

トンネル覆工コンクリート湿潤養生で無人化、低コストを実現

—長いスパンを自動反復走行「WALK ミスト工法」—

戸田建設（株）（社長：今井 雅則）と（株）マシノ（社長：増野 裕人）は、トンネル覆工コンクリートの長期湿潤養生方法として、「WALK ミスト工法（自動走行型全周ミスト噴霧工法）」を開発しました。

本工法は、（株）マシノ製の「トンネルミスト：NETIS CG-080012-VR」を基本構造として、任意に設定した区間のレール上を、ミスト噴霧ノズル等を装備した装置が自動で反復走行しながら、覆工コンクリート面の全周に長期間ミストを噴霧するコスト面でも優れた工法です。

当社施工の『瀬目トンネル（熊本県）』において、「WALK ミスト工法」による長期湿潤養生を実施し、湿潤効果、施工性、安全性について十分な効果を確認しています。

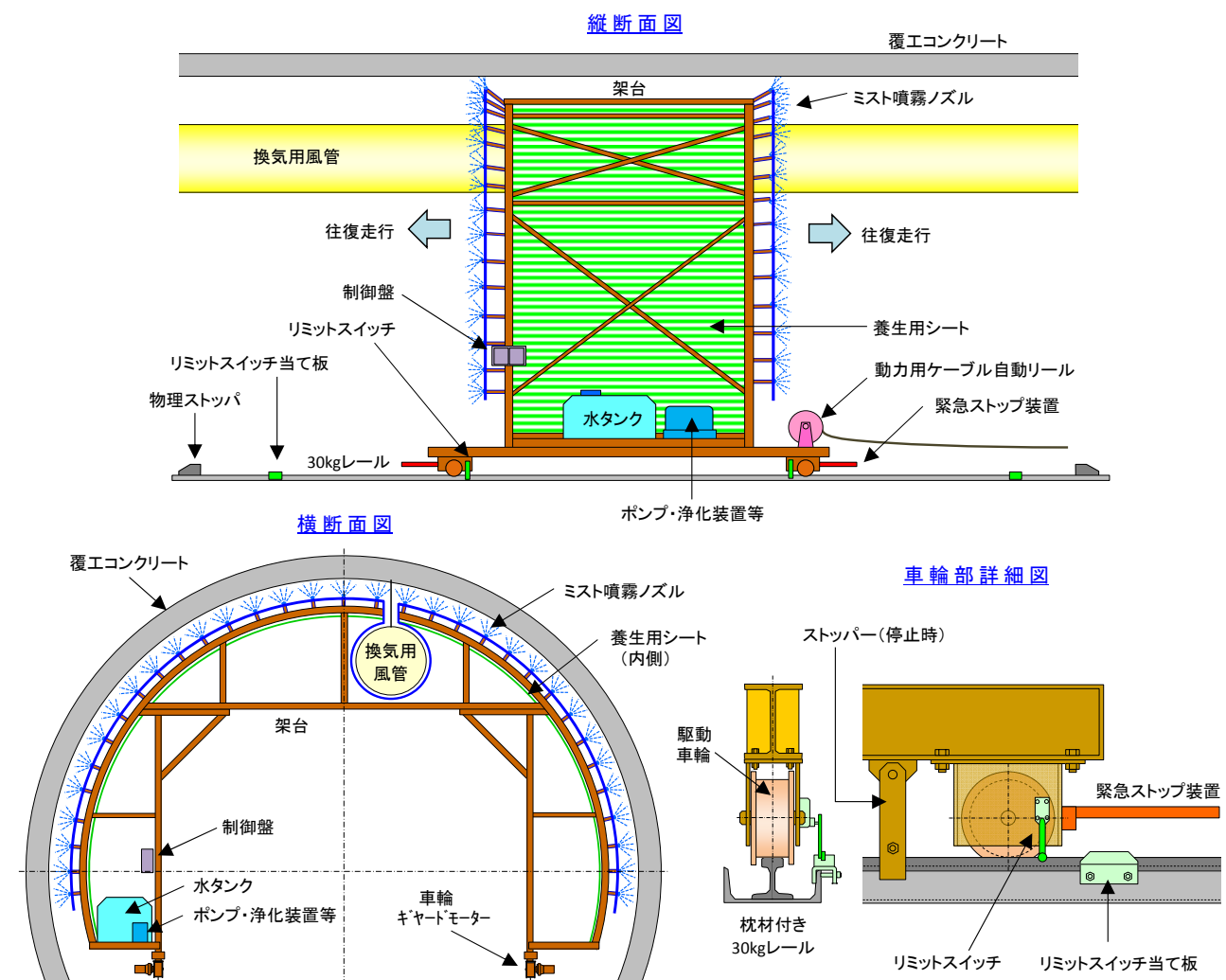


図-1 WALK ミスト工法の装置のしくみ

1. 開発の背景

トンネルの覆工コンクリートは道路、鉄道、水路などの空間を長期にわたり安全に維持する必要がありますが、供用後の補修が困難なため、高い耐久性が求められる構造物です。耐久性確保のためには、コンクリート露出面積が大きく水分が逸散しやすい形状であることから、セメント^{*1}脱枠後の湿潤養生が特に重要です。

※1) 覆工コンクリート打設用のアーチ状特殊型枠

脱枠後の湿潤養生は、十分な耐久性を確保できるよう一定以上の期間実施する必要がありますが、現在、様々な設備を用いた多様な方法（浸水工法・ミスト散布工法・表面被覆工法など）が採用されて、その効果が確認されています。しかしながら、比較的長い区間の湿潤養生を実施する場合は、工法によっては区

間全域にわたる多大な設備費用と施工手間がかかることが課題となっていました。

今回開発した「WALK ミスト工法」は、湿潤性能を十分に確保した上で装置の可動性により設備コストを大幅に削減し、さらに作業を自動化（無人化）させた長期湿潤養生工法で、品質と生産性の向上に寄与します。

2. WALK ミスト工法の特徴

