

37. 覆工コンクリート施工における自走式噴霧養生装置の開発

東亜建設工業(株)：○藤本 正一、大山 茂、加藤 大喜

1. はじめに

山岳トンネル分野では、過去に施工された覆工コンクリートの不具合が社会的な問題となっているが、覆工コンクリート施工においては、生コン打設後 15 時間程度でセントルを脱型せざるを得ず、またトンネル貫通後の通風により乾燥が急激に進行するため、その結果としてコンクリート表面に微細なひび割れが生じやすい。

その対策の一つとして、コンクリート表面の水分量を一定に保持して乾燥収縮を防止する湿潤養生があげられるが、トンネル坑内で任意の場所を移動しながら覆工コンクリート表面を湿潤養生可能な自走式装置は開発されていなかった。

そのため当社ではバックホウのブーム先端にアタッチメント式に着脱可能な噴霧養生装置を開発したので、その成果をここに報告する。

2. 開発概要

(1) 開発の目的

一般にコンクリートは打設後、乾燥収縮によるひび割れ発生の防止と、所要の強度発現を目的として表面を湿潤状態に保たねばならず、散水や養生マッ

トによる湿潤養生が行われるが、山岳トンネルの覆工コンクリート施工の場合には、アーチ型であることやセントルその他の施工設備でトンネル坑内が輻輳していること、あるいは坑内をダンプトラックやトラックミキサーなどの作業車輛が常時運行していることなどから、効果的な湿潤養生を行うことは困難であるのが実情であった。

そのためトンネル内の任意の地点に移動可能であり、覆工コンクリート表面を適切な湿潤状態に保たせられる自走式噴霧養生装置を考案、開発した。

(2) システムの説明

今回開発した装置は、セントル脱型後の覆工コンクリート表面水分量を一定に保持し、乾燥収縮を防止するための自走式噴霧養生装置である(写真1)。

本装置は、バックホウのブーム先端に装着した拡張・格納自在な折畳み式のトラスアーム(写真2)に収納したアーチ状ノズルパイプと、バックホウ本体と一体型で搭載した噴霧ユニット(高圧ポンプと噴霧ノズル)、発電機ならびに水タンクなどから構成される。噴霧ノズルから微細な霧状の水滴を噴霧し、コンクリート表面の乾燥を防止する。

また、コンクリート表面を均一な湿潤状態に保つ



写真1 自走式噴霧養生装置（噴霧状態）



写真2 自走式噴霧養生装置（アーム格納状態）

ため、バックホウ本体の油圧を利用して運転席からノズルとトラスアームの拡張・格納や、ノズルと壁面と距離・角度の調整操作ができるようにしている。

さらに、バックホウは通常の走行速度とは別に低速域での速度調整を可能としている。

将来的には、走行移動中に壁面と噴霧養生装置が接近し過ぎるとアラームで警告を発する自動警報装置の取り付けや、コンクリート表面の湿潤状態などを遠隔計測できる各種センサー類の取り付けも考えている。

(3) システムの構成

今回開発した自走式噴霧養生装置は、以下の機器より構成される。

① ベースマシン

型式 後方小旋回型油圧ショベル 0.28m³級
噴霧速度 4～10m/min

② 給水ポンプ

型 式 高圧 3 連式プランジヤーポンプ
圧 力 4.0MPa
吐出量 2,400L/hr (40L/min)

③ 水タンク

型 式 鋼製・ベースマシン一体型
容 量 1,800L

④ 噴霧ノズル

型 式 微霧ノズル 1/4M KB 8038 S303-RW
数 量 53 個
圧 力 3.0MPa (max)
噴霧角度 80°
噴霧量 15.1～21.3 L/hr

(4) 施工方法

セントル脱型後に乾燥収縮が問題となる区間を自走式噴霧養生装置により坑内を巡回噴霧して湿潤養生を行う。噴霧時の走行速度は坑内の湿度や通風状態によっても変わるが、概ね 4～10m/min 程度と想定している。

噴霧作業は、他の車輛の運行を妨げないよう基本的には図 1 の通りトンネル断面の右側もしくは左側に寄って行うが、他の作業が行われていない時間帯には図 2 のようにトンネル中央を往復走行させて全断面の噴霧を行うことも可能である。

