

03-180	インテリジェントパイプ クーリングシステム (パイプクーリング自動制御システム)	三井住友建設
--------	--	--------

▶ 概 要

セメントの水和熱に起因する温度ひび割れの発生が懸念されるコンクリート構造物に対しては、ひび割れ発生の有無やひび割れが構造物の性能に与える影響を事前に照査し、適切な対策を講じる必要がある。しかしながら、事前の照査では、標準的な物性値や打込み時に想定される環境条件などを用いた照査となり、それらに変化が生じた場合には計画した制御効果が得られない可能性もある。また、その対策についても設計や施工計画の段階において決定され、実施されるもので、実際の施工時における条件変化には対応できないものがほとんどである。そこで、より確実な制御を行うために、コンクリート打込み後においても運転制御が可能なパイプクーリングに着目し、施工時における温度ひび割れ制御システムを開発した。

パイプクーリングとは、あらかじめコンクリート中に埋め込んだパイプの中に水や空気を流して、打込んだ後のコンクリートを冷却する方法である。一般には、事前の温度応力解析によって決定された条件で運転が行われるが、施工時にコンクリート温度の計測データを参考にして、技術者が手動で温度や流量などを調整することも可能である。ただし、長時間にわたる常時監視・調整は現実的ではなく、アラーム機能などを用いた遠隔操作も考えられるが、タイムラグを生じ、急激な変化に対しては対応できない可能性がある。

『インテリジェントパイプクーリングシステム』は、それらの施工時制御における問題を解決するものであり、打込み後のコンクリート温度をもとにパイプクーリングの通水温度を自動

制御するシステムである。本システムの適用により、無人であっても迅速かつ確実な温度ひび割れ制御が可能になり、省力化も図れる。

▶ 特 徴

①温度ひび割れ制御の確実性向上

施工時のコンクリート温度や外気温などが変化した場合でも、打込み後のコンクリート温度をもとにパイプクーリングの通水温度を適切に調節することにより、計画した温度ひび割れ制御効果を確実に得ることが可能になる。

②完全自動制御

事前の温度応力解析の結果をもとに水温自動制御装置に制御温度を設定するだけの完全な自動制御である。自動制御にすることによって、迅速かつ確実な制御が可能であり、省力化も図れる。

③混合方式による水温調節

常温水（水を循環使用する場合、温度が上昇する）に低温水（常温水よりも低い温度の水：常温水-10℃程度）を混合する混合方式による水温制御を採用することによって、水温調節のレスポンスを高めた。常温水と低温水を瞬時に切替えることにより、急速冷却や過冷却防止が可能になる。

