

ほぐし造粒技術の実規模レベルでの適用性

ジャイワット株式会社 正会員 山内裕元, 和栗成樹
横浜国立大学大学院都市イノベーション学府 学生会員 ○富吉俊介
横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 国際会員 早野公敏

1. はじめに ほぐし造粒とは、液状泥土がセメント系固化材の化学反応により、時間経過とともに液体から固体に性状が変化する原理を利用し、液状の泥土が塑性～半固体状の状態になるタイミングで、半固形物を攪拌することにより造粒土を得る技術である¹⁾。本研究では火山灰質粘性土を対象として室内試験と施工試験を行い、ほぐし造粒技術の実規模レベルでの適用性を検討した。

2. 室内におけるほぐし造粒の検討

a) 用いた試料 宮城県で採取した、礫まじり砂質火山灰質粘性土 I 型(VHS-G)に分類される火山灰質粘性土を対象に、2mm 以上の粒径を除外して用いた。試料の物性値を表-1 に示す。また、粒度分布を図-1、図-3 中に“原土 (室内)”として示した。

b) 造粒土の製造と製造管理 原土を含水比 60%に調整して高炉セメント B 種を 15%添加したケースと、含水比 50%, 90%に調整して普通ポルトランドセメントを 15%添加したケースについてそれぞれほぐし造粒を試みた。造粒に用いたミキサーを写真-1 に示す。その結果、セメント添加後から造粒を試みるまでの一次養生時間の程度により造粒の可否が分かれた。造粒物が得られた場合の粒度分布を図-1 に示した。また、図-2 には造粒直前に計測したコーン指数と一次養生時間の関係を示した。同図より、セメントを添加した原土のコーン指数が 800~2000kN/m²の範囲にあると造粒が適切に可能であることが分かる。なおコーン指数が 2000kN/m²以上になると、一部のケースに固塊破碎状の状態が認められた。

3. 原位置におけるほぐし造粒の検討

a) 造粒土の製造方法 原位置では圃場用トラクターに装備された耕耘機(写真-2)を用いてほぐし造粒を行った。耕耘機の幅は 2.5m であり、改良深度は 0.15mである。原土に対して高炉セメント B 種を 18%添加した後、含水比を約 60%に調整してよく混合した。その後、コーン指数が 917kN/m²になるまで一次養生を行い、ほぐし造粒を行った。ほぐしを行う際には早強セメントを 9%, PS 灰系改良剤を約 7%を添加して高耐久性化を図った。

b) 得られた造粒物の粒度分布 原位置におけるほぐしで得られた造粒土の粒度分布を図-3 に示す。同図には室内試験で同様な配合

表-1 用いた試料の物理特性

試料	火山灰質粘性土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.749
自然含水比 ω_n (%)	31.5~36.9
液性限界 ω_L (%)	57.0
塑性限界 ω_p (%)	37.9
塑性指数 I_p	19.1

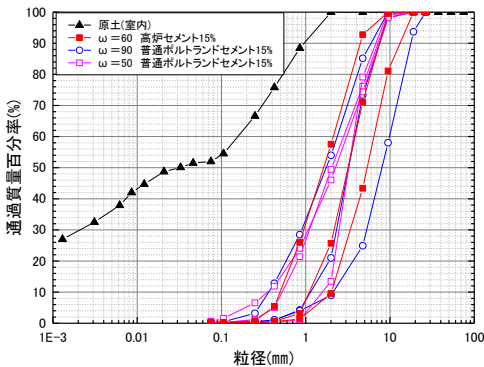


図-1 原土と造粒土の粒度分布 (室内)



写真-1 室内試験で用いたミキサー

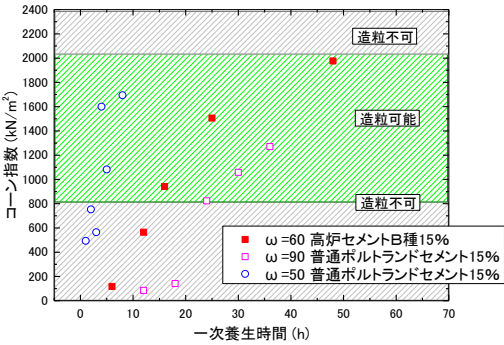


図-2 コーン指数による造粒管理

でほぐし造粒した場合の粒度分布も合わせて示した。造粒前の原土の粒度分布も室内・原位置の場合に分けて示してある。同図より、原位置で得られたほぐし造粒土は室内のほぐし造粒物、同程度の粒度であることが分かる。すなわち、適切なコーン指数を設定すると、圃場用トラクターなどで容易にほぐし造粒物が得られることが明らかになった。

c) 造粒土の耐久性 施工完了直後（供用前）と供用二日後に造粒物のサンプリングを行い、それぞれの粒度分布を調べた。その結果を図-4 に示す。供用により粒度が大きく変化していないことが分かる。

