

平成 30 年度  
建設技術報告会  
報文集

平成 30 年 10 月

北陸地方建設事業推進協議会

平成 30 年度「建設技術報告会」実行委員会

# 目 次

## 第Ⅰグループ

- |   |                               |    |
|---|-------------------------------|----|
| 1 | 石川県土砂災害情報システム(SABO アイ)の改良     | 1  |
| 2 | EMC壁高欄とスリムファスナー ー床版取替工事の急速施工ー | 4  |
| 3 | 老朽化したのり面の補修補強技術とその適用例         | 8  |
| 4 | 人工知能を用いた舗装診断技術による舗装マネジメントの効率化 | 12 |

## 第Ⅱグループ

- |   |                                     |    |
|---|-------------------------------------|----|
| 5 | 維持管理を考慮した補強土壁工法                     | 16 |
| 6 | 防草パネル(ASK-IIパネル)                    | 20 |
| 7 | 供用中の栈橋を効率的に補強するRe-Pier(リピア)工法       | 23 |
| 8 | ベル工法の技術を取り入れた改築推進(塩化ビニル推進管への置換え)の開発 | 27 |

## 第Ⅲグループ

- |    |                                    |    |
|----|------------------------------------|----|
| 9  | コンクリートのこわばりを低減できる混和剤「チキソリデュース」     | 30 |
| 10 | 複合現実(MR)技術の建設現場での活用「Genba-MR アピアコ」 | 34 |
| 11 | 栈橋の調査診断システム「i-Boat」                | 38 |
| 12 | 消波工の測量点群を用いた消波ブロックのソリッドモデリング技術     | 42 |

## 第Ⅳグループ

- |    |                              |    |
|----|------------------------------|----|
| 13 | 除雪機械の情報化施工技術の検討について          | 45 |
| 14 | ダム堤体嵩上げ工事の工程短縮対策とコンクリートの品質確保 | 49 |
| 15 | 転圧ローラのブレーキアシストシステム開発         | 53 |
| 16 | 石川県立中央病院建替事業                 | 57 |

# 第 I グループ

# 石川県土砂災害情報システム（SABO アイ）の改良

石川県 土木部 砂防課 主任技師 加藤 哲朗

## 1 はじめに

近年、全国各地で土砂災害が多発しており、今年には西日本豪雨、昨年には九州北部豪雨により、多数の死傷者を伴う甚大な被害が発生しました。

石川県では、近年多発する土砂災害から人命を守るため、関係者が意識を共有し、住民の防災意識向上と、迅速な避難行動につなげる方策を検討することを目的に、「土砂災害対策連絡会」（以下連絡会）を平成 26 年度に設置しました。

連絡会では、住民の生命を守るための具体策として、4 本柱でとりまとめた「土砂災害対策アクションプログラム」（図-1）を平成 27 年 3 月に策定し、「迅速でわかりやすい情報発信」の取り組みとして『土砂災害情報システム（SABO アイ）』（以下 SABO アイ）の改良を実施しています。

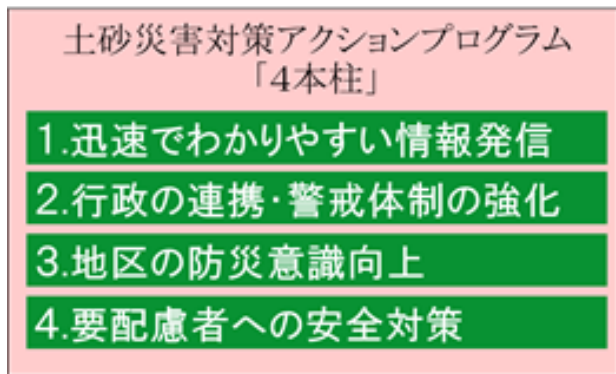


図-1 土砂災害対策アクションプログラム「4 本柱」

## 2 SABO アイとは

SABO アイは、土砂災害警戒区域や土砂災害危険度等の情報をリアルタイムにインターネットで公開するシステムであり、県や市町等の防災活動及び県民の避難行動に必要な土砂災害に関する情報を提供しています。

近年頻発する集中豪雨時においては迅速できめ細かな情報提供が求められるようになってい

ことから、県民の方々がより見やすく、利用しやすいように、平成 29 年度トップ画面の表示を変更（図-2）するなどシステムの充実を図りました。



図-2 土砂災害情報システム（トップ画面）

## 3 SABO アイの改良内容

### 3. 1 迅速で分かりやすい土砂災害危険度の提供

集中豪雨により、急激に危険度が高まるケースに対応するため、危険度の更新間隔を従来の 30 分から 10 分に短縮し、時系列で表示していた土砂災害危険度を、2 時間先まで一目で確認できるようにすることで住民の早期避難を支援しています（図-3）。

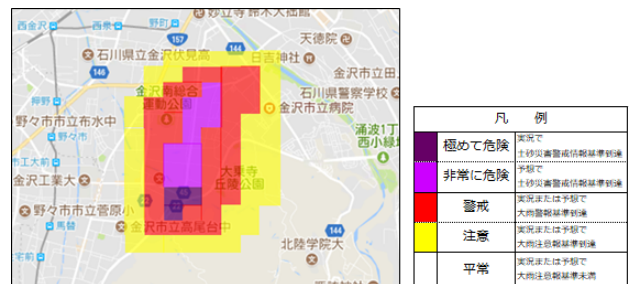


図-3 土砂災害危険度の提供

### 3. 2 きめ細かな情報提供

土砂災害警戒情報は市町単位で発表されますが、具体的に危険度が高まっている地区が分からないという声もあったことから、本県では特に危険度の高まっているエリアを知らせるため、市町

名に加え、地区・校下名を新たにトップページで表示することとしました。(図-4)

また、10分毎に「危険」となった地区・校下名を追記し、表示することで、一目でどこに危険が高まっているかを把握することができます。



図-4 地区・校下名の表示

### 3. 3 スマートフォン対応

スマートフォンの普及に伴い、表示画面が大きく見やすく、ボタン操作も容易な、スマートフォン専用画面を作成しました。GPS機能を活用することにより、現在地周辺の土砂災害に関する情報を表示し、容易に確認出来るようにしました(図-5)。これにより、速やかな自主避難の判断にも役立つものと考えております。

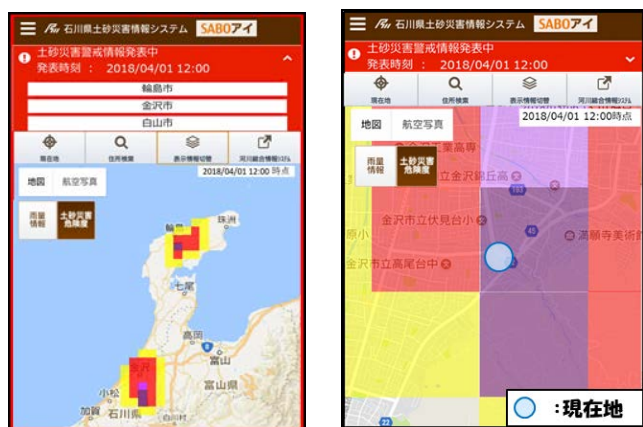


図-5 スマートフォン専用画面

### 3. 4 自主防災マップの作成

土砂災害対策アクションプログラムの4本柱の1つである「地区の防災意識向上」において、地域の自主的な防災・避難活動を支援してきており、今回の改良で「自主防災マップ作成支援ツール」を提供しました。(図-6)

自分で避難場所や経路を自由に配置できるようになっており、この機能を活用することでマップ作成の省力化にも繋がっています。



図-6 自主防災マップ作成支援ツール

### 4 緊急速報メール

大雨警報が発表されている状況で、土砂災害の危険性がさらに高まった際に、気象台と県が共同で土砂災害警戒情報を発表しています。

土砂災害警戒情報については、テレビやラジオ、防災無線、インターネット等を使って迅速な情報伝達を行っていますが、本県では、平成27年度から迅速で確実に、きめ細やかな情報を伝達することを目的として、該当する市町に滞在する全ての方の携帯電話やスマートフォンに緊急速報メールでお知らせしています。

さらに、メール本文に土砂災害の危険が非常に高まっている地区名・校下名を具体的に記載することで(図-7)、速やかな市町の避難所開設や住民の早期避難を支援しています。

### 5 おわりに

本システムへのアクセス数は、平成24年度の約3万件から年々増加し、昨年度は梅雨前線や台風による豪雨が度々発生したことから、過去最多の約14万5千件あり、本システムは多くの方々の情報収集に役立っていると思料していますが、今後とも、啓発チラシや研修会などを通じてさらに周知を図るとともに、速やかな警戒避難体制の構

築や住民の避難行動につながることを期待し、迅速でわかりやすい情報発信に努めていきたいと考えています。

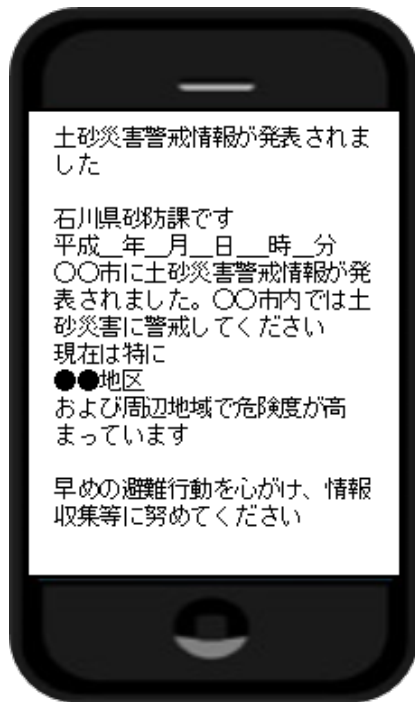


図-7 緊急速報メールの配信画面

# EMC壁高欄とスリムファスナー ―床版取替工事の急速施工―

株式会社大林組 土木本部生産技術本部 橋梁技術部課長 岩城 孝之

## 1 はじめに

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念されている。特に高速道路を含む道路橋では、

- ① 経年劣化(30年以上)の進行
- ② 車両の大型化や大型車交通の増加による床版の疲労劣化
- ③ 積雪寒冷地や飛来塩分による塩害劣化等の影響により、高速道路各社を中心に全国各地において大規模更新工事が発注されている。特に橋梁においては、劣化した鋼橋のRC床版を取り替える「床版取替工事」の割合が多い。一般的に床版取替工事においては、長期間の通行止めが必要となるため、交通渋滞を緩和するための工期短縮が求められる。さらには、プレキャスト床版(PC床版、以降PCa床版)の継手部は、従来技術ではRC構造であるため、施工性や耐久性に劣るという問題点があった。そこで、当社は、床版取替工事において、壁高欄のフルプレキャスト化による工期短縮効果と維持管理性の向上を目指した「EMC壁高欄」の開発とPCa床版継手部の施工性向上と高耐久化を目指した「スリムファスナー」の開発を行い、実橋で採用された。ここでは、床版取替工事の急速施工に寄与する2つの技術開発概要について報告する。

## 2 EMC壁高欄の開発

### 2.1 開発の経緯

EMC壁高欄は Easy Maintainance and

Construction の略称で、フルプレキャスト製の壁高欄である。従来技術のプレキャスト壁高欄は、壁高欄の背面にコンクリート製の埋設型枠を使用して高欄施工用の足場を省略可能としたハーフプレキャスト製のものやフルプレキャストの壁高欄ではすでに様々な種類の壁高欄が商品化されているが、どれも床版と壁高欄の施工性、プレキャスト壁高欄同士との接合方法および維持管理性に課題がある。そこでこれらの施工性および維持管理性の向上を目標にEMC壁高欄の開発を実施した。

### 2.2 EMC壁高欄の構造概要

EMC壁高欄は、工場で作成されたプレキャスト製品を現地でクレーン等により架設し、壁高欄同士および壁高欄と床版をボルトにて接合する構造となっており、優れた施工性を有する。

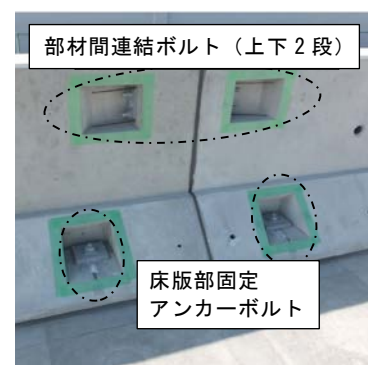


写真-1 壁高欄の全体概要

壁高欄の全体概要を写真-1に示す。また、EMC壁高欄の特徴である、部材間連結ボルトを図-1に、床版部固定アンカーボルトを図-2に示す。

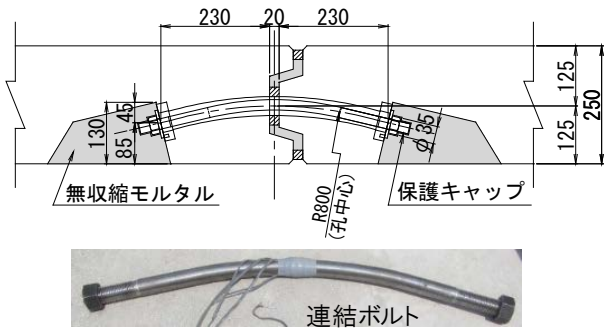


図-1 部材間連結ボルト

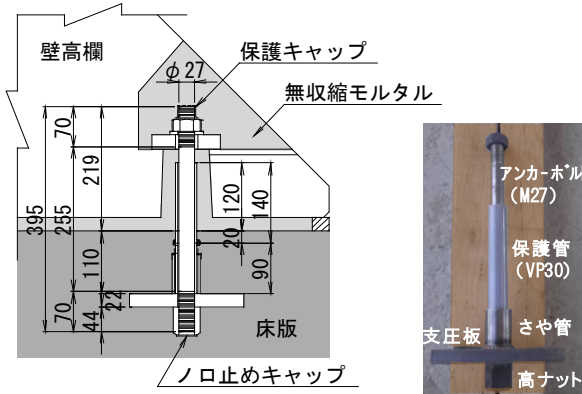


図-2 床版部固定アンカーボルト

## 2. 3 EMC 壁高欄の特長

### 1) 施工性・工程短縮

プレキャスト製品を使用すること、壁高欄同士の部材間の接合を連結ボルトにて簡便に一体化すること、床版との固定を床版部固定アンカーボルトにて固定することから、現場打ち部を少なくすることで、急速施工が可能となる。なお、床版部固定アンカーボルトは、予め床版に埋め込んださや管構造を有する支圧板に接合することで固定する。

### 2) 維持管理性（取替性）の向上

壁高欄同士の部材間の接合および床版と壁高欄を接合するボルトを取替可能な構造とすることで、劣化・衝突等によって生じる壁高欄の交換が容易となり、維持管理性が向上する。

なお、開発に当たっては、維持管理性の観点から、不可視部を降伏させないように、床版部固定アンカーボルトの降伏が壁高欄の破

壊よりも先に生じないように設計した。

### 3) 高耐久性

品質管理が厳格に行われる工場で部材を製作し、使用するボルトにも防錆処理を施すため、高強度かつ耐久性に優れる。

### 4) 施工時の安全性向上

現場打ち壁高欄や一部のプレキャスト壁高欄と比較して、床版上（橋面上）のみの作業で施工が可能となるため、足場や防護工の設置・解体作業が不要となり、施工時の安全性が向上する。

## 2. 4 構造性能の確認

### 1) 静的載荷実験

静的載荷実験を実施し、設計荷重(SB種)の4倍以上の耐力を有することを確認した(図-3)。

### 2) 実車衝突実験

実車衝突実験を実施し、所定の要求性能(SB種)を満足することを確認した(写真-2)。

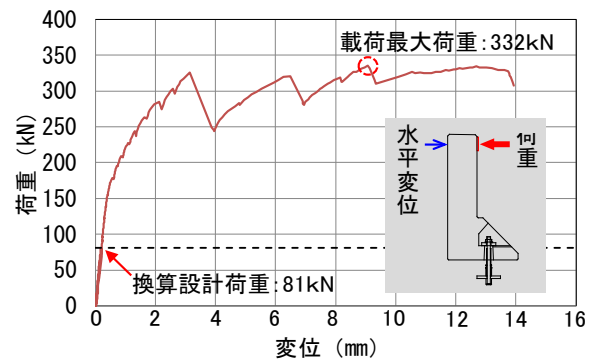


図-3 静的載荷実験(P-δ曲線)



写真-2 実車衝突実験



### 3 スリムファスナー®の開発

#### 3.1 開発の経緯

道路橋床版の取替工事では短工期かつ長寿命化に配慮して道路橋床版の更新は、通常PCa床版を使用する。PCa床版は運搬の制約があり、一般的に橋軸方向に2m程度の間隔でPCa床版同士が接合される。PCa床版の継手部は、重ね継手長を短くする技術が開発され、継手部の鉄筋を曲げ加工し、コンクリートの支圧による応力伝達を期待することにより重ね継手長を短くしたループ継手が一般的に用いられている(写真-3)。



写真-3 ループ継手

また、ループ継手では鉄筋の曲げ半径を確保する必要があることから薄い床版厚には対応できないため、継手部の鉄筋先端に機械式定着を設けることにより重ね継手長を鉄筋径の15倍程度と短くし、薄い床版厚にも対応できる工法(以降、鉄筋機械式定着継手)が開発されている(写真-4)。



写真-4 鉄筋機械式定着継手

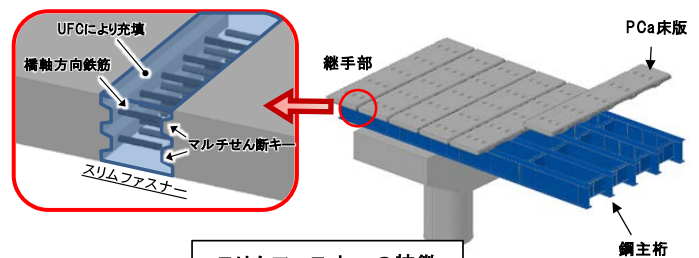
一方で、鉄筋機械式定着継手であっても、継手部に配置される橋軸直角方向鉄筋を現場で組み立てる必要があり、床版取替工事の工期短縮の妨げとなっていた。また、間詰材にはPCa床版と同強度程度のコンクリートを現場で打ち込むが、疲労に対する性能に課題を残している。

そこで、当社では以上の課題をクリアするために新しい継手工法(スリムファスナー®)を開発した。開発にあたっては、以下の項目に着目して開発を行った。

- ① 現場作業の省力化
- ② 強度・剛性がPCa床版一般部と同等
- ③ 優れた耐久性

#### 3.2 スリムファスナー®の構造概要

開発したスリムファスナーは、PCa床版の接合部に超高強度繊維補強コンクリート(UFC)を用いた工法である(図-4)。当社が開発した常温硬化型のUFC「スリムクリート®(図-5)」は、現場における常温養生で高い強度を発揮するため、継手幅を従来工法の約半分にし、支保工不要の埋設型枠のみで打込みが可能になる。また、これまで必要だった橋軸直角方向の追加鉄筋もなくなり、迅速に工事を進めることができる。



**スリムファスナーの特徴**

- ・間詰材: 常温硬化型UFC(スリムクリート)
- ・橋軸直角方向鉄筋: なし
- ・橋軸方向鉄筋: あき重ね継手
- ・接合面: マルチせん断キー

図-4 スリムファスナー

**UFC(スリムクリート)の構成材料**

超高強度モルタル + 超高強度鋼繊維

図-5 スリムクリート

接合面はマルチせん断キーと呼ばれる凹凸形状とし、接合面のせん断強度とともに、

PCa 床版と接合部の付着強度も高め、接合面に目開きが生じない。

このように「スリムファスナー<sup>®</sup>」は、急速施工を可能にしながらも、耐久性の高い PCa 床版の継手工法である。

### 3. 3 スリムファスナーの特長

#### 1) 生産性の向上と工期短縮

橋軸直角方向鉄筋が不要かつ鉄筋の重ね継手長が 5φ と縮減できることから、継手幅も従来の約 50% まで狭くなり (図-6)、埋設型枠の採用も可能とした (写真-5)。

このため鉄筋工や型枠工が軽減し、継手工の生産性を最大 200% 向上できる。



図-6 スリムファスナー継手



写真-5 支保工兼用埋設型枠

#### 2) 維持管理費の低減

高耐久性を有する UFC の使用により、設計耐用期間において材料劣化は無く、有害物質の侵入も防止できる。また、UFC はひび割れ抵抗性と付着強度が高いため、ひび割れや目開きは生じず、高耐久性であるため維持管理費の低減が可能となる。

#### 3) 最適床版厚

ループ継手工法のように鉄筋の加工形状から床版厚を決める必要がないため、設計上最適な床版厚で施工可能となる。

#### 4) 幅広い適用

道路橋の PCa 床版以外に、鉄道橋やシールドトンネル内の道路、鉄道の床版や一般の PCa 部材等幅広く適用できる。

### 3. 4 構造性能の確認

開発したスリムファスナーの構造性能を確認するために、各要素試験、接合部を有する梁の曲げ実験、さらには輪荷重走行試験を実施した。輪荷重走行試験後は、PCa 床版部には亀甲状のひび割れが見られたが、一方、スリムファスナー継手部にはひび割れがなく、100 年以上の高耐久性を有しているといえる。

### 4. おわりに

床版取替工の急速施工をキーワードとして「EMC 壁高欄」と「スリムファスナー」を開発した。所定の構造性能を確認することで、「首都高羽田 1 号線東品川・鮫洲更新工事」、「中央自動車道松ヶ平橋他 1 橋床版取替工事」の 2 件で両技術が採用された。今後は両技術の更なる生産性の向上や最適化を目指す。



写真-6 EMC 壁高欄の設置状況



写真-7 スリムファスナー打設前

# 老朽化したのり面の補修補強技術とその適用例

日特建設株式会社 技術本部 技術開発第一部課長 窪塚 大輔

## 1 はじめに

道路建設等の社会資本の整備に伴い発生した切土のり面の地山の風化・浸食防止を目的として、コンクリート吹付工やモルタル吹付工（以下、吹付工）が数多く適用されてきた。その一例を写真-1に示す。