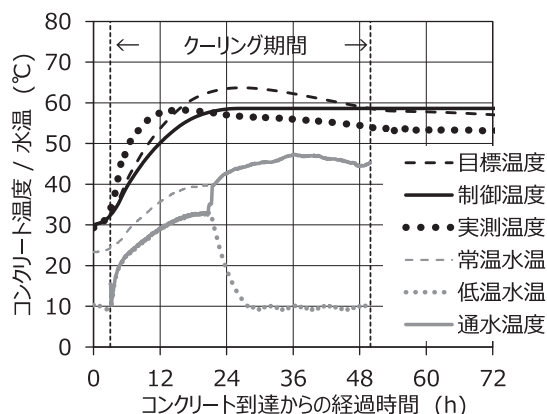


図-2 パイプクーリング水温制御事例

▶ 用 途

- ・コンクリート構造物の温度ひび割れ対策

▶ 実 績

- ・大型水門工事（カーテンウォール：幅 18.1 m × 高さ 12.3 m × 厚さ 2 m × 2 基）

▶ 問 合 せ 先

三井住友建設(株) 広報室

〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号

TEL：03-4582-3015

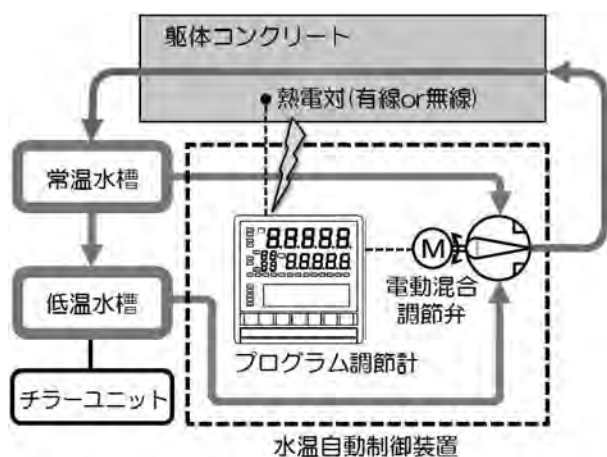


図-1 システム概要図

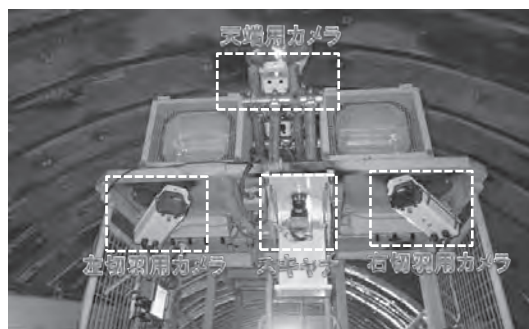
新工法紹介

04-353	汎用型ドリルジャンボに搭載する 差角誘導システム (MOLEs)	鹿島建設 演算工房
--------	-------------------------------------	--------------

概要

発破工法を採用する山岳トンネルでは、発破掘削時の余掘り低減と進行率の向上が工期短縮とコスト縮減に直結する。そのため、発破の装薬削孔において、設計通りの孔位置、削孔長、角度となるよう精度の高い削孔が求められる。近年、コンピュータジャンボの導入が進められてきているが、機体が高価なため導入数はまだ限定的である。そのため、現状活用されている大多数の汎用型ドリルジャンボに対しても、精度の高い削孔を誘導するシステムの開発が求められた。

今回開発した差角誘導システム (MOLEs) は、汎用型ドリルジャンボを対象とし、鹿島独自の 3D スキャナ技術に演算工場の削孔ガイダンスシステム『MoGraSS』を付加した新しい削孔誘導システムである。ドリルジャンボに新たに設置する機器は、ターゲット (ドリルジャンボの位置や姿勢を把握)、スキャナ (切羽面の不陸を把握)、動画カメラ (切羽面とブームの動きを連続的に同時に把握)、モニタ (削孔誘導画面を表示) のみの簡易なシステムとなっている (図—1)。



図—1 差角誘導システム (MOLEs) の構成

特徴

①汎用型ドリルジャンボに取付け可能

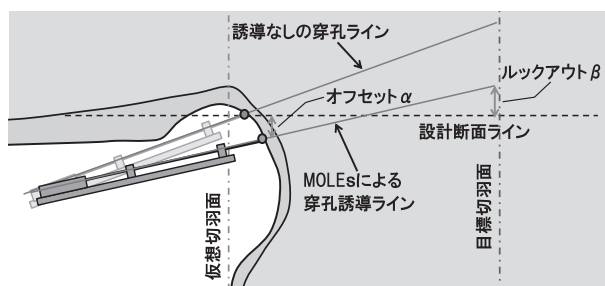
ドリルジャンボの機種を問わず、簡単に後付け設置ができるため、費用は廉価である。また、ブーム等に設置するモーションセンサ類が一切不要なため、振動や粉じん、削孔水による故障も少ない。

②実切羽の不陸を考慮した正確な誘導 (図—2)

