

自走式土質改良機における加水装置による 再利用物の品質向上

片岡 広志・濱山 祐司・竹内 裕樹

自走式土質改良機は、現地発生土に対してセメントなどの粉体を添加・混合し、現地発生土を再利用するものである。本報文では、施工品質のさらなる向上を目指して自走式土質改良機を一部仕様変更し、加水装置と組み合わせることにより混合物の含水比管理を可能とした、新たな混合システムについて紹介する。また、この混合システムをCSG工法に適用した事例について紹介する。

キーワード：自走式土質改良機、加水装置、含水比、CSG、施工管理

1. はじめに

自走式土質改良機は、対象土砂にセメントあるいは生石灰などの固化材を一定量添加し、かつ混合することによって所定の強度を有する土砂に改質する機能を、油圧走行装置の上に実現した作業機械である。自走式土質改良機による混合は、従来のショベル混合やスタビライザ混合に比べて、混合の均一性が高いことや固化材の飛散が少ないことが認められつつあり、建設発生土の改良分野において、自走式土質改良機が採用される頻度が増加してきている。また、従来の固定式プラントを設置して混合する場合と比較して、設置・撤去が容易に行えるという特徴もあわせて持っている。

さらに近年では、セメント安定処理路盤材の製造、最終処分場における遮水材（ベントナイト混合土）の製造、CSGの製造など、建設発生土の改良分野以外の工法にも適用されつつある。これらの工法においては、土砂あるいは所定粒度以下の骨材などの原料土にセメントやベントナイトなどを添加、混合するだけでなく、混合材料の水分調整を目的として加水も行う点だが、従来の自走式土質改良機による建設発生土の改良とは大きく異なる点である。

ところが、従来の自走式土質改良機は、セメントなどに代表される粉体を添加する機能は装備しているものの、水などの液体を添加する機能は装備していなかった。そのため、こうした工法に自走式土質改良機を適用する場合には、混合材料の水分調整用に加水手段を別途備える必要があった。さらに、こうした加水手段による加水は、常に一定量の水を加えるものであ

て、作業量の変動に応じて加水量を調整するものではなかった。そのため加水量を設定するためには、

- ①自走式土質改良機の原料土供給速度がどの程度になるか、実際に原料土を投入して確認しておく。
- ②確認できた原料土供給速度に対して必要な加水量を求め、流量計を目視するなどして加水量を調整する。などの煩雑な手順を踏む必要があった。

また、一般に自走式土質改良機への原料土供給は、油圧ショベルなどにより作業者が行うものであるが、自走式土質改良機の作業量を減少させてしまっても加水量は減少しないため、所定の加水量の割合を保つためには、作業中は原料土供給速度に変動が生じないように細心の注意を払って作業を行う必要もあった。

こうした課題への対応として、自走式土質改良機本体で加水量を設定でき、作業量の変動に追従して加水量を制御することが可能な、加水装置と自走式土質改良機による新たな混合システムを開発した。

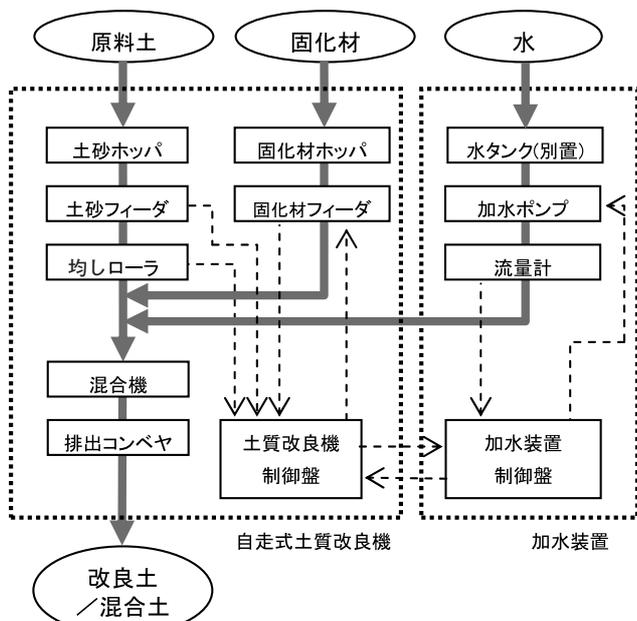
本報文では、今回開発した加水装置と自走式土質改良機による混合システムの概要と、このシステムをCSG工法に適用した事例について報告する。

2. 混合システム概要

(1) システム構成

図-1に混合システムフローを示す。混合システムは、原料土にセメントなどの固化材を添加・混合する自走式土質改良機と、水を添加する加水装置とから構成される。従来の自走式土質改良機に対して加水機能の追加を容易にするため、加水装置を自走式土質改良機とは別ユニットとして構成し、自走式土質改良機

