

石炭灰を多量に用いた杭状改良体（石炭灰コラム）に関する基礎的検討

ハザマ 正会員 ○三反畑 勇 ハザマ 正会員 木村 誠
ハザマ 正会員 斉藤 栄一 ハザマ 正会員 福留 和人

1. はじめに

石炭灰排出量の約 80%はセメント原材料を中心に有効利用されているが、約 20%は埋立処分されており、未だ処分用地の確保が困難な状況にあることに変わりはなく、他分野での利用技術の開発が望まれている。筆者らは、近年、軟弱地盤改良工法の一つであるサンドコンパクションパイル工法において、良質な砂の確保が、品質面、経済面から難しくなっている状況に着目し、良質な砂の代替材料として石炭灰を用いた杭状改良体（以下、石炭灰コラム）を開発することを目指している。本報告は、その基礎的な検討として実施した、室内レベルでの石炭灰コラムの配合試験結果を取りまとめたものである。

2. 石炭灰コラム施工法の概要

最適含水比付近で含水比調整した石炭灰は、振動作用によって流体化する特徴を有しており、この現象を利用した振動締固めによる硬化体製造技術が海洋構造物等へ適用されている他、固化地盤の造成技術としての展開も期待されている¹⁾²⁾³⁾。本検討では、図-1 のように、ケーシングを振動させ、流体化現象を杭製造時にケーシング内で発生させることで、均質な石炭灰コラムを製造する。なお、ケーシングの鉛直振動により内部の石炭灰が流体化することは、図-2 のような振動台を用いたモデル実験によって確認している。

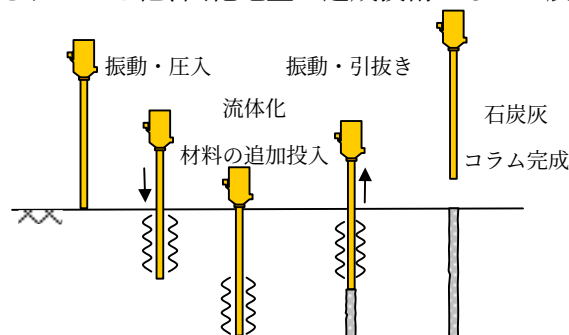


図-1 石炭灰コラムの施工方法

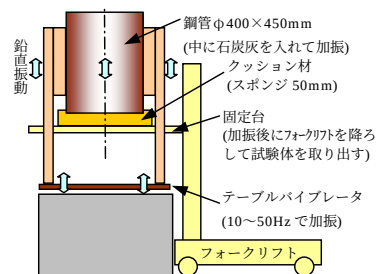


図-2 モデル実験の概要

表-1 振動締固めの実験条件

着目項目	検討ケース
含水比 w (%)	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
セメント量 (kg/m^3)	50, 100, 150, 200
周波数 (Hz)	30, 40, 50, 60, 70
流体化後加振継続時間(min)	0, 1, 2, 5, 10, 30

3. 室内振動締固め実験の条件

実規模レベルでの石炭灰コラム工法の開発には、ケーシングの加振方法や周辺地盤への振動影響、石炭灰コラムの均質な流体化に起因する適切な杭径や打設ピッチ、材料の投入方法などの課題が挙げられる。本検討では振動締固めによる配合試験に着目して基礎的な室内実験を行うこととした。

振動締固めによる配合試験は写真-1 のように、小型テーブルバイブレータを用いて行った。 $\phi 50\text{mm}$ 、 $H100\text{mm}$ のモールドに一定量の配合試料を投入した後、所定の周波数による加振を行った。本検討では、超流体化現象を利用した振動締固め特性を把握するため、表-1 のように、含水状態やセメント配合条件、周波数や加振時間に着目して実験を行った。配合や実験条件は代表ケースを選択して実施した。実験に使用した材料は、火力発電所より排出された石炭灰原粉、高炉セメント B 種、水道水である。

4. 室内振動締固め実験の結果

(1) 振動締固めによる最適含水比の推定

振動締固めにおいて、硬化体の圧縮強度が最大となるような配合設計を行うことが妥当であり、その際には、最適含水比の推定が必要となる。図-3 a)、b)のように、振動締固めによる最適含水比は、振動数によらず同じ 34.5%付近を示した。また、



写真-1 小型テーブルバイブレータ

Keywords: 石炭灰、リサイクル、軟弱地盤、地盤改良、振動

〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1, (株)間組 技術研究土木研究室 Tel:029-858-8813 Fax:029-858-8819

本配合の範囲内ではセメント量にもよらず、同じ最適含水比が得られると考えられるが、配合量の増加に伴い、ピーク値の幅が広がる傾向にある。

(2) 流体化までの時間

50Hz で加振した場合の、セメント量と流体化時間の関係を図-4 a)に示す。セメント配合量が多いほど、流体化時間は早くなる。また、図-4 b)より、40Hz 以上の周波数では流体化までの時間はほぼ同様である。したがって、最適含水比 34.5%では、概ね2～3分以内には全ての配合条件下で流体化が現れると考えられる。

(3) 一軸圧縮強度

28 日間強度と加振時間、セメント量、乾燥密度との関係を図-5 に示す。a)のように、含水比によって加振時間や強度発現に違いは見られるが、最適含水比 34.5%付近であれば、流体化後、5 分以上加振を継続しても強度増加は見られない。b), c) より、発現強度が最大乾燥密度（最適含水比）時に最大となる一様な関係も得られた。さらに、強度発現は周波数によらない。