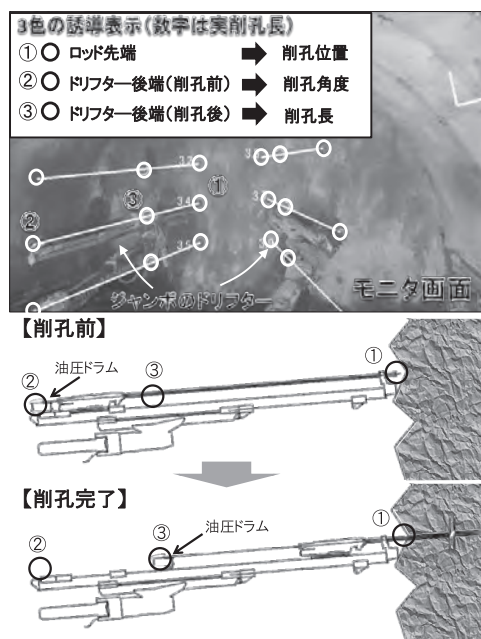
削孔対象の切羽面をスキャニングし、実切羽面の凹凸情報に基づく削孔位置を計算し誘導するため、仮想切羽面上での誘導で生じていた操作性の悪さや実切羽面とのズレがなくなる。

③簡易な誘導方法 (図—3)

オペレータは、モニタ上に表示された誘導位置①と②にブームの先端と後端を合わせ、削孔位置と角度を調整し、油圧ドラムが③に到達するまで削孔することで、孔尻を目標切羽で計画通りに一致させることができる。また、モニタ上では、自身の操作するブームをリアルタイムで確認できるため、視覚的に分かりやすく操作が簡単である。



図—2 実切羽の不陸に応じた削孔誘導



図—3 視覚的に分かりやすい誘導方法

用途

・装薬削孔時の削孔誘導

実績

・国道45号 唐丹第3トンネル工事

問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部

〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11

TEL: 03-5544-0713

新工法紹介

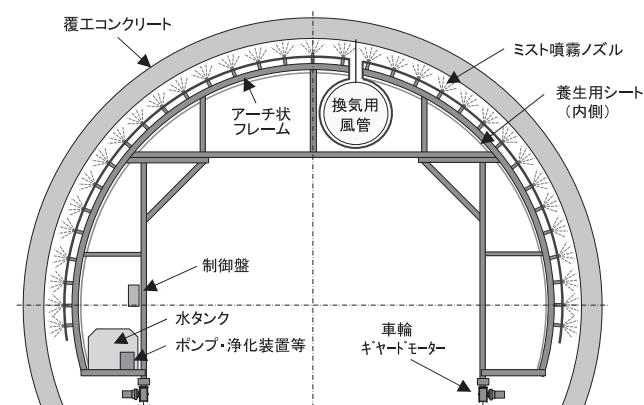
04-383	WALK ミスト工法	戸田建設 マシノ
--------	------------	-------------

▶ 概 要

トンネルの覆工コンクリートは、外気に露出する面積が大きく、坑内換気やトンネル貫通後の通風により、水分が逸散しやすい環境にある。そのため、セントル脱型後は、様々な設備を用いた養生方法が採用され、適切な期間、覆工コンクリート表面が湿潤状態に保持されている。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、工法によっては多大な設備コストと施工手間が必要であることが課題となっていた。

戸田建設とマシノは、これらの課題を踏まえ、湿潤性能を十分に確保したうえで、設備コストと施工手間を大幅に削減するWALK ミスト工法（以下、本工法という）を開発した。本工法は、マシノ製の「トンネルミスト：NETIS CG-080012-VR」を基本構造としている。ミスト噴霧ノズルを約 50 cm 間隔で取り付けたアーチ状フレームを 2 列装備した可動装置が、路盤に設置した 2 条のレール上を自動（無人）で往復走行するものである（図—1）。養生区間全域に設備を設ける工法に比べて、1 スパン未満の設備で済むため、コスト面で優れている。

