

## 新工法紹介 機関誌編集委員会

03-187	ハイブリッド耐火被覆工法 (耐火被覆吹付ロボット)	鹿島建設 鹿島フィット 万象 HD
--------	------------------------------	-------------------------

### ▶ 概要

鉄骨造建物では、火災時の崩壊を防止するために鉄骨表面に耐火被覆処理を施す必要があり、一般的な工法はロックウールをセメントスラリーと混合した被覆材を鉄骨に吹付ける。しかし、この吹付作業時には被覆材により粉じんが発生し、防じんマスクなど保護具の着用が必要となるため作業負担は大きく、建設就業者の高齢化が進む中では、今後、耐火被覆作業に従事する作業員は不足すると予想されている。

2018年11月に鹿島建設は「鹿島スマート生産ビジョン」を策定し、「作業の半分はロボットと」をコアコンセプトの一つとして、繰り返しの作業や苦渋を伴う作業、自動化により効率や品質にメリットを得られる作業などを対象に、自動化・ロボット化を推進している。そこで、耐火被覆作業は人にとって苦渋を伴う作業と位置付け、将来のロボット化に向けた取り組みを進めている。

### ▶ 特徴

#### 1) ハイブリッド耐火被覆工法

本工法は、耐火被覆の吹付けにおける難度が高く、脱落の恐れがある下フランジには高耐熱ロックウールフェルトを巻き付け、ウェブと上フランジには高耐熱粒状綿という新たな被覆材を吹付けるという、2種類の被覆材を組み合わせた合成耐火工法である。

従来の被覆材では、被覆部に必要な密度を確保するため、吹付けた後に鋺（こて）を用いた押しさえ作業を必要としたが、高耐熱粒状綿は一般的なロックウール粒状綿より高密度なため、鋺押しさえ作業を不要とする。また被覆の厚さも薄く出来るため、作業の省力化や材料コストの低減を図れる。

下フランジをロックウールフェルト巻とすることにより、下フランジの吹付け作業によって特に多く発生する被覆材の飛散はなくなり、作業環境も改善される（図-1）。

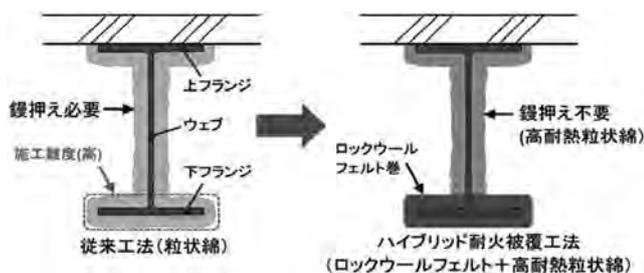


図-1 ハイブリッド耐火被覆工法イメージ図

#### 2) 耐火被覆吹付ロボット

本ロボットは、

- ①汎用7軸マニピュレータを採用し、人と同様の動きを再現することによる高品質な吹付を実現
- ②吹付高さは5.5mまで可能
- ③BIMデータを基に鉄骨の形状に合わせて自動に梁一本の吹き付けを連続して実施可能

梁のウェブと上フランジ部についてロボットが自動吹付けを行う。既に開発済のハイブリッド耐火被覆工法へ適用することで、さらに効果的に活用することが可能となる。

これにより、作業員の高所作業車に乗降する時間及び吹付作業時間は大幅に短縮されて、さらに被覆材の飛散を約3割低減することも可能なため、大幅な作業環境改善を実現できる。

また、ロボットによる自動吹き付けを行う間には、作業員はより高い技能を必要とする箇所の被覆作業を行うなど、ロボットと人の協働によって生産性の向上と高品質な施工を可能とした（写真-1）。