本体の仕様変更は必要最小限にとどめている。



図一 混合システムフロー

(2) 自走式土質改良機の構成

自走式土質改良機の構造を図一 2 に示す。

自走式土質改良機は、原料土を投入する土砂ホッパ、混合機に原料土を供給する土砂フィーダ、固化材を貯留する固化材ホッパ、原料土に固化材を添加する固化材フィーダ、原料土と固化材を混合する混合機、混合土砂を排出する排出ベルトコンベヤにより構成されている。

図一 2 に示した自走式土質改良機の混合機には、混合性能に優れた 2 軸パドルミキサを採用している。自走式土質改良機による混合処理の流れは以下のとおりである。

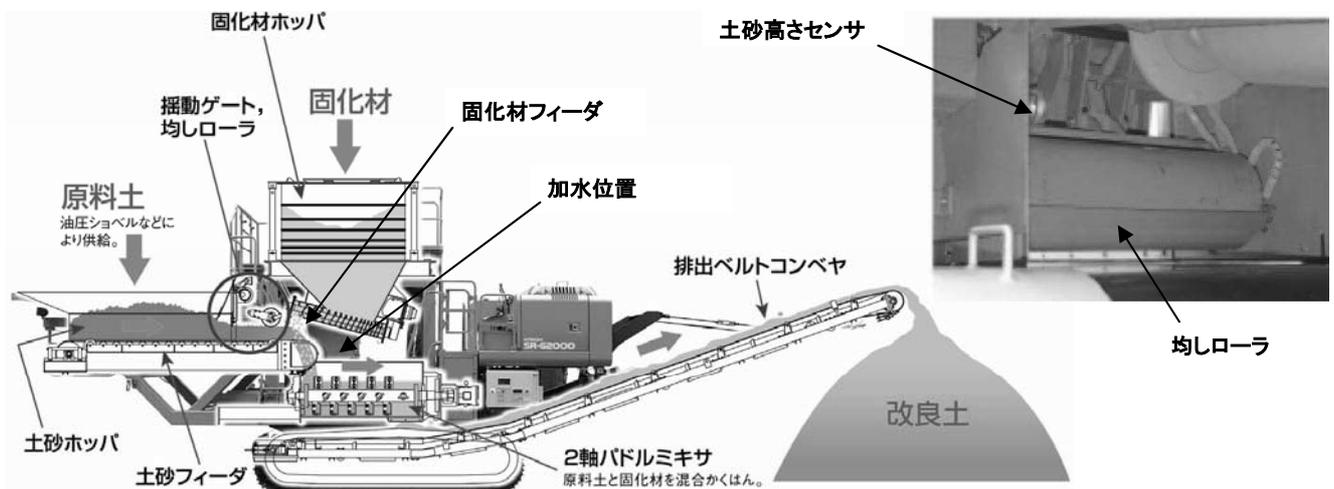
- ①土砂ホッパに投入された原料土は、土砂フィーダにより混合機へ搬送される。
- ②土砂フィーダには速度センサが備えられ、搬送速度を連続的に検出している。
- ③土砂フィーダの搬送途中には均しローラが備えられ、土砂フィーダ上の原料土表面を均すと同時に、土砂高さセンサにより原料土の搬送高さを検出する。
- ④土砂フィーダ速度と原料土の搬送高さを計量することにより、混合機へと搬送される原料土の体積を連続的に計量している。
- ⑤計量した原料土に対して、固化材ホッパに貯留した固化材を固化材フィーダにより添加する。
- ⑥固化材フィーダには速度センサが備えられ、固化材フィーダの回転速度が常に指令回転速度と一致するように補正しながら運転し、固化材の添加割合が常に一定に保てるようになっている。
- ⑦固化材が添加された原料土は、2 軸パドルミキサにより原料土と添加材が混合され、混合された土砂は排出ベルトコンベヤにより機外に排出される。

以上は、従来の自走式土質改良機の構成および混合処理の流れであるが、本開発の混合システムにおいては、さらに次のような構成を持つ。

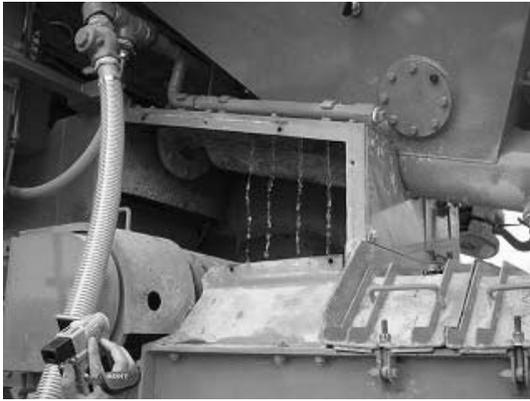
- ⑧自走式土質改良機制御盤に、単位水量の設定手段、および加水装置との通信手段を新たに追加し、加水装置に加水量指令信号を出力する。
 - ⑨混合機入口部に加水用の配管を設置し、供給土砂量の変動に応じた所定量の水が加水装置から添加される。
- 写真一 1 に加水用の配管および加水の状況を示す。