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 350 m）の覆工コンクリートに本工法を適用し、その効果を確認した（写真—1）。本工法を用いれば、約 4 時間毎の間欠的なミスト噴霧であっても覆工コンクリート表面の相対湿度を常時 95% RH 以上に保持できることを確認した。また、可動装置の往復自動走行時の安全性および急曲線を有するトンネルへの適用性に問題がないことを確認した（瀬目トンネル：R = 190 m）。



図—1 WALK ミスト工法の設備概要

▶ 特 徴

①湿潤性能

- ・アーチ状フレームに取り付けられたミスト噴霧ノズル（噴霧広角約 90°）は、周方向に約 50 cm 間隔、トンネル軸方向の前列と後列で約 25 cm ずつずらして取り付けているため、覆工コンクリート表面をむらなく湿潤状態にできる。
- ・可動装置に設置したタンク（容量：600 ℓ 等）から水を供給することで、一定時間無人で連続噴霧できる。なお、ミスト噴霧ノズル 1 個当たりの噴霧水量は約 0.12 ℓ/分である。

②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、走行方向を反転させ、任意に設定した一定区間（最長 12 スパン、約 130 m）を何回でも自動で往復させられる。例えば、通常の設定速度（約 5 m/分）で 6 スパン（約 70 m）を養生する場合、同一箇所を 1 時間に 4～5 回ミスト噴霧できる。
- ・可動装置の走行は低速度（約 5 m/分）であり、前方と後方に物体や人を検知して自動停止する緊急ストップ装置を取り付けることで、無人で安全な走行が可能である。

③施工性能

- ・動力用ケーブルの自動リールを装備しているため、無人で走行中の電線の延伸と巻取りができる。
- ・アーチ状フレームに切欠きや噴霧配管に迂回部を設けることで、坑内換気用の大口径風管があっても走行およびミスト噴霧が可能である。



写真—1 WALK ミスト工法適用状況（瀬目トンネル）

▶ 用 途

- ・覆工コンクリート

▶ 実 績

- ・瀬目トンネル（熊本県）

▶ 問 合 せ 先

戸田建設(株) 本社 土木技術営業部
〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1
TEL：03-3535-1607（代表）

新工法紹介

04-384	AR (拡張現実) 技術を活用した トンネル維持管理システム	鴻池組
--------	-----------------------------------	-----

概要

トンネルを含む土木構造物や建築構造物は、施工中にコンクリートのひび割れや不具合を調査後、各事業者引き渡される。その後、事業者は構造物の点検調査を継続的にしながら補修補強の必要性を判断し実施する。しかし、供用中の構造物における点検調査は、構造物の複雑化、調査の時間的制約、排ガスなどの汚れた条件下において、前回の調査と見比べながら行わなければならないため、ひび割れや不具合の発生や進展を見落とす可能性があった。そのため、現地で限られた時間内に効率的な点検調査を行い、補修補強の必要性を適切に判断することが求められている。

AR(拡張現実)技術を活用したトンネル維持管理システムは、トンネルの維持管理に必要な2次元データや3次元データをタブレット端末やウェアラブル端末に登録し、現地に設置したARマーカーやビーコンを用いて構造物の任意の位置に投影するシステムである(図-1)。これにより、現地のトンネル坑内においてコンクリートのひび割れや不具合の発生や進展状況、設計や施工との因果関係を容易に把握できるようになった。また、本技術は、構造物の維持管理に限らず、一般的な土木構造物や建築構造物の施工管理や品質管理にも活用できる。

活用手順

- ①CIMなどで作成した設計や施工、維持管理の2次元データ(切羽観察記録、計測結果、支保パターン、出来形調査など)や3次元データ(ひび割れ展開図、地質・湧水展開図、削孔検層データなど)を、事前にタブレット端末に登録する(図-2)。