写真-1 吹付工適用例

近年、吹付工により対策された切土のり面（以下、吹付のり面）において、吹付材自体の劣化や、吹付背面の地山の風化による不安定化の進行が問題となるケースが増えている。また、本来、吹付工の適用が不適切であった吹付のり面も多く存在しており、そのような所では、早期に変状が発生しているものも見られる。こうしたことから、老朽化した吹付のり面の健全性を適切に評価し、その健全性や吹付のり面のおかれている重要性に応じた補修補強対策を、選定する必要性が高まっている<sup>1)</sup>。

こうした状況を踏まえ老朽化した吹付のり面を効率的に補修補強できる工法「ニューレスプ工法（NETIS：QS-110014-VE：活用促進技術）」を開発し、その後、ニューレスプ工法の適用性を拡大した「吹付受圧板工法（FSCパネル）」を開発した。

本稿では、吹付のり面の劣化機構、従来適用されてきた対策技術の課題を整理し、開発した技術の概要と特徴および適用事例を報告する。

## 2 吹付のり面の劣化機構

一般的に吹付のり面の劣化機構・現象の

区分は、図-1に示すように、大きく3つのパターンに整理できる。

### (1) 吹付材自体の劣化

施工時に生じた初期欠陥や施工後の乾燥収縮、また凍結融解などにより、吹付の性能が低下するものである。

### (2) 吹付材と背面地山の密着性の低下

地山からの湧水や雨水などの表面からの侵入水などにより、地山表層部で風化が生じるものである。発生する現象としては、密着性の低下に伴う吹付材自体の滑動（スライド）、雨水や湧水により地山が浸食されることによる、吹付材背面の空洞化などが挙げられる。

### (3) 地山風化による吹付のり面の不安定化

侵入水や湧水により吹付背面の地山の風化が著しく進行し、地山の性状に応じて設計されていたのり面の安定勾配が確保できなくなり、不安定化が進行するものである。また、亀裂が卓越した岩盤のり面では、亀裂に沿った風化の進行・緩みにより、不安



図-1 吹付のり面の劣化機構・現象区

定化が進行する場合もある。発生する現象としては、吹付背面からの土圧による開口ひび割れや、はらみ出し、崩壊などが挙げられる。

### 3. 従来の対策技術における課題

従来、老朽化した吹付のり面の対策として採用されてきた方法は、劣化した吹付材をはつり取り、その後、新たに吹付を行う更新方法である。この方法を用いる場合、のり面が小規模で、のり面形状が1段であるケースでは、簡易な防護柵を設け、重機による吹付材のはつり取りや風化した地山部の整形を安全に速やかに行うことができる。これに対し、道路のり面のように、大規模で、のり面形状が複数段に及ぶようなケースでは、重機による施工範囲が限定され、人力作業に頼る施工範囲が大きくなる。そのような場合、作業者の安全確保が重要となるのはもとより、はつり取り殻を通行車線へ飛散させないための大規模な仮設防護柵が必要となり、また、はつり取り殻が産業廃棄物として多量に発生するといった問題が生じる（写真-2）。

また、吹付材のはつり取りを行った場合でも、風化した背面地山の除去・整形は非常に難しい。そのため、新設された吹付材の背後に、風化した地山が残置され、対策後、早期に背面地山が風化し、はらみ出しなどの変状が発生するといった問題もある。

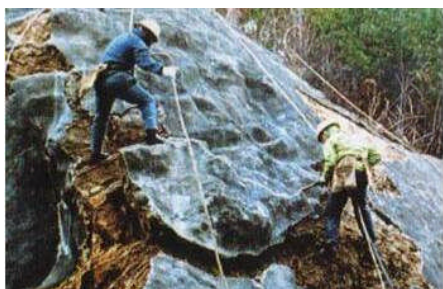


写真-2 吹付材のはつり取り状況（例）

## 4. 開発技術

### 4. 1 ニューレスプ工法の概要

従来対策の課題を解決するために開発したのがニューレスプ工法である（図-2）。ニューレスプ工法の概要は、既設吹付材をはつり取ることなく、①補強鉄筋工、②背面空洞注入工、③せん断ボルト工、④水抜

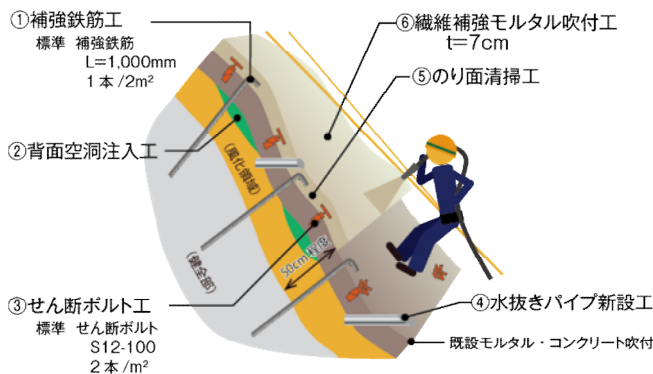


図-2 レस्प工法概要図

きパイプ新設工、⑤のり面清掃工、⑥繊維補強モルタル吹付工の複数の要素技術を組み合わせて、老朽化したのり面を再生、または補強する技術である。要素技術の概要を以下に示す。

①補強鉄筋工は、吹付面の背面地山に対して、補強材を多数挿入し、背面地山の安定性の向上を図るものである。仕様は、異型鉄筋径19mm、長さ0.6～1.0m（メッキL型加工）とし、地山への固定はセメントミルクを使用する。標準の打設本数は、地山補強効果を見込み1本/2m<sup>2</sup>としているが、背面地山の風化領域に応じて変更する。また、風化領域が0.5m以上の場合には地山補強土工（ロックボルト工）へ変更することが可能である。

②背面空洞注入工は、吹付材と背面地山との間に生じた空洞にセメントミルクを注入し、吹付材と背面地山との一体化を図るものである。

③せん断ボルト工は、吹付面と新たに吹付ける繊維補強モルタルとを機械的勘合により一体化を図るものである。打設本数の標準仕様は、2本/m<sup>2</sup>としている。せん断ボルトの模式図および設置例を図-3に示す。

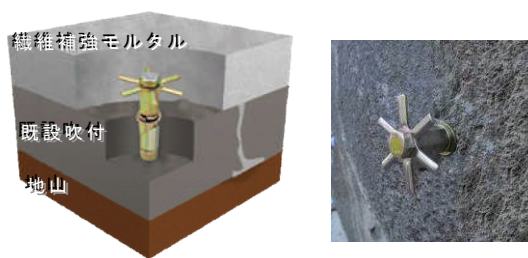


図-3 せん断ボルト模式図・設置例

④水抜きパイプ新設工は、背面地山の湧水を新設する繊維補強モルタルの表面へ適切に排水させるために、既設の水抜きパイプを更新するかたちで、新たに水抜きパイプを設置するものである。

⑤のり面清掃工は、既設吹付面と新たに吹付ける繊維補強モルタルとの付着を阻害するものを取り除くものである。

⑥繊維補強モルタル吹付工は、一般的な吹付モルタルやコンクリートよりも引張強度や靱性が高い、繊維補強モルタルを既設吹付面に吹付け、のり面全体を再構築するものである。使用する補強繊維には、吹付用に開発した有機繊維であるBCファイバーを1vol%混入する。吹付厚さの標準仕様は、7cmとしている。これは繊維補強モルタルの物理的特性から、一般的な吹付工の吹付厚さを3割低減できることから設定したものである。BCファイバーの仕様および曲げ試験後の繊維補強モルタルの供試体片（例）を図-4に示す。



素材	ポリプロピレン
繊維長	30mm
公称繊維径	0.7mm
引張強度	607N/mm <sup>2</sup>

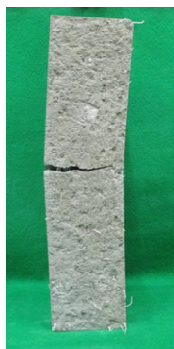


図-4 BCファイバーの仕様および供試体片（例）

#### 4. 2 吹付受圧板工法「FSCパネル」の概要

ニューレスプ工法における補強鉄筋工は、前述した通り地山の風化領域が0.5m以上の場合は、ロックボルト工を検討し採用する。なお、この際の必要抑止力は300kN/m以下である。一方、ニューレスプ工法におけるロックボルトの打設間隔は、のり面工の剛性から1.5mが最大となる<sup>2)</sup>。

対策工の工費の観点からすると、ロックボルトの打設間隔を広げ本数を減らすことが工費を削減することに対して有効である。

この間隔を広げるためにはのり面工の剛性を高める必要があり、その方法としては繊維補強モルタル吹付を吹付法枠へ変更するか、繊維補強モルタル吹付後に独立受圧板を配置することなどが考えられる。この方法では、のり面工の剛性を高める工費が増加して、工費削減が難しい場合がある。

そこで、開発したのが吹付受圧板工法「FSCパネル」（以下、FSCパネル工法）である。ニューレスプ工法と同様に老朽化した吹付のり面の吹付材をはつり取ることなく、繊維補強モルタル吹付により吹付材表面の被覆・増厚を図り、それと同時にRC構造の吹付受圧板（以下、FSCパネル）を複数構築してのり面工の剛性を高め、ロックボルト工を組み合わせでのり面を補強する工法である。本工法の概要を図-5、FSCパネルの概要を図-6に示す。

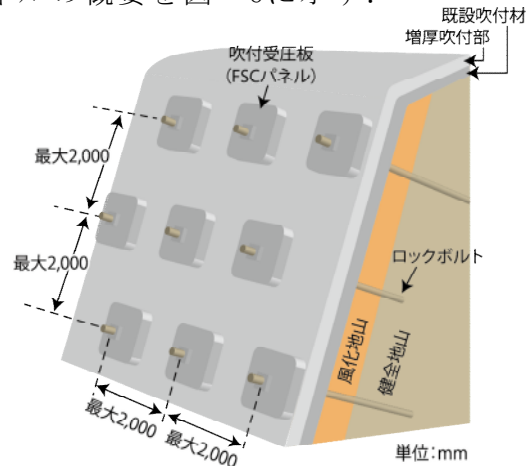


図-5 FSCパネル工法の全体概要

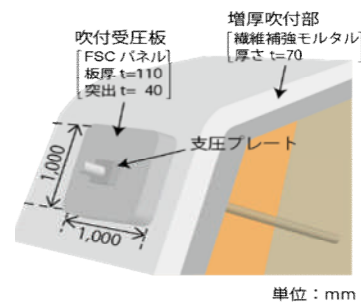


図-6 FSCパネルの概要

##### 4. 2. 1 FSCパネルの特性

FSCパネル工法の構成は、ニューレスプ工法の要素技術に加えFSCパネルから成る。FSCパネルの耐力（許容軸力）は、56kNであり、これは風化領域2.0m程度をロックボ

ルトで抑止すると仮定した耐力である。その耐力を満足する部材仕様として、繊維補強モルタルの厚さ110mmと補強部材（主筋D13と補強金網D5@150）を組み合わせる。参考までに、写真-3にFSCパネルの耐力試験時の状況をに示す。

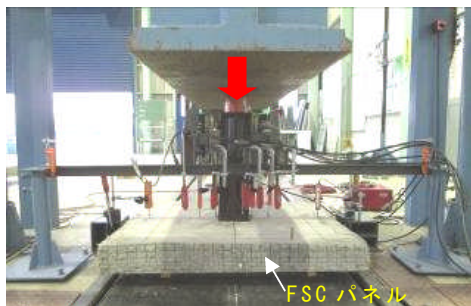


写真-3 FSC パネル耐力試験状況

#### 4. 2. 2 FSCパネルの特徴

FSCパネルの特徴を下記に整理する。

- ・吹付で受圧板を構築するため、施工面に対して確実に密着でき、受圧板背面の不陸調整が不要である。
- ・FSCパネルの性能から、ロックボルト工の最大配置間隔を2.0mまで広げることが可能である。
- ・のり面工の低減係数は、0.7～1.0を選定することが可能である。

#### 5. 開発技術の適用

ニューレスプ工法とFSCパネル工法の特徴を踏まえ適用検討フローを整理すると図-7となる。これに基づき対策した事例を示す。

##### 5. 1 ニューレスプ工法の適用事例

国道沿線における老朽化した吹付のり面に対して、ニューレスプ工法の対策パターン③を適用した事例を写真-4に示す。



写真-4 着手前および施工後

##### 5. 2 FSCパネル工法の適用事例

鉄道沿線における老朽化した吹付のり面と張コンクリート工で被覆された切土のり

面の対策にFSCパネル工法を適用した。施工後の現場状況を写真-5に示す。

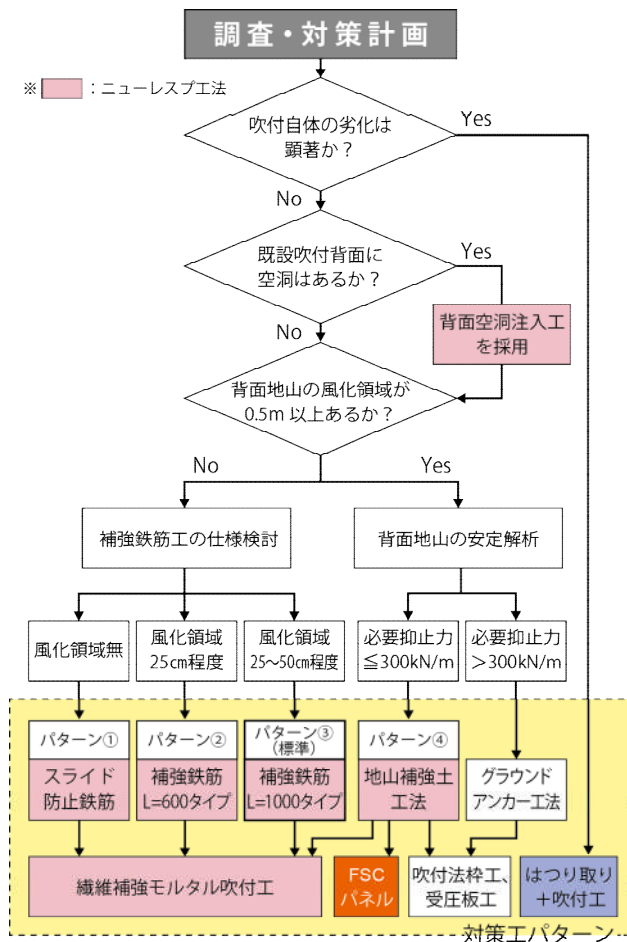


図-7 開発技術の適用検討フロー



写真-5 施工後

#### 6. おわりに

今後、ニューレスプ工法およびFSCパネル工法の適用性を評価し改良・改善を行っていく考えである。なお、FSCパネル工法は、公益財団法人鉄道総合技術研究所と共同で開発したものである。

#### 参考文献

- 1) のり面診断・補修補強研究会；吹付のり面診断・補修補強の手引き，2013。（配布物）
- 2) 公益財団法人地盤工学会；地山補強土工工法設計・施工マニュアル，2011。

# 人工知能を用いた舗装診断技術による舗装マネジメントの効率化

福田道路株式会社 技術研究所 課長代理 畑山 良二

## 1 はじめに

道路の走行性や快適性の向上、およびその継続性といった社会的要請を受け、平成 28 年 10 月、国土交通省により「舗装点検要領」が定められた。舗装の長寿命化やライフサイクルコストの削減といった効率的な舗装修繕において、必要となる情報を合理的に収集することが求められている。

これまで舗装点検に用いられてきた路面性状測定車は、精度の高い診断結果が得られる一方で、高額な機材を運用するためのコストと解析に要する時間の確保が課題となっている。より簡易な手法として、車上あるいは徒歩による目視点検があるが、これには舗装調査および診断に対する十分な知識と経験を有する熟練技術者の確保が必要となってくる。

ここで、点検の迅速性・客観性を目的として人工知能（以下、AI）の利用に着目、路面の「わだち掘れ」および「ひび割れ」度合いの解析と診断を自動化することで、比較的安価で省力的な手法である舗装損傷診断システム（以下、本システム）を開発した。

## 2 舗装損傷診断システムの概要

本システムの構成は、「点検」「診断」「記録」の3段階に大別される（図-1）。

まず、市販のビデオカメラを車両に取り付け、対象となる道路を走行しながら路面状況を撮影する（点検）。次に、路面の動画データをシステムに読み込ませると、AI が路面の損傷レベルを順次判定していく（診断）。診断結果は撮影日時毎に保存され、地図ソフト

トが組み込まれた専用ビューアを用いて測定場所を地図上に、撮影当時の路面状態を動画で再現することができる（記録）。また撮影と同時にスマートフォンによるアプリで「IRI」の計測を行った場合には、「わだち掘れ」「ひび割れ」の AI による診断結果とともに、地図上に同期させ、確認することができる。

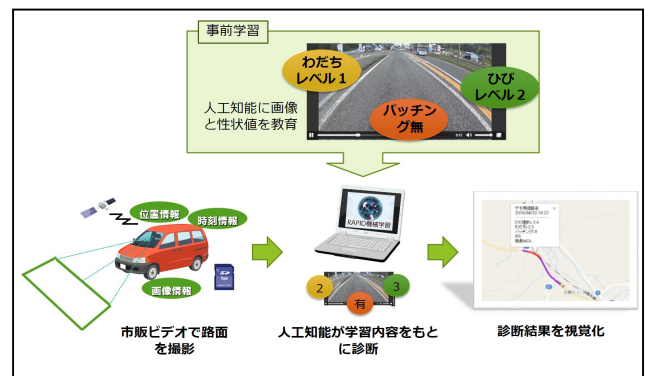


図-1 舗装診断システムの概要

### 2. 1 点検

点検は、市販のビデオカメラを車両に取り付けて行う。録画の操作の後、対象路線を走行しながら路面を撮影する。ビデオカメラには GPS 機能が付帯しており、撮影した動画の位置情報が得られる。位置情報は専用ビューアによる閲覧の際に利用される。

撮影時の条件は、①カメラを所要の位置と角度に設定する。②夜間や湿潤路面ではわだち掘れやひび割れが明確に判断できないことから、昼間、乾燥した路面で行う。③他の走行車両の影響を考慮して、点検車が走行する車線毎に、70km/h 以下の速度で撮影を行うことである。

## 2. 2 診断

本システムの AI 技術は、NEC のディープラーニング（深層学習）技術を搭載した「NEC Advanced Analytics-RAPID 機械学習」を活用したものである。車上からの目視点検と同様にわだち掘れやひび割れの程度を AI が画像の「見た目」で判断する。診断は、撮影した動画から 2m ピッチで切り出した静止画を用いる。結果は mm 単位のわだち掘れ量や、百分率表記のひび割れ率では出力せず、「舗装点検要領」における大・中・小の損傷レベルを参考に設定した区分を用いる（表-1）。また、本システムでは同じ動画を用いてわだちとひび割れの診断を同時に行うことができる。

表-1 損傷レベルの区分

わだち掘れ(mm) ひび割れ(%)	わだちレベル ひびレベル	診断 区分
0～10	1	I
10～20	2	
20～30	3	II
30～40	4	
40～50	5	III
50～	6	

### 2. 2. 1 わだち掘れ

わだち掘れの診断は、切り出した静止画から路肩等を除去した画像を用いる。AI は深層学習した各損傷レベルの画像と、点検対象の路面の画像とを比較し、左わだち右わだちを別々に判定する。わだちレベル判定のイメージを図-2 に示す。左右の大きい方をその地点のわだちレベルとし、路線の評価には、100m を 1 区間として地点のわだちレベルの

平均をとった区間のわだちレベルを用いる。



図-2 わだちレベル判定のイメージ

### 2. 2. 2 ひび割れ

ひびレベルは、AI に検出させたひび割れ箇所の面積が車線に占める割合によって表す。AI は、ひび割れが有る場合と無い場合の画像の深層学習により、画像中のひび割れ箇所を検出する能力を持っている。一方、画面で確認できないひび割れは、検出の対象外となる。ひびレベル判定のイメージを図-3 に示す。ひび割れ箇所の面積は、図中の黄枠で示される定形の四角形で囲んだ部分を 1 単位として、その面積の合計で表される。なお、重複する部分はシステムの内部で控除される。路線の評価には、わだち掘れ同様に算出された区間のひびレベルを用いる。

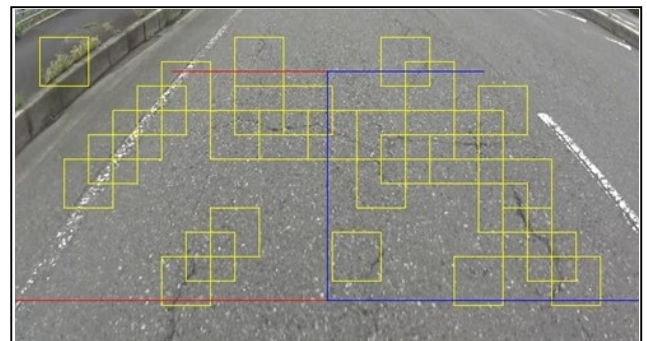


図-3 ひびレベル判定のイメージ

## 2. 3 記録

撮影した動画、および診断結果を記録し、



舗装マネジメントに活用するために高い利便性が期待されるツールとして専用ビューアを用意した。これは、「地図画面上で表示範囲内にある各路線の診断結果を俯瞰する機能」と「動画毎に診断結果を管理・閲覧する機能」との2つに大別される。