またサンプリングした造粒物の単粒子破碎強度を調べた。具体的には、ポケットペネトロメーターを用い、粒子を一粒ずつ直接押しつぶした。粒径が 4.75 mm 程度の粒子を各ケースについて 30 粒抽出して試験を実施した。なおほぐし造粒後に 28 日以上二次養生（気中）を行ったものを対象とした。

供用前にサンプリングした造粒土の単粒子破碎強度のヒストグラムを図-5 に示す。平均単粒子破碎強度は 1.41 kg/cm^2 であり、変動係数は 0.878 であった。一方、供用後にサンプリングした造粒土の単粒子破碎強度のヒストグラムを図-6 に示す。平均単粒子破碎強度は 1.85 kg/cm^2 であり、変動係数は 0.767 であった。供用前にサンプリングした造粒物に比べ供用後にサンプリングした造粒物の単粒子破碎強度が大きくまた変動係数が低下している。この要因は不明であるが、相対的に強度の小さい粒子が供用中に変形あるいは破壊していることが推察される。

d) 造粒土の環境性能 イオン電極法でフッ素の溶出量、JISK0102 で六価クロムの溶出量を測定した結果、室内および原位置で得られたほぐし造粒土はいずれも環境省の定める環境基準²⁾を満たした。

5. 結論 適切なコーン指数を設定すると、圃場用トラクターなどで容易に原位置でほぐし造粒物が得られることが明らかになった。また、室内試験により得られたコーン指数による管理値は実規模レベルでも適用が可能である。さらに得られた造粒土は環境基準を満たしており、十分な耐久性を有している。

謝辞 本研究の遂行に際して、山本隆氏（さくら開発㈱）にご協力頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献 1) 早野公敏, 山内裕

元, 佐々木孝太, 藤嶋恵輔, “ほぐしを利用した液状泥土の新しい造粒方法の基礎的検討”, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.70, No.4, 424-432, 2014. 2) 環境省, 土壌の汚染に係る環境基準について (平成 3 年 8 月環境庁告示第 46 号)



写真-2 原位置で用いた耕耘機

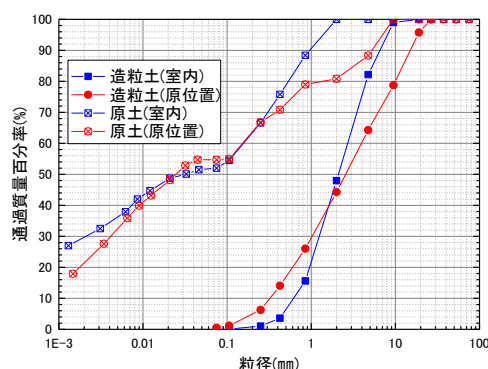


図-3 原土と造粒土の粒度分布
(室内および原位置)

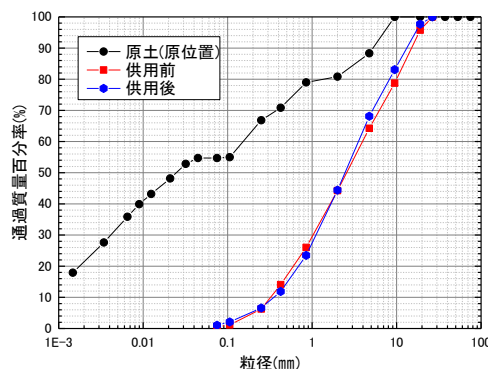


図-4 供用前後の粒度分布

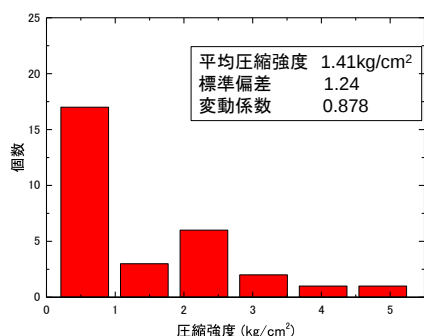


図-5 供用前の強度

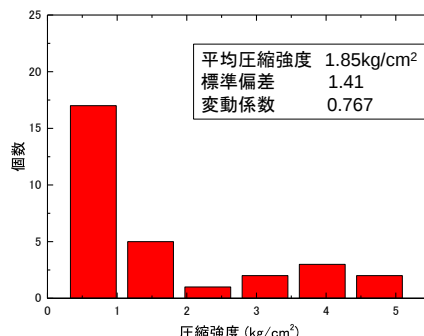


図-6 供用後の強度