

新工法紹介 機関誌編集委員会

02-139	新ジェコソイルシステム (GSS) 工法	ジェコス
--------	-------------------------	------

▶ 概 要

ソイルセメント柱列式連続壁工法は、セメント系懸濁液を削孔混練装置先端から吐出し、対象土と混合攪拌してソイルセメント壁を造成し、連続した止水壁を構築する工法である。

本工法は、図-1に示すように、ソイルセメント柱列式連続壁の施工に伴って発生する余剰泥土をソイルバキューム車で吸引回収し、ソイル分離機にて土砂分と液状分に分級処理し、液状分（回収液）の含有土砂分に対し追加配合した液（リサイクル配合液）をセメント系懸濁液の一部として再利用するシステムである。このことにより、産業廃棄物として処理する泥土の発生量を抑制し、かつ、使用材料を低減して環境負荷の削減に貢献する技術である。また、ソイル分離機より排出されていた土砂は、今まで産業廃棄物として処理されていたが、排出土砂の土質性状によっては、「建設発生土」あるいは「建設汚泥処理土」としての再利用も期待される。

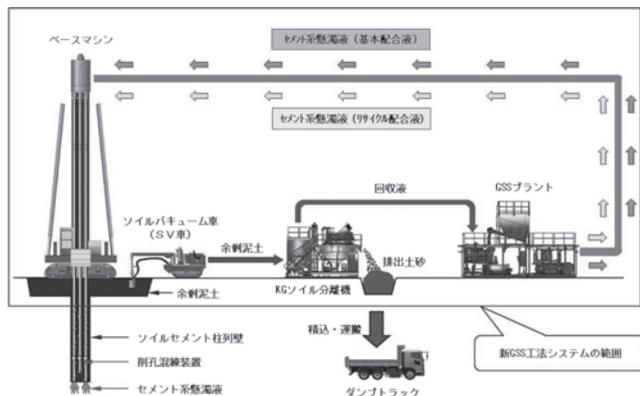


図-1 概念図

本工法は、細粒分含有率をパラメータとして対象土質を6分類し、標準基本配合を設定している。この標準基本配合に基づき、施工対象となる土質柱状図より、基本配合液、追加配合液、リサイクル配合液といった配合計画、各配合液の使用量および泥土発生量の予測が可能となった技術である。

なお、このシステムは「泥土低減工法研究会（全7社）」で運営している。

▶ 特 徴

①従来工法に比べて泥土発生量を抑制することができ、搬出用

ダンプ台数を減少出来ることに繋がり、工事現場周辺環境の保護に貢献できる。

- ②余剰泥土をリサイクルすることにより、セメントとベントナイトなどの使用量を低減することができ、CO₂ 排出量の削減ができる。
- ③従来工法で施工可能な土質に対応できる。
- ④本工法のリサイクルメカニズムの確立により、対象土質毎に泥土発生率を精度よく予測が可能（図-2 参照）。

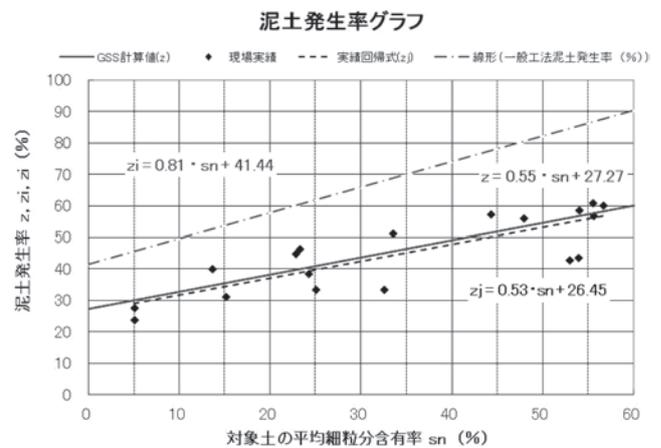


図-2 泥土発生率

- ⑤SV車で余剰泥土を直接吸引することにより、従来工法で必要だった杭打ち機の近辺に泥土ピットが不要となり、作業スペースが有効に活用でき作業性が高まる。
- ⑥振動篩から排出される土砂のコーン指数試験を実施して200 kN/m²以上が確認出来れば、「建設発生土」あるいは「建設汚泥処理土」として、再利用できる可能性がある。

