

トンネル坑口部改良工を CSG 工法で施工

清水建設(株)	正会員	梅澤	一
清水建設(株)	正会員	宝示戸	恒夫
清水建設(株)	正会員	加瀬	俊久
○清水建設(株)	正会員	山岡	貴司

1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel の略) とは、現地発生材にセメント・水を簡易混合した材料であり、CSG 工法は、混合設備にて製造された CSG をブルドーザで敷均し、振動ローラにて転圧する工法である。

圏央道八王子城跡トンネル（その 2-2）工事では、坑口部の構造が、大断面プレキャストアーチ上に改良盛土する構造であり、現地発生材を利用したソイルセメント（セメント系固化材 200kg/m³ 添加、バックホウ攪拌）を施工する計画であった。本施工方法に変えて、専用の混合設備（DK ミキサー）を使用した CSG 工法を提案し、混合性能の向上によるセメント添加量の低減（200kg/m³ ⇒ 100kg/m³）を実現し、施工コストを縮減した。以下、「CSG の施工方法」、および「品質管理結果」について報告する。

2. 施工方法

CSG の母材は、隣接工事より発生する流用土（小仏層群 砂岩・頁岩の互層）を用いた。CSG 材の最大寸法は 100mm とし、スケルトンバケット付バックホウにて 100mm 以上のオーバーサイズをカットして CSG 材を製造した。CSG の混合設備には、重力利用型の連続式ミキサ（DK ミキサー）を使用し、日最大施工量を 500m³、製造能力を 100m³/H に設定した。運搬は、10t ダンプトラックによる直送で行った。写真-1、2 に CSG 混合設備を示す。CSG の 1 層当り施工厚は 50cm とし、敷均しは、ブルドーザを使用して 27cm×2 層にて行い、転圧は 10t 級振動ローラ（SD451）で行った。転圧回数は、試験施工の結果から無振動 2 回+振動 6 回の計 8 回転圧とした。狭猛部の施工については、撒出し厚を小さくし、3t 級振動ローラ、1.1t 振動ローラや 60kg 級ランマを併用した。写真-3 に敷均し転圧状況を、図-2 に CSG 施工フローを示す。

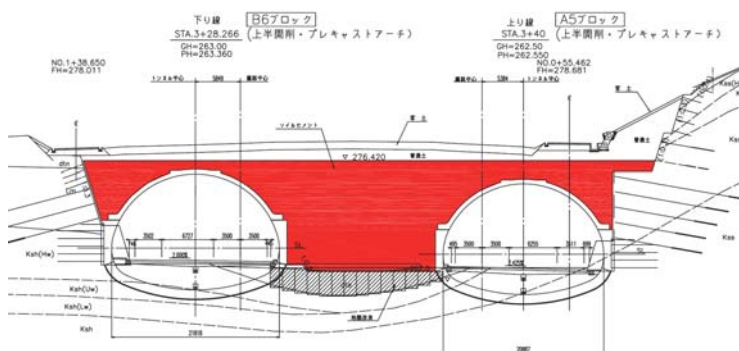


図-1 施工断面図

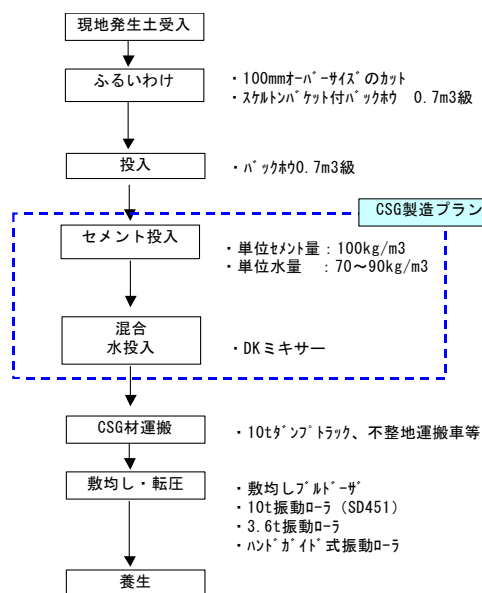


図-2 CSG 施工フロー



写真-1 CSG 混合プラント



写真-2 DK ミキサー



写真-3 CSG 敷均し・転圧状況

キーワード：CSG、現地発生土、DK ミキサー、道路トンネル

連絡先：東京都港区芝浦 1-2-3 清水建設(株) 土木事業本部技術第 3 部 Tel 03-5441-0565, Fax 03-5441-0515

3. CSG の品質管理

(1) CSG 材の粒度

使用する CSG 材の粒度範囲を把握するため、母材採取箇所より粒度の違いに応じて 6 試料採取した。図-3 に粒度試験結果を示す。これら粒度の-5mm 含有率は 21%～35%の範囲であった。

