

# 自走式土質改良機を使用した砂防CSG工法の施工と品質管理

中村良光・加賀美 康・萩原 節・白井教男

砂防工事の施工現場において、現場発生土砂とセメント等を混合または攪拌した材料で砂防設備等を構築している工法を一般に砂防ソイルセメントと呼び、年々採用数が増加している。本報文の砂防CSG工法は混合した材料を振動ローラの締固めにより構築する工法（INSEM（In-Situ Stabilized Excavated Materials）工法）である。施工土量が多い場合は施工現場にプラントを設置し材料を製造するが、本報文では施工土量が比較的少量の場合や、施工場所が狭隘な場合などの施工上問題のある場合に、一般に普及している自走式土質改良機を一部改良して適用した砂防CSG工法の事例を報告する。

キーワード：砂防工事，土質改良，自走式土質改良機，砂防CSG工法，ソイルセメント，リサイクル

## 1. はじめに

### （1）富士川砂防事務所管内で行われている砂防事業

富士川水系は南アルプスの北岳（3,192 m）をはじめとする高峰に源を発し、急勾配で一気に流下するため、河川の浸食、運搬作用が著しく大きいのが特徴である。昭和34年8月の台風では52名の人命を失う大きな被害をもたらした。このため富士川砂防事務所では昭和35年より直轄砂防事業に着手し、釜無川上流域、釜無川右支川（流川、神宮川、尾白川、大武川、小武川）及び早川流域において事業を実施している。富士川流域の地質は脆弱なため流出土砂が多く（写真-1）、これに伴う土砂災害を防ぐため、砂防堰堤工、床固工、山腹工などの事業を実施している。



写真-1 流出土砂堆積状況

### （2）砂防CSG工法を採用した背景

富士川流域では流出した土砂の大半が細粒分の比較的少ない良質の土砂である。一方、砂防堰堤では市街地で製造された遠距離運搬の必要なコンクリートが使用されていた。砂防CSG（cemented sand and gravel）工法はリサイクルの促進という観点から構築物に

必要な強度を確保しつつ、現場で発生した土砂を利用することによって施工コストの縮減、副産物リサイクル促進に寄与することを目的としている。

## 2. 砂防CSG工法の概要

### （1）概要

砂防CSG工法とは、大礫径（ $\phi > 80$  mm）を除去した現地発生土砂にセメントと水を添加し、ダンプトラック等で運搬し、ブルドーザ等で敷均し、振動ローラなどで締固めて構築物を構築する工法である。

### （2）自走式土質改良機を利用した砂防CSG工法

施工量が規模な場合は施工現場または現場近く砂防CSG材の製造プラントで製造するが、施工量が比較的少ないため現場のプラントに代わる混合機械の開発が課題であった。本報文ではその解決策として自走式土質改良機を一部改良して適用したので、報告する。

## 3. 砂防CSG工法の特長

### （1）工法の特長

一般にコンクリートを利用し構築物を構築する工法と比較すると、砂防CSG工法には次のような優れた利点が挙げられる。

#### ① 建設副産物の削減

現場で発生した土砂を構築物構築に有効利用することにより、廃棄場所確保の必要がなくなり、周辺環境への影響が低減できる。

#### ② 周辺環境負荷の低減

市街地からのコンクリートや骨材の運搬に伴うCO<sub>2</sub>の排出がなくなること、搬入道路への負担が軽減されることにより、総合的に周辺環境に与える負荷が低減できる。

③ 安全性の向上

コンクリートで構造物を構築する場合は足場が必要になるが、砂防 CSG 工法では土砂型枠を採用しているため、墜落等の危険性がなくなることによって安全に施工が可能である。

④ 工期の短縮

型枠作業の削減など作業工種の削減が図れるとともに、機械化施工によって急速施工が実現し工期短縮が図れる。

⑤ 施工コストの低減

施工の省力化、一般土工機械の採用により建設コストの削減が図れる。

(2) 適用箇所の範囲

砂防 CSG 工法は耐凍結融解性や耐摩耗性が通常のコンクリートより低い又は小さいことから、常時流水や土石流の直撃をうける部位への適用は原則として行わないものとしている。したがって、適用部位は水叩内部、堤体下部を基本としている。

