

山岳トンネル覆工自動施工システム



覆工コンクリートの打込み・締固め作業を自動化し、高品質を確保

令和2年度日本建設機械施工大賞 最優秀賞
第9回ロボット大賞 国土交通大臣賞
令和3年度 土木学会賞 技術開発賞

概要

流動性を高めたコンクリートを使用して、山岳トンネルの覆工コンクリートの打込みから締固め、打止めに至る一連の作業を自動化したシステムです。

特長

- ・流動性を高めたコンクリートを使用し、打込み口から吹上げ方式で打込みます。
- ・自動打込み装置は、コンクリートの打込み高さと連動してスライド移動するマニピュレータ方式（人間の腕のような機構）を採用しています。
- ・自動締固め装置は、コンクリートの打込み高さと連動して移動型枠に設置した型枠バイブレータを自動制御します。
- ・施工状況をデジタル表示し、施工データを自動保存します。

全孔吹上方式
自動打込み
自動締固め

締固めむらのない密充填の
高品質覆工コンクリート

飛躍的な省人化・省力化



効果

○熟練技能者の技量に依存しない施工の実現

定量的指標に基づきシステムが自動制御されるため、作業員の技量に関係なく、高品質な覆工コンクリートを施工できます。

○作業人員を6名から2名に削減

余剰人員は、既施工スパンの養生作業や次スパンの準備作業に充てることができ、品質向上と作業サイクルの短縮が図れます。

○1回の打込みで最大約1時間30分の作業時間を短縮

作業員による配管切替え作業が不要となり、配管切替え時間が20分から5分に短縮され、打継ぎ品質を確保できます。

○作業員の安全性を確保

一連の作業が自動化されたことで、狭隘空間での重量配管の組みバラシ作業や作業窓から身を乗り出す締固め作業がなくなり、作業員の安全性が向上します。

○時刻歴データはインターネットを介してクラウドサーバに蓄積

コンクリートの打込み高さ、締固め箇所、締固めエネルギー量などの施工データをクラウドに蓄積し見える化することで、パソコンやタブレットを用いて遠隔地からも容易に監視できます。



覆工コンクリート（出来形）



タブレット画面



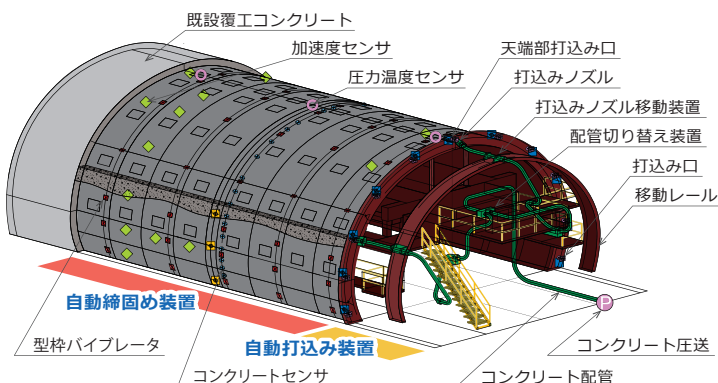
統合管理モニタ（事務所）

システム構成

本システムは、マニピュレータ方式の「自動打込み装置」と型枠バイブレータによる「自動締め装置」、圧送ポンプ、ならびにこれらを連携制御するPCシステムにより構成されます。

○自動打込み装置（マニピュレータ方式）

- ・左右1対の打込みノズルは移動レールの上をスライド移動し、移動型枠に設置した打込み口に自動接合・切り離しが行える仕組みとなっています。
- ・PC制御システムからの信号により、ポンプ圧送、打込み開始／停止、打込み口へのノズルの移動・脱着が連動して自動的に行われます。
- ・コンクリートの打込みは、下層からの吹上げ（押上げ）方式です。1箇所の打込み口からは数層に分けて打込み・締固めを行い、左右の打込み口で交互に行います。
- ・天端コンクリートの打止めは、天端コンクリートの圧力値と移動型枠の沈下量から、自動制御します。

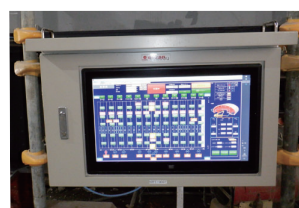


○自動締め装置

- ・移動型枠に配置した各種センサの計測値から、型枠バイブレータを自動制御し、締め固めを行います。
- ・コンクリートセンサがコンクリートの打ち上がりを検知すると、コンクリートポンプが自動停止します。これに連動して、型枠バイブレータが所定時間稼働し、締め固めを行います。
- ・締め固めの状況は、加速度センサの計測値から締め固めエネルギーを算出し、管理画面で過不足を確認します。



加速度計



操作パネル



コンクリートセンサ



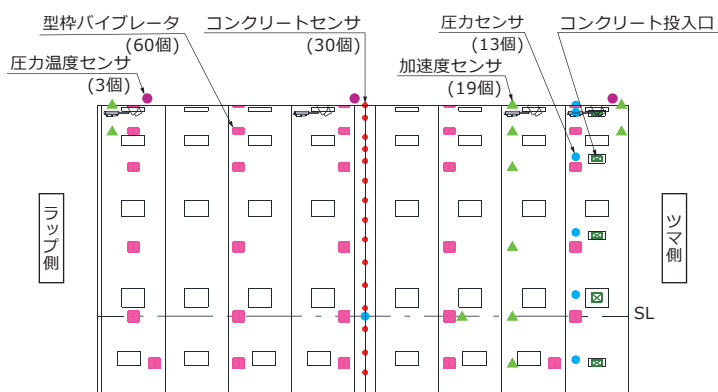
型枠バイブレータ

配置センサ数（例）

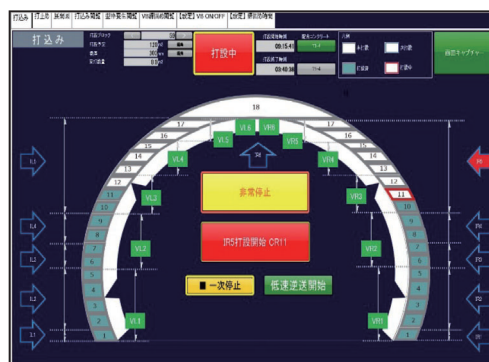
センサ類	設置数
型枠バイブレータ	60
コンクリートセンサ	30
圧力センサ	13
加速度センサ	19
圧力温度センサ	3
沈下計	4

○PC制御システム

各種センサの計測値はPC制御システムに集められ、管理画面で見える化しています。坑内通信網からクラウドサーバーに転送された管理情報は、アクセス可能なメンバーで共有され、現地係員のタブレットや遠隔地のパソコン等でも状況を容易に確認できます。



センサ配置例（側面図）



PC制御システム画面例