(2) 室内試験

使用する CSG 材（細粒側、粗粒側の 2 ケース）を用いて、単位水量、単位セメント量を変化させて、ポットミキサ(公称容量 90～165L)混合による CSG の強度および密度試験を行った。圧縮強度試験用供試体(Φ150mm×H300mm)作成に際しては、40mm ふるいにてウェットスクリーンにングした材料を用いた。図-4 に単位セメント量 100kg/m³における単位水量と CSG 強度(ピーク強度)の関係を示す。試験時の CSG 練り上がり状況及び供試体作成時の締固め状況より、実施工における施工性を考慮して、施工時の単位水量管理範囲を 70～90kg/m³に設定した。

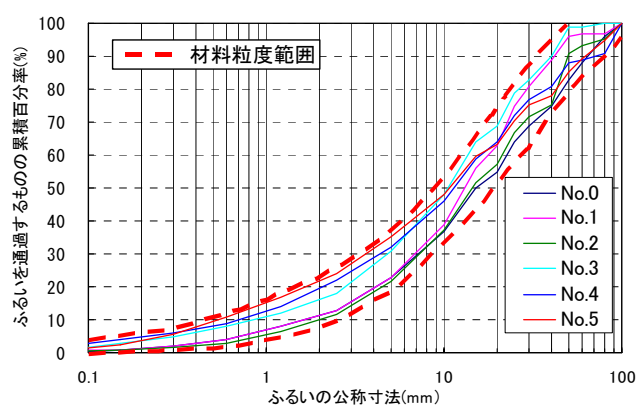


図-3 室内試験での粒度試験結果

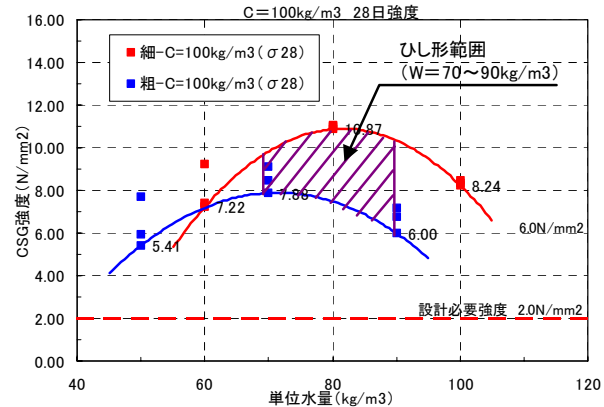


図-4 単位水量と CSG 強度の関係

(3) 実機試験

混合装置に実機（DK ミキサー）を使用して、CSG の強度及び密度試験を行った。表-1 に室内と実機の強度比較を示す。実機で混合した場合の CSG の強度は、ポットミキサで混合した場合に比べて 60～70% 程度となった。

表-1 室内と実機における強度比較

粒度	室内試験 (N/mm ²)		実機試験 (N/mm ²)		強度比 (実機/室内)	
	最小値	平均値	最小値	平均値	最小値	平均値
粗粒側	7.88	8.50	5.70	5.98	0.72	0.70
細粒側	10.87	10.97	6.20	6.88	0.57	0.63

(4) 施工時の品質管理

実施工の品質管理では、CSG 材が設定した粒度範囲にあること、また、単位水量が設定した範囲（70～90kg/m³）にあることを確認した。なお、標準供試体による圧縮強度試験を行った結果、施工期間中の CSG 強度が設計必要強度 2.0N/mm²を下回することは無かった。図-5 に実施工における品質管理内容を示す。

4. おわりに

本報告では、八王子城跡トンネル（その 2-2）工事における CSG 施工と品質管理結果の一部について紹介した。

CSG 工法は、ダム施工技術として開発されたものであるが、現地発生土を使用して低コストで安定した品質を確保できるため、他工種への適用が可能である。今後、更に多様な工種への展開が期待されよう。

場所	項目	内容	実施時期・頻度
母材採取場 受入ヤード CSG 製造ヤード	母材性状の事前確認	・目視、及び触手により、大幅な材質変化がないことを確認する。	母材採取前
	母材ふるい分け	・100mm オーバーサイズ除去	
	①CSG 材の粒度及び材質確認 CSG 材のふるい分け試験 (JISA1102) -5mm 材の密度・吸水率試験 (JISA1109) 5～100mm 材の密度・吸水率試験 (JISA1109)	・CSG 材の物性確認	週 1 回及び材質が変化した時
	②施工前当日試験 5mm での簡易ふるい分け試験 -5mm 材の表面水率試験 (JISA1111)	・CSG 材ストックヤードから、施工前日に試料を採取する。伊乾燥後、5mm でのふるいわけを行い-5mm 含有率を算出。 ・表面水量の測定 (チップ 法) ⇒CSG 製造時の加水量を補正	当日作業開始前 ふるい (毎日) 2～3 回/日
施工ヤード	圧縮強度試験供試体採取 (標準供試体)	・プラントにて混合後の CSG を採取、標準供試体を作成する。⇒強度の変動傾向確認	1 回/500m ² (φ28×3 本)
	③締固めエネルギー管理 現場密度試験 (R1 法)	・層厚及び転圧回数の管理 ・計測値に急変及び連続的な変化があるか確認する。	1 回/日 (3～5 点)

図-5 実施工における品質管理内容