

# バンクリート工法における地盤強度設計のための室内配合試験方法に関する検討（その1）

山崎 将義\*                      平岡 博明\*\*  
 Masayoshi Yamazaki Hiroaki Hiraoka  
 大西 徳治\*  
 Noriharu Onishi

## 1. はじめに

当社は揮発性有機化合物（VOCs）で汚染された地盤に対する原位置浄化技術としてバンクリート（VAMP-crete）工法を保有し、狭隘な場所や短期間の浄化が要求される物件を中心に施工実績を積み重ねつつある。

本工法の特長として、① VOCs の確実な浄化、② 産廃処理対象となる排泥の発生抑制、③ 原位置土攪拌後の地耐力低下の抑制、が挙げられる。しかしながら、③については、条件によっては浄化後の地盤強度が施工前のレベルに回復しにくい場合があり、以下のような設計的な課題があることが明らかとなってきた。

- ① 所定の地盤強度を達成できる最適配合条件の設定方法（室内配合試験方法）が確立されていない。
- ② 室内配合試験結果と現場試験結果の相関関係について十分な検証ができていない。

以上の事柄をふまえ、今回、工法検証の第一段階として、上記①の室内配合試験方法を確立するための実験的検討を行った。その結果を報告する。

## 2. 室内配合試験の条件設定のための実験的検討

### (1) 目的

施工後の地盤の強度発現に影響を与えるパラメータを挙げ、試験条件を設定するための実験を行った。

### (2) 実験方法

#### ① パラメータ

- a. 固化材と水および酸化鉄（以下、スラリーと記す）の調製条件（練り混ぜ時間および養生時間）
- b. 水と固化材の配合比（以下、水固化材比と記す）
- c. 土とスラリーの攪拌時間
- d. 固化後の養生期間

- e. 土に対する固化材の添加量
  - f. 土質（砂質土またはシルト質土）
- ② 使用材料
- a. 固化材：酸化鉄による VOCs 分解を阻害しない中性固化材（石膏 95 wt%以上、ポリアクリルアミド 1 wt%含有）を用いた。なお、ポリアクリルアミド（以下、PA 材と記す）は、石膏の固化遅延剤である。
  - b. 土壌：砂質土には珪砂 5 号を、シルト質土には実際の汚染土壌（シルト・粘土分 89.7%含有）を供した。
- ③ 使用機材：スラリーの練り混ぜにハンディミキサーを土とスラリーの攪拌にプロペラ型ミキサーを用いた。
- ④ 評価試験方法
- a. 粘性：B 型粘度計とファンネル粘度計で測定した。
  - b. コーン指数：JIS A 1228 に準拠した。
  - c. 一軸圧縮強さ：セメント協会標準試験方法 JCAS A-01-1990 と JIS A 1216: 1998 に準拠した。

#### (3) 実験概要および結果

表一に示した実験構成と順序で検証実験を行った。  
 [予備実験] スラリー調製方法の予備検討  
 スラリーの均一化に必要な十分な練り混ぜ時間を確認した。その結果、5～10 分間で均一化できた。しかしながら練り混ぜ直後のスラリーを土に添加すると土粒子との接着効果が弱まる傾向がみられ、PA 材の影響によってセメント系固化材とは異なる物性を示すことが確認された。  
 [実験 1] スラリーの練り混ぜ特性に関する検証

そこで、調製条件および水固化材比の違いがスラリーの物性に及ぼす影響について、粘性値を指標に検証した。結果を表二と図一に示す。PA 材は水に添加すると膨潤してゲル状になり安定化の特徴があることから、スラリーを練り混ぜた後に PA 材を安定化させる目的で養生（2 時間）を行ったところ、その粘性は水固化材比

表一 各実験のパラメータ

パラメータ 実験名	a スラリー 調製 条件	b 水固化 材比	c 土とスラ リーの攪 拌時間	d 養生 期間	e 固化材 添加量	f 土質
予備実験	○					○
実験 1	○	○				
実験 2			○	○		
実験 3					○	
実験 4			○	○		○

表二 各調製条件におけるスラリーの粘性測定

水固化材比 (%)	100		150		200	
	A	B	A	B	A	B
調製条件*						
検体数	4	4	5	3	3	4
平均粘性値 (sec)	80	47	33	29	26	25
標準偏差	29	2	3	1	2	0.4
変動係数 (%)	36	4	9	2	7	2

\* 土壌浄化プロジェクトチーム

\*\*技術研究所技術研究部土木技術研究課

\*調製条件 A：練り混ぜ 10 分のみ（養生無し）

調製条件 B：練り混ぜ 10 分間＋養生 2 時間＋練り混ぜ 5 分間

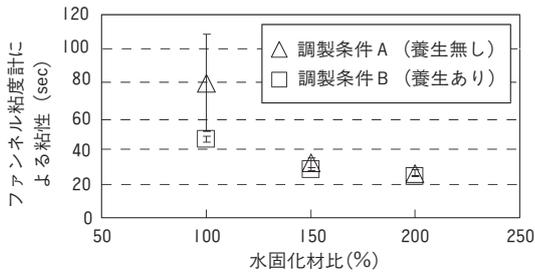


図-1 スラリーの調製条件が品質に及ぼす影響

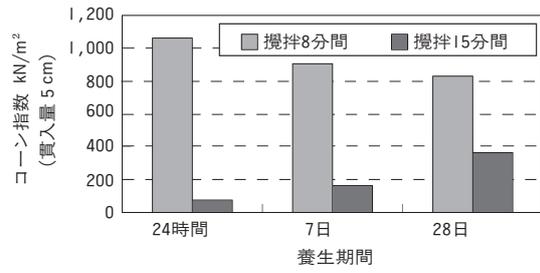


図-2 土とスラリーの攪拌時間による強度への影響

によらず変動係数4%以下の安定した値を示した（表-2）。一方、練り混ぜ直後のスラリーを供試した場合は、水分の少ない水固化材比100%の場合に粘性値のばらつきが大きく、水固化材比の条件によっては品質が安定しなかった（図-1）。さらに各条件で調製したスラリーを土（砂質土）に添加し、固化状況を確認した結果、養生を経たスラリーは水固化材比によらず固化したのに対し養生を経ないケースでは固化しないものが多かった。