▶ 用 途

・ソイルセメント柱列式連続壁工事

▶ 実 績

- ・ポンプ場滞水築造工事（施工面積 4,094 m²）
- ・地下鉄工事（施工面積 17,556 m²）など

▶ 問合せ先

泥土低減工法研究会（7社）
 ジェコス(株) 工事業本部工務部施工推進G
 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町6-7 第2山万ビル
 TEL：03-3660-0728

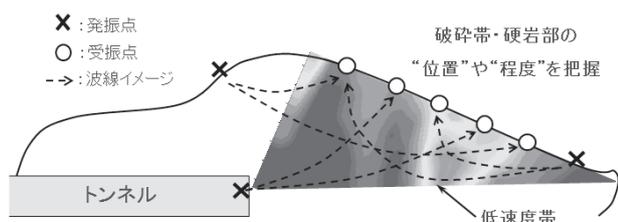
04-334	切羽前方トンネルトモグラフィ 探査システム	鹿島建設
--------	--------------------------	------

▶ 概 要

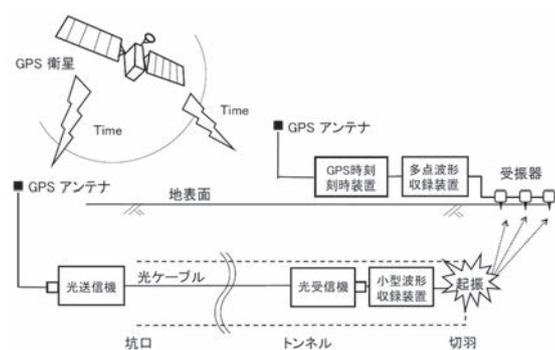
安全で合理的なトンネル掘削を行うためには、切羽前方の地質状況を精度良く予測することが重要となる。現状では、ボーリング調査、トンネル坑内での反射法弾性波探査、地表面での屈折法弾性波トモグラフィ探査などが行われている。ボーリング調査は時間やコスト面で多用するには難しく、反射法弾性波探査、屈折法弾性波トモグラフィ探査は探査深度や精度の面で課題があった。

鹿島建設では、新しい切羽前方探査手法として、トンネル切羽前方の広域な地質状況を高精度に照査できるトンネルトモグラフィ探査システムを開発した。本手法は、切羽付近で発生させた弾性波を地表面の受振点で観測し、トモグラフィ解析を行うことにより、切羽前方の弾性波速度分布を算出する手法である。断層破碎帯や硬岩部の分布状況（位置）に加えてその程度を弾性波速度により詳細に評価できる。

また、一般的な弾性波探査では、発振システムと受振システムは時刻同期のために有線で接続される。坑内と地表面のシステムの有線接続は、施工性の観点から困難となるケースも多かった。今回開発したシステムでは、GPS時刻情報を用いることで、発受振システム間の有線接続を不要とし、より簡易にトンネルトモグラフィ探査を実現可能とした。



図一 1 トンネルトモグラフィの概要図



図一 2 探査システムブロック図

▶ 特 徴

トンネルトモグラフィ探査を行うために、発受振システムの正確な時刻同期が必要である。今回開発したシステムでは、GPS衛星から発信される信号を発振・受振両システムで受信し、両システムがUTS（協定世界時）に高精度に時刻同期するものとした。これにより1.0 msec以下の精度で同期が可能となり、工学的に影響を受けない解析結果を得ることが可能となった。図一2は、システムブロック図である。

トンネル坑内ではGPS信号が受信できないため、坑口で受信した信号を、光ケーブルを経由して切羽近傍の発振側の探査装置で受信できるようにした。また、発振側の探査装置には、高精度TCXO（温度補償型水晶発振器）を内蔵しており、一度GPS信号を受信すれば、光ケーブルの中継が無くても6時間程度は時刻誤差が1.0 msec以内に収まる性能を有している。

図一3は北の峰トンネル（仮称）にて本探査手法を適用した結果である。事前探査では見られなかった基盤岩の盛りりや切羽前方に分布する相対的な低速度帯を確認した。本結果は調査ボーリングや施工実績とよく整合し、合理的な支保パターンの変更を行うことも可能となった。

今回開発した切羽前方トンネルトモグラフィ探査システムは十分に現場適用可能であると確認できた。今後、積極的に現場適用し、山岳トンネル施工の合理化と安全性向上に貢献していく所存である。