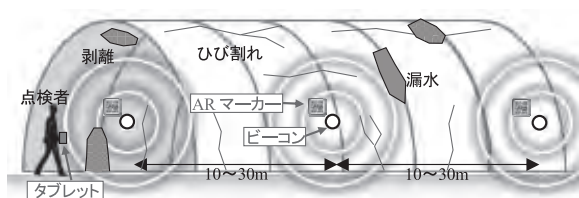


図-1 AR技術を活用したトンネル維持管理システム 概要図

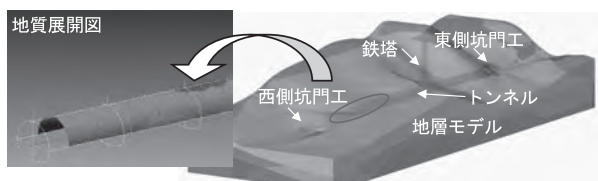


図-2 CIMで作成したデータの登録

- ②現地の覆工側壁部の10～30m毎に、ARマーカーまたはビーコンを設置する(写真-1)。
- ③タブレット端末に内蔵されているARマーカーの読み取り機能やBluetooth機能を用いて点検者のいる任意の位置での2次元データを呼び出す(写真-2)。

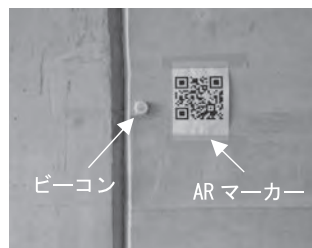


写真-1 ARマーカー、ビーコン設置状況

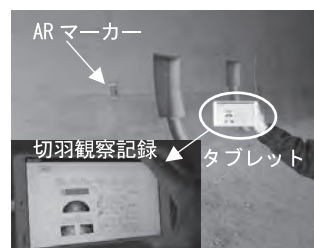


写真-2 2次元データの出力表示

- ④地質展開図やひび割れ展開図などの3次元データは、空間認識技術を利用して覆工の目地形状などを認識させて覆工壁面にマッチングさせる(写真-3, 4)。

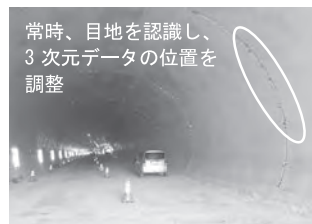


写真-3 空間認識技術



写真-4 3次元データの出力表示

- ⑤これらのデータは、タブレット端末に限らずメガネ型ウェアラブル端末(写真-5)などにも適用できるとともに、クラウドなどを介して随時、最新データに更新することで、現地で適切にAR技術を活用できる。

用途

- ・トンネルを含む土木構造物や建築構造物全般の維持管理

- ・一般的な構造物の施工管理及び品質管理

実績

- ・中部地方整備局 国道23号蒲郡BP五井トンネル(仮称)

問合せ先

(株)鴻池組 土木技術部 若林宏彰

〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1

TEL: 06-6245-6580



写真-5 メガネ型ウェアラブル端末

09-43	斜張橋ケーブル点検ロボット VESPINAE (ヴェスピナエ)	長大
-------	------------------------------------	----

▶ 概 要

斜張橋ケーブルは、主塔と主桁を繋ぎ、その1本毎の張力バランスにより斜張橋全体の形状を保持する、斜張橋の生命線とも言える重要な部材である。その構造の多くは、亜鉛メッキ鋼線や亜鉛メッキPC鋼より線をポリエチレン被覆している。ポリエチレン被覆が損傷した場合、内部への雨水の浸入により鋼線が腐食し、時間経過とともに腐食進行して破断することで、落橋等に至る可能性がある。ケーブル表面亀裂や被覆の剥離を点検し、早期に補修・補強対策を行うことが、斜張橋の安全性を確保する上で必要不可欠である。

