

# Automation of Soil Test by an Industrial Robot

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-05-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24517/00052915">https://doi.org/10.24517/00052915</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 産業用ロボットを用いた供試体作成作業の自動化

金沢大学 ○藤井祥太, 浅川直紀, 高杉敬吾, 有限会社ソイルラボ 野尻博美, 松村沙弥佳

Automation of Soil Test by an Industrial Robot

Kanazawa University Shota FUJII, Naoki ASAKAWA, Keigo TAKASUGI  
Soil·Lab Ltd. Hiromi NOJIRI, Sayaka MATSUMURA

The cement stabilization is one of the important soil improvement methods. However, this method requires the indoor mixing test in advance. Since the mixing process of this test causes the adhesion of sample, it requires expert work of peeling of the sample. In this study, we develop a mixing system using the industrial robot for automation to make the specimen. In this report, we performed the mixing tests to realize a uniform mix state under various experimental condition, and discussed the validity of the system.

## 1. はじめに

軟弱地盤が広く分布する日本において、セメントによる安定処理工法は構造物の安定性を確保するために重要な工法の一つである。安定処理工法では、事前に所定の強度を満たす適切なセメント量を求めるために、図1に示すような配合試験を行うが、作業内容の多くは人の手で行われているのが現状である。中でも、土とセメントを混合する作業は体力的負担や作業環境の問題がある。通常、試験作業はJISやJGS(日本地盤学会規格)による基準に準じて行われている<sup>1)</sup>。しかし、実際の作業では図2に示すように混合中に試料がボウル内壁に付着して混合工具が空転してしまうため、その際に手作業での切り返しを必要とする。これは肉体的負担が大きく、かつ混合状態の明確な判断基準も存在しないため、作業者によって試験結果が異なってしまう。

本研究では6軸産業用ロボットを用いた混合システムを開発することを目的とし、様々な混合経路や工具形状で土とセメントを混合し、最適な混合経路と工具形状の検討を行うものである。

## 2. システム構成

今回使用したシステムの概要を図3に示す。6軸産業用ロボット(川崎重工(株)FS60L)を用いて混合用モータ(住友重機械 Altax α 009E065)の位置制御などをソフトウェア的に可能にしたものである。また工具回転に関しても、インバータ(National INVERTER DV-503)を用いることで回転数を最大138rpmまで無段階で可変でき、回転方向も変更できる。これらの工具経路などをPC(AT互換機:CPU Intel(R) Core(TM)2 Duo, OS: Windows 7 Enterprise)上のKodatuno<sup>2)</sup>を用いた自作のCAMにより生成し、ロボットに指令を送ることで様々な混合条件に対応する。ロボット先端には混合工具(図4(a))を取り付けたモータユニットや剥離工具(図4(b))を取り付けた治具を装着する。混合工具は角のない滑らかな幅40mmの平板である。剥離工具は、長さ200mm、厚さ約0.5mmのステンレス製金属ヘラを使用する。混合に使用するボウル(試料を格納する容器)は直径200mm、高さ170mmの半球状の底面を有するものを使用する。



Fig.1 Overview of soil test

## 3. 実験

本研究では、より良好な混合状態実現のためには、壁面に付着した試料を剥離させること(以下剥離能力)、セメント粉末を粘土に練り込む能力(以下練り込み能力)が必要であると考えた。そこで、試料の剥離作用に関しては、剥離工具を用いた混合、練り込み作用に関しては、工具自転方向の違いによる混合状態への影響を検討する。

考案した工具と経路の剥離作用、練り込み作用を確認するために4種類の実験を行った。表1にその実験条件を示す。試料には、粘性土2514.2gと高炉セメントB種327.2gを用いる。混合に用いた経路を図5に示す。混合経路は、図5(a)に示すPath Aを用い、剥離動作は図5(b)に示すPath Bを用いる。工具回転数は117rpmである。混合工具による混合時間を10分とし、剥離工具による剥離動作は混合開始後1, 4, 7, 10分に行うこととする。また、表1におけるアップカットとは、混合工具の自転方向と公転方向が一致している場合、ダウンカットとは、それらの方向が異なる場合と定義する。剥離作用の評価として、混合後の釜を倒立させて自由落下した試料の質量(以下剥離質量)を測定し、この値が大きければ剥離能力が高いと判断する。