図-4 に地図画面の一例を示す。この地図の路線上には、診断結果が損傷レベル毎に色分けされて表示される。

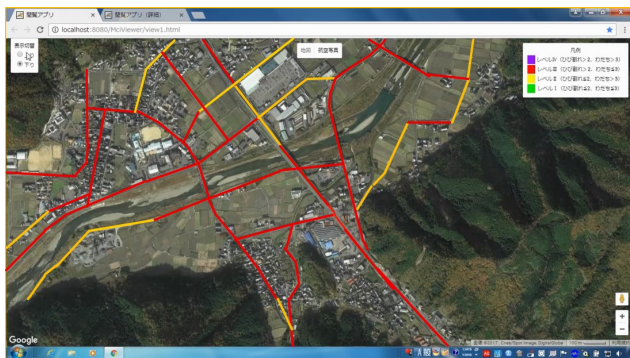


図-4 地図画面

図-5 に診断結果の管理・閲覧画面（詳細）の一例を示す。画面の左上にはシステムに記録された動画データの一覧が撮影開始日時毎に表示されている。撮影日時を選択すると、画面左下のウィンドウにおいて動画が再生され、撮影当時の路面状況がパソコン上で確認できる。また、診断したわだち、ひびわれの各損傷レベルは、動画と連動して画面右下にグラフ表示される。加えて、点検走行時に GPS 情報を有するスマートフォンのアプリ等で IRI の計測を行った場合には、グラフ上に併せて表示できる。画面右上の地図ウィンドウでは、選択した動画に対応した道路の路面状況が、損傷レベルに応じて色分けされて表示される。



図-5 診断結果の管理・閲覧画面

一方、診断結果は位置情報と損傷レベルの関係を羅列した CSV ファイルによっても出力することができる。ここでは GPS による緯度・経度、左右のひびレベルおよびわだちレベル等が 2m 毎に表示され、舗装点検要領に示されている舗装点検記録様式 (A) 等、既存の帳票への入力データとしての利用も可能である。

### 3 従来技術との比較

本システムの診断結果の妥当性について、統計学的手法の一つ、一致率 ( $\kappa$  係数) を用いて検証した。

一致率は、ある 2 人の観察者の診断結果が一致する度合いを評価する指標であり、図-6 のように表される。一般に 0.6 以上であれば、2 者間の一致度が十分に高いと判断される。

ある路線において、本システムと目視観察による結果とを比較したところ、わだち掘れの一致率は 0.87、ひび割れの一致率は 0.73 であった。いずれも 0.6 以上であることから、AI の診断と目視観察による診断の一致度は、わだちレベル、ひびレベル共に十分高いと判断される。

$$\text{一致率} = \frac{\text{全一致率} - \text{偶然による一致率}}{1 - \text{偶然による一致率}}$$

図-6 一致率

#### 4 本システムの特長

本システムは、簡易で高い汎用性を有し、AI のディープラーニング技術を用いた客観的な舗装診断記録を、地図ソフトと動画によって視覚的に活用することができる。本システムの特長を表-2 に示す。

表-2 システムの特長

項目	特 長
点検	資機材の汎用性
	交通規制が不要
診断	1 回でわだちとひび割れを点検
	自動かつ一定基準の路面診断
記録	広範囲の路面状況を一目で確認
	動画で路面状況を再現

点検では、カメラを操作した後、車両を運転するだけで特別な技量を要求されないことから、資機材および人員の確保が容易であり、複数のユニットによる広範囲の同時撮影等、効率的な運用が可能である。また、減速や停止は動画の精度に影響がないため、交通規制が不要である。

診断においては、「わだち掘れ」と「ひび割れ」の両方を 1 回の撮影で診断できる。1 人の技術者による目視点検では、1 回の走行で両方の診断は困難である。また、AI に指示をした後は自動で診断が進行するため、熟練技術者は不要であり、診断基準は一定に保たれる。目視による診断ではその基準に個人差があるうえに、同じ診断者においても誤差

が生じやすい。ただし、AI に追加学習を施した場合は基準が変化する。

専用ビューアにより、地図で表示される範囲にある、診断済みの全路線の損傷度合いが確認できる。加えて、撮影当時の路面状況がパソコン上で再現されるため、段階的な修繕計画の立案等への利用が期待できる。

#### 5 まとめ

少子高齢化社会が加速する将来、就労人口減少に伴う技術者不足や道路管理コストの縮減が予想される。我が国の道路ネットワークの安全性・快適性を継続するためには、より効率的な道路資産の運用が課題となるだろう。

本システムにより、従来、路面性状測定車を用いて、あるいは熟練技術者が車上もしくは徒歩により目視で行っていた舗装点検の効率化・自動化が進み、道路管理コストの削減、ならびに管理者負担軽減の一助となれば幸いである。

## 第Ⅱグループ

## 維持管理を考慮した補強土壁工法

前田工織(株) 補強土排水推進部長 ○久保 哲也  
(株)ミルコン 常務執行役員 本田 利弘  
(株)アドヴァンス 取締役事業本部長 川口 晃

### 1 はじめに

昨今、道路構造物は建設の時代から長寿命化の時代へと移行されつつある。国土交通省の社会資本整備審議会道路分科会道路メンテナンス技術小委員会では、道路構造物の維持管理・更新を効率的且つ効果的に進めるためには戦略的な取り組みが必須であることを提言しており、その手段の一つとして、「点検、診断、措置、記録、（次の点検）」といったメンテナンスサイクルの重要性を示している<sup>1)</sup>。このように道路構造物に要求される環境等は変化しており、道路構造物の新設・改築に当たっては、維持管理の確実性及び容易さに重きが置かれつつある。道路土工構造物である補強土壁工においても、新設・改築に当たっては維持管理を考慮した設計が今後必須とされる。本報では、メンテナンスサイクルを考慮した補強土壁の維持管理手法について事例を含めて報告するものである。

### 2 補強土壁の維持管理に関する研究

補強土壁のメンテナンスサイクルを履行するためには、現状体系化されていない補強土壁の維持管理手法についての知見をまとめる必要がある。そこで、国立研究開発法人土木研究所では、補強土壁のメンテナンスサイクルの構築に向けて「補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究」を発足し、各研究機関等で進められている維持

管理に係る知見等を整理すると共に、盛土材のこぼれ出しに至る致命的な損傷に主眼をおいた、補強土壁の維持管理手法の検討が進められた。この共同研究では、補強土壁が崩壊に至るまでの劣化シナリオを整理したフォルトツリーの作成、点検時に使用する点検帳簿の作成、また、詳細調査の方法や措置事例等についてまとめられた<sup>2)</sup>。

### 3 維持管理を考慮した補強土壁

#### 3.1 点検手法

補強土壁は、図-1 に示すように構築された箇所によって点検方法が異なる。道路面上の補強土壁であれば、パトロール車にカメラを搭載し、写真測量を応用した手法等で外形の変化を捉えることができる<sup>3)</sup>。一方、補強土壁が道路面より下方に構築されている場合は、通常の道路パトロールにおける日常点検では、早期の段階で異常（変形）を捉えることは困難である。そこで筆者は、外形の変化を遠隔地で把握することが可能なMEMSセンサーに着目した。

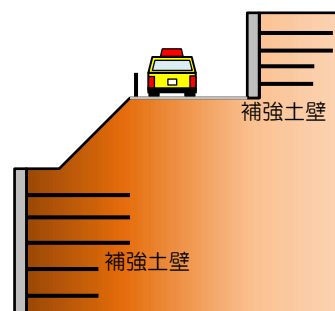


図-1 補強土壁と道路パトロール

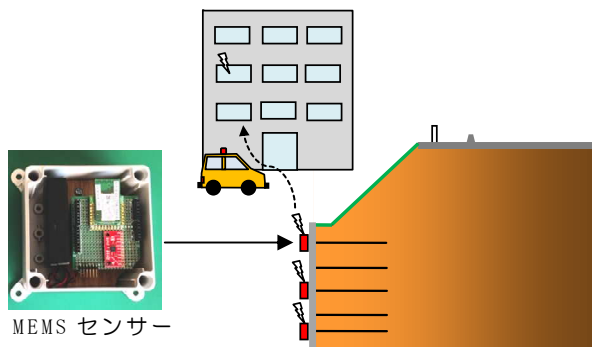


図-2 点検手法の概念図

MEMS センサーは、得た情報を通信装置により机上で管理することが可能であるため、常に壁面の状態を把握できる有効な手段であると考えられる。概念図を図-2 に示す。MEMS センサーは、主に三軸ジャイロセンサーや三軸加速度センサー等で構成され、加速度センサーに作用する重力の傾きから傾斜角を求める。図-3 は、チルトセンサーにより MEMS センサーの精度を確認した結果である。データ数は少ないが、近似直線の傾きは 0.98 程度であり計測結果の信頼性には問題ないものと考えられる。

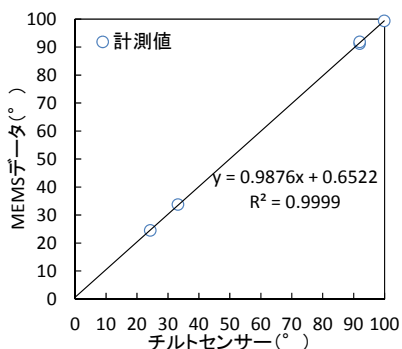


図-3 MEMS センサーの精度

### 3. 2 詳細調査手法

#### 3. 2. 1 光ファイバーを用いた計測

点検において、詳細調査が必要と判定された補強土壁は診断の段階へと移行される。補強土壁の診断においては、想定される劣

化シナリオに基づき素因や要因等を特定し、措置への移行を検討するための詳細調査が実施され、総合的な判断のもとに補強土壁の健全性が判定されると考えられる。盛土内部の状態を把握するための詳細調査には表面波探査や電気比抵抗等の様々な方法<sup>4), 5)</sup>があり、適宜選定する必要があるが、盛土内部の状態を、特に補強材の状態を推定する方法は限定的である。

補強土壁は補強材が健全に機能することで安定が図られることから、補強材の状態を把握することは補強土壁の維持管理として重要であると考えられる。補強材のひずみを把握する既往の方法にはひずみゲージが多く用いられてきたが、ひずみゲージは数年で劣化するため長期の適用性に対する課題がある。そこで、筆者は補強材のひずみを推定する方法の一つとして長期的な計測が可能である光ファイバーに着目した。光ファイバーは繊細な構造体であるため、図-4 に示す補強材の内部に光ファイバーを挿入することで光ファイバーが損傷しない構造とした。

光ファイバーの計測結果は、図-5 に示す応力-ひずみ特性より、安全領域（ひずみ：2.0%以下）、注意領域（ひずみ：2.0～2.5%）及び危険領域（ひずみ：2.5%以上）を設定することで補強材の健全性評価の指標とした。

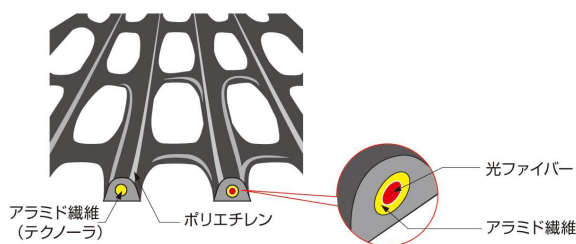


図-4 光ファイバーの構造

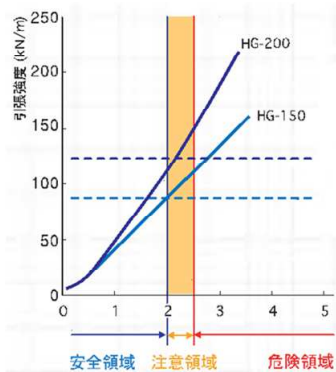
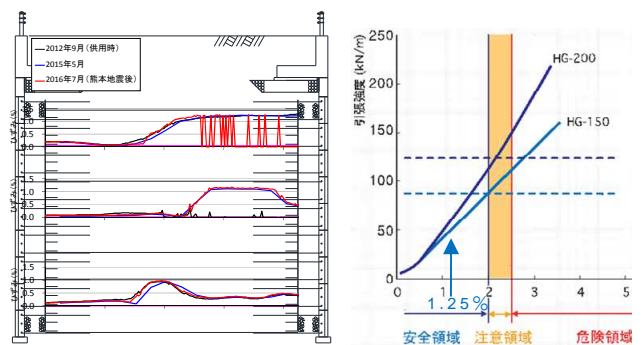


図-5 健全性評価の指標



(a) 断面図 (b) 指標

図-6 計測結果

### 3. 2. 1 計測事例

光ファイバー計測は、過去に施工管理、大規模災害による被災後の健全度判定の目安として活用されてきた実績がある。以下では、これらの計測事例について紹介する。

写真-1 の補強土壁は、熊本地震により震度5強を経験し、震央より約50kmの範囲に位置する。補強土壁は、壁高9m程度、両面盛土形状であり軟弱地盤上に構築されている。

図-6 は光ファイバーの計測結果を断面図にプロットしたものと健全性の指標を示したものである。光ファイバーは高さ方向に上段、中段、下段に設置した。計測結果は、供用時、震災前及び震災後のひずみ分布を示している。震災後の計測結果においてひずみ分布が乱れている箇所が一部で確認できるが、概ね全ての箇所で供用時及び震災前に計測した結果と同様な分布形状を示していることが確認できる。ひずみの最

大値は1.25%であり、補強材の破断ひずみ3.0%程度に対して十分に安全領域の範疇であることが確認できる。

写真-2 の補強土壁は、2014年に発生した広島豪雨(日最大降水量224mm)を経験し、壁高9m、嵩上げ盛土高さ約30mの高盛土形状である。

図-7 は光ファイバーの計測結果を断面図にプロットしたものと健全性の指標を示したものである。光ファイバーは高さ方向に上段、中段、下段に設置した。計測結果は、竣工時、完成2年後及び完成9年後(広島豪雨災害後)のひずみ分布を示している。ひずみの最大値は若干増加傾向を示しているが、1.2%程度であり安全領域の範疇であることが確認できる。また、ひずみの分布形状は、広島豪雨災害の前後で大きな変化はなく、豪雨の作用による補強土壁の劣化は殆ど生じていないと推測できる。



写真-1 補強土壁の外観



写真-2 補強土壁の外観

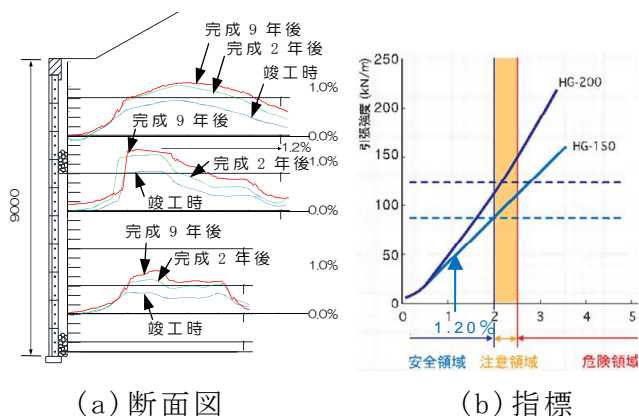


図-7 計測結果

#### 4 措置

診断において措置が必要であると判定された補強土壁は、措置の段階へと移行する。措置の方法は、多種多様であることから現場の状態や変状要因等に対応した方法を選定する必要がある。ここでは、二重壁を特徴とする補強土壁において、補強土壁自身（盛土体）は健全と判定され、壁面材に損傷が生じている場合における壁面材の部分的な措置方法について示す。部分補修の方法を図-8 に示す。壁面パネルの背面には排水層である単粒度砕石が充填されているため、補修時には、単粒度砕石の漏出対策として発泡ウレタンにより単粒度砕石を固化させた後に壁面パネルを撤去し、現場打ちコンクリートで再構築する。部分的な補修により安価に措置が講じることができる。

#### 5 終わりに

本報は、補強土壁の維持管理を具現化する手法の一つとして提案したものである。点検では MEMS センサーを、詳細調査では補強材の状態を把握できる光ファイバーの活用が、今後、補強土壁のメンテナンスサイクルを履行する上で有効な手法であると考えられる。

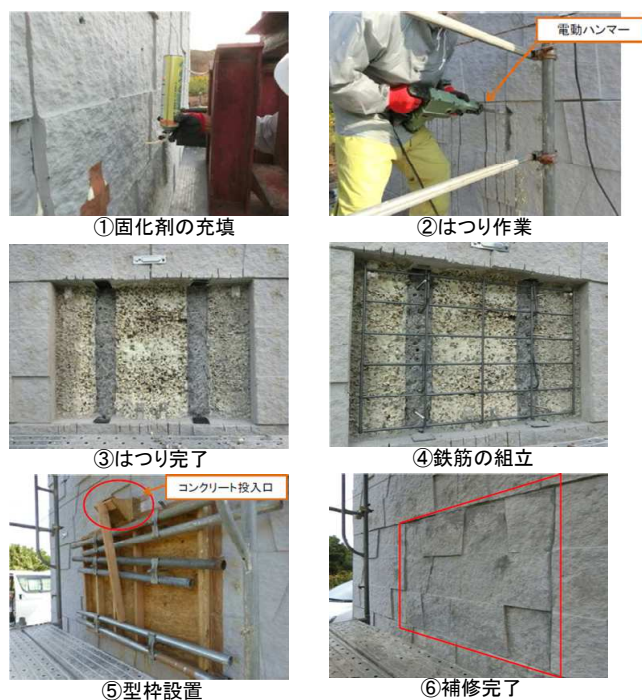


図-8 部分補修事例

#### 参考文献

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会道路メンテナンス技術小委員会：中間とりまとめ参考資料，2013.
- 2) 国立研究開発法人土木研究所：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究報告書，2016.
- 3) 久保哲也・藤田智弘・宮武裕昭・宮田喜壽：走行車両による写真測量を用いた補強土壁の壁面形状計測技術，第49回地盤工学研究発表会，2014.
- 4) 久保哲也・藤田智弘・宮武裕昭・宮田喜壽：補強土壁の維持管理手法に向けた実大模型実験（その2），第69回土木学会全国大会，2014.
- 5) 久保哲也・藤田智弘・宮武裕昭・志村直紀・宮田喜壽：補強土壁の補強材破断に関する維持管理手法開発に向けた実大模型実験（その1），第50回地盤工学研究発表会，2015.

# 防草パネル (ASK-II パネル)

株式会社アドヴァンス 事業本部 技術開発部 部長 細野 義則  
 係長 ○木村 克之

## 1 はじめに

近年、盛土や切土には防火や視界確保の必要性などから防草を目的としたコンクリートが設置されるようになり、従来は現場打ちコンクリートや防草シートが使用されていた。

本報告では、防草パネル開発の目的とコンセプト、試験施工による性能確認、現場施工と経年変化を確認した内容を紹介します。

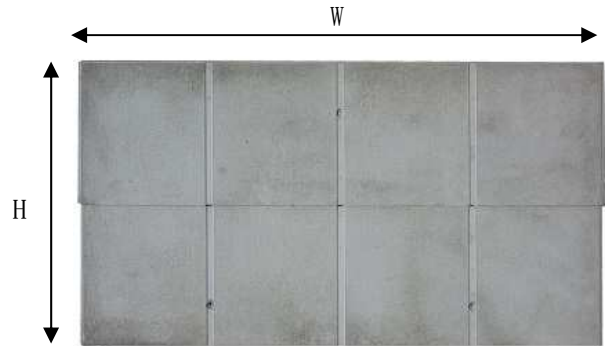


写真-1 ASK-II パネル外観

## 2 開発の目的

従来、防草を目的として現場打ちコンクリートや防草シートを設置していたが、本製品は防草を目的としたコンクリート二次製品とし、従来技術よりも施工性の向上を図ることを開発の目的とした。

### 2. 1 製品コンセプト①：製品形状の決定

日当り施工量の向上を図るため、製品を大型化して幅(W)を 2.0m とした。また、高さ(H)を 1.0m とし、2.0m<sup>2</sup>の大型ブロックとした。なお、法長に合わせて製品の長さ方向の長さを 50cm まで 10cm ずつカットすることも可能である。

国土交通省 北陸地方整備局の設計要領[道路編](平成 29 年 4 月)に道路改築工事における防草コンクリートの施工例について、法肩・法尻は 1.0m 程度の施工と記載されていることから、製品の形状は妥当と考えられる。

表-1 製品規格

呼び名	高さ(H) (mm)	幅(W) (mm)	質量(M) (kg)
500	500	2000	180
600	600		215
700	700		250
800	800		285
900	900		325
1000	1000		375

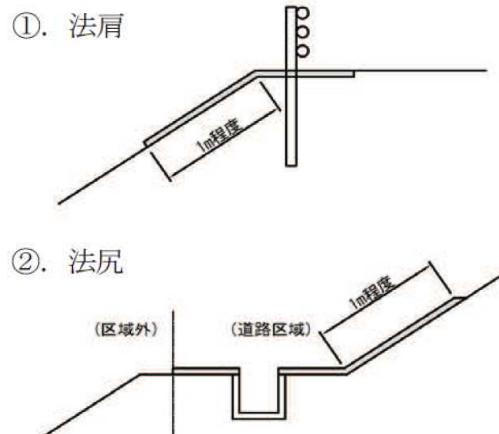


図-1 防草コンクリート施工例  
 (国土交通省 北陸地方整備局 設計要領 [道路編](平成 29 年 4 月)より引用)



## 2. 2 製品コンセプト②：表面意匠の改良

製品表面の横目地部で土砂の堆積を防ぐために凹目地を持たせず、表面の肌目を梨地模様として微弱な凹凸を持たせたことで太陽光が反射しにくい意匠とした。



梨地模様

写真-2 表面意匠（左）と横目地（右）

## 3 試験施工による性能確認

弊社敷地内にて盛土（9.4m×11.4m×1.8m）を造成して施工性の確認、防草効果の確認、製品施工後の変位の確認を行った。

平面図

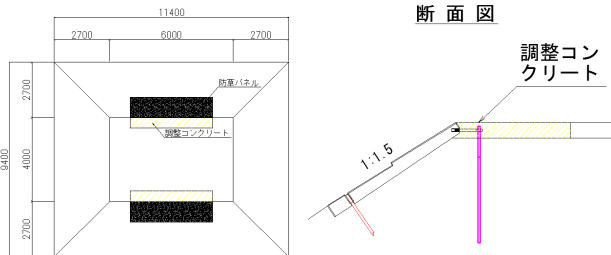


図-2 盛土図面



写真-3 盛土造成状況

### 3. 1 施工性の確認

施工吊り具を用いた施工性の確認から安全に作業できることを確認し、施工サイクルタイムの計測から国土交通省土木工事積算基準のコンクリートブロック張工の平ブロック（150kg以上）と同等の歩掛で施工ができる

ことを確認した。



写真-4 施工性の確認と施工完了

### 3. 2 防草効果の確認

防草効果について施工完了から3年半観察した結果、製品境界部からの雑草の繁茂は見られなかった。



写真-5 防草効果の確認（施工後4ヶ月）



写真-6 防草効果の確認（施工後3年半）

### 3. 3 製品施工後の変位の確認

防草効果の確認と共に、製品施工後の変位の有無をレベル測量と目視での製品と天端調整コンクリートの目開き量の計測の2通りで確認した。この結果、製品施工後に変位は認められず、製品固定方法に問題が無いことを確認した。

## 4 現場施工と経年変化の確認

国土交通省 北陸地方整備局 富山河川事務所管内の小矢部地区交通安全対策工事と長

岡国道事務所管内の小出維持出張所管内維持工事で本製品の施工が行われた。この結果、製品施工後の変位や歩道や道路での雑草の繁茂は確認されていない。

#### 4. 1 製品施工方法

製品施工方法は

- ①法面整形
  - ②防草シート張り付け
  - ③製品施工
  - ④天端アンカー鉄筋固具冶具取付
  - ⑤天端アンカー鉄筋打込み
- となり、2 現場の実績より作業の問題は発生していない。



写真-7 防草シート張り付け



写真-8 製品施工



写真-9 天端アンカー鉄筋固定冶具取付



写真-10 天端アンカー鉄筋打込み

#### 4. 2 小矢部地区交通安全対策工事の経年変化確認

工事の後、3 年半に渡って経年変化を確認したが、製品施工後の変位は認められず、製品間に加えて製品と天端の現場打ちコンクリート打継目部からの雑草の繁茂も確認されていない。



写真-11 施工後の経年変化

(左：施工時、右：施工後 3 年半経過)

#### 4. 3 小出維持出張所管内維持工事の経年変化確認

工事の後、3 年半に渡って経年変化を確認したが、小矢部地区交通安全対策工事と同様に製品施工後の変位は認められず、製品間に加えて製品と天端の現場打ちコンクリート打継目部からの雑草の繁茂も確認されていない。



写真-12 施工後の経年変化

(左：施工時、右：施工後 3 年経過)

#### 5 今後の課題

現状では施工から 3 年半程度経過しているが、引き続き施工箇所の経年変化を確認する。また、1:1.5 以外の法面勾配への対応、道路曲線半径が小さい場合の対応を検討したいと考えている。これにより、今後多くの現場で活用して頂き、社会貢献できれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局：設計要領（道路編），p. 3-18，2017.