▶ 用 途

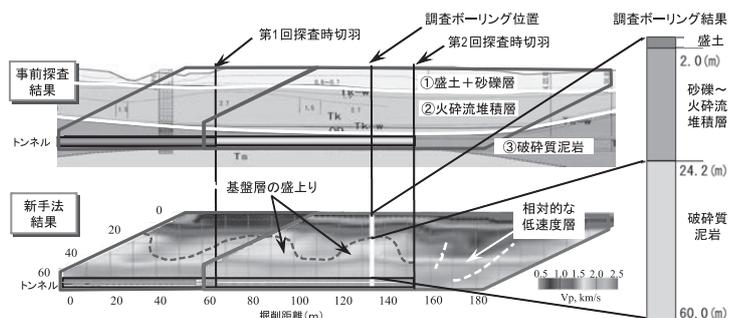
- ・山岳トンネルにおける切羽前方地質調査

▶ 実 績

- ・北海道開発局 北の峰トンネル（仮称）
- ・三重県 矢頭峠トンネル（仮称） など

▶ 問 合 せ 先

鹿島建設(株) 技術研究所
〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1
TEL：042-485-1111



図一 3 事前探査・ボーリングとトンネルトモグラフィの結果比較
—北の峰トンネル(仮称)—

新工法紹介

04-335	切羽前方コアサンプリングシステム	五洋建設
--------	------------------	------

概要

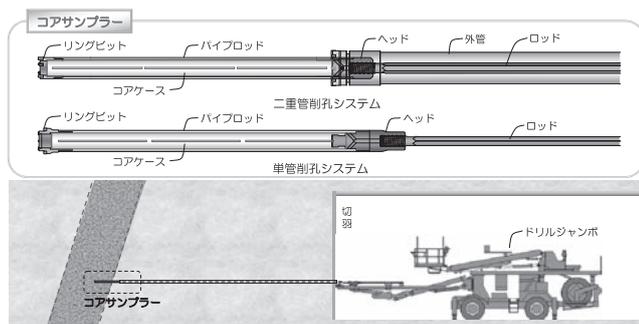
トンネルを安全かつ効率的に掘削するためには、切羽前方の地質構造や地山性状を精度良く把握することが重要である。現在坑内からの切羽前方地山の探査は、主に①専用ボーリングマシンによる水平ボーリング、②TSP（弾性波）探査等の物理探査、ならびに③ドリルジャンボによる削孔エネルギー検層のいずれか、またはそれぞれを組み合わせて行われている。これらの探査手法は、精度は良いが機械設備が大規模になる、機械設備は小規模だが直接的に地質の評価ができない、などの問題点がある。

そこで、専用の機械設備を用いずに切羽前方地山の岩石試料（コア）を採取し、直接的かつ簡便に地質を評価できる「切羽前方コアサンプリングシステム」を西日本高速道路㈱と共同で開発した（特願 2010-35025）。

本システムでは、効率的かつ経済的に切羽前方地山を探査するために、探査対象地山の性状に応じて2種類の削孔方式を用意している。ひとつはケーシング（外管）を使わずに削孔する単管削孔方式、もうひとつは外管を使用して削孔する二重管削孔方式である。単管削孔方式は孔壁が自立する地山で、二重管削孔方式は孔壁が崩壊するような地山で適用する。

1サイクル（1m）の施工手順を以下に示す。

- ①単管削孔：ドリルジャンボで岩石コア採取位置まで削孔し、ガイドビットとロッドを回収する。二重管削孔：ドリルジャンボで孔壁を保護するための外管を打設し、インナービットとロッドを回収する。
- ②岩石コアを採取するためのパイプロッドをボアホールまたは外管内に挿入し、パイプロッドのみを1m打設する。
- ③パイプロッドを引抜き、岩石コアを回収する。



図一 切羽前方コアサンプリングシステム概要図



写真一 探査状況



写真二 採取コア例

必要な位置・延長のコアを採取するまで、この手順を繰り返す。コア採取1サイクル（1m）の所要時間は30分程度であり、探査準備も容易に行えるため、従来の専用ボーリングマシンによる水平ボーリングよりも探査時間を大幅に短縮できる。

特徴

- ①専用の機械設備を用いず、汎用機械であるドリルジャンボでコア採取が可能。
- ②トンネル作業員による探査が可能。
- ③任意の断面位置・深度の岩石コアの採取が可能。
- ④地質の変化に対して臨機に迅速な探査が可能。
- ⑤採取したコアで、点荷試験や浸水崩壊度試験、X線回折試験等の岩石試験により、地山性状を直接的かつ定量的に評価することが可能。