これらのことから、スラリーの品質を確保するには練り混ぜ後の養生が不可欠であることが分かった。以後、スラリーは表-2の調製条件Bにて養生し、供試した。

[実験2] 土とスラリーの攪拌時間による強度への影響

砂質土を用い、配合条件を従来の標準配合である固化材添加量150 kg/m<sup>3</sup>、酸化鉄添加量30 kg/m<sup>3</sup>、水固化材比150%に固定し、土との攪拌時間ならびに養生期間をパラメータとして強度発現への影響を検証した。なお攪拌時間は実績を踏まえて15分間を標準とし、半分の8分間と比較した。その結果、攪拌15分間の場合は途中で凝結が始まり、その後の攪拌でこね返されたため、固化が不十分となることが目視で確認された。この場合のコーン指数(qc)は400 kN/m<sup>2</sup>（宅地造成用盛土材に要求されるレベル）を下回った。一方、攪拌8分間の場合は攪拌中の凝結は起こらず、qcは800 kN/m<sup>2</sup>以上を示した（図-2）。また、養生期間による強度の伸びを攪拌8分間のケースで確認した結果、24時間以内で固化反応は終了し、以後の強度増加は認められなかった。

[実験3] 固化材添加量による強度発現への影響

実験2の結果から攪拌時間を8分間とし、固化材添加量をパラメータとして強度発現に対する影響を養生期間7日時点の一軸圧縮強さで比較した。その結果、固化材添加量を増やしても強度の増加は認められず、固化材には最適な添加量があることが確認された（図-3）。

[実験4] シルト質土の強度発現に関する検証

砂質土で実施した実験2と3の結果をふまえ、汚染地盤から採取したシルト質土を供試し、土とスラリーの攪拌時間および養生期間をパラメータとして強度発現への影響を検証した（他の条件は実験2と同一）。その結果シルト質土は固化し始めるのが早く、攪拌時間は6分間以内が適した（図-4）。攪拌にそれ以上の時間をかけると攪拌中に固化が始まり、強度は著しく低下した。養生期間については砂質土と同様に24時間以内で固化反応

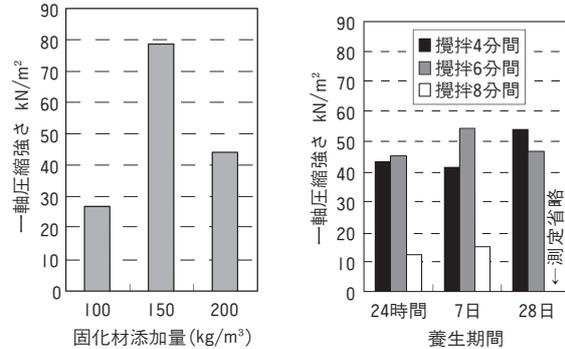


図-3 固化材添加量による砂質土の強度発現への影響

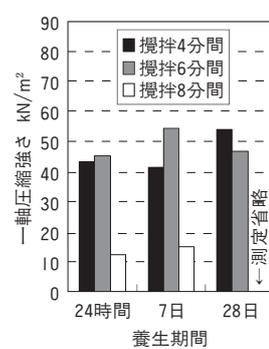


図-4 シルト質土の強度発現に関する検証結果

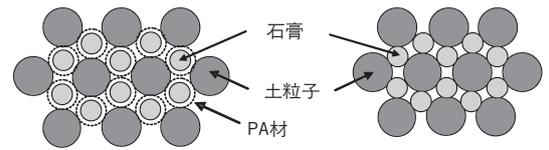


図-5 固化原理（想像図）

が終了し、以後の強度増加は認められなかった。

(4) 考察

固化材中の石膏は、PA材の物性変化によって固化性能が著しく影響を受けることが分かった。実験2と4で土とスラリーの攪拌途中で固化が始まる現象がみられたが、その原理は次のように考えられる。すなわち、スラリー中の石膏はPA材に覆われており（図-5(a)）、PA材が攪拌等によって摩擦し分子構造が壊れると、石膏と土粒子の接触効率が上がるため、反応が進み、土粒子を接着して固化する（図-5(b)）と考えられる。

3. まとめ

本実験結果から以下のことが明らかとなった。

- ・スラリー調製時には練り混ぜ後の養生が不可欠である。
  - ・固化材には強度発現のための最適添加量が存在する。
  - ・PA材は過度の物理的負荷によりその機能が低下する。
  - ・土とスラリーの最適な攪拌時間は土質によって異なる。
- 今後、スラリー添加後に土が急速に固化する原理と条件およびその対策方法を究明し、現場の施工条件を反映した室内配合試験方法の確立に向けた検討を進めたい。