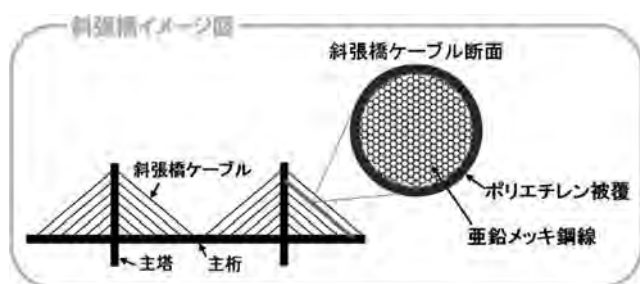


図1 斜張橋ケーブルのイメージ

平成26年度の国土交通省令39号により、2.0m以上の全ての橋梁に対して、5年に1回の頻度で、近接目視等による点検を行うことが義務付けられた。斜張橋ケーブルについても、点検の対象である。

従来の手法は、高所作業車を使用した作業員による目視点検であり、高さ30m程度以上の位置にあるケーブル部分は双眼鏡等を用いた遠望目視とするなど、点検品質に課題があった。また、作業員が直接高所での点検作業を行うため、作業員の安全確保および落下物対策といった安全管理上の課題もあった。点検中には大規模な交通規制が必須となるため、点検期間が長期に亘る点も課題であった。

長大は、これらの課題を解決するため、国立大学法人長崎大学と協機電工業㈱の協力を得て、斜張橋ケーブル点検ロボット「VESPINAE」を開発した。現在、特許出願中（特願2017-21698）である。

VESPINAEは、本体に装着されたプロペラ推進力を動力とし、ガイドローラーを介してケーブル全延長に亘って走行するロボットである。走行時に付属のカメラでケーブル表面の近接動画を撮影し、短時間でケーブル表面の画像を取得することができる。

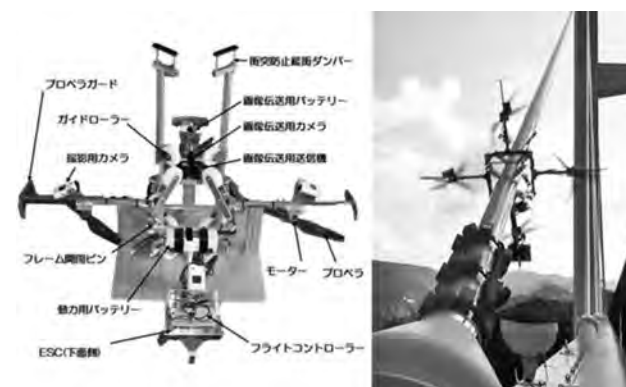


図2 ロボット概要および動作状況

ロボットは、橋面上などの安定・安全な場所から操縦者によって遠隔操作する事が可能で、作業員が直接高所に行くことなく、安全かつ迅速に斜張橋ケーブル点検を行うことを可能にした。

▶ 特 徴

①高い安全性の確保

1本のケーブルをフレームで取囲む構造であり、ケーブルからのロボット逸脱・落下を防止する。

②作業時間の短縮

4つのプロペラと電動モーターの推力を利用し、高速でケーブルを走行可能である。撮影時以外は高速で移動することができるため、現場作業時間の短縮が可能で、交通規制の時間短縮など周辺への影響も軽減できる。

③鮮明なケーブル表面の近接画像の取得

外周4方向に設置した高画質デジタルカメラにより全方位から撮影した近接画像で0.1mmの損傷も発見可能である。結果は電子画像データとして記録保存し、複数の技術者によって画像確認や損傷評価・診断を行うことで、ケーブル点検の品質確保・向上が期待できる。

④軽量の本体構造

フレームにはアルミニウムを用いることで軽量化（総重量約7kg）を図り、運搬、搬入、据付作業が容易である。

▶ 用 途

・斜張橋、エクストラードード橋、吊り橋等におけるケーブル点検

▶ 実 績

・長崎県道路公社 ながさき女神大橋（ケーブル径Φ113～176mm）

▶ 問 合 せ 先

㈱長大 構造事業本部 技術管理室

〒104-0054 東京都中央区勝どき1丁目13番1号

E-Mail : info-vespinae@chodai.co.jp