用途

- ・山岳トンネル工事における切羽前方地山の地質調査

実績

- ・道路トンネル工事

（国土交通省：1件、NEXCO西日本：1件）

問合せ先

五洋建設㈱ 土木部門 土木本部 土木設計部
〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8
TEL：03-3817-7803

09-36	MH 濁水処理システム	ハザマ メタウォーター
-------	-------------	----------------

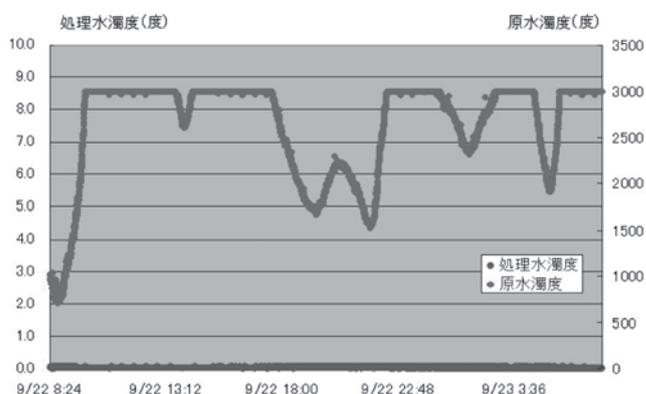
▶ 概 要

建設現場での濁水処理システムとしては従来、原水の濁度を低下させるために凝集沈殿方式が用いられている。これに pH 調整装置や汚泥処理装置が加わる。処理水の濁度をさらに低下させるために砂ろ過装置を設置する場合もある。こうした従来の濁水処理システムに代替できる膜ろ過方式による濁水処理システムを開発した。膜ろ過方式は浄水場において多くの実績があるものの、建設現場の濁水処理に用いられた事例は少ない。ここではトンネル工事現場に設置した試験プラント(写真一1)での実験を通して、従来の濁水処理システム(凝集沈殿+砂ろ過)と処理能力等を比較した。

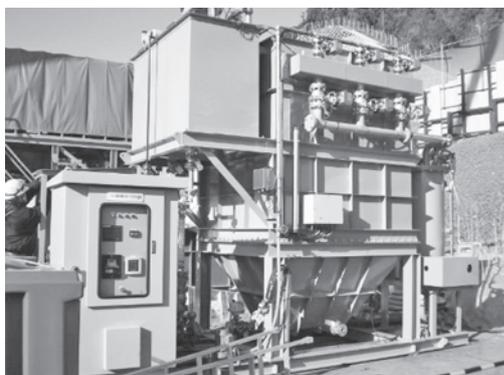
図一1に膜ろ過方式の概念図を示す。ろ過槽に流入した原水は、ろ過板(写真一2)を通りろ過される。ろ過板の付着物が增大した場合、水をろ過板に逆流させて付着物を剥離し、底部から汚泥として排出する。図一2に試験プラントでの原水と処理水の濁度変動を示す。原水の濁度は600度から3,000度を超えるまで変動したものの処理水の濁度は1度以下であり、従来の濁水処理システムと同等以上の処理能力が確認できた。



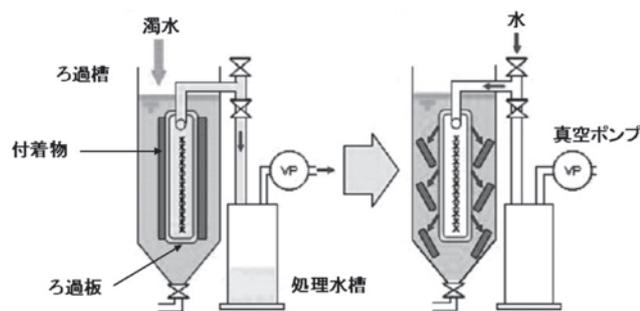
写真一2 ろ過板



図一2 試験プラントでの原水と処理水の濁度変動



写真一1 試験プラント



図一1 膜ろ過方式の概要 (左:ろ過時, 右:付着物剥離・排出時)

▶ 特 徴

試験プラントでの運転結果を踏まえ処理量 60 m³/h の実プラントの設計検討を行なった。その結果、本濁水処理システムは従来の同規模の濁水処理システム(凝集沈殿+砂ろ過)と比較して以下のメリットがある。

- ①ろ過槽、原水槽、pH調整槽、汚泥処理装置などを含めたシステム全体の設置面積は、30%ほど削減できる。
- ②従来の濁水処理システムの運転に要するPAC(ポリ塩化アルミニウム)や高分子凝集剤が不要で、電気代も約10%低減されるため維持管理費が低減する。
- ③ろ過板の設置枚数を増減させるという比較的簡易な方法で、処理水量の増減に対応できる。