5. まとめ

振動締固めによる石炭灰コラムの配合試験を行った結果、最適含水比になるように含水比調整を行い、7 分程度の加振を行えば、周波数(40Hz 以上)やセメント量によらず、所定の強度を得られることが分かった。また、最適含水比をフロー値から推定する方法も提案されているが²⁾、本検討の範囲内であれば、最適含水比がセメント量によらずほぼ一定値を示すことから、母材の石炭灰のみで推定することも可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 福留和人, 他: 最適含水比近傍で練混ぜたフライアッシュセメント混合物の振動締固め特性に関する研究, 土木学会論文集, No.627/V-44, pp55-66, 1998
- 2) 福留和人, 他: フライアッシュを多量に用いた硬化体の配合設計および品質管理手法に関する研究, 土木学会論文集, No.669/V-50, pp99-108, 2001
- 3) 斉藤栄一, 他: 石炭灰混練物の流体化現象を利用した固化地盤築造技術の開発, コンクリート工学, Vol.42, No.7, pp.32-37, 2004

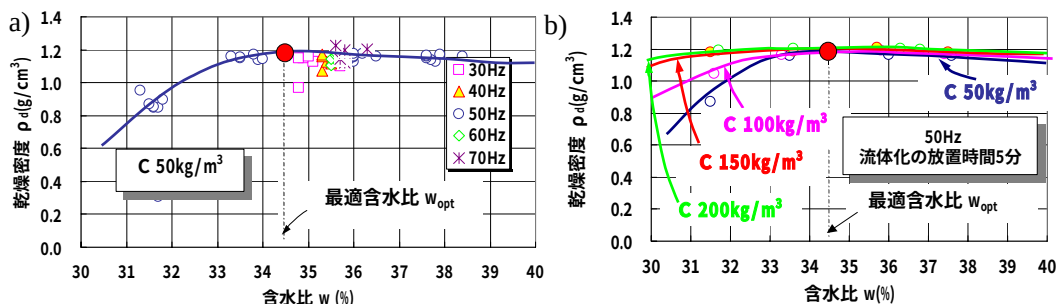


図-2 振動締固め条件と最適含水比 (a) 周波数 b)セメント配合量)

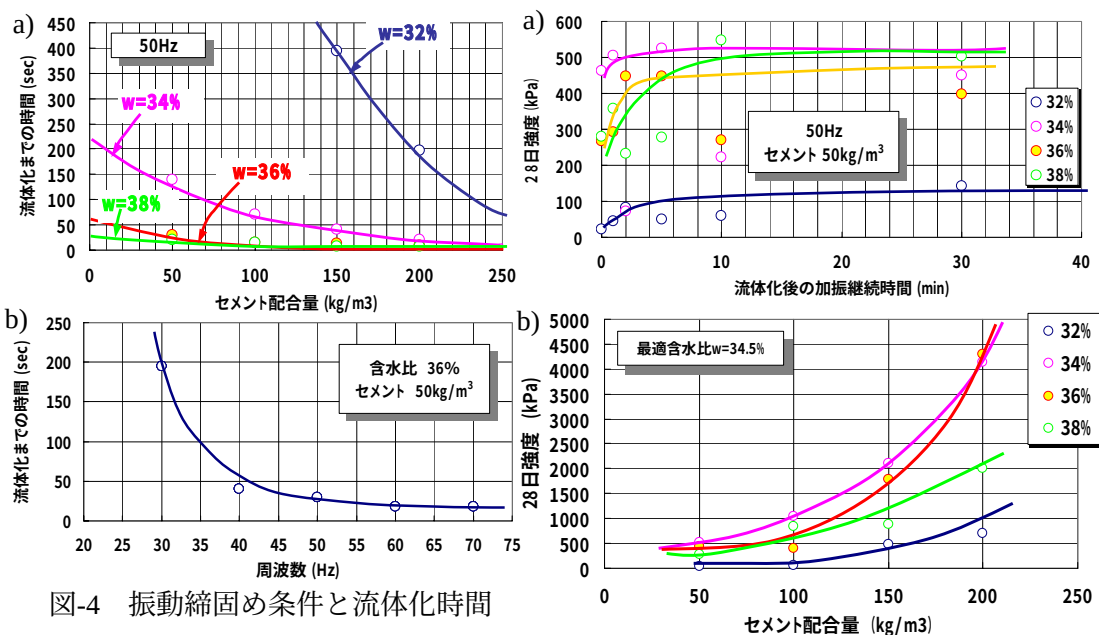


図-4 振動締固め条件と流体化時間 (a) セメント配合量 b)周波数)

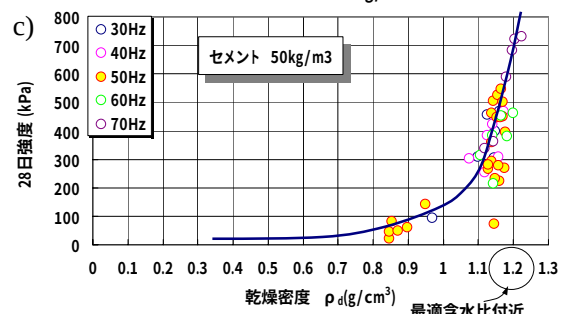


図-5 振動締固め条件と強度発現

(a) 加振時間 b)セメント量 c)周波数)