

覆工コンクリート打設作業の品質向上・省力化への取組み

ホース伸縮式連続打設システムの現場適用

鈴木 拓也・西浦 秀明・松浦 健太郎

山岳トンネルにおける覆工コンクリートの施工は、セントルに設けた複数の打設口（開口窓）から鋼製の配管を介してコンクリートを打設するものである。コンクリートの打ち上がりに応じて、上段の打設口へと配管を切り替えながら施工していくが、セントルの内部はその構造上、非常に狭隘な施工空間となっており、作業員にとって配管の切替え作業は労力を要すものである。また、打設口を切り替えた直後の打込みは、落下高さが高くなり、材料分離のリスクを有している。「ホース伸縮式連続打設システム」（以下「本システム」という）はこれらの課題を解決する技術である。本稿では、本システムの概要と現場適用事例を報告する。

キーワード：覆工コンクリート，省力化，材料分離，コールドジョイント，打設システム

1. はじめに

近年、我が国では社会的な人口減少や少子高齢化が急速に進展している。建設業においても技能労働者の不足が深刻化しており、生産性向上は業界全体としての重要課題とされている。また、同時に社会インフラの老朽化にともなうインフラメンテナンスの担い手不足・コスト増大も問題視されており、コンクリート構造物の長寿命化についても取り組むべき課題である。覆工などのコンクリート構造物の経年劣化は、施工時の初期欠陥による影響を受ける。そのため、施工時の品質は、長寿命化の重要な要素となり、その確保・向上に努めなければならない。これらの状況に鑑み、筆者らはトンネル覆工コンクリートの構築において品質向上および省力化を実現する技術として「OTISM/LINING™（オーティズム／ライニング）」を構想し

た（図-1）。OTISM/LININGとは、覆工作業を5つの分野（防水シート張り付け、セントルセット、コンクリート、打設、養生）に分け、各分野において品質向上や省力化に資する技術を開発し、それらを組み合わせることで、上記の課題を解決するシステムである。本稿では、この内、本システム「ホース伸縮式連続打設システム」について、その概要と現場適用事例を報告する。

2. 覆工コンクリート打設作業の課題

山岳トンネルにおける覆工とは、掘削して支保されたトンネルの内側に施工される現場打ちのコンクリートである。従来の覆工コンクリート打設作業は、セントルと呼ばれる移動式の型枠内において、作業員がコンクリートの打ち上がり高さに応じて重量物である鋼製配管を都度切り替えて行っていた（図-2）。写真-1に示すようにセントル内は狭隘な施工空間となっており、鋼製配管やコンクリート打込み時の圧力を支持する部材が各所に配置されており、作業性が悪い。そのため、配管の切り替えや清掃作業に時間と労力がかかっており、それらの作業に時間を要した場合、所定の時間内に打重ねが終わらずにコールドジョイントが発生する可能性があった。また、限られた打設口からコンクリートを打ち込む特有の打設方法を取るため、配管切替時は筒先からの落下高さが高くなり、材料分離が発生するリスクもあった（図-2）。そこで、こ