写真-1 耐火被覆吹付ロボット

### ▶ 用途

- ・高耐熱粒状綿による耐火被覆吹付け

### ▶ 実績

- ・東京都内の建築工事現場

### ▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 建築管理本部

〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11

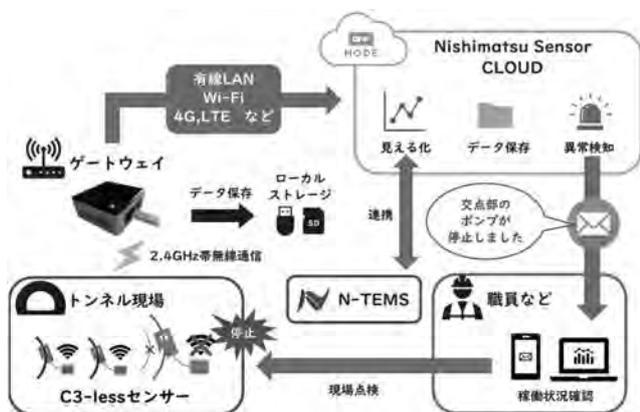
TEL : 03-5544-0299

04-422	水中ポンプ監視システム 「Newt (ニュート)※」	西松建設
--------	-------------------------------	------

▶ 概 要

山岳トンネル掘削時にトンネル坑内で発生する湧水は、トンネル最先端部（以下、切羽）から水中ポンプと排水管により坑外まで排水され、濁水処理設備にて処理、放水されている。長距離トンネルにおける斜坑の交点部や下り勾配の切羽において、ひとたび水中ポンプが停止すると、トンネル坑内の重機や設備の水没、坑内路盤を傷めるなど重大な損害が発生する。そのため、トンネル現場においては現場が長期間休工する週末や、大型連休中においても水中ポンプの稼働を確認するための人員を配置している。しかし、将来的な建設労働人口の減少や働き方改革とともない、休日に人員を配置することが難しくなる中で、省人化を図るために水中ポンプの稼働を無人で監視可能なシステムの導入が望まれていた。

本システムでは、無給電・無線電力センサー「C3-less センサー」を活用している（図一参照）。電力センサーは、電線内に流れる電気の漏れ磁束により自ら発電することで、計測した電流値をゲートウェイに無線送信することができる。電流値のデータはゲートウェイから当社専用のクラウドサーバに5秒毎にアップロードされ、閾値を超えるデータを検出するか、水中ポンプがなんらかの原因により停止してデータがある指定した時間アップロードされない場合に、現場のパトライトが点灯するとともに、関係者に警報メールがプッシュ方式で送信される。そのため、水中ポンプの稼働を確認するためにトンネル坑内を巡回する人員を配置する必要がなくなり、水中ポンプの停止をいち早く知ることで、対応も迅速に行うことが可能となる。



図一 「Newt」運用イメージ

▶ 特 徴

(1) 水中ポンプの稼働監視

水中ポンプの電線に流れる電流を計測することで、水中ポンプ停止時に速やかに警報メールをプッシュ方式で関係者に送ることが可能である。

(2) 設置が簡単

ゲートウェイを現場内のインターネット回線もしくはLTE回線などに接続し、C3-less センサーを分電盤内の電線を挟みこむように後から設置するだけで、すぐに監視が開始できる。

(3) 電池交換不要

電力センサーは電線に流れる電流の漏れ磁束により自己発電するため電池は内蔵されておらず、電線に電流が流れる限り継続的に監視が可能である（図一2）。



図一2 電力センサー取付け状況

(4) 電流値のクラウド監視

水中ポンプ以外にも様々な設備の電流値の計測が容易になるため、当社開発の「N-TEMS：西松トンネルエネルギーマネジメントシステム」と連携して、きめ細かな消費電力の管理を行うことで、現場の消費電力量削減に貢献できる。

本システムを活用することで、水中ポンプの稼働を無人監視し、トンネル坑内の水没を未然に防ぐことが期待される。

▶ 用 途

- ・水中ポンプの無人監視
- ・消費電力量の見える化

▶ 実 績

- ・大野油坂道路荒島第2トンネル下山区工事

▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 技術研究所 土木技術グループ  
〒105-6407 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号  
虎ノ門ヒルズビジネスタワー  
TEL：090-7083-3646

※ Newt (ニュート)：イモリの意。古来よりイモリは井守ともいわれ井戸の守り神とされる

## 新工法紹介

10-45	T-Con・PAS コンクリート最適打込み 計画支援システム	大成建設
-------	--------------------------------------	------