# 供用中の栈橋を効率的に補強する Re-Pier (リピア) 工法

あおみ建設株式会社 土木本部技術開発部 ○吉原 到

## 1 はじめに

国土交通省は平成 18 年に「耐震強化岸壁緊急整備プログラム」を策定して、限られた社会資本整備予算の中で既設構造物の延命化や耐震補強整備を進めている状況である。民間企業においても、高度経済成長時に建設された専用岸壁が更新時期を迎えたものの代替施設がないため、岸壁を供用しながらかつ低コストで延命したいというニーズがある。

このような社会情勢を受けて、低コストで、かつ現在の物流機能を低下させることなく、岸壁を供用しながら耐震補強できる「Re-Pier 工法(図-1)」を開発し、実際の栈橋に適用したので、その概要について報告する。

## 2. 開発背景と開発方針

栈橋式の岸壁における耐震補強・延命化工事では、「栈橋の供用は止めたくない」、「工事期間は短くしてほしい」、「できるだけ安く対策したい」というニーズが強い。しかし既設栈橋を撤去して新設する場合や、上部工の撤去や鋼管杭の増設を伴う補強方法で

はコスト高となる上に岸壁の長期供用停止が避けられないため、以下の3つの開発方針を設定した。

- ①既設栈橋を活用し、部材を追加して補強することで供用制限を最小化する。
- ②水中での作業を軽減し、現地施工期間を最短とすることで、工程短縮とコストの縮減を図る。
- ③シンプルで簡単に取付できる構造とする。

## 3. Re-Pier 工法の概要

鋼管杭を補剛部材で連結することで栈橋全体の剛性を増加させる工法として、「格点式ストラット工法」があり、主として新設構造物を対象として適用されているが、この工法を既設構造物に適用する場合、既設上部工を撤去しなければ補剛部材を取り付けることができず、長期間にわたり岸壁を供用することができなくなる短所があった。そのため、既設上部工を撤去せずに、上部工直下で補剛部材を鋼管杭に追設できる工法を開発した。

本工法は、部材長を可変式とすることで、

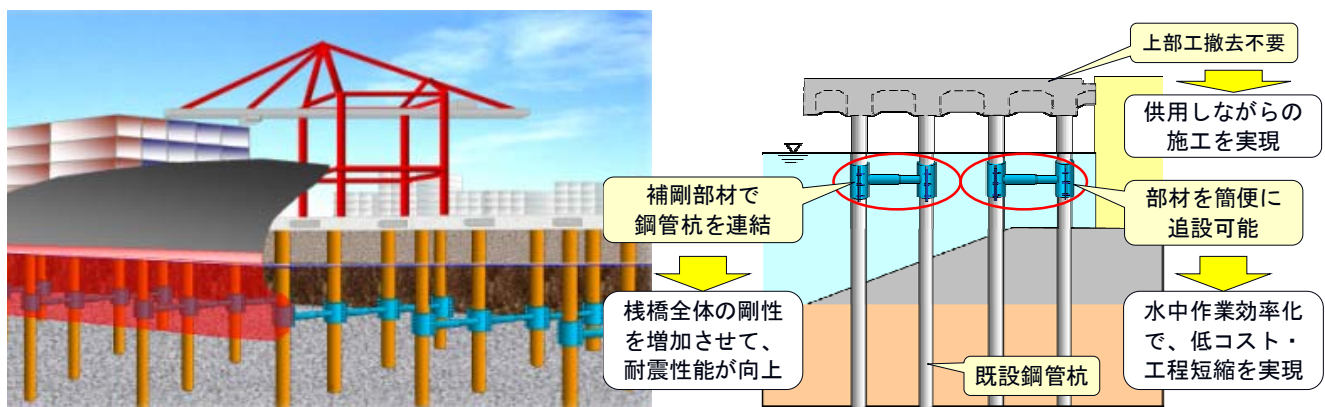


図-1 Re-Pier 工法の完成イメージと特徴

狭隘な杭間（水中）で簡便に追設できることが特徴である。低コストで、短期間に、施設供用にできるだけ影響を与えずに、栈橋の耐震性能の向上や前面水深の増深化、構造物の延命化を実現することができる。（図-2, 3）

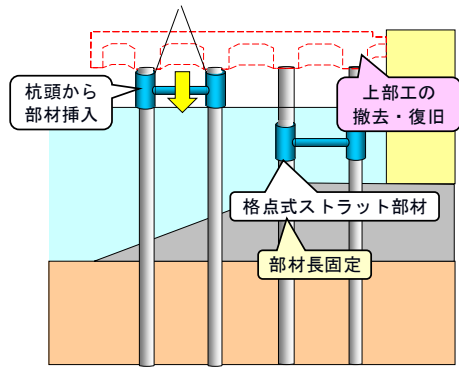


図-2 従来工法による施工上の課題

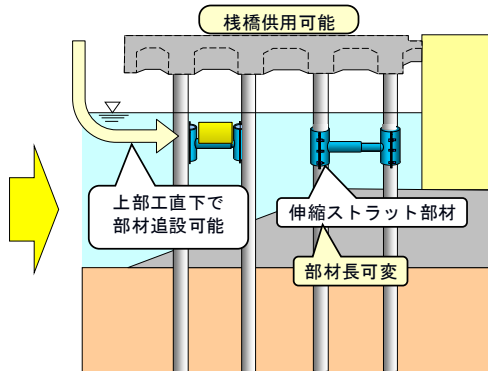


図-3 Re-Pier 工法での施工

本工法に使用する「伸縮ストラット部材（図-4）」は、ストラット部と鞘管部の2種類の部材で構成されている。ストラット部は、径の異なる2本の鋼管からなり、径の細い管を太い管の中から出し入れすることで、設置時に部材長を調節できることが特徴である。



図-4 伸縮ストラット部材

鞘管部は、鋼管を半割りにした形状の部材にフランジ加工を施し、ボルトで接合する構造とした。

まず、部材長が最短となる格納状態にして設置場所まで運搬し、既設鋼管杭間にはめ込む。その後、入れ子状の鋼管を引き出して部材を伸長し、鞘管のフランジを接合し、既設鋼管杭へ部材を追設する。最後に、既設杭と鞘管の遊間、および径の異なる鋼管と鋼管のラップ区間にモルタルを充填し既設構造物と剛結する。（図-5）

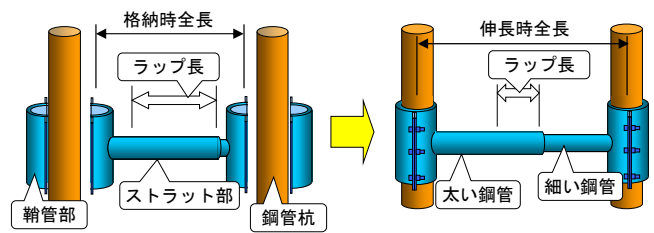


図-5 既設鋼管杭への補剛部材追設の仕組

従来は、上部工を撤去して杭頭から補剛部材を挿入する事に対応していたが、本工法では上部工を撤去することなく部材の追設が可能である。また部材はグラウトシールを含めすべて工場で製作・組立てするプレキャスト品であり、潜水士による水中作業を大幅に軽減する工夫も盛り込んでいる。

なお、通常既設栈橋の杭間距離は施工誤差によるばらつきがあるが、部材全長を容易に調整できることから、製作する補剛部材は同一寸法とする（部材のユニット化）ことができる。（図-6）

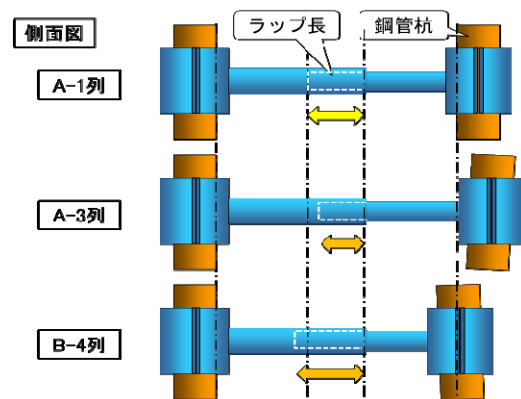


図-6 杭間の変動への対応

## 4 施工方法

### 4.1 施工フロー

現地での施工は、ストラット設置準備工、ストラット設置一連、モルタル打設工、防食工という流れで進める。(図-7)

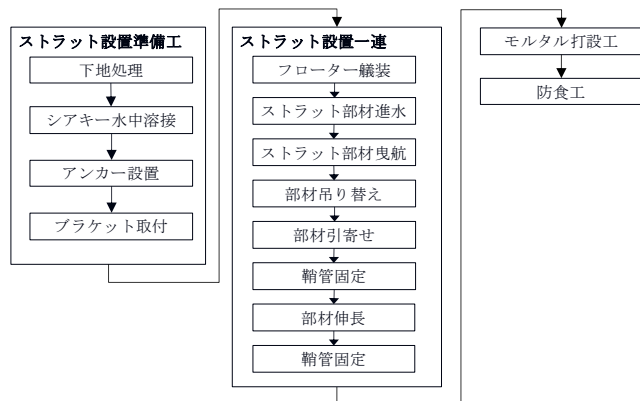


図-7 施工フロー

### 4.2 ストラット設置準備

既設鋼管杭表面のカキ落とし・ケレン等の下地処理を行った後、鋼管杭とモルタルの付着力を向上させるためのシアキーを水中溶接する。次に水中作業を簡便化したバンド式ブラケット材を鋼管杭に取り付け(図-8)、部材を一時的に吊り下げるためのアンカーを上部工下面に設置する。



図-8 バンド式ブラケット設置

### 4.3 ストラット設置一連

重量物である伸縮ストラット部材を栈橋下面の設置位置まで運搬して設置するために、専用のフローターを使用する。フローターを艀装すると、部材が水中で浮きも沈みもしない中立の状態(中性浮力)となり、水中で潜水士が部材を簡単に移動させることができ、潮位や既設栈橋の構造に影響をうけることなく安定して設置できる。(図-9)



図-9 専用フローター艀装状況

栈橋上の25t程度のラフタークレーンにより部材を進水し、その後は、潜水士が栈橋の下面まで曳航・移動させ、先に上部工に取り付けたアンカーに伸縮ストラット部材を吊り替えて、所定の位置に部材を設置する。

なお、フローターはクレーンで回収し、次の部材に艀装する。(図-10)



図-10 部材設置一連

### 4.4 モルタル打設工

伸縮ストラット部材のラップ区間および既設杭と鞘管の遊間に水中不分離性モルタルを充填し、伸縮ストラット部材と既設構造物を剛結する。(図-11)

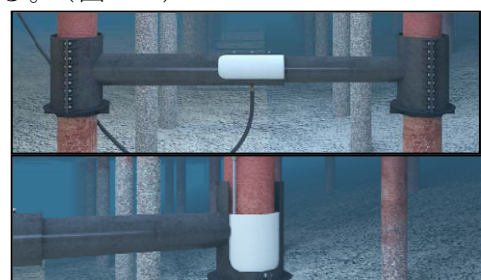


図-11 モルタル打設

## 5. 施工事例の紹介

### 5.1 事例1 (宮城県仙台塩釜港)

当工事は、2014年(平成26年)3月宮城県発注の東日本大震災後の災害復旧工事である。当該施設は、岸壁延長320m、前面水深-4.5m~-5.5mの直杭式RC栈橋であり、海側の栈橋は平成2年に建設されたものであるが、震災により栈橋全体が40cm程度沈下した。

岸壁の機能を回復するため、コンクリートを増し打ちして上部工を嵩上げする計画であったが、単純にコンクリートを増し打ちすると、重量の増加により耐震性能が不足するため、図-12に示すとおり、Re-Pier工法により補強することとなった。

伸縮ストラット部材(図-12)の重量は、約1.5t/基で、64基を施工した。施工は、岸壁の供用に影響することなく完了することができた。(図-13)

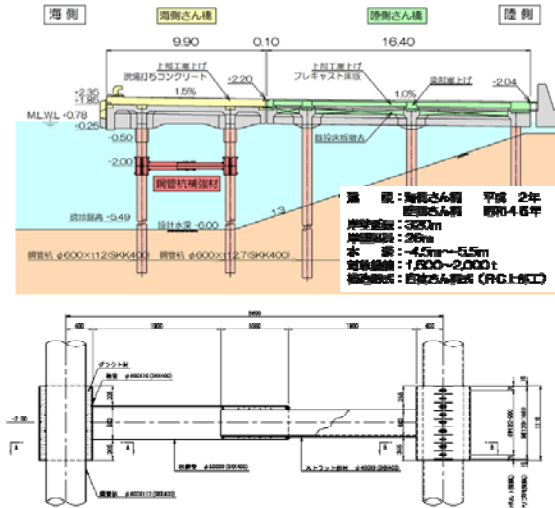


図-12 補強断面図と部材詳細



図-13 施工状況

### 5.2 事例2 (愛媛県中島港)

愛媛県の松山市の離島にあるフェリー岸壁での事例で、平成26年から29年にかけて施工した。(図-14)

当該施設は、岸壁延長60m、前面水深-7.5mの直杭式RC栈橋であり、住民の生活の足であるフェリー用として使用されている。この施設は離島で唯一の耐震岸壁であり、その岸壁を現行の基準で照査した結果、基礎杭の耐震性能が不足することが判明した。対策にはフェリーの運航を止めないことを求められ、栈橋を供用しながら施工可能なRe-Pier工法により補強を行うこととなった。

伸縮ストラット部材は、約2.7t/基で、24基施工した。施工はフェリーの運航を止めることなく無事完了した。(図-15)



図-14 フェリー岸壁

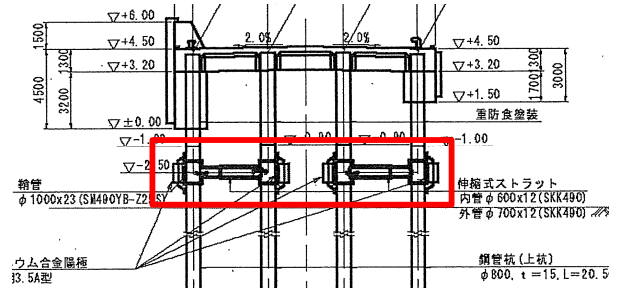


図-15 栈橋補強断面図

## 6. おわりに

今後は、水中作業をより軽減するために部材の構造や形状、施工方法の工夫を重ね、現場水中作業の大幅な削減と生産性向上を実現し、供用しながら耐震・増深対策が出来るというメリットを活かし、既設栈橋の長寿命化に貢献していきたい。

# ベル工法の技術を取り入れた改築推進 (塩化ビニル推進管への置換え) の開発

真柄建設株式会社 ベル・マイクロ事業部 工事課長 大瀬 弘樹

## 1 はじめに

我が国において、これまで46万kmにのぼる管路布設の中で50年以上の耐用年数が超過する管路は1万km以上にものぼり、今後は加速度的に更新工事が増えるのは明らかである。また、管路の老朽化にともなう陥没事故も年間3300箇所発生している。このような状況の中、各自治体では長寿命化を含めた維持管理計画において、開削による布設替え、管更正工（既設管路内面に管きよを構築）、改築推進工（既設管路を破碎あるいは残置しつつ推進により新管への置換え）などの管路改築を推し進めている。

老朽化した既設管路において、たるみやずれが生じ管更正工では対応できない管路も多く存在しているため、改築推進工の社会的要求が高まってきている。

このような社会的な要求を踏まえ、ベル工法が有する技術（①自立管である塩化ビニル管の長距離・曲線推進技術、②小口径推進における礫破碎技術、③泥水による送排泥技術）を活か

し、現在、改築推進工法の開発を進めているので報告する。

## 2 ベル工法改築推進の概要

本工法の概要を図-1に示す。

本工法は、改築推進工法の図-2に示す分類の中で、静的破碎推進工法（既設管ガイド式：泥水排土方式）に分類される。

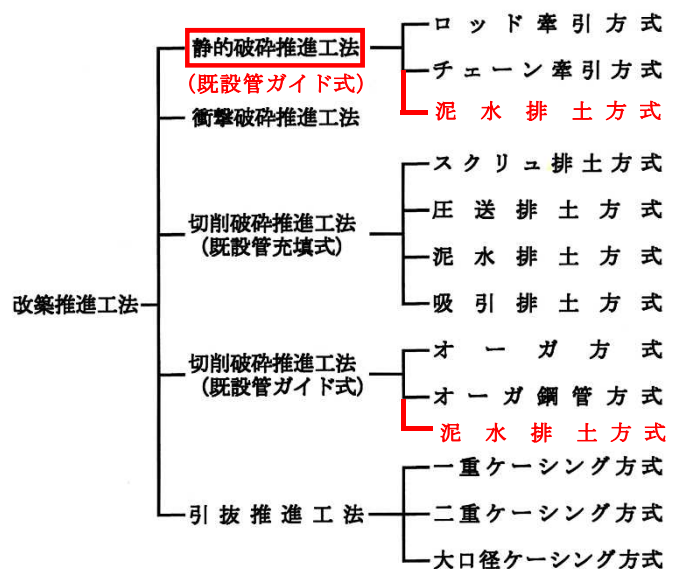


図-2 改築推進工法の分類  
(推進工法用設計積算要領 改築推進工法編 2013年度改訂版)

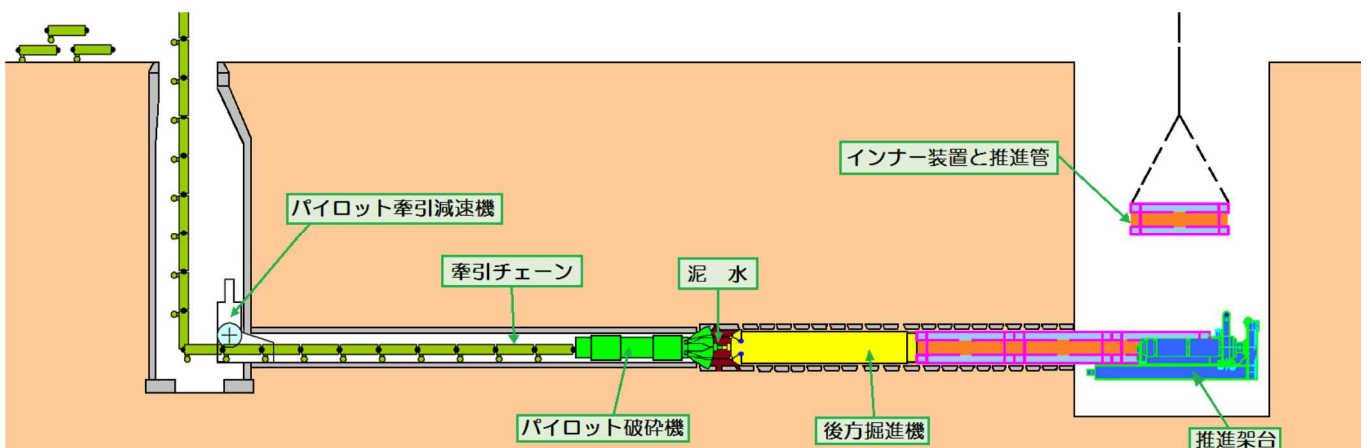


図-1 開発を進めている改築推進の概要図

施工方法は、既設管内へ写真-1に示すパイロット破碎機を挿入したあとコンクリート管を6枚の羽で破碎し、地中で短冊状に押し広げる(写真-2)。その後続は写真-3に示す後方掘進機を密着させ掘進させるとともに、こぼれた土砂や既設管の破片を泥水で流体輸送し、排出しながら新しい塩化ビニル推進管に置き換える。