4. 施工実績

(1) 示方配合決定フロー

砂防 CSG 工法では図-1 に示すフローにより示方配合の検討を行った。

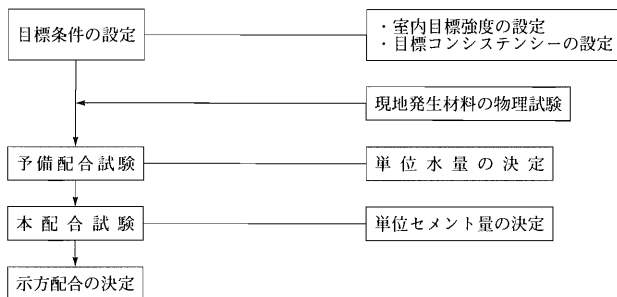


図-1 示方配合の決定手順

(2) 混合装置の概要

(a) 装置の概要

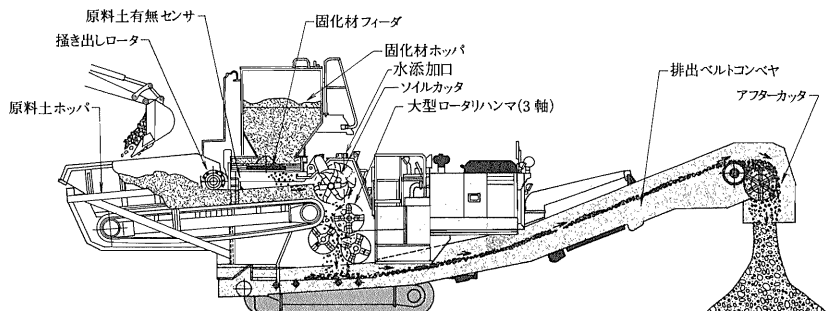


図-2 自走式土質改良機断面図

今回採用した自走式土質改良機（リテラ BZ 210-1、自重 20.5 t）の構造を図-2 に示す。

(b) 混合の仕組み

混合の仕組みは次のとおりである。

① 油圧ショベルの足回りを利用したフレームの上に原料土供給装置、固化材供給装置、混合機、排出ベルトコンベヤなどを搭載し、現場で自由に施工できる構造である。また砂防 CSG 工法では、水を使用するため、加水装置も用意した。

② 作業能力

1 時間当たり最大で 100 m<sup>3</sup>/h の能力を持つ。対象土は粘性土から礫混じり土まで多様に対処できる。

③ 改良の仕組み

- 原料土ホッパーに投入された土砂はベルトコンベヤフィーダで搬送され、ホッパー出口のかき出しロータによって一定量に均されて送られる。
- 定量供給された土の上に固化材ホッパーから設定量のセメントを添加する。
- 混合機に送られた土と固化材はソイルカッタで 1 次混合され、さらに 3 軸ロータリハンマで 2 次衝撃混合される。平成 13 年度工事よりハンマを大型化、さらに混合性を良くしている。
- 混合室内には設定量の水が添加される。
- 排出ベルトコンベヤに載った土砂は、ベルトコンベヤ先端のアフタカッタ先端でさらに 3 次混合される。
- セメントと混合された土砂は材料の分離を防ぐためベルトコンベヤ出口に設置されたゴムマットを経由して、ダンプトラックに積込まれる。