(3) 加水装置の概要

写真一 2 に、加水装置全体図を示す。



図一 2 自走式土質改良機の構造図



写真一 加水用の配管および加水の状況



写真二 加水装置

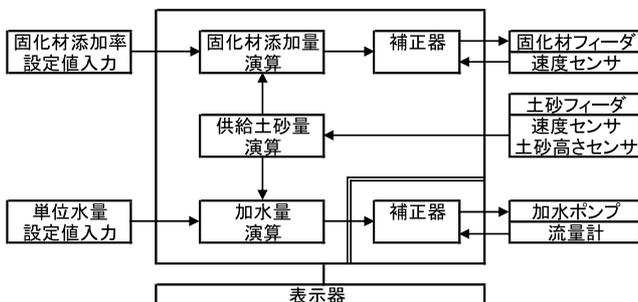
加水装置は、加水ポンプ、加水装置制御盤、流量計から構成されている。

加水装置は、自走式土質改良機と連携運転を行い、自走式土質改良機からの加水指令信号を受けて、加水ポンプを駆動する。流量計により、実際の流量を検出し、指令流量と一致するように常に補正を行いながら運転している。

(4) 制御システムフロー

混合システムの制御システムは以下のとおりである。図一3に、制御システムフロー図を示す。

①自走式土質改良機の操作盤で、固化材添加量設定値



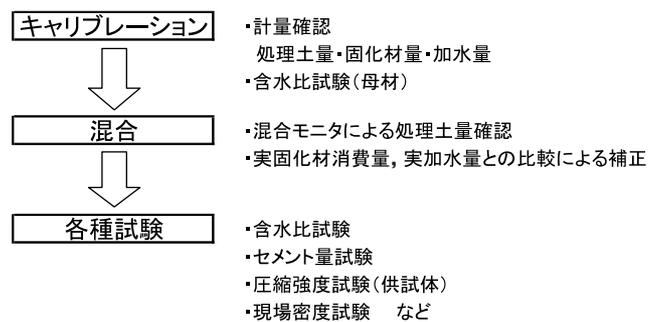
図一3 制御システムフロー

(kg/m³)、単位水量設定値 (L/m³) を入力する。

- ②自走式土質改良機の土砂フィーダ速度センサ，土砂高さセンサにより供給土砂量を演算する。
- ③自走式土質改良機は土砂量に比例した固化材添加量指令信号を固化材フィーダに出力する。
固化材フィーダには速度検出器が備えられ，固化材フィーダ速度をフィードバックすることで，指令固化材添加量と一致させている。
- ④自走式土質改良機は土砂量に比例した加水量指令信号を加水装置制御盤に出力する。
- ⑤加水装置操作盤は，加水量指令信号によりポンプ吐出量を調整する。
加水装置には流量計が備えられ，実加水量をフィードバックすることで，指令加水量と一致させている。
- ⑥上記の結果，供給土砂量が変動した場合でも，固化材添加量と加水量は自動的に修正されるため，土砂量と加水量の原料土に対する混合比率は常に一定に保たれる。
- ⑦処理土量，固化材量，加水量それぞれの瞬間値および積算値は，自走式土質改良機制御盤に備えられた表示器で確認できる。

(5) 施工フロー (品質管理フロー)

図一4に、混合システムを使用した場合の施工フローの一例を示す。キャリブレーションは、正確な固化材添加，単位水量確保のために必要な作業で，作業開始前に実際に土量を計量，固化材・水を所定量排出し，表示と実量を合わせる作業である。



図一4 施工フロー (品質管理フロー)

混合作業中は，処理土量，固化材量，加水量は自走式土質改良機本体の表示器で確認できるが，消費したフレコンバッグの数，水タンク内の残水量などによる実消費量との比較・機械の微調整を随時行うことにより，より高い品質での混合作業の確保が可能となる。
混合後は，必要な各種試験を実施し，混合品質を確認する。

3. 施工事例

(1) 施工概要

本章では、加水装置を備えた自走式土質改良機を、嘉瀬川ダム仮締切堤 CSG 施工に適用した事例を紹介する。本事例は、打設量 18,000 m³ の CSG を製造したもので、その示方配合は表一 1 のとおりである。