写真-1 パイロット破碎機



写真-2 破碎羽による破碎状況



写真-3 後方掘進機

パイロット破碎機には止水装置が設置されており常に既設管内に密着して泥水を漏洩しないようにしながら到達側へ引き抜いていく。

パイロット破碎機と後方掘進機は、遠隔操作により常に密着し方向修正を行う。

なお、本工法は、条件によって、既設管内面を削りながら新管に置き換える切削破碎推進工法(既設管ガイド式：泥水排土方式)での改築推進も可能である。写真-4にコンクリート管の切削状況を示す。



写真-4 コンクリート管切削状況

### 3 適用管の管種と管径

#### 3.1 既設管の管種と管径

本工法で適用できる既設管の管種は、開削用の鉄筋コンクリート管・硬質塩化ビニル管・陶管・ダクタイトル鉄管および推進用塩化ビニル管(ステンレスカラー)であり、推進用鉄筋コンクリート管(ステンレスカラー)は現段階では適用不可である。なお、適用できる既設管径は呼び径300と350である。

#### 3.2 新設管の管種と管径

新設管は、推進用塩化ビニル管(SUSカラー)で呼び径 $\phi$ 300、L=1.0mを採用し、改築推進延長は現段階では開削区間50mを想定している。

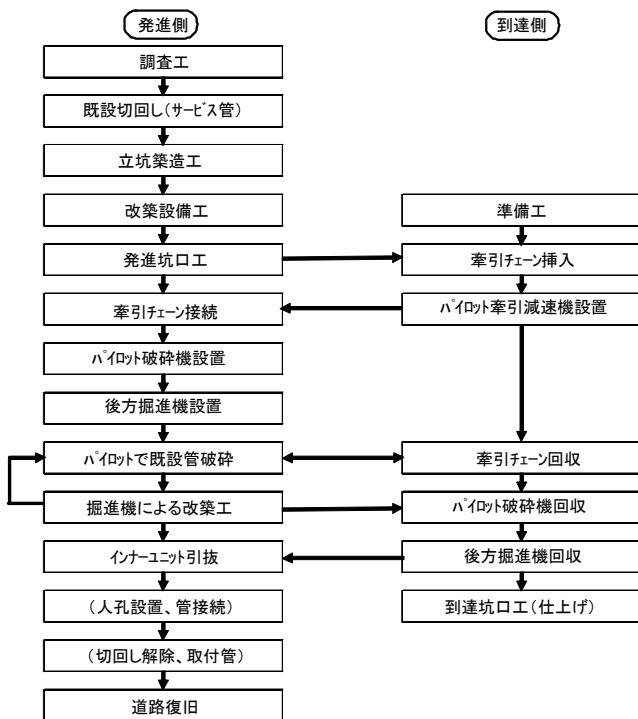


#### 4 適用できる土質

既設管を破碎することが前提であるため適用土質は、普通土（N値30以下）、礫質土（最大礫径120mm以下、礫率50%、一軸圧縮強度150MN/m<sup>2</sup>）であり、また、透水係数は、1×10<sup>-3</sup>cm/sec、地下水圧の上限値は100kN/m<sup>2</sup>を想定している。（以上は要検討）

#### 5 施工フロー

本工法の施工フローを下記に示す。



#### 6 立坑の選定

本工法において、改築するスパンの発進側には立坑が必要である。

発進立坑は、パイロット破碎機や工法掘進機を設置する際の作業空間となるほか、推進時の推進架台、推進管のセット等の作業空間が必要となるためケーシング立坑φ2000mm（ライナープレート立坑でも同様）以上となる。

到達立坑は、牽引チェーン、パイロット牽引減速機の設置、到達時のパイロット破碎機、工法掘進機の分割回収の作業空間のみとなるため既設1号人孔程度（φ900mm）となる。

#### 7 編成人員

本工法の編成人員は表-1を標準とする。

表-1 編成人員

場所	職種	人員	作業内容
全般	土木一般世話役	1	総指揮、連絡調整
発進側	オペレータ	1	パイロット破碎機、後方掘進機、パイロット牽引減速機の遠隔操作
	特殊作業員	2	ユニットの運転、玉掛け機器の設置、推進管のセット
到達側	普通作業員	1	牽引チェーンの取り外し
合計		5	

※ フラントの設置、発進到達設備の設置、到達時の分割回収は全員で行う。

#### 8 実証実験の経過

本工法の開発は、現段階までは全て地上実験であり、各種既設管の破碎の確認、破碎速度、破碎羽の広げ幅および間隔、推進速度について確認し、それぞれの不具合等を検証し、改良・改造を繰り返し行っている。

改良も大詰めにさしかかり、地中での実証実験を向かえるまでに至った。今後、地中実験が可能な試験施工ヤードにおいて、各種の管種や立坑を想定し、実験を実施する予定である。

#### 9 課題

課題としては、①水替工、②取付管の処理題、③改築後の空洞処理などである。

#### 10 おわりに

現在、改築推進工法は管更正工法と比較して、日進量が遅く、かつ、工事費が高くなるため工法採用にまで至らないケースが多い。

しかしながら、本工法のように信頼性の高い自立管（硬質塩化ビニル管）による改築推進を確立して普及させれば、コスト面や日進量を改善し、管更生工法とは異なり、これまで以上の長期的・安定的なライフサイクルコストの改善が見込まれる。

これからの開発では、下水道管渠に限ることなく、水道管・電力管・ガス管の各分野で、いろいろな管種・管径に挑戦し開発を行い、社会資本の長寿命化に貢献していく。以上

## 第Ⅲグループ

# コンクリートのこわばりを低減できる混和剤「チキソリデュース」

清水建設(株) 土木技術本部 ○根本 浩史  
(株)フローリック 技術本部 平野 修也

## 1. はじめに

社会基盤整備に大きな役割を果たすコンクリート構造物を取り巻く状況は、近年大きく変化してきた。耐震性能の要求水準の引き上げによる鋼材の増加や、環境問題、資源の有効利用等の時代の要請に伴う材料特性の変化は、コンクリート施工の難易度を著しく増大させ、初期欠陥が発生するリスクが増大する結果になっている。<sup>1)</sup>

初期欠陥の発生は、上記に示す要因によるものだけではなく多岐にわたると考えられるが、要因の一つにコンクリート特有の性状変化である「こわばり」があると考えられる。コンクリートの施工途中にコンクリートがこわばると施工性能が大きく低下し、初期欠陥の要因となってしまう。

本稿では、このコンクリートのこわばりについて、そしてこわばりがコンクリートの施工に与える影響、またこわばりへの対策技術として新しく開発したこわばり低減剤「チキソリデュース」について説明する。

## 2. コンクリートのこわばり

コンクリートには、練り混ぜられて製造された後、一旦静置されて時間が経過することにより硬くなり、所要の流動性が損なわれて動きづらくなる若しくは動かなくなる現象を示すことがある。この現象は、練混ぜによって分散されたセメント粒子が静置によって凝集し、凝集体を形成することに起因すると考えられる。セメントの凝

集体はコンクリートが流動する際に抵抗となり、攪拌や振動によって凝集体が破壊されて、コンクリートは再び流動性を得ることができる。レオロジーの分野では、このような性質をチキソトロピーと呼び、時間によって性質の度合いが変わることから時間依存流体とも呼ばれる。

コンクリートのこわばりの程度が大きくなると、再び流動させるのにはより大きな外力が必要となる。もしくは、十分な外力を与えられない場合は、コンクリートのこわばりが解消されずに流動性が不足し、充填性が損なわれることを示唆している。コンクリートがこわばるという現象は、実際の工事現場において初期欠陥を招く要因となる。

コンクリートのこわばりが初期欠陥となる事例として、場所打ちコンクリート杭や逆打ち部分へコンクリートの充填、またはコンクリートポンプを使用した圧送等があげられる。場所打杭ではコンクリートをトレミー管により打込む場合が多いが、先に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性を失ってしまうとトレミー管が閉塞しコンクリートが打ち込めない状況となる場合がある。また、オールケーシング工法の場合はケーシングチューブを引き上げた跡にコンクリートが充填される必要があるが、既に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性が不足していると、ケーシング跡にコンクリートが流動せずに未充填

箇所となり欠陥が生じる（写真-1 参照）<sup>2)</sup>。逆打ち部でも先に打ち込まれたコンクリートがこわばってしまうと、後から打ち込まれたコンクリートの充填が阻害され、未充填の原因となる。圧送においてはポンプ配管内で先行して打ち込まれたコンクリートがこわばると、後から圧送されたコンクリートの変形に追従できず管内で閉塞する恐れがある（写真-2 参照）。さらに再圧送時の圧送負荷が著しく増加した場合、配管の接続箇所など局所的な破裂のリスクが高くなり、初期欠陥の復旧に時間と労力が費やされることとなる。

また、コンクリートのこわばりが顕著な場合、打重ね部で下層のコンクリートにおけるバイブレータの振動による影響範囲が小さくなり、上層と下層の一体化が阻害されコールドジョイントの発生につながる可能性もある。

コンクリート工事を円滑に進めるためには、コンクリートのワーカビリティを確保することが重要であるため、流動性の保持性能に優れ、こわばりが小さいことは、コンクリートのワーカビリティの観点で望ましいと言える。しかし、コンクリートのこわばりによる影響を定量化できる評価方法は確立されておらず、静置したコンクリートを対象としたスランプ試験の応用やレオロジー試験の結果に基づく検証などは今後の検討課題である。



写真-1 場所打ち杭における未充填箇所発生状況

### 3. こわばり低減剤「チキシリデュース」の開発<sup>3)</sup>

こわばりが原因で生じる初期欠陥は、フレッシュコンクリートがチキシトロピー性を有していることに起因しており、流動している場合には問題にならないが、一旦静置されて、時間が経過して再び動き始める際に流動抵抗（降伏値に近似）が著しく大きくなることが問題となる。チキシトロピーによる影響を低減することができれば、こわばりによる初期欠陥を防止する上で有効であると考えられ、化学混和剤を利用してセメントの近接や凝集を抑制することは、コンクリートのこわばりを低減するのに有効であると考えられる。

そこで、コンクリートのこわばりやチキシトロピーによる影響を低減する新しい混和剤「チキシリデュース」が開発されることとなった。

チキシリデュースの主成分は、オキシカルボン酸塩およびグリコールエーテル系誘導体の粉体であり、液体の混和剤に比べてコンクリートへの溶解速度が遅い点の特徴である。

グリコールエーテル系誘導体は非吸着で



写真-2 ポンプ施工における配管閉塞

弱い分散性とコンクリートのフレッシュ性状に寄与する保水性を有する成分からなり、分散したセメント粒子間に入り込んで、セメントの近接や凝集を抑制する効果がある。

チキシリデュースは、写真-3 に示すように水溶性の紙袋に梱包されたパック型の粉末状の混和剤である。1パック当たりの内容量は250g であり、バッチャープラントのミキサーやアジテート車に必要パック数を投入して使用する。必要パック数は、対象となるコンクリートの配合や使用材料、目標スランプ、添加時期やこわばりの程度によって異なるが、アジテート車の積載量が 4~4.25m<sup>3</sup> の場合、標準使用量は 4 パックであり、添加に必要な計量設備が不要であり、製品の取扱いは比較的容易である。

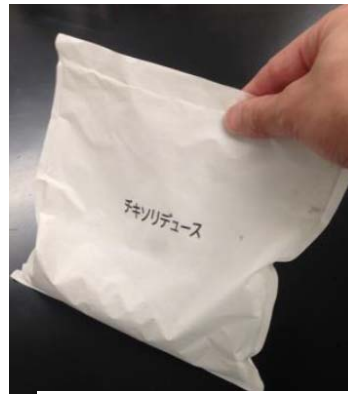


写真-3 チキシリデュースの荷姿



写真-4 静置スランプ試験 試験状況

表-1 コンクリートの配合および使用材料

No.	W/C (%)	s/a (%)	目標スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
					W	C	S	G
1	50.0	48.0	21程度	4.5±0.5	170	340	839	933
2	35.0	49.0	23程度	4.5±0.5	175	500	787	840

C：普通ポルトランドセメント(三種等量混合 密度：3.16g/cm<sup>3</sup>) S：山砂(静岡県掛川市 表乾密度：2.58g/cm<sup>3</sup>, F.M:2.78) G：硬質砂岩碎石2005(東京都青梅市 表乾密度：2.65g/cm<sup>3</sup>, 実積率：59.5%)

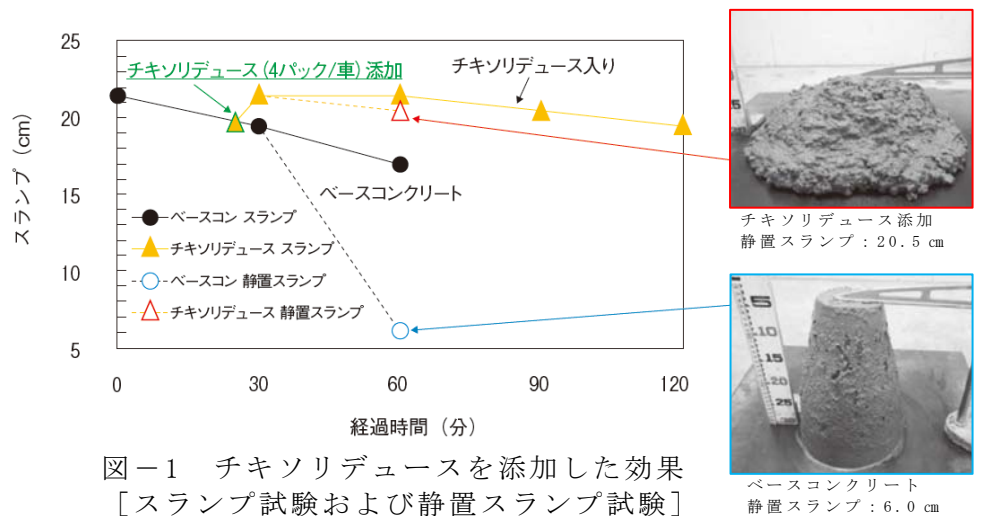


図-1 チキシリデュースを添加した効果 [スランプ試験および静置スランプ試験]

#### 4. 「チキシリデュース」のこわばり低減効果

チキシリデュースを添加したコンクリートのこわばりを簡易的に評価するために写真-4 に示すような静置スランプ試験を実施した。この試験は、スランプ試験で使用するスランプコーンの中にコンクリートを詰めて、所定の時間静置させた後にスランプコーンを引上げて、静置したコンクリー

トのこわばりによる影響を確認するものである。表-1 の配合 No.1 で高性能 AE 減水剤を使用したベースコンクリートを対象に、練上がりからの経過時間 30 分時点でチキシリデュースを添加した効果をスランプ試験と静置スランプ試験（静置時間は 30 分）によって確認した。その経時変化試験の結果を図-1 に示す。練上がりからの経過時間 60 分でベースコンクリートのスランプが 17.0cm であったのに対して、破線

で示した静置スランプは 6.0cm まで低下し、こわばりによってコンクリートの降伏値が著しく増加したことが推察される。一方、チキシリデュースを添加したコンクリートのスランプ保持性は向上し、静置スランプはコンクリートがこわばることなく 20.5cm となった。

また、コンクリートのチキシ

トロピーを評価するために、回転翼型のブレードを装着した回転粘度計を用いてせん断ひずみ速度制御によるせん断応力の履歴(ヒステリシスループ)を得た。表-1 の配合 No. 2 で高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートを対象に、練上りから 60 分間コン

クリートを容器内に静置した場合のヒステリシスループを図-2 に示す。本実験では、せん断ひずみ速度を徐々に上げていく上昇曲線を経て、最大速度に到達後、せん断ひずみ速度を下げっていく下降曲線を描くことになるが、図-2(a)で見受けられるようにコンクリートのこわばりによって初期せん断応力(図中の x 軸上の矢印)が著しく増加する傾向が認められた。これに対して、チキシリデュースを添加した場合は、図-2(b)のように初期せん断応力が約 37%低下し、こわばりの低下が示唆された。ヒステリシスループで囲まれた面積は、試料が上昇曲線および下降曲線の応力-ひずみ履歴

に晒されて、凝集構造が破壊され、次第に凝集が回復する履歴のずれの度合いを示し、言すればチキシトロピーの度合いを示唆する。本実験結果では、チキシリデュースを添加することで、ヒステリシスループで囲まれた面積が約 29%減少し、静置した

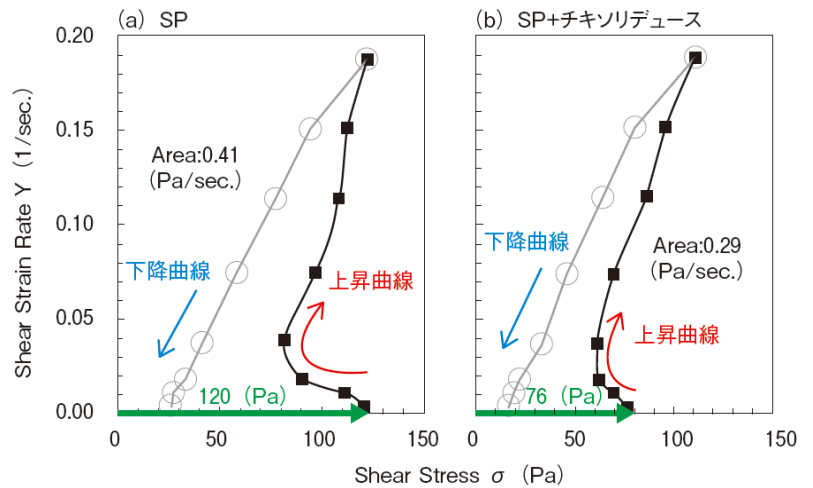


図-2 チキシリデュースを添加した効果  
[回転粘度計による測定]

コンクリートのチキシトロピーが低減する効果が認められた。

## 5. おわりに

こわばりを低減する新しい混和剤「チキシリデュース」を開発した。コンクリートのこわばりを低減できる本技術は、複雑化するコンクリート施工に対し、初期欠陥発生のリスクを低減する効果があると考えられる。今後、本技術が広く展開されることで、コンクリートの初期欠陥低減に寄与できれば幸いである。

### [参考文献]

- 1) 土木学会コンクリートライブラリー126, 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案), 2007.3
- 2) 大川了, 岡本茂, 野村朋宏, 根本浩史/ 場所打ち杭に用いるコンクリートの施工性能評価に関する実験的検討, 土木学会コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会(341委員会)委員会報告書, 2011
- 3) 根本浩史, 平野修也, 西祐宜, 伊達重之/ こわばり抑制剤を用いたフレッシュコンクリートの性状改善に関する実験的検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.1 pp.1261~1 266 2017.7

## 複合現実 (MR) 技術の建設現場での活用「Genba-MR アピコ」

株式会社 興和 技術開発室 ○太刀川 翼  
技術開発室長 山本 宏幸  
株式会社シーエスレポーターズ 遠藤 翔太

### 1 はじめに

#### 1. 1 背景

近年、労働者の高齢化や労働力不足が、建設業界全体の大きな問題となっている。国土交通省は 2016 年に、今後 10 年間で技能労働者約 340 万人のうち、110 万人が高齢化等により離職の可能性があるとして発表した<sup>1)</sup>。また、若年者の入職が少ないことが、さらにこの問題に拍車をかけている。そのような現状を踏まえ、国土交通省は、建設現場の生産性向上に向けた施策の 1 つとして、i-Construction を推進している。そして、i-Construction におけるトップランナー施策の 1 つとして「ICT の全面的な活用」が提唱されており、これまでのような部分的な情報化施工ではなく、測量から設計、施工、検査までの各段階において ICT を活用して生産性の向上を図ることを推進している。

さらに最近では、“BIM/CIM”の導入が進められている。BIM/CIM の導入の目的は、計画・調査・設計段階から 3 次元モデルを導入し、その後の施工・維持管理分野においても情報を活用・共有することにより、建設生産システムの業務効率化と高度化を図ることである。これまでに行われた BIM/CIM の試事業において、効果が認められた活用例・内容としては「可視化による関係者協議の迅速化、合意形成の迅速化」が挙げられている<sup>2)</sup>。

以上の現状を踏まえ、現在建設業が抱える

問題に対する解決策の 1 つとしては、関係者協議や合意形成に役立つ 3 次元モデル可視化ツールの利用や新たなツールの開発が掲げられる。

#### 1. 2 新技術への期待

近年、ゲームや撮影画像の加工などのエンターテインメント分野や、商品 PR のようなマーケティング分野では、VR (仮想現実) や AR (拡張現実)、MR (複合現実) などの技術が盛んに活用され、話題となっている。さらに最近では、PC 等の性能向上によりスマートフォンやタブレットのような安価なハードでも、これらのコンテンツが作成・利用可能となっており、以前よりも身近な技術として定着しつつある。そして、VR などの技術は建設現場においても、非日常の疑似体験による安全教育や、不可視物の可視化による埋設物の表示や建機の干渉確認といった活用方法が想定されることから、その有用性が期待される。

### 2 開発概要

#### 2. 1 開発の目的

弊社は、VR、AR、MRのうち、MR技術は現実空間のスケールや物体の位置関係を扱うことができるため<sup>\*1</sup>、現場で使用する 3 次元モデルの活用ツールとして適していると考えた。そこで、弊社はMR技術の建設現場での活用を目的にスマートフォンやタブレッ