(3) 施工フロー

施工の標準的な流れを図-3、写真-2～写真-7 に示す。

(4) 施工の概要

(a) 施工機械配置図

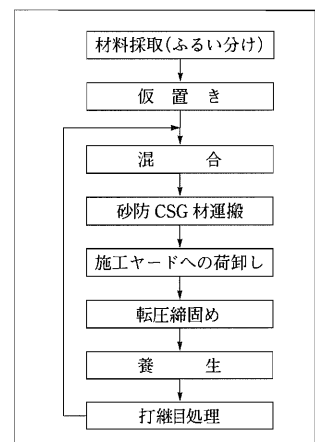


図-3 施工フロー



写真-2 材料採取

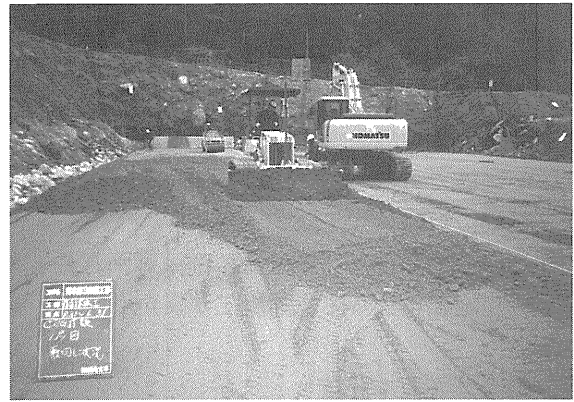


写真-6 敷均し



写真-3 材料篩分け

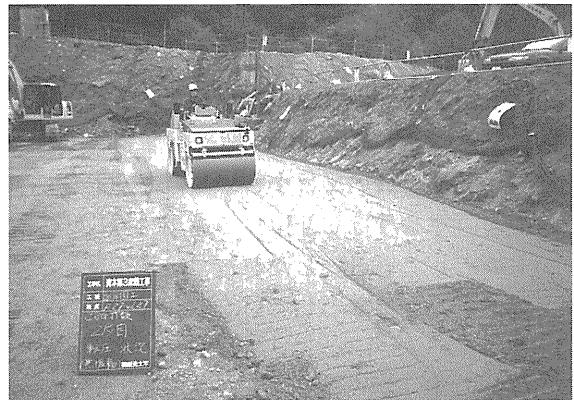


写真-7 転圧締め



写真-4 混合

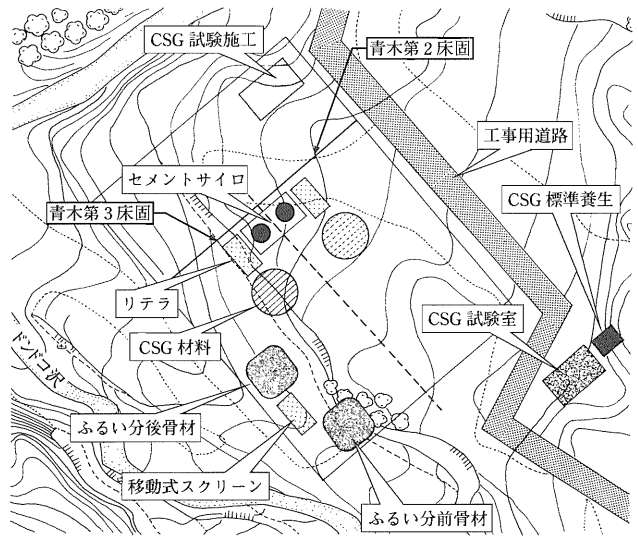


図-4 施工機械配置平面図



写真-5 施工ヤードへの荷卸し

施工機械の配置を図-4に示す。今回は施工土量が比較的多かったため、セメントの供給はサイロを設置

して行った。

(b) 構造物断面図

砂防CSG材による「青木第二床固」の構造物断面を図-5に、完成現場を写真-8に示す。

(5) 従来工法との比較

従来から砂防CSG材料を製造するための適切な混合機械がなく、平成9年度にはレディミックストコンクリートを運搬するアジテータ車を利用して砂防

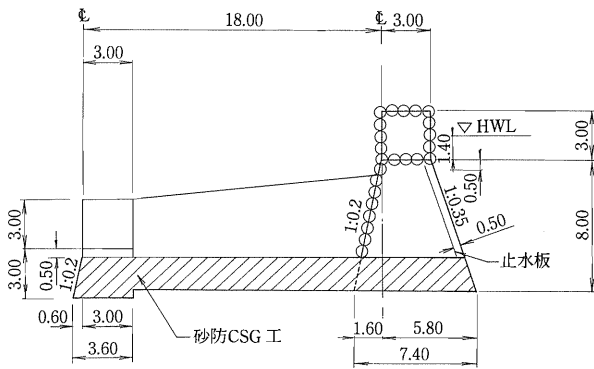


図-5 断面図



写真-8 完成現場

CSG 材料の製造を行っていた。しかし、礫、砂やセメントの定量供給装置が装備されていないことから人力で計量し材料を投入する必要があるため、作業量は少なく、また、混合装置内部の摩耗が大きく課題を抱えていた。アジテータ車による混合状況を写真-9 に示す。



写真-9 アジテータ車による砂防 CSG 材製造状況

## (6) 施工結果

### ① 練混ぜ状況

前述のとおり、自走式土質改良機はもともと混合の困難な粘性土を対象としているため、現場より採取した土砂の混合については特に問題なく行われた。目

視において混合むらの存在は確認されなかった。但し、ダンプトラック搭載時に材料の分離が見られたので、防止策として排出ベルトコンベヤの排出口にゴムマットを置き分離を防止した。

### ② 施工能力

混合装置の定格能力は  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  であるが、運搬、締固め能力の制限があったため実質  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  が平均混合量であった。後工程の施工能力の制限もあり工程全体では、 $200 \text{ m}^3/\text{日}$  の施工量であった。