### 概要

コンクリート構造物の品質確保には、コンクリートの施工において適切な打込み計画を立案して管理することが重要である。通常、コンクリートを連続して打ち込む場合には、先に打ち込んで固まり始めたコンクリートに新しいコンクリートを打重ねるまでの「打重ね時間間隔」に留意が必要である。打重ね時間間隔が開くと境界面にコールドジョイントが発生し、構造物の品質低下につながる恐れがある。そのため、従来は、打重ね時間間隔ができるだけ短くなるように構造物の形状、コンクリートポンプ車の配置や打込み量など様々な施工条件を基に現場技術者が打込み順序を計画していた。しかしながら、検討項目が多岐に亘るため、最適な打込み計画の策定には多くの課題があった。

これに対し、大成建設はコールドジョイント発生リスクを低減し、施工品質の向上を図るため、打重ね時間間隔が短くなるよう打込み計画を自動作成する、コンクリート最適打込み計画支援システム「T-Con.PAS」を開発した。

### 特徴

(1) 自動計算により最適な打込み計画を提示

施工ブロックの配置、1台のコンクリートポンプ車で施工できる範囲やポンプ車の圧送能力・台数・配置などの施工条件を入力し、最適な打込み順序や各ブロックの打重ね時間間隔を瞬時に自動計算する。その結果を3次元画像化して確認すること

が可能で、ポンプ車の必要台数や最適な配置などを事前に検討できる。

(2) 急な計画変更にも柔軟に対応

施工中の急な計画変更（コンクリート供給能力や可動ポンプ車台数の変更など）が生じた場合でも、施工条件を再入力することで、最適な打込み順序を再計算し、迅速な対応をとることができる。

(3) 誰でも最適な計画が策定可能

技術者の経験に依存せず、誰でも最適な打込み計画を策定することができる。

### 検討例

検討結果を図-1に示す。現場で作成した当初案と比べ、T-Con.PASによる自動計算では最大打重ね時間を2割程度短縮することができ、コールドジョイント発生リスクの低減効果が確認された。また、コールドジョイント発生リスクが高い（打重ね時間間隔が長い）箇所を容易に確認することができ、施工時には該当箇所に留意して打込みを行うことができる。これにより施工時の品質向上やコストの低減、事前検討作業の短縮による生産性向上などの効果が期待できる。

### 用途

・コンクリート構造物のコールドジョイント発生リスク低減

### 実績

・天ヶ瀬ダム放流設備建設工事（京都府）

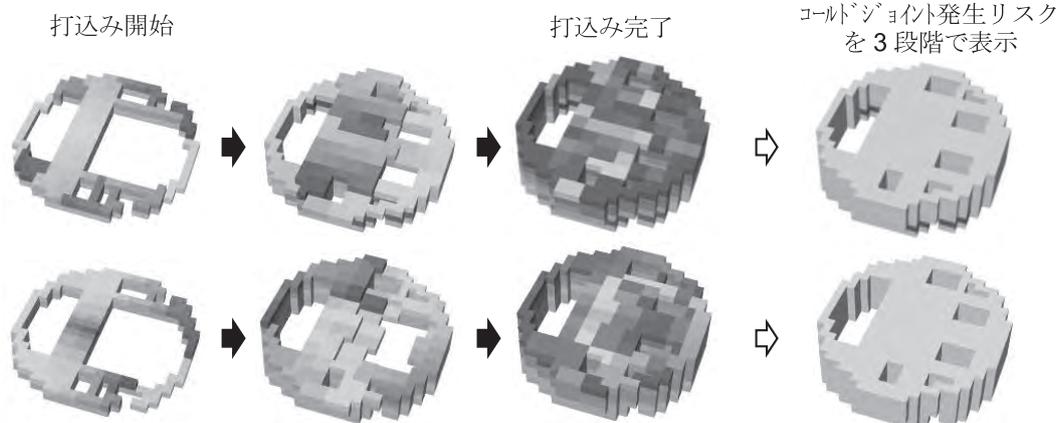
### 問合せ先

大成建設(株)技術センター 生産技術開発部  
〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1  
TEL：045-814-7219（ダイヤルイン）

打重ね時間間隔  
0分 120分

当初案  
(最大 120.5 分)

計算結果  
(最大 100.5 分)



- ・打込み順序と打重ね時間間隔を視覚的に確認可能
- ・計算の結果、当初案よりもコールドジョイント発生リスクが低減

図-1 最適打込み順序の検討結果