トで使用可能なアプリケーション「Genba-MR アピアコ」（以下、アピアコとする）（特願 2017-224254 号）の開発を行った。

## 2. 2 「Genba-MR アピアコ」概要

アピアコは、建機や構造物の 3D モデルを任意の位置・姿勢で配置し、スマートフォン等の画面を通して確認することが可能なアプリケーションである。写真-1 に、3D モデル配置時に端末に表示される画面の例を示す。この事例では、3D モデルが座標情報を持つことによって、三角コーンや点字ブロックのようなオブジェクトは地表に、下水管のようなオブジェクトは地下に配置されている。

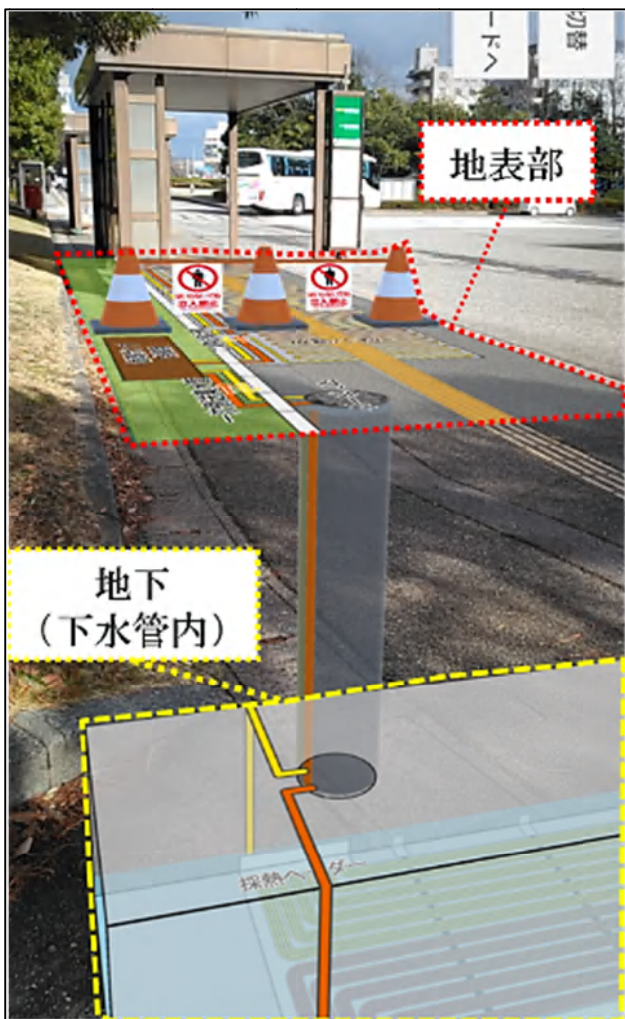


写真-1 3Dモデル配置時の画面表示  
(下水熱ヒートパイプシステム)

## 2. 3 3Dモデル配置方法

本技術では、3Dモデルを配置する方法が2通り備わっており、活用場面（現場/事務所内）や用途（完成イメージ確認/建機干渉確認/3D形状の把握）によって使い分けが可能となっている。

### 2. 3. 1 ターゲットセッティングス方式

TS（ターゲットセッティングス）方式は、2点以上の測量基準点や、QRコード等を現地に設置することで、現実の3次元空間にほぼ正確に3Dモデルを重ね合わせる方法である（写真-2）。長大な3Dモデルを表示して遠景を確認したい場合や、ある特定の位置にモデルを表示したい場合など、3Dモデルを配置する位置や姿勢が重要な場合は本方式の使用が適している。



写真-2 TS方式による配置手順

### 2. 3. 2 フリーセッティングス方式

FS（フリーセッティングス）方式は、表示基準点の設置が不要で、どこでも容易に3Dモデルを閲覧させることが可能となっている（写真-3）。手軽に使用できる利点があるため、表示する3Dモデルの位置よりも、形状が重要な場合には本方式が適している。





写真－3 FS方式による配置手順

## 2. 4 対応デバイスの拡張

当初、本技術の開発は、Google社が開発した“Tango”というプラットフォームを利用して行っていたため、本技術はTangoに対応可能な機器でのみ使用可能であった。しかし、Tangoに対応するには、スマートフォンに赤外線カメラや魚眼レンズカメラ、高性能IMUなどの特殊なセンサ類が搭載されている必要があるため、利用可能なデバイスは限られており当技術の普及の障害となっていた。そこで、アピアコは一般機種でも使用可能なAR技術である“ARKit”（iOS対応）を利用できるように改良を行い、iPhoneやiPadでも使用可能となった。また、さらなる対応デバイスの拡張を目的に、“ARCore”（Android対応）での利用についても検証実験を行なっている。



写真－4 構造物完成イメージの表示例  
(雪崩防止柵)

## 3 活用場面

### 3. 1 時間的な不可視物の可視化

本技術は以前存在した、または今後建設予定であるなど、現在では不可視となっている構造物を表示することが可能である。そのため、建機の干渉確認や構造物完成イメージの表示、過去存在していた構造物の投影などを行うことで、施工計画策定や関係者のイメージ共有への活用が想定される（写真－4）。

### 3. 2 物理的な不可視物の可視化

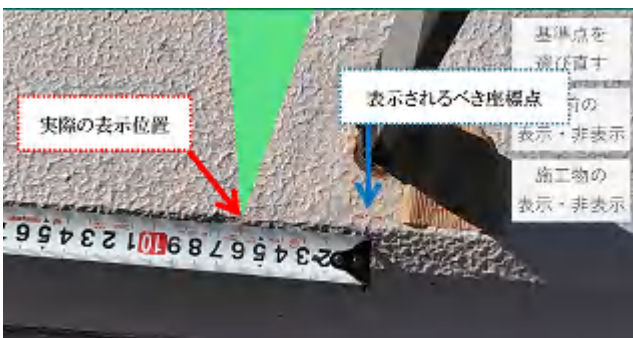
竣工後の地下構造物や機械の内部構造など、普段は目に触れない部分の可視化にも、本技術は有効である。不可視部分の技術PRや教育への活用の他、埋設物の表示によるインフラの維持管理への活用が考えられる。写真－5は、机の天板を地表に見立てて配置した、深さ情報を持つ3Dモデルの表示例である。机の下側から見ると、地下へと伸びるボーリング孔が確認でき、座標情報が反映されていることがわかる。これにより、例えば建設現場において、埋設されたインフラ設備の埋設深などを確認しながらの作業が可能になる。



写真－5 地中埋設物の表示例  
(地中熱ヒートパイプ)

#### 4 課題

本技術の3Dモデル配置の精度は、アプリを起動する端末や、TangoなどのMR技術そのものに依存しており、現状では3Dモデルの配置に数～数10cm程度の誤差が生じることが判明している。特に、Tango非対応機種では、対応機種と比較して誤差が大きくなる傾向が見られている（写真－6、7）。その他にも、3Dモデルを表示したままの移動や、その距離、速さ、画面内への移動体の映り込みなどが誤差を増加させる原因であることが分かっており、原因を除去した精度向上は、今後の課題となっている。



写真－6 Phab2PRO使用時の表示誤差  
(Google Tango対応機種)



写真－7 iPad使用時の表示誤差  
(Google Tango非対応機種)

#### 5 まとめ

本技術は、BIM/CIMが導入され3Dモデルの取り扱いが当然となる今後の建設業界に

において、「可視化による関係者協議の迅速化、合意形成の迅速化」、ひいては「生産性の向上」を実現するための有益なツールであると考えられる。また、不可視部分の可視化という点に着目した場合、本技術はインフラの維持管理における3Dモデルの活用や技術PR、教育への活用も考えられる。

※1：本報文では、カメラなどを通して読み取った現実世界の情報を反映させた仮想空間を作り出すこと、またはその空間そのものをMRと呼称している。また、MR技術は、現実空間の地表面や奥行を仮想空間へ反映させることができるため、地面の上や遠く（または近く）に3Dモデルを置く、置いたモデルを現実空間で回り込む、といった動作が可能である。しかしVRやARと明確に区別されないことが多く、混同も度々みられる。

#### 参考文献

- (1) i-Construction委員会 報告書 平成28年4月：「i-Construction～建設現場の生産革命～」
- (2) 国土交通省 CIM導入推進委員会：「CIM導入ガイドライン（案）第1編 共通編」

#### 謝辞

本研究にあたり、「平成29年度 建設企業経営革新支援事業」制度の対象事業として助成を賜りました、公益財団法人にいがた産業創造機構様へ深く感謝申し上げます。

# 栈橋の調査診断システム「i-Boat」

五洋建設株 技術研究所 土木技術開発部主任 水野 剣一

## 1 はじめに

国内の港湾構造物は、長きにわたり国民の生活基盤として機能してきた一方で、老朽化が進行しており、効率的かつ効果的な維持管理・更新を実施することが急務である。

港湾構造物、特に栈橋の劣化状態を把握するには、専門知識を有する者が小型船に乗り込み、狭隘な空間で知識を駆使しつつ船上から観察する把握する方法が一般的である。しかし、昨今の人手不足により、技術者の確保が困難である。また、船舶の接岸中や潮間での点検になりやすく、点検時間や作業空間に制約がある。

これらの背景から、専門知識を有する点検者が構造物の下部に進入することなく、点検・調査および劣化診断が可能な、「i-Boat(無線 LAN ボート)を用いた栈橋の調査診断システム」を開発した。

本報では、開発したシステムの概要と、本システムを建設から 45 年経過した栈橋に適用し、その有用性について検証を行った結果を紹介する。

## 2 システム概要

本システムは、遠隔操作の i-Boat によって構造物の撮影を行う「点検・調査システム」と、それによって得られた構造物の画像を用いて、画像解析によって構造物の劣化診断を行う、「診断システム」の 2 つのシステムによって構成される。

## 2. 1 点検・調査システム

i-Boat は、写真-1 に示すように市販のラジコンボートに、撮影用と操作用のカメラ、動揺抑制装置（以下、ジンバルと記す。）、画像伝送無線機や LED 照明などを搭載したものである。全長 2.2m、全幅 1.1m、全高 0.65m、重量 57.5kg であり、栈橋上部工下面と水面との距離が 80cm 程度確保できれば、栈橋下側に進入できる。

操作は、船尾に配備した 2 基のスラスタを無線遠隔操作することで行い、前後方向へ、左右へは回頭させて航行することができる。船体前部に設置した操作用カメラの画像を無線伝送して、栈橋上でリアルタイムに確認しながら操船を行う（図-1 参照）。動力には船体に内蔵したバッテリー

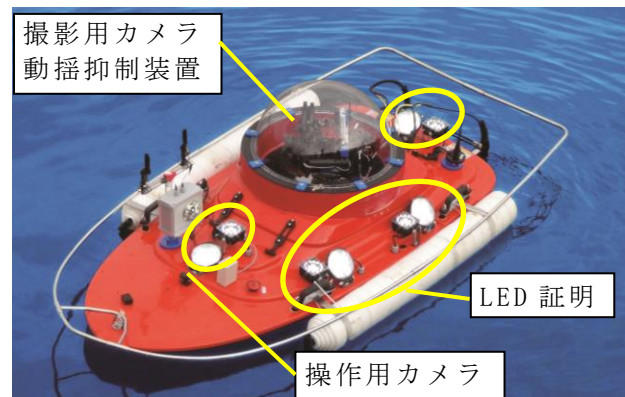


写真-1 i-Boat

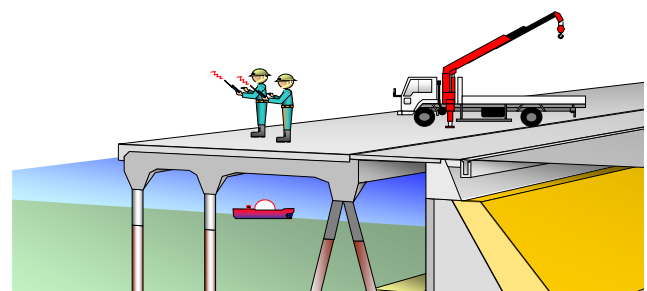


図-1 栈橋下面の写真撮影のイメージ図

を使用しており、油流出の懸念はない。

栈橋上部工下面を撮影するためのカメラをジンバルを介して i-Boat に搭載した。波浪によって船体が動揺してもカメラの動揺量を抑制でき、安定的に栈橋下面を撮影できる。撮影用カメラの動画撮影時の画素数は最大 3,840×2,180 の約 840 万画素である。映像は、画像伝送によって陸上に設置したモニタにリアルタイムで表示される。栈橋下面は、日射が届かず暗い環境にある場合が多いが、12 個の LED 照明により光量を確保した。

## 2. 2 診断システム

「診断システム」は、i-Boat で撮影した構造物の画像から、画像解析によってデータ処理を行い、構造物の劣化診断を行う（図-2 参照）。また、専用ソフトウェアで得られた変状画像や、変状箇所などの関連情報をデータベース化し、劣化の経時変化を 3D 管理することで、構造物のモニタリングを行うことが可能である。

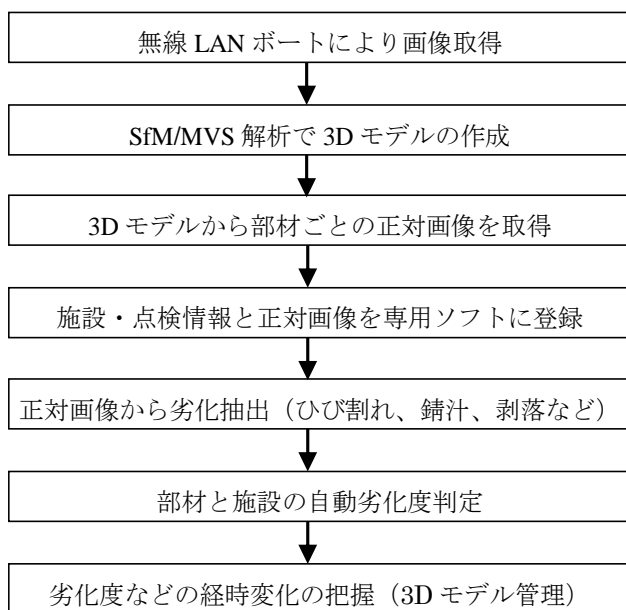


図-2 本システムの診断フロー

### 2. 2. 1 3D モデルの作成

3D モデルの作成には、SfM/MVS (Structure from Motion/Multi View Stereo) 解析を採用した。SfM/MVS 解析とは、異なる位置から撮影した大量の画像を使用して、画像上の特徴点を抽出し、特徴点から複数の画像を結びつけ、3D モデルを構築する画像解析技術である。これによって、ボートで撮影した動画データから、構造物の大量の静止画を切り出し、SfM/MVS 解析によって構造物全体の 3D モデルを得ることが可能である。また、3D モデルを作成することによって、あおり補正された部材ごとの正対画像を得ることが可能となる。

### 2. 2. 2 変状の抽出

3D モデルから各部材の正対画像を抽出し、画像上のひび割れなどの変状の抽出を行う。変状の抽出には、ひび割れ半自動抽出と、ひび割れ近傍の濃淡分布から幅を算定する手法を用いている<sup>1)</sup>。半自動抽出とは、撮影した画像上のひび割れのおおよその位置を手動で範囲指定し、範囲内の各画素に含まれる濃淡レベルから、自動でひび割れ部分のみを検出し、それを CAD 図として描画する手法である（図-3）。

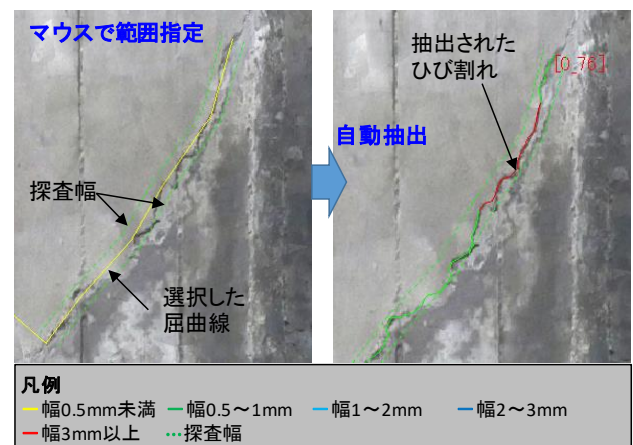


図-3 ひび割れ抽出イメージ

### 3 現場実証試験

建設から 45 年が経過した、全 80m×全幅 20m の栈橋上部工下面の梁とスラブを対象に現場実証試験を行った（図-4, 写真-2 参照）。

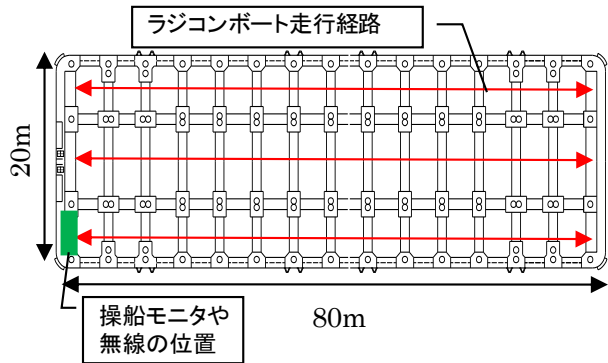


図-4 栈橋平面図および航行ルート

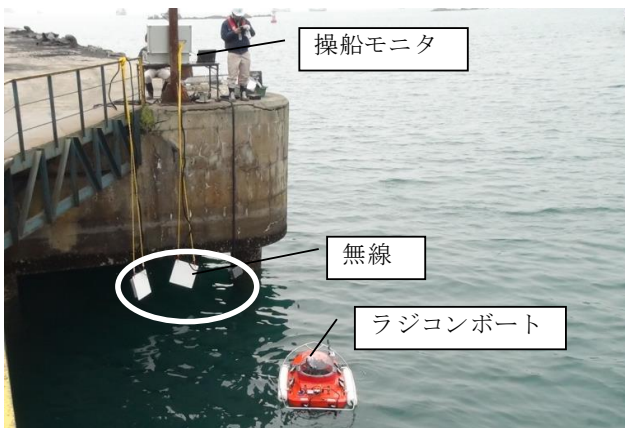


写真-2 現場実証状況

#### 3.1 点検・調査効率

今回行った点検・調査では、2 時間で約 1,600m<sup>2</sup> を撮影することが可能であり、1 日 8 時間のうち機器の準備や片付け時間の 4 時間を除くと、最大 4 時間/日程度の点検・調査が可能であった。従来手法による点検・調査の標準歩掛<sup>2)</sup>は、1,240m<sup>2</sup>/日（調査時間は 6 時間）とされており、今回の結果から想定される 1 日あたりの点検・調査面積は約 3,200m<sup>2</sup>/日であり、従来手法に比べ効率は約 2.5 倍程度の向上であった。

#### 3.2 3D 作成と変状抽出結果

i-Boat で撮影した画像をもとに SfM/MVS 解析で 3D モデルを作成した。作成したモデルを図-5 に示す。撮影は動画によって行っており、モデル作成に使用した画像データは約 1 枚/秒ごとに動画から抽出したものである。画像データは合計で約 2000 枚の画像を使用した。

抽出結果の一例を図-6 に示す。梁については展開図で示している。梁下面はかぶりコンクリートが剥落し、鉄筋の露出が生じており、その劣化を抽出している。また、スラブは、ひび割れ、鋼材露出、遊離石灰を抽出している。

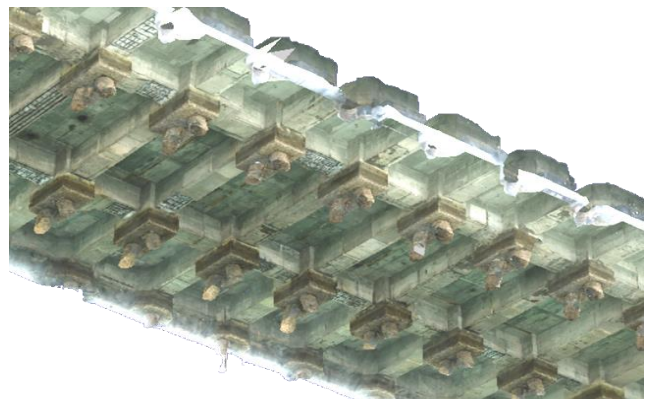


図-5 調査栈橋上部工下面の 3D モデル

梁		スラブ	
写真	抽出結果	写真	抽出結果

凡例

ひび割れ	鉄筋露出	コールドジョイント
幅0.5mm未満	骨材露出	鋼棒
幅0.5~1mm	遊離石灰	剥落
幅1~2mm	浮き	漏水
幅2~3mm	さび汁	その他の損傷
幅3mm以上		

図-6 変状抽出結果の一例

### 3. 3 劣化度判定結果

「港湾の施設の点検診断ガイドライン」<sup>3)</sup>の栈橋上部工の劣化度の判定基準を参考に数値設定し(表-1 参照)、各部材の劣化度を判定した。3D モデル管理システムによる劣化度判定結果を図-6 に示す。

劣化度判定を行った部材数は、梁が 129 箇所、スラブ 54 箇所である。点検・調査を行った栈橋は劣化が進行しており、梁部では約 80%が a 判定、スラブでは約 96%が c 判定であり、スラブに比べて梁部は劣化が進行していることが確認された。

### 3. 4 従来手法との診断結果の比較

試験を行った栈橋では、本試験による調

表-1 設定した劣化度判定基準

(a) スラブ

a	ひび割れ密度	2m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 以上
	剥落面積	あり(1%以上)
	錆や鉄筋露出面積	50%以上
b	ひび割れ密度	1m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 以上2m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 未満
	錆や鉄筋露出面積	20%以上
c	ひび割れ	密度1m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 以下
	エフロ面積	5%以上
	錆や鉄筋露出面積	20%以下
	その他変状	あり
d	変状	なし