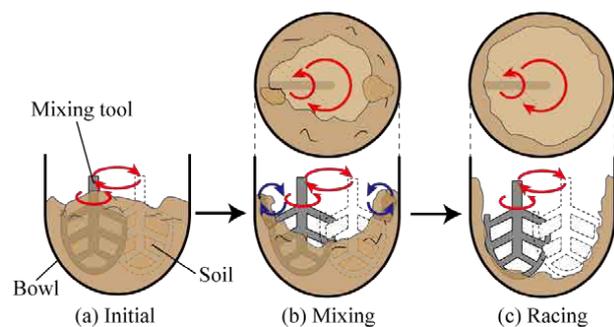


Fig.2 Transition of specimen condition

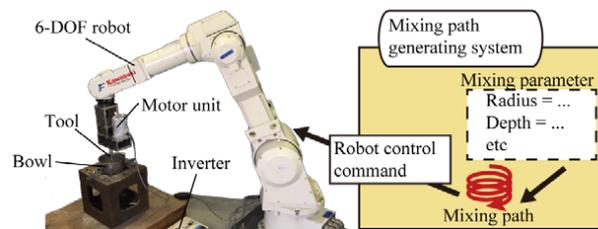


Fig.3 Overview of mixing system

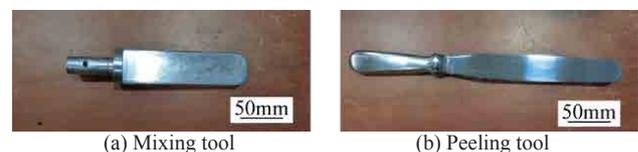


Fig.4 Tools

4. 実験結果

図6に各実験での剥離質量を示す。実験番号1と2の場合を比較すると、1の場合が2729.0g、2の場合が2752.8gであり、大きな差は見られなかった。実験番号3と4の場合を比較すると、3の場合が8.9g、4の場合が2131.8gであり、剥離工具による剥離動作を挿入したことで、剥離質量は飛躍的に増加した。また、各実験での混合後のボウル内の外観を図7(a)～(d)に示す。図7において、(a)、(b)では試料は粒状となっている。一方、(c)ではセメントが粘土内に練り込まれているものの、ほぼ全ての試料がボウル壁面に付着している状態であり、(d)ではセメントが練り込まれた上で剥離動作によってボウル壁面から試料が剥離しているのが見られる。

5. 考察

5.1 アップカットとダウンカット アップカットによる混合とダウンカットによる混合を比較すると、アップカットによる混合では、試料がボウル壁面に付着し難く剥離質量は大きい反面、セメントの練り込み能力は低く、混合後の試料は粒状となっていた。一方、ダウンカットによる混合では、混合開始後、1分ほどで試料のほとんどがボウル壁面に付着してしましたが、セメント粉末は試料内にマーブル状に分布しているのが見られ、練り込み能力は高いと思われる。これは、工具自転方向の違いによる工具から試料への力の作用と、試料の粘度によるものと考えられる。アップカットの場合では、図8(a)に示すようにボウル壁面付近の試料はボウルの内側方向への力を受ける。この力によってその部分の試料は壁面から剥離しようとするが、試料の粘度が大きいため、周囲の試料もそれに追従して壁面から剥離する。一方、ダウンカットの場合は、図8(b)に示すようにボウル壁面付近の試料はボウル壁面に押し付けられるような力を受け、工具とボウル壁面に挟まれる形となってセメントは試料内に練り込まれる。これらの理由から、アップカットでの混合は練り込み能力は小さいものの、粘度の小さい試料に対しては有効であると考えられ、ダウンカットでの混合は練り込み能力に優れ、粘度の大きい試料に有効であると考えられる。

5.2 へらの剥離能力 図6において、アップカットによる混合で剥離動作なしの場合(実験番号1)と剥離動作ありの場合(実験番号2)を比較すると、剥離質量に大きな差はない。これは、アップカットでの混合によって試料のボウル壁面への付着が抑制されているためであると考えられる。また、ダウンカットでの混合で

剥離動作なしの場合(実験番号3)と剥離動作ありの場合(実験番号4)を比較すると、剥離動作によって剥離質量が飛躍的に増加している。このことから、ダウンカットでの混合には、剥離工具による剥離動作は非常に有効であると考えられる。

6. おわりに

- (1) 本実験で用いた混合工具は、粘度の小さい試料に対してはアップカット、粘度の大きい試料に対してはダウンカットが有効である。
- (2) 本実験で用いた工具のダウンカットによる混合は練り込み混合が可能である。
- (3) 剥離工具を用いた剥離動作は、ダウンカットでの混合に非常に有効である。

参考文献

- 1) 地盤工学会, 地盤工学会基準案, JGS 0821-2000, 「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」
- 2) K.Takasugi et al, Development of Platform-Independent Open CAM Kernel, Proc. Of the 6<sup>th</sup> Int. Conf. on Leading Edge Manufacturing in 21<sup>st</sup> Century, Vol 1, (2011)

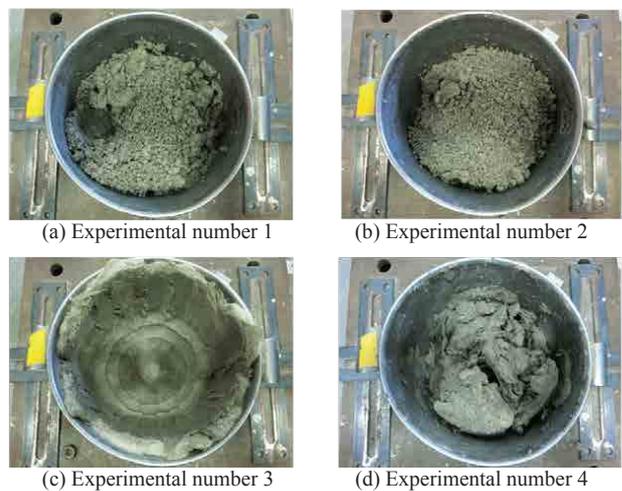
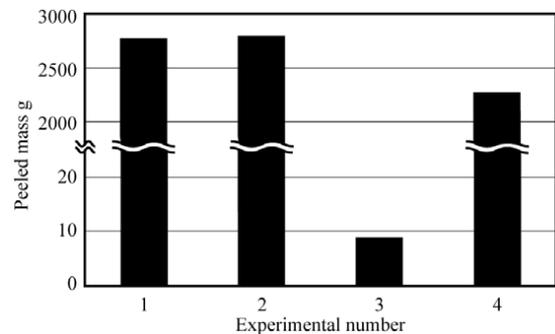


Table 1 Experimental condition

Experimental number	1	2	3	4
Mixing direction	Up cut	Up cut	Down cut	Down cut
Path	Path A	Path A & B	Path A	Path A & B
Tool	Mixing tool	Mixing tool & Peeling tool	Mixing tool	Mixing tool & Peeling tool