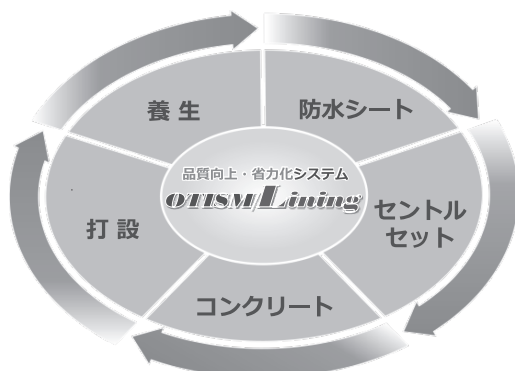
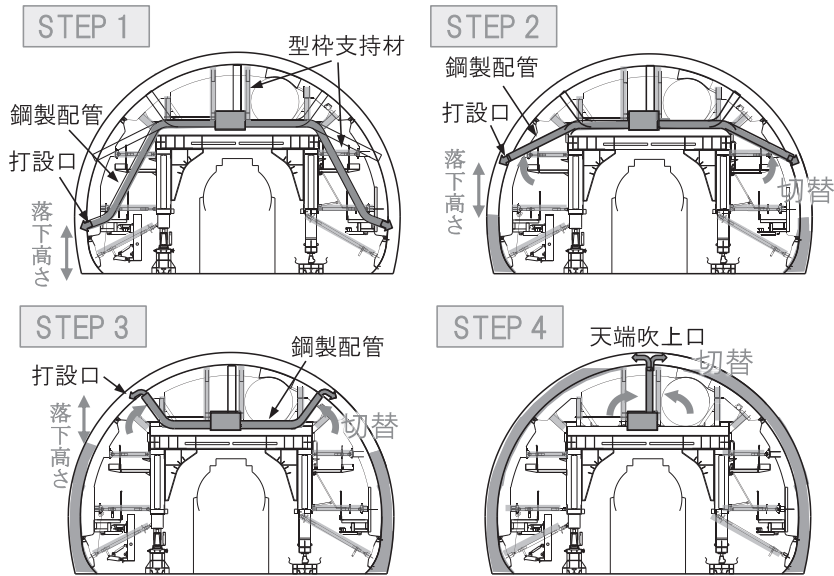


図-1 OTISM/LININGの概要



図一 従来の打設方法



写真一 配管切替作業



図一 本システムの概要



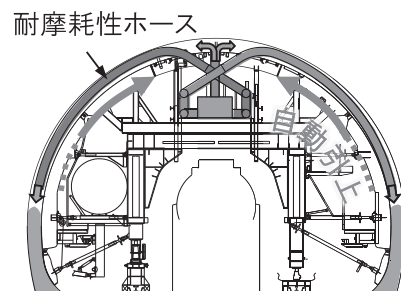
写真二 本システム搭載センター全景

これらの課題解決を目的として本システムを開発した(図一3、写真一2)。

3. 本システムの特長

本システムは覆工コンクリートの打設に用いるセンターに下記の特長を加え、従来の打設方法を改善したものである。

- 1) 打設方法を配管の切替方式からホース引上方式へと変更した。センターの天端部に設けられた打設口から、センターの両側に向かって、それぞれ1本の耐摩耗性ホースを脚部まで配置し、コンクリートの打上り高さに合わせて2本のホースを同時に引き上げる打設手法である(図一4)。これにより、配管の切替作業が無くなり連続的なコンクリートの打込みが可能となる。
- 2) ガントリー(門型移動架台)上部に配置したスライドベース(移動台)の中に、ホースを通し、トンネル軸方向へスライドすることにより、ホースを引上げ・挿入するものである(写真一3)。スライドベースの操作(ホースの引上げ・挿入)は



図一 本システムの打設方法

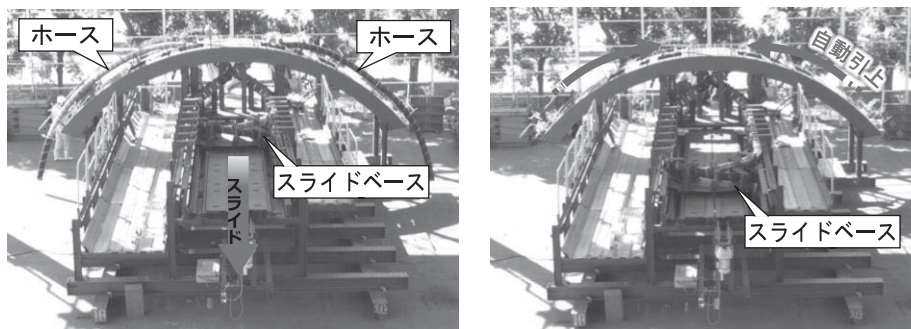


写真-3 本システムの構造

付属のコントローラーにより自動で行え、コンクリートの打上り高さに応じて打設時の落下高さを自由に変えることができる。

4. 本システムの施工手順

次に本システムを用いた覆工コンクリートの打設手順について述べる。

- 1) まず、ホースがセントル内部に全て格納された状態で、セントルを打設箇所へ移動させ、所定の位置へ据え付ける。据え付け後、スライドベースを移動させ、格納していたホースをスロープガイドおよび上下スライド式ガイドを介して、作業員の介錯を要せずに打設箇所へと送り込む(写真-4, 5)。
- 2) 打設箇所へホースを送り込む際、セントルに設