(b) はり・ハンチ

a	幅3mm以上の鉄筋軸方向のひび割れ	あり
	剥落面積	あり(1%以上)
	錆や鉄筋露出面積	50%以上
b	幅3mm以下の鉄筋軸方向のひび割れ	あり
	錆や鉄筋露出面積	20%以上
c	鉄筋軸方向以外のひび割れ	あり
	錆や鉄筋露出面積	20%以下
	その他変状	あり
d	変状	なし

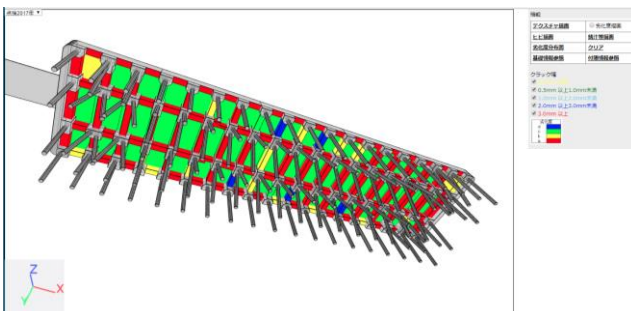


図-6 3D モデル管理による劣化度判定

査の 1 年前に従来手法による劣化診断が行われており、その診断結果と、今回実施した本システムによる診断結果との比較を行った。その結果、スラブについての結果はすべて一致し、梁部では約 90%(116 箇所/129 箇所)の一致であった。

### 4. まとめ

今回実施した現場実証試験によって、i-Boat による点検・調査では、従来手法に比べて、約 2.5 倍の効率化が図れることが確認された。また、自動劣化度判定による栈橋の診断結果は、従来手法の結果と概ね一致することが確認された。今後はさらに調査実績を増やし、データの蓄積を行っていくことで、より効率的・効果的な栈橋の維持管理に繋げていく所存である。

### 謝 辞

本研究は内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人：NEDO)によって実施している。SIP の関係各位、また、現場実証試験フィールドを提供いただいた関係各位に、紙面を借りて謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 西村正三、原健司、木本啓介、松田浩：3D レーザ・デジタル画像を用いた軍艦島計測と損傷図作成、Journal of JSPRS、pp.46-53、2012
- 2) 国土交通省：維持管理計画書策定のための現地調査積算基準、pp.6、2015
- 3) 国土交通省：港湾の施設の点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】(平成26年7月)、pp.3-34、2015

# 消波工の測量点群を用いた消波ブロックのソリッドモデリング技術

(株)不動テトラ 総合技術研究所 材料・構造研究グループ ○橋田 雅也  
総合技術研究所 材料・構造研究グループリーダー 昇 悟志  
土木事業本部 営業部長 前川 裕之  
土木事業本部 技術部 技術室課長 山崎 真史  
土木事業本部 技術部 技術室 柴田 あずさ  
土木事業本部 技術部 技術室 富永 柚香

## 1 はじめに

我が国では、生産年齢人口が減少することが予想されており、建設分野における生産性向上は重要な課題となっている。そのため国土交通省は、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す *i-Construction* の取組を進めている。

港湾の消波ブロック据付工においては、ソナーや GPS 等、ICT を活用した据付システム（以降、ICT 据付と呼ぶ）が導入されつつある。ICT 据付では、消波ブロック個々の据付位置（重心位置、ブロックの姿勢）をシステム画面上に可視化させる AR 技術によって更なる効率化や高度化が期待できる。しかし、消波ブロックの据付は不規則で複雑なため、実際にシステム化された運用事例は、ほとんど無い。ブロック個々の配列まで 3D CAD モデルにできれば AR 化も可能となり、目標位置へ正確に据え付けられ、それは消波工の出来形精度を向上させるとともに、長期的に消波工の機能を維持することにも繋がり、消波ブロック据付の高度化が期待できる。

そこで、消波工の施工の効率化・高度化を目的とし、ランダムに据えられた消波工の測量点群を用いてブロック形状の 3D データ（以降、ソリッドモデルと呼ぶ）を自動配置する技術を紹介する。

## 2 消波工の施工の効率化・高度化における現状と課題

消波工の施工では ICT 据付によりブロック据付の効率化や高度化が図られつつある。消波工の嵩上げ等、維持補修事業においては既設状況を 3D プリンタ模型で再現し、そこへブロック模型を積上げて据付方法を検討する場合がある（図-1）。例えば図-1 の状態を 3D モデル化し、据え付けるブロック個々の位置座標を事前に把握することができれば、ICT 据付の更なる高度化が期待できる。

しかし、現状では写真測量によって点群データは得られるものの、ブロックの位置座標の取得は難しいため、点群データにソリッドモデルを配置する必要がある。この作業は、図-2 のようにパソコン上で手動配置が可能だが、終了までに多くの労力と時間を要することになる。そのため、消波工の点群データにソリッドモデルを自動配置させる手法の開発が課題となっている。



図-1 3D プリンタ模型(既設)への嵩上げ

### 3 消波ブロックのソリッドモデルの自動配置における基礎検証

前章で述べた課題を克服するためにソフトウェア開発を行っている。最初にブロック模型を用いた基礎検証を行った。

まず、高さ  $h=18.9\text{cm}$  の消波ブロック模型をコンクリート壁の前面に積み上げて消波工を構築し、デジタルカメラにてラップ等を考慮して連続撮影した後、3D 化した（図-3）。

そして、その 3D 点群からブロックの重心位置や姿勢が推定できる程度の点群を抽出し、形状の特徴をソフトウェアに認識させてブロック形状のソリッドモデルを自動配置した。

また、配置誤差と配置に要する時間の検証も行った。検証では、3D 点群データから短時間で 3D モデルを作成する機能を持つソフトウェアに、消波ブロック形状の特徴を認識させる機能を追加して自動的に配置できるようにしたものを使用した。配置の状況を図-4 に示す。図中の層ごとに色分けされたソリッドモデルは、ブロックの点群に重なってほぼ一致していることがわかる。この検証で点群との配置誤差は  $\pm 3\text{mm}$ （ブロック高さの約  $\pm 2\%$ ）以内であった。この精度で自動配置できれば、あとは手動による微調整でさらに精度は上げられる。また、自動配置に要した時間はブロック 1 個あたり 1 分程度であった。手動による微調整は必要なものの、完全手動配置するよりは圧倒的に配置に要する時間が短縮できる。

図-5 は、上記のデータをアウトプットして 3DCAD プログラムで読込んだものである。このように点群データからブロックの配列がソリッドモデルとして作成できれば、容易にブロックの据付位置（重心位置、ブロックの姿勢）が確認できる。

### 4 現地測量点群における消波ブロックのソリッドモデル自動配置の検証

前章は基礎検証としてブロック模型によるものであったが、現地測量データを用いた検証も行っており、今回はその一部を紹介する。

図-6 は消波ブロックの維持補修事業で設計が行われていた消波護岸（消波ブロック

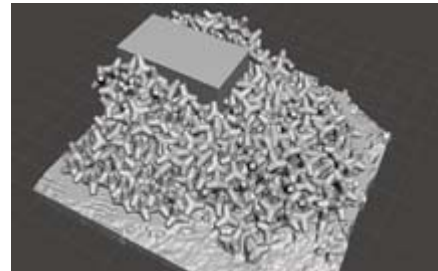


図-2 手動配置後の消波工ソリッドモデル



図-3 ブロック模型を用いた消波工の 3D モデリング結果（サーフェスモデル）

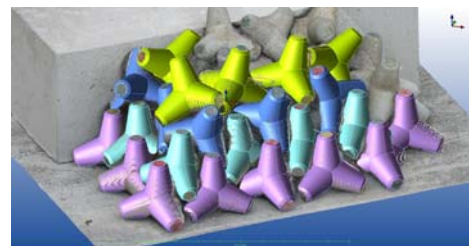


図-4 ブロック形状ソリッドモデルの自動配置

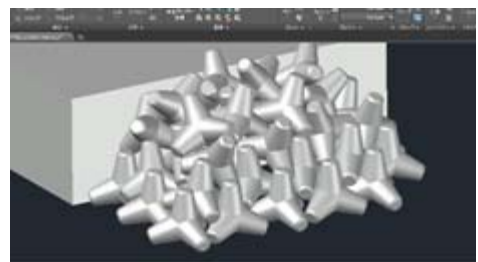


図-5 消波ブロックの 3D CAD モデル



12.5t 型) の現況をドローンにて 3 次元写真測量し, 3D 化したものである. また図-7 は, 3D プリンタを用いて消波ブロックの現況を 1/90 の縮尺で再現し, その上にブロック模型を積み上げ, 再度 3D 化したものである. これらのデータに自動配置プログラムを用いてソリッドモデルを配置させた.

図-8, 図-9 はそれぞれ図-6, 図-7 の点群にカラーで示したソリッドモデルを配置させた結果である. ここで, 図-10 の黄色部は, 配置されたソリッドモデルに対して誤差がブロック高さの $\pm 2\%$ 以内の点群を示しており, 配置に関する誤差は基礎検証と同程度であることが確認できた. よって, ソリッドモデル自動配置技術は, 現地測量データへ適用することが可能と考えられる. ただし, 水中部の測量データを用いた検証はこれからであり, 検証結果によっては本技術の更なる改良が必要となるが, 実用化されれば目標位置へ効率的且つ確実・正確にブロックを据え付けることが可能となり, ICT 施工をより効率化・高度化できると考えられる. また, 水面付近等の点群の一部欠測箇所へのデータ補完も可能となる.

## 5 まとめ

本稿における主要な結論を以下に示す.

- 1) 消波工の点群データへのソリッドモデル自動配置技術について, 基礎検証・現地検証により点群との誤差はブロック高さの $\pm 2\%$ 以内, 所要時間はブロック 1 個当たり 1 分程度であることを確認した.
- 2) 本技術の活用により, ブロックを目標位置へ効率的且つ確実・正確に据え付けることが可能になり, ICT 施工をより効率化・高度化できると考えられる.



図-6 消波工の 3D モデリング結果  
(サーフェスモデル)

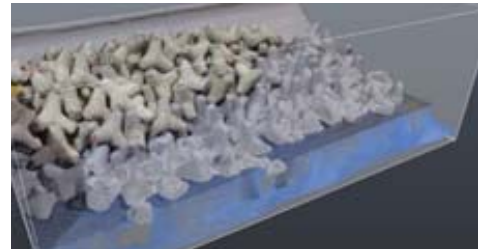


図-7 嵩上げ後の消波工の 3D モデリング結果  
(3D 点群表示)

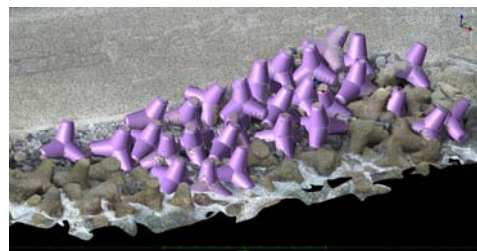


図-8 既設消波工のソリッドモデリング

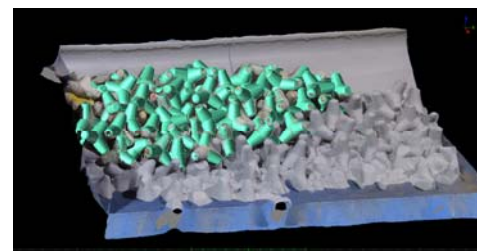


図-9 嵩上げ消波工のソリッドモデリング

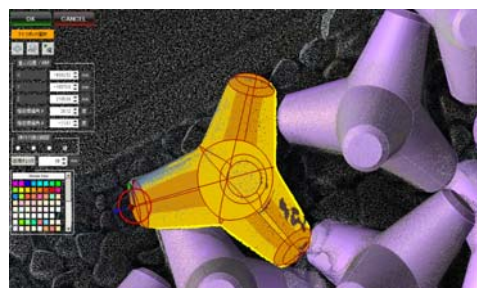


図-10 ソリッドモデル近傍の点群表示  
(黄色部: 誤差 $\pm 2\%$ 以内の点群)

## 第IVグループ

# 除雪機械の情報化施工技術の検討について

北陸地方整備局 北陸技術事務所 施工調査・技術活用課長 ○橋本 隆志  
 機械調査係長 長谷川 崇

## 1 はじめに

北陸地方整備局では、管内3県（新潟県・富山県・石川県）の直轄国道管理区間14路線、合計約1,076kmの冬期道路交通を確保するため、約500台の除雪機械を配備し除雪作業を実施している。

除雪作業において、除雪機械の運転は作業装置を路面状況、道路構造、沿道状況等の変化に適応させた難しい操作が必要であり、経験と熟練した技術が必要である。昨今においては、除雪機械の熟練技能を持つオペレータの高齢化に伴う引退や新規入職者の減少により担い手の確保が重要な課題となっている。

このような背景のもと、初心者でもベテラン並に安全で作業効率の良い除雪作業が可能となるよう、全国初の取り組みとしてICT（情報通信技術）を活用した「除雪機械の情報化施工技術」の検討に取り組んでいる。

除雪機械の情報化施工技術の検討は、平成22年度から「凍結防止剤散布車の作業ガイダンス装置（以下「散布ガイダンス」という）、「ロータリ除雪車の作業ガイダンス装置（以下「ロータリ除雪ガイダンス」という）、「歩道除雪車の作業ガイダンス装置（以下「歩道除雪ガイダンス」という）を開発し、現場への導入を進めてきた（表-1）。

現在は、先行開発した作業ガイダンス装置の改良と、将来目標の除雪機械自動運転化に向けたマシンコントロール化の検討を進めているところである。

表-1 除雪機械情報化施工技術の検討

	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	行先
凍結防止剤散布車	作業ガイダンス開発						作業ガイダンス改良			自動運転化
ロータリ除雪車			作業ガイダンス開発			作業ガイダンス改良				
歩道除雪車					作業ガイダンス開発					
一次除雪機械（除雪トラック）							作業ガイダンス検討 マシンコントロール検討			

本稿では、先行開発した散布ガイダンスロータリ除雪ガイダンスの運用コスト低減、現場での操作性向上を目的とした改良及び、将来目標の除雪機械自動運転化に向けた一次除雪機械（除雪トラック）のマシンコントロール化（作業装置の運転操作の自動化）の検討について報告するものである。

## 2 作業ガイダンス装置の改良

### 2.1 散布ガイダンスの概要

凍結防止剤散布作業は、あらかじめ散布計画区間を設定し、凍結防止剤を必要な箇所に必要な量散布する。散布ガイダンスは交差点や橋梁部等の散布計画区間の開始・終了地点と、散布量、散布幅を警告音と画面表示にてガイダンスするものである（図-1）。



図-1 散布ガイダンスの概要

#### 2.1.1 背景地図表示機能搭載の改良

降雪や積雪が多く視界不良の場合や、工区間応援で土地勘のない工区を除雪する場合に、どこを走行しているのかを把握できる「背景地図の表示機能」が備わっていなかった。今

回、電子国土地図を使用した背景地図表示機能を搭載することで、現場(路線)状況の把握と、カーナビゲーションのように先にある散布計画区間の情報を表示できるように改良した(図-2)。

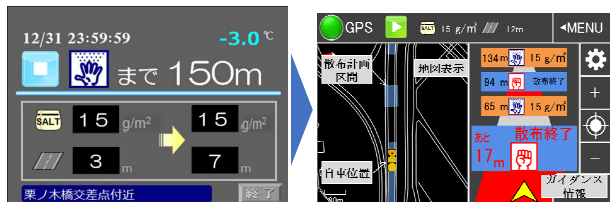


図-2 背景地図表示機能の搭載

### 2.1.2 ガイダンス情報登録・編集機能の検討

散布ガイダンスでガイダンス情報(散布計画区間)を登録するためにはパソコンにより複雑なデータ作成、登録が必要であった。今回、背景地図表示機能を搭載したことにより、ガイダンス画面で表示される背景地図上をタッチすることでガイダンス情報を簡易に登録・編集できる「地図登録機能」を搭載した(図-3)。



図-3 ガイダンス情報登録・編集機能の搭載

## 2.2 ロータリ除雪ガイダンスの概要

拡幅除雪作業は、次の除雪に必要な堆雪帯を確保するため、道路の路肩端まで装置を寄せて作業を行う必要がある。現場ではあらかじめ道路に設置したスノーポールなどを目標に除雪するが、設置間隔には限りがありポールからポールの間は、先のポールを目的にして感覚的に操作を行う必要があることから、操作に熟練度が求められる。また、家屋、交差道路等、除雪した雪の投雪を禁止している区

間があり事前に把握しておく必要がある。ロータリ除雪ガイダンスは除雪装置の路肩への接近と、投雪を禁止している区間への接近を警告音と画面表示にてガイダンスするものである(図-4)。



図-4 ロータリ除雪ガイダンスの概要

### 2.2.1 背景地図表示機能の改良

散布ガイダンスと同様、ロータリ除雪ガイダンスにも「背景地図の表示機能」が備わっていなかった。今回、電子国土地図を使用した背景地図表示機能を搭載することで、沿道(従道路や家屋など)状況を把握しやすい画面とした(図-5)。また、障害物(マンホールや橋梁ジョイント等)への接近警告の機能を追加した。

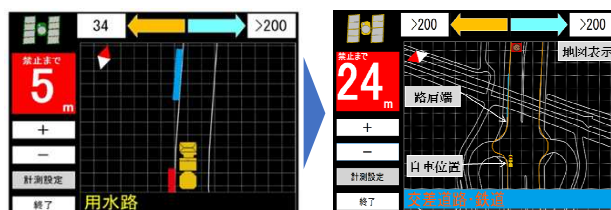


図-5 背景地図表示機能の搭載

### 2.2.2 ガイダンス情報登録・編集機能の検討

ロータリ除雪ガイダンスでガイダンス情報(路肩端線形)を登録するためには、仮想基準点測量方式(VRS)で詳細な現地測量を実施する必要があった。今回、ロータリ除雪車自体や計測車両で現地を走行することで作業軌跡から路肩端を設定する「お手本ライン登録機能」を搭載することにより、詳細な現地測量がなくてもガイダンス情報の登録を可能とした(図-6)。



図-6 ガイダンス情報登録・編集機能の搭載

### 2.3 作業ガイダンス装置改良の効果

背景地図表示機能を追加したことで路線状況の把握が容易になり、ガイダンス情報の登録・編集機能を改良したことで、登録にかかる労力・費用の低減に繋がった。除雪作業のオペレータからは若手や新人の教育に有効と評価され、除雪作業現場からもガイダンス装置歓迎の声があがっている。今回改良に伴い改善された項目を下記に示す（表-2）。

表-2 改良に伴い改善された項目

改良項目	凍結防止剤散布車		ロー除雪車	
	改良前	改良後	改良前	改良後
ガイダンス内容				
背景地図表示機能	×	○電子国土地図	△(緑石位置のみ表示)	○電子国土地図
障害物等への接近警告	-	-	×	○(機能追加)
データ登録・編集機能	△PCでのデータ編集が必要	○地図登録機能	△現地測量が必要	○お手本ライン登録機能
データ作成費用(1工区当たり)	100万円程度	30~40万円程度	150万円程度	100万円程度
データ作成期間(1工区当たり)	5日間程度	1日程度	5日間程度	2~3日間程度

### 3 一次除雪機械作業ガイダンス装置の試作

表-1 に示したスケジュールを基に、一次除雪機械の作業ガイダンス装置の検討を行っている。平成 29 年度は、これまでに開発した各ガイダンス機能を装備した作業ガイダンス装置を試作。平成 30 年度は、必要機能の追加・改良を行い、機能の要求仕様をとりまとめる予定である（写真-1）。装備するガイダンス機能を下記に示す（表-3）。



写真-1 背景地図表示機能の搭載

表-3 装備するガイダンス機能

装備する機能	ガイダンス方式
障害物への接近警告機能	画面表示、ブザー音
路肩端・道路中心線への接近警告機能	画面表示、ブザー音等
除雪速度(30km/h)に対応したガイダンス	画面表示音声・ブザー音等

### 4 一次除雪機械マシンコントロール化への検討

除雪作業における安全性・施工性・生産性の向上を目的とした、一次除雪機械(除雪トラック)の作業装置の「マシンコントロール化」へ向けての検討を平成 29 年度から実施している。マシンコントロール化のイメージを下記に示す（図-7）。

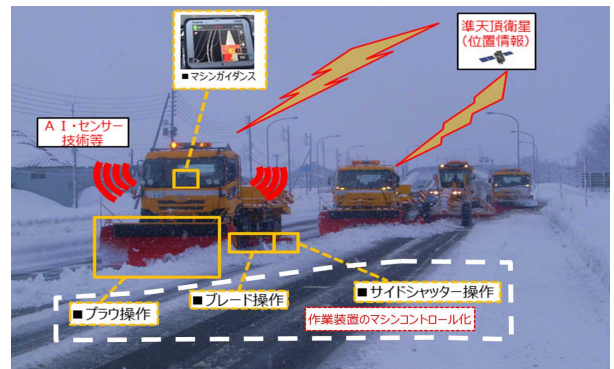


図-7 一次除雪機械マシンコントロール化イメージ

#### 4.1 要素技術の検討

作業装置のマシンコントロール化に必要な「要素技術」をについて市場を調査し、結果をまとめた（表-4）。

表-4 要素技術のとりまとめ

No.	要素技術	候補技術	要素技術から得られる情報	要素技術による操作制御
1	■精度の高い衛星受信機	・VRS受信機 ・進天頂衛星システム「みちびき」 ・慣性計測装置 等	自車、作業装置の位置情報の把握	車両位置情報での作業装置動作制御(誤差は数cm)
	■精度の高い地図データ	・MMSデータ ・ダイナミックマップ 等		
2	■センサ技術	・傾斜計 ・ストローク計 等	路面積雪量、雪抱え込み量、作業装置の状況 等 把握	雪の量に合わせて作業装置の角度、押付圧等の動作制御
3	■AI技術	・画像認識技術 ・車線、障害物等認識技術	積雪の有無、障害物・人間等の感知 車線の把握 オペレータ作業履歴の蓄積 等	作業装置動作タイミングの自動化制御 障害物・歩行者等の回避制御