### ③ 混合装置の損耗

平成 13 年度に使用していた土質改良機は混合性には問題なかったが、水を添加したためロータリハンマのベアリング部が早期に摩耗損傷した。このため製造会社は砂防 CSG 工法への対応として構造変更を行った。現在はその新構造のものを利用しているため同様の不具合は発生していない。また土砂には礫を多く含むためハンマは平均して 400 時間で交換している。

### ④ 省力化効果

アジテータ車による混合と比較し、混合のみに係る直接工で 8 人から 1 人（積込み機械のオペレータは含まない）に削減できた。

### ⑤ 強度発現

前述のとおり砂防 CSG 工法は現地発生土砂を利用して材料を製造するため強度発現のばらつきが大きい。これは材料の粒度分布、含水比、細粒分含有率が採取場所・部位によって異なるからである。平成 13 年に行った「青木第 3 床固工事」における現場目標強度は  $12 \text{ N/mm}^2$  で強度発現を図-6 に示す。

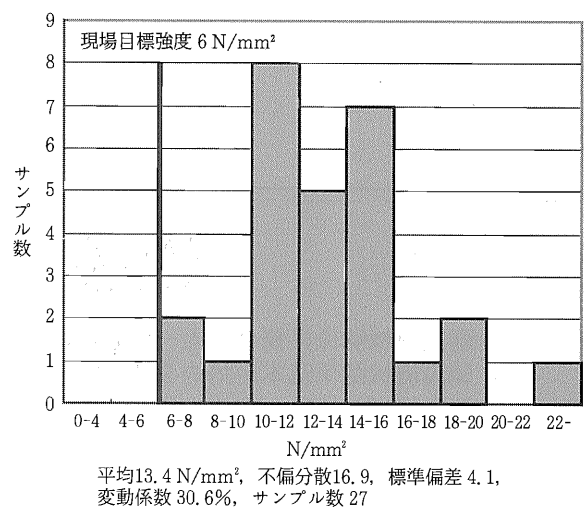


図-6 砂防 CSG 工法による強度発現

## (7) 施工実績

(a) 平成 9 年度の試験施工も含めて富士川砂防事務所内での砂防 CSG 工法の全体施工数量約  $27,700$

m<sup>3</sup>のうち、自走式土質改良機で約20,500m<sup>3</sup>施工している。施工箇所と施工数量一覧を表-1に示す。

表-1 砂防CSG工法施工実績一覧表

施工年度(平成)	工事名	施設名	適用部位	施工量(m <sup>3</sup> )	目標強度(N/mm <sup>2</sup> )	単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	単位水量(kg/m <sup>3</sup> )
13	丸沢護岸工事	丸沢護岸(下流)	護岸	7,500	6	140	160
13	丸沢護岸(その2)工事	丸沢護岸(上流)	護岸	5,000	6	140	160
14	青木第3床固工事	青木第3床固	本床底部, 副床(左岸堤冠部除く), 右岸側壁, 右岸側水叩	3,800	6	130	150
14	青木第2床固工事	青木第2床固	本床底部, 副床(堤冠部除く), 右岸側壁, 右岸側水叩	3,200	6	130	150
14	尾白川下流第二砂防堰堤工事	尾白川下流第二砂防堰堤	水叩内部(1m)	1,000	3	120	200
合計				20,500			

## 5. おわりに

自走式土質改良機により混合した砂防CSG材の品質は十分確保できたが、セメントの添加量が多い場合は十分な混合が行えなかったため、今後の検討課題である。

砂防CSG工法は現在までの施工結果から所定の配合及び施工を実施すれば、砂防設備に十分な品質を確保出来ることがわかってきたが、開発されて間もない

工法であり、今後も施工実績を重ねデータの収集・解析を行い砂防CSG工法の適用性の評価を実施するとともに、モニタリングも実施し長期的な品質の評価を行っていききたい。

J C M A

### 【筆者紹介】



中村 良光 (なかむら よしみつ)  
国土交通省関東地方整備局  
富士川砂防事務所  
事務所長



加賀美 康 (かがみ やすし)  
国土交通省関東地方整備局  
富士川砂防事務所  
釜無川出張所長(前白州出張所長)



萩原 節 (はぎわら たかし)  
国土交通省関東地方整備局  
富士川砂防事務所  
建設監督官



白井 教男 (しらい のりお)  
株式会社小松製作所  
建機マーケティング本部  
環境・システム事業室  
商品企画部

## 建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約2000語(和・英)を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価2,100円(消費税込):送料600円  
会員1,890円(消費税込):送料600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289