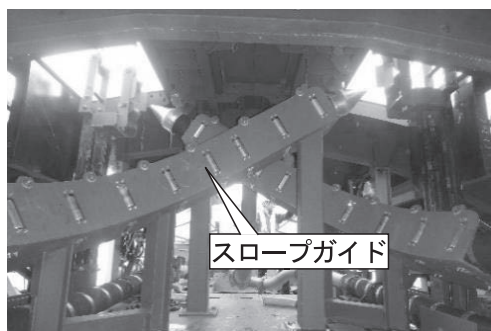


写真-4 スロープガイド



写真-6 Y次式ガイド

けられた各所の打設口からY次式ガイドを張出し、ホースを支持することにより、型枠表面から一定の離隔を保ちながらホースを配置する(写真-6)。これにより、鉄筋区間においても本システムが適用可能となる。ホース先端がセントル脚部まで達したところで、本システムの設置は完了となる。

- 3) 打設を開始する際、生コンが流動性を損なわないよう、打設前に左右のホースにモルタルを先送りする。打設時は打込み高さを1層50cmとして左右交互に打ち込み、両側の打上り面がホース先端に達した時点でホースを高さ50cm分引き上げる(図-5)。これを繰り返して打設を続け、打上り高さが図-6に示す高さまで達した時点でホースを全て引抜き、天端吹上口へと切り替える。天端吹上口へ切替後は、通常の覆工コンクリートの打設と同様の方法で残りの打設

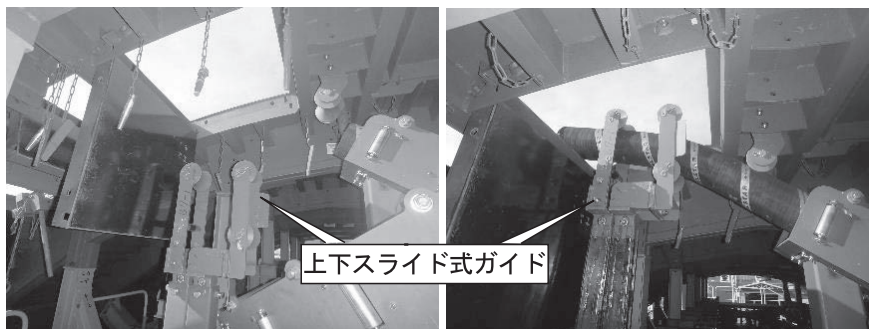
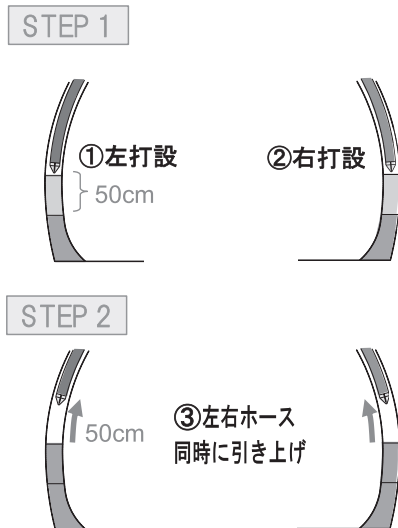
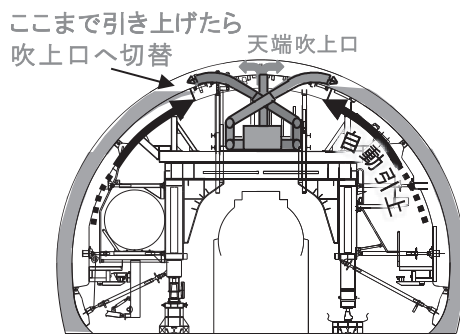