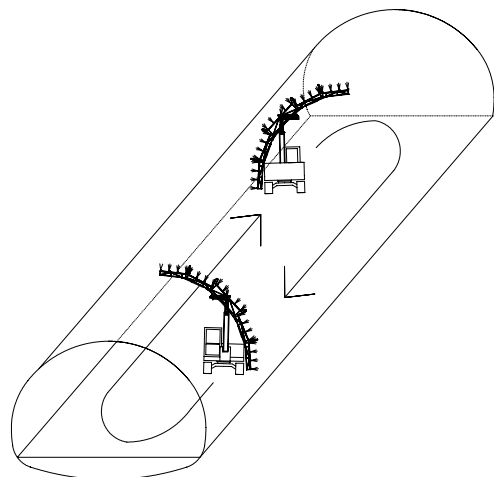


図 1 通常の噴霧養生状況（左右巡回）

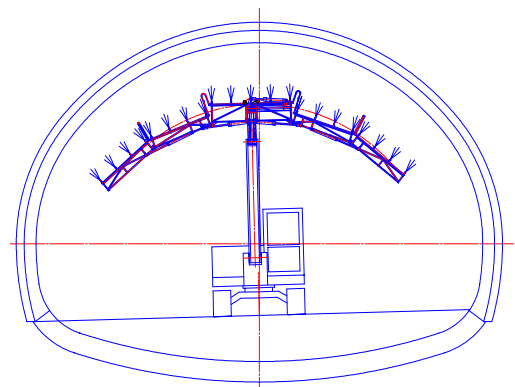


図 2 他の車両通行がない場合（中央部往復）

3. 実証実験

(1) 実験概要

自走式噴霧養生装置の実機開発に先立ち、当社技術研究所において実際のトンネル坑内を模した環境で各種条件での噴霧試験を行い、そのときのコンクリート表面水分率を測定することにより、噴霧による湿潤養生効果の確認を行った。

(2) 実験方法

適切なノズル噴霧角度や噴霧量、噴霧圧力など噴霧能力を決定するための基礎実験を行った。すなわち、図 3、写真 3 に示すように既製のコンクリート板を設置し、噴霧ノズルとコンクリート板の間のオフセット距離を変化させ、様々な条件で噴霧した後の表面水分率を計測した。表面水分率の測定には水分計 HI-520（ケット科学研究所）を用いた。

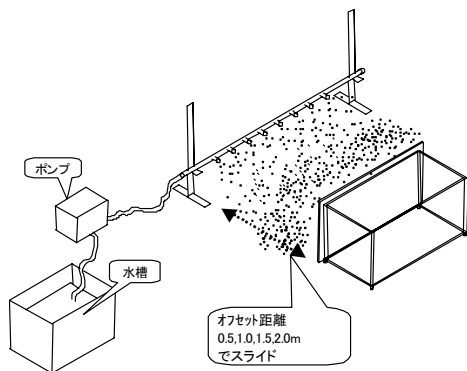


図3 噴霧能力決定のための基礎実験配置図



写真3 噴霧試験状況

(3) 実験結果

まず噴霧ノズルとして噴霧角度 60° ならびに 80° の2種類を用意し、コンクリート表面の水分率分布を調べた(写真4、図4)。この結果より、両者に大きな違いはないものの、噴霧の広がりの方で 80° の方が若干有利であることが確認できた。

また噴霧後のコンクリート表面水分率の経時変化を調べたところ、図5の通り噴霧直後から乾燥が進み、30分程度で表面水分率が一定化することから、

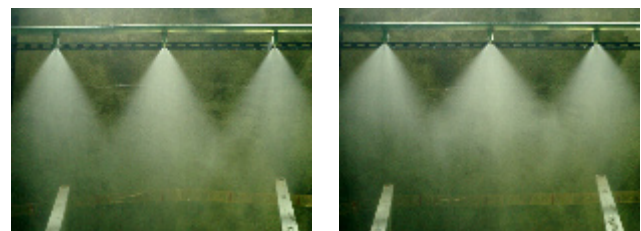


写真4 噴霧角度比較試験 (左 60° / 右 80°)