表一 1 示方配合

母材	最大粒径 (mm)	目標単位 水量 (kg/m ³)	単位セメ ント量 (kg/m ³)	締め固め 密度 (t/m ³)	弾性領域 強度 (N/mm ²)
段丘堆積物	80	150 ± 20 以下	100	2.00	0.37

※ σ 28

施工フローは以下のとおりである。

- ① 現地発生骨材をスケルトンバケットにより 80 mm 以下に選別し、混合ヤードへ運搬する。
- ② 自走式土質改良機で現地発生骨材にセメント、水を添加、混合する。
- ③ 混合物 (CSG) を施工ヤードに運搬し、敷均し、法面整形、転圧を行う。
- ④ 品質管理項目として、単位セメント量試験、弾性領域強度試験、現場密度試験を実施する。

(2) 施工状況

施工状況を写真一 3 から写真一 8 に示す。



写真一 5 製造された CSG の運搬・荷降ろし



写真一 6 10t 振動ローラによる CSG 転圧



写真一 3 スケルトンバックホウによる母材採取



写真一 7 コンパクタによる法肩・法面転圧



写真一 4 自走式土質改良機による CSG 製造

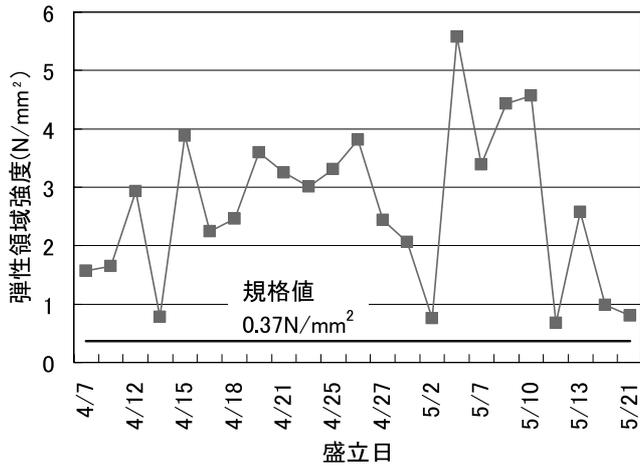


写真一 8 CSG 仮締切堤完成写真

(3) 施工結果

(a) 弾性領域強度試験結果

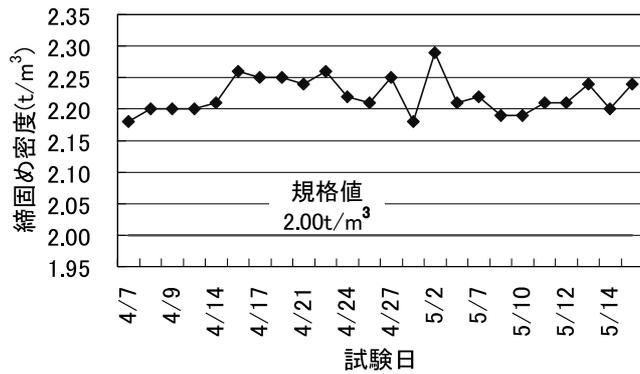
弾性領域強度試験の結果を図—5に示す。いずれも、規格値 0.37 N/mm^2 を十分に満足できる結果が得られている。発現強度にばらつきが生じているのは、骨材に含まれる細粒分と粗粒分の混入比率に幅があったためであると思われる。



図—5 弾性領域強度試験結果

(b) 現場密度試験結果

現場密度試験結果を図—6に示す。いずれも、規格値 2.00 t/m^3 を十分に満足できる結果が得られている。



図—6 現場密度試験結果

(c) 作業能力

前工程、後工程も含めた全体の作業量としては、1時間あたり 50 m^3 程度の作業能力を確保できた。

4. おわりに

今回開発した、加水装置と自走式土質改良機の組み合わせによる混合システムは、混合物の含水比調整や自走式土質改良機による水量管理など、高度な混合作業を可能にした。汎用機である自走式土質改良機を組み合わせ使用することが可能なため、作業量に合わせて稼働台数を増減させることも比較的容易となる。

また、土砂に対してセメントに代表される粉体だけでなく、水などの液体を精度よく混合・攪拌できる今回開発の混合システムは、土質改良の分野をさらに拡大し得るものであると期待するとともに、施工品質のより一層の向上に向けて検討を深め、信頼性の向上に努めたいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】



片岡 広志 (かたおか ひろし)
 玉石重機株式会社
 事業本部工務部長



濱山 祐司 (はまやま ゆうじ)
 玉石重機株式会社
 工務部技術室長



竹内 裕樹 (たけうち ひろき)
 日立建機株式会社
 環境システム事業部
 開発設計センター主任技師