▶ 用 途

- ・トンネル・ダムなどの建設工事現場の濁水処理

▶ 実 績

- ・東九州道葛原トンネル南新設工事

▶ 問 合 せ 先

ハザマ 土木事業本部 機電部
 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5
 TEL: 03-3588-5775

新工法紹介

11-100	三次元レーザースキャナ トンネル変位計測システム (3D-ラストム)	ハザマ
--------	--	-----

概要

一般的に山岳工法で施工するトンネルは、掘削後、20～30m進行するまで、断面が変形する。都市部の地山が脆弱なトンネルや重要構造物と近接して施工するトンネルにおいては、トンネル掘削時に切羽の安定を図るとともに、周辺構造物に影響を与えないようトンネル壁面変位の状況を詳細に把握していくことが重要である。最近では、都市部において扁平な大断面トンネルも建設されており、壁面の変位量について、より詳細な管理が必要とされている。

一方、山岳工法で施工するトンネルの一般的な坑内計測方法である「内空変位測定」では、10～30mの間隔で設置した計測断面の変位量しか把握できないため、変位が発生した箇所、範囲を詳細に把握するまでには至っていない。

これに対し、今回、山岳工法で施工するトンネル工事において、トンネル壁面のあらゆる箇所の変位を詳細に計測できる三次元レーザースキャナトンネル変位計測システム「3D-ラストム(3D-LSTM:3D Laser Scanner Tunnel Measurement Systemの略)」を開発した。本システムは、三次元レーザースキャナ(図-1)を用いてトンネル壁面の三次元形状データを、掘削直後と掘削進行による変形後に、同じ位置で計測し、比較することで、より詳細にトンネル壁面の変位量を算出することが可能となる。施工中の道路トンネル3現場で適用し、壁面の変位を従来手法よりも詳細に計測できることを確認した。

今後は、都市部の地山が脆弱なトンネルや重要構造物と近接して施工するトンネルなど、変位の状況を詳細に把握し管理す



図-1 三次元レーザースキャナ

る必要があるトンネルを中心に本システムを適用していきたいと考えている。

特徴

本システムの特徴を以下に示す。

1. トンネル壁面の変位量を三次元で連続的に表示できる(図-2)。
2. 任意のトンネル断面において変位の方向と大きさを表示できる(図-3)。

これらにより、変位量が大きい箇所における支保工の妥当性評価や、対策工の種類や範囲の選定など、より効率的・効果的に行うことが可能になり、従来よりも建設コストを抑えつつ、高い品質を確保することが可能となる。

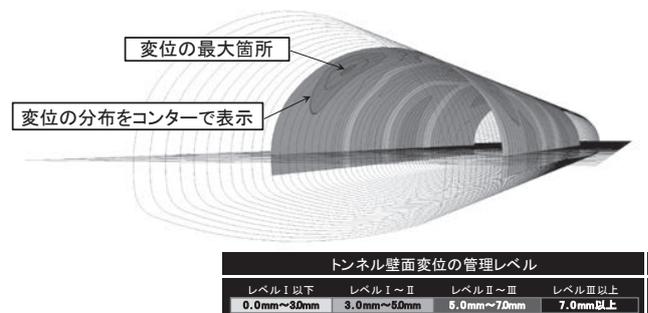


図-2 トンネル壁面変位を三次元で連続的に表示

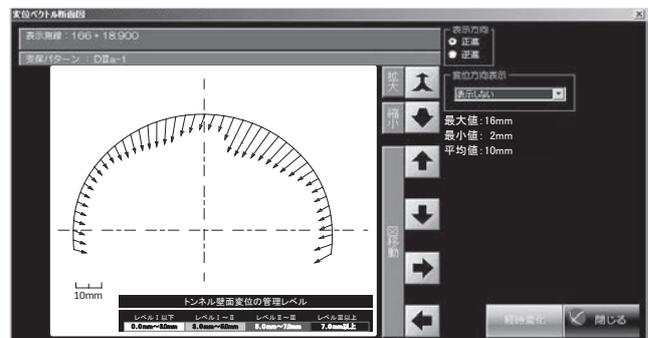


図-3 任意のトンネル断面で変位の方向と大きさを表示

用途

- ・山岳工法で施工するトンネル工事

実績

- ・道路トンネル3現場に適用

問合せ先

ハザマ 土木事業本部 技術第三部
〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5
TEL:03-3588-5771