トンネル坑内においても少なくとも30分毎の噴霧が必要であろうことが確認できた。

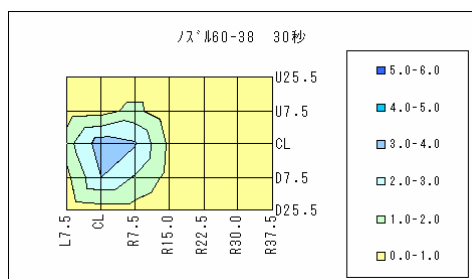


図4 表面水分率比較試験 (左 60° / 右 80°)

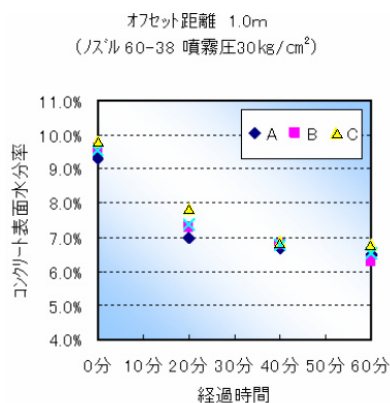


図5 表面水分率の経時変化 (左 60° / 右 80°)



写真5 トンネル坑内での試運転状況

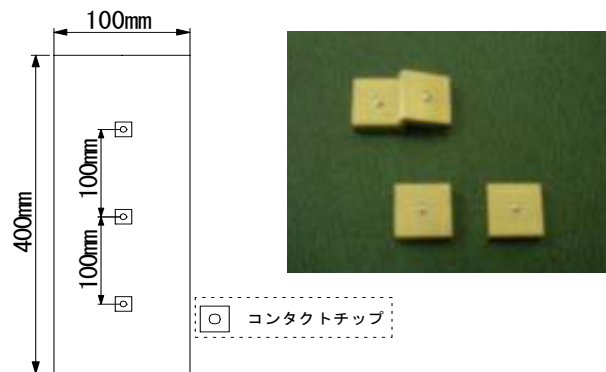


図6 コンタクトチップ貼付図

4. 実用化

今回開発した自走式噴霧養生装置を山岳トンネル現場で実際に稼働させ、トンネル坑内環境での有効性を確認する予定であったが、現場工程上の都合から本論文執筆時点では実機を現場搬入し運転準備を進めている状況である（写真5）。

本装置による噴霧養生効果の確認方法としては、下記の試験方法を計画している。

（1）試験概要

自走式噴霧養生装置による効果を把握することを目的として、トンネル覆工コンクリート表面のひずみ量を計測することにより、噴霧の有無によるコンクリートの乾燥収縮への影響を確認する。

（2）試験方法

ひずみ計測には、変位量を測定するコンタクトゲージ法を用いる。

実際にセメント打設する覆工コンクリートと同じ試料により角柱供試体(100×100×400mm)を作成し、噴霧の有無による収縮状況を確認する。供試体にはひずみ計測用コンタクトチップを図6のように100mmピッチで貼り付け、写真6に示すコンタクトミクロンストレインゲージMSG-D1により定期的にひずみ量を計測する。

上記の供試体でのひずみ計測と並行して、覆工コンクリートにも同様にコンタクトチップを貼り付け、脱型・セメント移動直後からのひずみ計測を行うとともに、表面水分率、温度、湿度の計測も行う予定である。



写真6 コンタクトミクロンストレインゲージ

5. おわりに

今回開発した自走式噴霧養生装置の有効性を、実際のトンネル現場から得られたデータとともにご報告するつもりであったが、前述の通り現場工程上の都合により、本論文執筆時点では噴霧養生による乾燥収縮低減効果の実測データを得るまでには至らなかった。来年1月のシンポジウム発表当日にはその成果をご報告できると考える。

山岳トンネルの覆工コンクリート施工では、乾燥収縮などによるひび割れ発生に厳しい評価が下される状況にあるが、今回開発した自走式噴霧養生装置がその改善策の一翼を担い、トンネル施工の効率化、安全性向上に貢献できれば幸いである。

最後になりますが、本装置の開発・製作にご協力いただいた東亜機械工業(株)はじめ関係各位に感謝の意を表します。