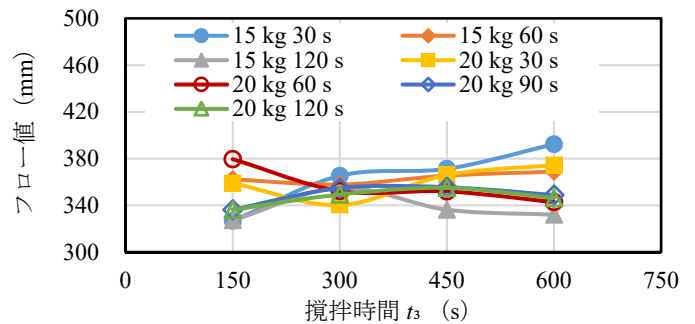


図2 ベントナイトB (攪拌直後) のフロー値

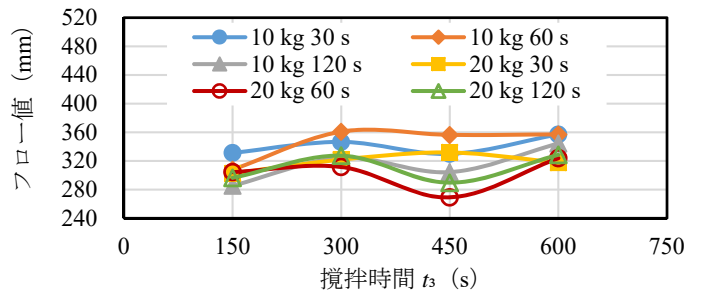


図3 ベントナイトC (攪拌直後) のフロー値

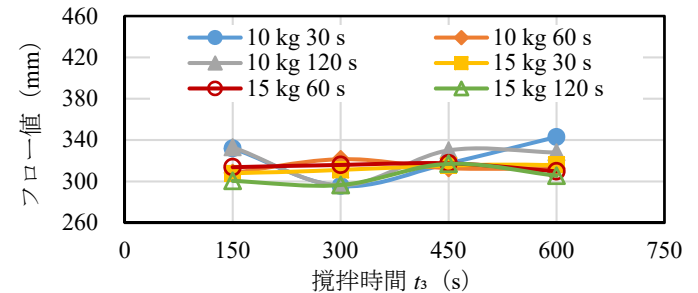


図4 ベントナイトD (攪拌直後) のフロー値

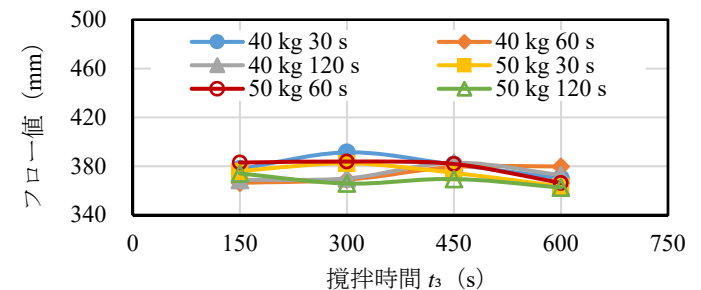


図5 ベントナイトE (攪拌直後) のフロー値

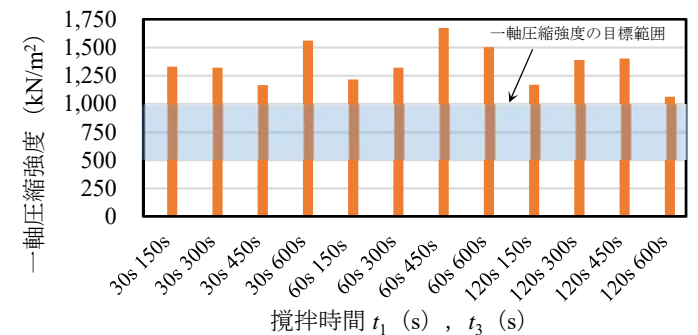


図6 ベントナイトA 添加量10kgの一軸圧縮強度

参考文献

- 1) 日本建築学会編山留め設計施工指針, pp.21-22, 2002.
- 2) 市川・朱他: ベントナイトを使用したソイルセメントの流動性とコスト削減の検討 その2, 77回土木学会年講.