写真-5 上下スライド式ガイド



図一五 打込み手順



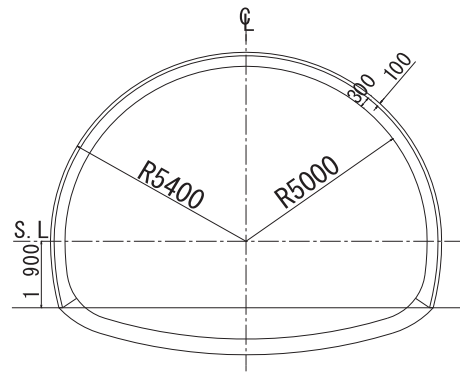
図一六 吹上口への切替

を完了させる。

以上が本システムを用いた覆工コンクリートの打設手順である。

5. 現場適用結果

本システムを、米子自動車道江府トンネル他1トンネル工事（西日本高速道路株式会社中国支社発注）において適用した。当工事は、仕上がり内空R=5000mm上半単心円（図一七）のトンネル新設工事である。当工事では、発注者の承諾を得て覆工コンクリートに低セメント量の高流動コンクリート（ニューロクリートNeo[®]）を採用している（表一）。下記に本システムを適用した効果を示す。



図一七 トンネル断面形状概要

- 1) 打設方法を、従来の配管切替式からホースの引上式とすることで、切替作業(20分×6箇所程度)をなくし、苦渋作業を改善できた。連続した打込みによりコールドジョイントの発生も生じなかった。打設に要した総時間は従来と同等である。これについては、セメントに作用するコンクリートの圧力上昇を避けるため、従来と同等の打上がり速度となるよう打込み速さを管理したためである。
- 2) 従来は、鋼製配管を切り替える都度、配管の清掃作業も発生していた。本システムの場合、ホースを全て引抜いた後に、床面に回収されたホースの内部を一括で清掃可能である。これにより、天端部の吹上配管へ切替えた後に打設作業を止めることなく、簡易に清掃作業を行えた。
- 3) 写真一七に示すように常時、最適な落下高さで打設を行え、材料分離を発生させず打ち込むことが可能となった。これにより、打込み箇所のコンクリートへ余剰な空気を巻込む懸念も解消



写真一七 本システムによる打設状況

表一 高流動コンクリートの配合

コンクリート種類	目標スランプフロー (cm)	目標空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)						減水剤		VMA (g/m ³)	PP (Vol%)
					W	C	S		G		種類	添加量 C × %		
							S1	S2	G1	G2				
高流動コンクリート	60 ± 10	4.5 ± 1.5	46.1	46.0	175	380	307	462	573	381	SP	1.4	60	0.3



写真—8 仕上り状況

された。また、ホースの引上げ跡がつくこともなく、美観・出来ばえも従来の打設方法と同等以上となった（写真—8）。

6. おわりに

本稿では、覆工コンクリートの打設における施工性の課題に言及し、解決する手段として本システム「ホース伸縮式連続打設システム」の開発について述べた。今回、本システムの現場適用結果では、打設時の省力化に寄与するだけでなく、品質確保の観点からも材料

分離やコールドジョイントのリスク低減効果が得られた。今後は、さらなる省力化を目指し、打設高さの自動検知や左右ホースの自動切替を視野に入れたシステム開発へと進める所存である。

J|C|MA

【筆者紹介】

鈴木 拓也（すずき たくや）
（株）大林組
生産技術本部 トンネル技術部
主任



西浦 秀明（にしうら ひであき）
（株）大林組
生産技術本部 トンネル技術部
副部長



松浦 健太郎（まつうら けんたろう）
北陸鋼産（株）
技術営業部
副部長