本工法は、路盤に設置した2軌のレール上を装置本体が自動（無人）で往復走行するもので、3～12スパン（約30～130m）の覆工コンクリート全面を均一にミスト噴霧する場合に適しています。養生区間全域に設備を設ける工法に比べコスト面で優れています。

以下に、本工法の概要・特徴を示します。

【湿潤性能】

- ・円周状に2列に設置した給水管にミスト噴射ノズルを約50cm間隔に設置します。前列と後列のノズルの位置を25cmずらしているため、覆工コンクリート面を万遍なく湿潤状態にできます。
- ・ミスト噴射ノズル1個当たりの噴射水量は約0.12ℓ/分、噴射広角は約90°です。
- ・ミストの供給水は装置本体上に設置した水タンクから供給します。600ℓタンクの場合、約12時間の連続ミスト噴霧が可能です。このため、夜間でも無人で稼働させ続けることが可能です。

【走行性能】

- ・リミットスイッチによりレール端部を検知することで、走行を反転させ、任意に決めた一定区間を何回でも自動で往復させることができます（図-1参照）。通常の設定速度（約5m/分）で6スパン*2)の場合、同一箇所を1時間に4～5回噴霧し湿潤状態を保持できます。*2)約70m：約14日分の打設距離に相当
- ・走行速度は約5m/分と超低速であり、また、本体の前方と後方に物体や人を感じ検できる緊急ストップ装置を取り付けることで、自動的に停止する機能を持ち、無人で安全に走行させることができます。

【施工性能】

- ・走行モータの電力は固定した分電盤から取りますが、動力用ケーブル自動リールにより自動で電線の延伸と巻き取りを行うことができます。
- ・架台のフレームと噴霧配管に切り欠きや迂回部を設置することで、坑内換気用の大口径の風管があっても走行や湿潤養生の支障となりません。

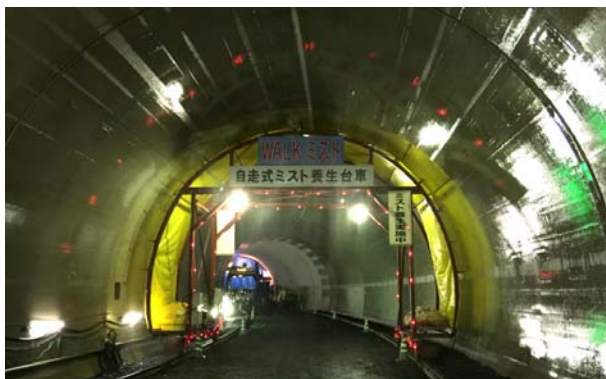
3. 山岳トンネルの覆工コンクリートへの適用結果

当社施工の道路トンネル『瀬目トンネル（熊本県）』において、33スパン（約350m）区間の覆工コンクリートに「WALK ミスト工法」による長期湿潤養生を実施しました（写真-1参照）。

この実証確認により、「WALK ミスト工法」による間欠的なコンクリート表面へのミスト噴霧でも、噴霧作業中はコンクリート表面の相対湿度を95%RH（RH：相対湿度）以上確保でき、ミスト噴霧を停止させた場合でも、坑口からの通風を遮断すれば、約12時間以上85%RH以上であり、十分な湿潤状態を確保できることを確認しました（図-2参照）。

また、本体の往復自動走行時の安全性に問題がないこと、及び、急曲線を有するトンネルでも対応可能（瀬目トンネル：R=190m）であることを確認しました。

※掘削完了後の覆工施工のため風管は撤去済み



※実証実験工事のため緊急ストップ装置は設置していない



写真-1 WALK ミスト稼働状況（瀬目トンネル）

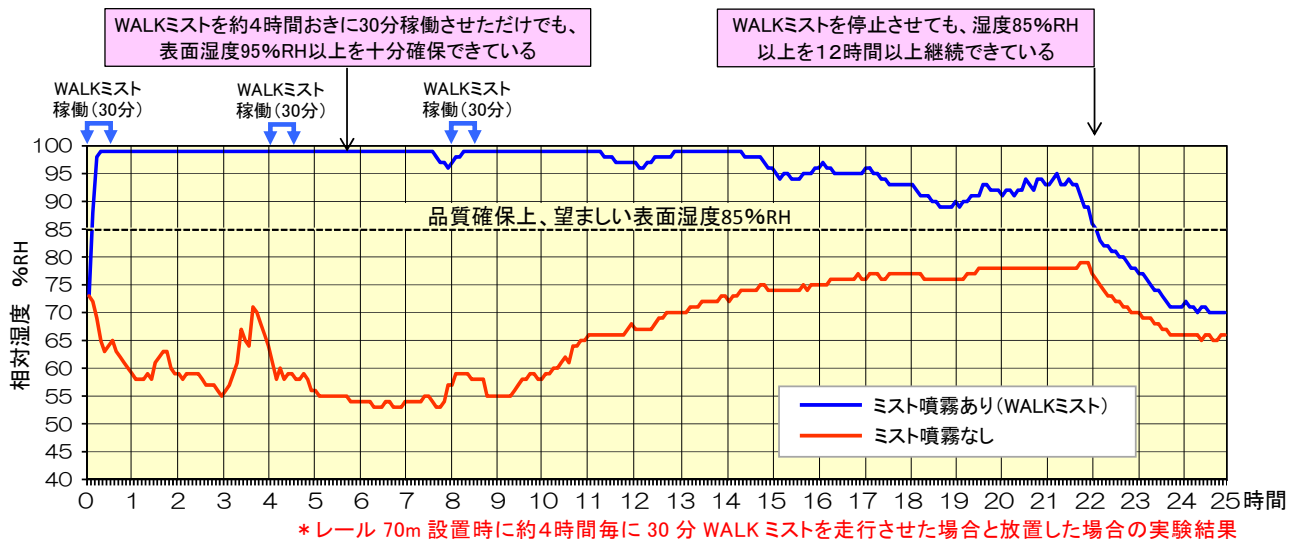


図-2 WALK ミスト工法の効果(瀬目トンネルにおけるコンクリート表面の湿度比較測定結果)

WALK ミストは常時同一箇所を連続してミスト散布する方法ではなく、間欠的にミストを噴霧する工法ですが、覆工コンクリートの水和反応に必要な湿度（水分供給）を確保する目的から言えば、少ない水の供給量で十分な湿潤性能を得られる工法であることを実証実験により確認できました。

なお、6ヶ月経過時点（2017年2月10日現在）において覆工コンクリートに有害なひび割れは発生していません。

4. 今後の展開

安価で確実な効果を得られる工法であり、今後、当社で施工を予定しているトンネル工事に積極的に本湿潤養生工法を採用していき、覆工コンクリートの品質向上と共に、本装置のさらなる改良を行う予定です。また、一般に広く活用できるよう、新技術情報提供システム：NETIS への登録を予定しています。

製造・販売は(株)マシノから、2017年夏以降（NETIS登録後）を予定しています。