#### 4.2 今後の検討スケジュール

今後のマシンコントロール化検討スケジュー

ールを下記に示す（表-5）。マシンコントロール化を各作業装置毎に進めて行くが、まずは、現段階で実用可能な位置情報によるマシンコントロール化を進めて行く。その後、技術開発の状況を踏まえセンサー技術と併せたマシンコントロール化の検討、AI 技術などをどのように活用して行けるのかを検討する。

表-5 検討スケジュール

検討年度	H29	H30	H31	H32	将来
①位置情報と合わせたマシンコントロール化					自動 運 転 化
マシガイダンス(障害物、中央検知等)					
サイドシャッター操作					
ブレード操作 フラウ操作					
②センサー技術と合わせたマシンコントロール化	数年後に実用化の可能性あり				
③AI技術等によるマシンコントロール化	市場の技術開発に応じて実用化を検討				

#### 4.3 熟練オペレータの運転技術データ収集

除雪トラック（作業装置）のマシンコントロール化を検討するにあたり、実際の現場での熟練オペレータの運転技術データを収集するために、ドライブレコーダで除雪作業状況と運転室内のレバー操作状況の録画を行い、作業装置の制御データを収集するセンサーを設置し、データロガーに記録した（表-6）。

表-6 運転技術データ収集内容

データ収集区	国道49号 29.0km 新潟国道事務所 安田工区
データ収集期間	平成29年12月6日～平成30年1月16日
ドライブレコーダ設置数	7箇所(前後路面状況、除雪機械作業装置周辺、運転室内レバー操作状況)
データロガーによるデータ収集数	作業装置(ブレード、フラウ、サイドシャッター等)操作制御データ、ブレード押付圧、振動データ等 5.5点のデータ



写真-2 ドライブレコーダ撮影画面

#### 4.4 運転技術データ分析・整理

収集した運転技術データの分析・整理を行い、結果についてとりまとめた。除雪トラックの位置情報データと合わせて、ドライブレ

コーダによる撮影画像および、データロガーで取得した制御データを地図上にプロットし、運転技術「データの見える化」を実施した。これによりどの箇所、どのように除雪作業（作業装置の操作）が行われているかを分析した（図-8）。

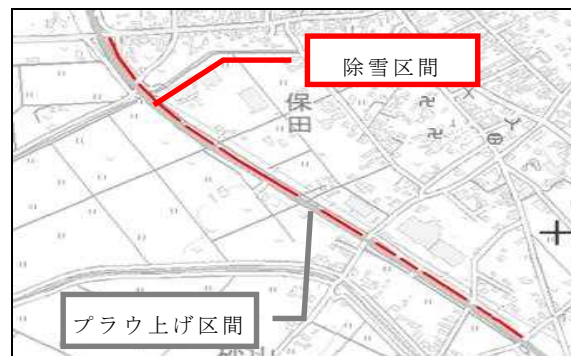


図-8 運転技術データ収集内容

#### 4.5 サイドシャッターのマシンコントロール化

平成 30 年度は、運転技術データの分析結果を基に、交差点に除雪した雪を残さないようにするために操作が頻繁な、サイドシャッターのマシンコントロール化を検討する。



写真-3 サイドシャッターの動作状況

#### 5 おわりに

開発した作業ガイダンス装置により、初心者でも障害物や投雪禁止箇所の見落としがなくなり、安全かつ効率的な除雪作業が行えるようになった。

ICT（情報通信技術）は日進月歩であることから、今後は市場の技術開発動向を踏まえ、作業装置のマシンコントロール化の技術開発を行い、除雪作業における安全性・施工性・生産性の向上に努めていきたい。

# ダム堤体嵩上げ工事の工程短縮対策とコンクリートの品質確保

鹿島建設 九州支店 小石原川ダム本体建設 J V 工事事務所  
副所長 門脇 要  
次長 萩原 康之  
北陸支店 奥胎内ダム工事事務所  
次長 柴田 勝博  
北陸支店 北陸新幹線大聖寺川橋梁 J V 工事事務所  
工事課長代理 ○水上 裕治

## 1 はじめに

新潟県発注の笠堀ダム嵩上げ工事は、平成 23 年五十嵐川災害復旧助成事業の一環であり既設の笠堀ダムを運用しながら堤体を 4 m 嵩上するダムの再開発工事である。

ここでは、災害復旧助成事業に位置付けられたダム嵩上げ工事の厳しい工程を遵守するために実施した工程短縮対策の中から、1 号ゲート更新工事で実施した工夫と薄層増厚コンクリートのひび割れ抑制対策について報告する。

## 2 工事概要

笠堀ダムは、洪水調節、上水道、発電等を目的として、昭和 39 年に竣工した重力式コンクリートダムである（表-1 参照）。

表-1 既設ダムと新設ダムのダム諸元

	既設ダム	新設ダム (再開発後)
ダム形式	重力式コンクリートダム	
堤高	74.5m	78.5m (+4.0m)
堤頂長	225.5m	250.0m
堤体積	230,900m <sup>3</sup>	251,100m <sup>3</sup>
洪水調節容量	870万m <sup>3</sup>	1,050万m <sup>3</sup>
集水面積	93.5km <sup>2</sup>	
湛水面積	0.63km <sup>2</sup> (常時満水時)	

ダム堤体嵩上げ工事にあたっては、以下の制約条件下での施工が要求された。

- ①運用中のダム機能（洪水調整・発電他）を確保する。
- ②洪水調節設備（ゲート・減勢工）は、各

年の非出水期（10/1～6/14）内に更新工事を完成させる。

③平成 29 年 10 月に試験湛水を予定しており、それまでに堤体嵩上げ工事・下流面増打ち工事、ゲート更新工事等の主要工事を完成させる。

④薄層増厚コンクリートのひび割れ抑制対策など、コンクリートの品質を確保する。

## 3 1 号ゲート更新工事

ゲート更新工事は、既設ゲート撤去→既設コンクリートピア切削撤去→新設コンクリートピア構築・埋設ゲート金物設置→新設ゲート据付けの順序で施工を進めるが、従来工法で施工した場合は 14 ヶ月の工程が必要であり、非出水期限内に完了できない（表-2 参照）。

表-2 1 号ゲート更新工事の概要

工種	数量	従来工法 施工期間	改善策 施工期間	
既設ゲート撤去	41.7 t	1.5ヶ月	1.0ヶ月	a
既設ピア切削撤去	493m <sup>3</sup>	2.5ヶ月	2.0ヶ月	b
新設ピア構築	1,517m <sup>3</sup>	6.0ヶ月	3.5ヶ月	c
新設ゲート据付け	104.4 t	4.0ヶ月	2.0ヶ月	d
計		14.0ヶ月	8.5ヶ月	

そのため、工程短縮を目的として、以下の点に着目した対策を実施した。

- ①ピア構築とゲート据付を同時進行する。

- ② 各工種の施工速度を上げる。
- ③ 仮設備にかける時間を削減する。

### 3. 1 ゲート更新工事仮設備の工夫

ゲート改修に先立って、既設堤体越流部の下流側に施工用の仮設備構台を設ける必要があったが、従来工法の鋼製構台から施工性の良いパイプ支柱式支保工を使用した構台へ変更し、仮設備設置撤去にかかる工程を約 0.5 ヶ月短縮した（表-2 の a 写真-1 参照）。



写真-1 パイプ支柱式支保工

また、既設ピア撤去時のワイヤーソー工法用の足場には移動式昇降足場を採用し、足場組替えや資機材の移動といった段取り替えの作業を省略することにより、ワイヤーソー工法の施工速度を向上させ、既設ピア撤去工事の工程を約 0.5 ヶ月短縮した（表-2 の b 写真-2 参照）。

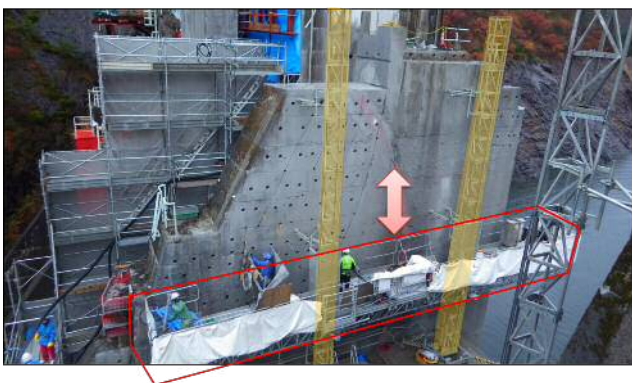


写真-2 移動式昇降足場

### 3. 2 プレキャスト型枠の採用

笠堀ダムの新設 1 号ゲートはオリフィスゲートであり、ゲート上部にはコンクリートによるカーテンウォールが配置されている。このカーテンウォールは下流側に 4.5m 張り出し、その下部にゲートが配置される構造になっているため、従来の張り出し部の施工方法では型枠支保工を撤去するまで新設ゲートの据付けができなかった。

そこで、張り出し部も含めたカーテンウォール下流側（図-1 の①）に鋼材吊支保によるプレキャスト型枠を採用し、張り出し下部の支保工を無くすことで、コンクリート打設後、直に新設ゲートの据付けを可能にした。これにより、コンクリート養生期間と支保工撤去期間を省略でき、打設リフト高さ変更によるコンクリート工事施工速度の向上効果と合わせて、従来工法と比べて 2.5 ヶ月の工程を短縮した（表-1 の c）。

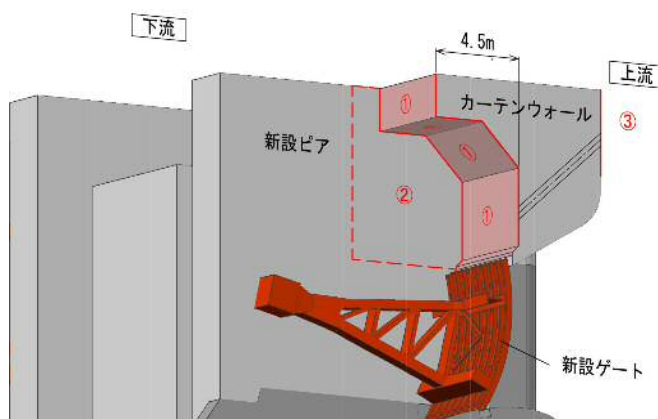


図-1 1号ゲートの概要図

また、張り出し部と隣接するピア側面（図-1 の②）と上流面（図-1 の③）にもプレキャスト型枠を採用した。型枠設置に必要な足場・支保工を省略することで、設置・撤去に要する期間の短縮と、足場・支保工との干渉で同時施工できなかったゲート据付け工事の早期着手を可能とした（写真-3 参照）。

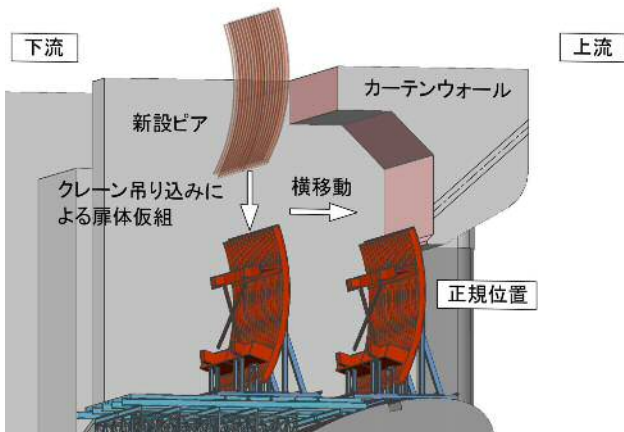




写真-3 プレキャスト型枠設置状況

3. 3 ゲートのスライドインによる据付  
カーテンウォール張出し部の直下にゲートが配置されているため、カーテンウォールの施工完了後に大型クレーンによるゲート扉体の据付けは不可能であった。そこで、据付け箇所の下流で扉体を仮組みしてから、所定の位置までスライドさせる方法を採用した（図-2 参照）。

図-2 スライドインの概要図



プレキャスト型枠採用の効果とスライドイン工法を合せることによって、カーテンウォールの施工完了を待たずにゲート扉体の施工を始めることができることに加え、ピアコンクリート工事とゲート据付け工事の並行作業も可能となり、従来工法と比べて工程を約 2 ヶ月短縮した（表-1 の d）。

以上の種々の対策により工程を短縮した結果、8.5 ヶ月の非出水期内に 1 号ゲート改修工事を完了させた（図-3 参照）。



図-3 1号ゲート工事 工期短縮結果

4 増厚コンクリートのひび割れ抑制対策  
本工事では堤頂の嵩上げに伴い、ダム下流に幅 2m の増厚コンクリートを打設する。

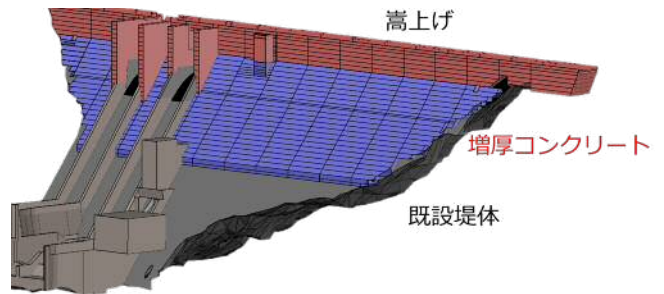


図-4 ダム嵩上げ概要図

内部および外部拘束によって温度ひび割れの発生が懸念される通常の重力式ダムとは異なり、下流面を薄層で増厚するような場合には、既設堤体の拘束が大きくなり、外部拘束によるひび割れの発生が卓越するものと考えられた。既設堤体に設けられている横継目の間隔は概ね 15m であり、それに合わせて増厚コンクリートを施工した場合、ダム軸方向の形状が長く、上下流方向が薄いという特徴も有した（図-5 参照）。

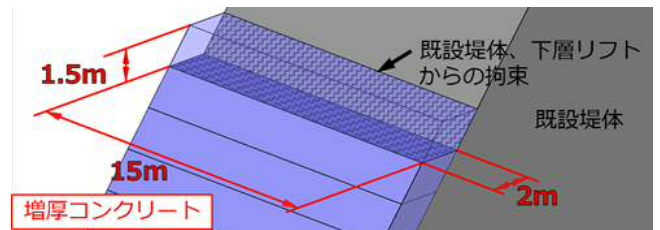


図-5 下流面増厚コンクリート概要図

横継目間隔の広い薄層増厚コンクリートひび割れ発生メカニズムを簡易モデル化したものを図-6に示す。

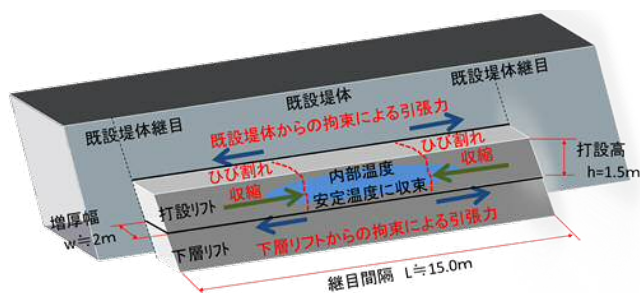


図-6 ひび割れ発生メカニズム

コンクリートは打設直後、水和熱により発熱とともに膨張する。その後温度は降下し、増厚コンクリートは幅が2m程度と薄いことから打設後1～2か月程度で最終安定温度に収束するが、その温度降下に伴い収縮する際に既設堤体及び下層リフトの2面から拘束を受けるため、引張応力が発生し、鉛直方向のひび割れが発生することが懸念されていた。

#### 4.1 ひび割れ対策の検討

鉛直方向のひび割れを抑制するため、定性的には既設ダムの継目の間に新たに継目を挿入することが有効な対策であることから、過去の事例分析を行い、5m間隔で中間継目を設けることとした。

また、中間継目と既設堤体の取合部において、増厚コンクリートが伸縮することで、既設堤体に大きな引張応力が発生することが懸念されたことから、中間継目と既設堤体部との取合部に応力緩衝材を設け、既設堤体への影響を緩和させることとした。

応力緩衝材金物はカギ型に加工した鋼材を組み合わせたものを使用した。カギ型加工としたことで、ダム軸方向の挙動にも対応が可能である。緩衝材を選定するために

試験施工を行った結果、既設堤体に発生するひずみが150 $\mu$ 程度に収まり、施工性、コスト等も優位であった緩衝金物を採用することとした。

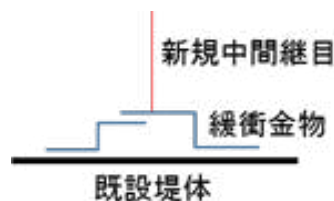


図-7 取合部概要図

緩衝金物はカギ型に加工した鋼材で、これを組み合わせることで、ダム軸方向の挙動にも対応が可能である。



写真-4 緩衝金物と継目の接続状況

これらの対策の結果、ひび割れの発生や試験湛水時の漏水は確認されず、対策が高い効果を持つことが確認された。

#### 5 まとめ

当工事は供用中のダムにおいて災害復旧助成事業として行われたもので、制約や課題が多く、現場状況が目まぐるしく変わる中で工程の厳守に加え、コンクリートの品質確保のための様々な対策が必要であった。

これに対し、プレキャスト型枠等を用いた合理化や、品質確保のために様々な対策を実施した結果、工程の確保と品質の保持を達成し、施工を終えることが出来た。

# 転圧ローラのブレーキアシストシステム開発

鹿島道路(株) 機械部 開発・設計課 野田 哲也

## 1 はじめに

建設業においては、建設機械関連災害の防止に監視装置や警報装置について多くの技術が開発実用されている。しかしながら今なお重機との接触事故は根絶されていない。要因としてはヒューマンエラーによるものが主であり、特に転圧ローラにおいては後退操作時に振り返って目視により後方を確認するため無理な姿勢となり、操作の遅れや判断ミスにより事故に繋がることが懸念される。本稿では、舗装作業に用いる転圧ローラの後退操作時の接触事故防止を目的として開発したブレーキアシストシステムを紹介する。

## 2 概要

### 2.1 背景

建設現場で働く建設機械の安全装置は、音による警告装置が多く採用されている。しかし、音を用いる警報装置だと現場作業環境により使用できない状況が発生する。また、警報音を聞いてからの行動に移るまでのタイムラグが生じ、危機回避が間に合わない場合がある。運転員の判断に代わり重機の動きを自動的に止めて、確実な安全を確保する装置は実用化されつつあるものの、実際に現場へ導入するには信頼性の面などに課題を残している。

### 2.2 ブレーキアシストシステムとは

先に挙げた課題を解消するため、人と物の形状を認識するステレオカメラを採用し、油圧駆動式ローラのブレーキ回路を利用したブレーキ

アシストシステムを開発して社有機械に導入した。

既存の超音波センサと併用し、ステレオカメラの出力による制動と超音波センサによる警報という、2系統のセンサによる安全装置で運転員に危険を察知させ、回避行動をとらせるとともにローラ本体には自動で制動をかける。このシステムは、対象物が排除されても安易に自己復帰させないよう自己保持回路にて制動状態を保持できるもので、例えば途中でセンサの検知信号が途切れたとしても確実に停止できるよう設計されている。ステレオカメラセンサの設置場所により、前後進どちらでも自動ブレーキの機能は発揮できるが、特に後進時の自動制御は有効であり、後方監視に特化した。

ステレオカメラセンサの特性である物体を感知する場合と、人を感知する2段階のセンサ出力信号により、走行用油圧ポンプのサーボソレノイドを中立化することにより制動を掛けるHST(油圧)ブレーキと、ネガティブブレーキを作動させて制動を得る機械式ブレーキを各々作動させる。運転員が制動操作することなく確実かつ柔軟な制動を確保する。

これによりローラ本体や運転員にブレーキショックなどの負荷をかけず、また舗装面にブレーキ痕も残すことなくローラを確実に停止させるシステムである。

### 3 ブレーキアシストシステム概要

#### 3.1 構成機器の特徴

ブレーキアシストシステムは写真-1の3つの主要な構成要素からなる。



写真-1 機器構成

##### ① センサヘッド

ステレオカメラで検知した状態の立体的なデータを取り込み、画像情報をエバリュエーションユニットに転送する。

##### ② エバリュエーションユニット

センサヘッドからのデータを3次元データに変換し対象物を見つけたうえ、検知エリア内に存在する物体や人が予め設定された警報領域内で検出されたときブレーキシステムに出力する。

##### ③ ディスプレイインターフェース

ラウドスピーカーを備えた7インチディスプレイインターフェースである。警報メッセージを音と光で運転者に向けて発する。

#### 3.2 操作の原理

検知エリアの最大範囲は図-1に示す幅4m×長さ6mで、そのエリアの中で2つの異なる検知範囲（ZONE）を設定することが可能である。即ちローラから近距離のZONE1と遠距離のZONE2を設定することができる。

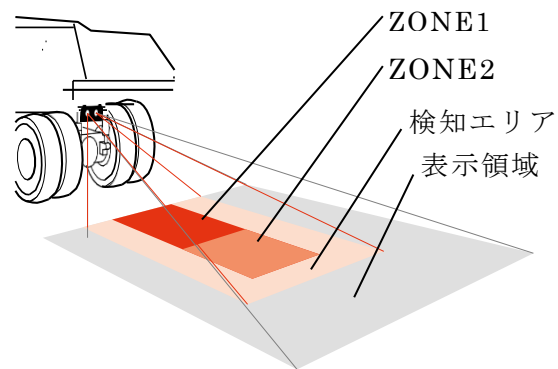


図-1 検知エリアと検知範囲例

図-1のZONE内で対象物が検出されると、ディスプレイに視覚的及び聴覚的に警報メッセージを表示させるとともにブレーキアシストシステムに出力する。検知範囲内の対象物は以下の通りクラス選別し、ZONEごとに設定することが可能である。

##### ① 対象物クラス1

40 cm×80 cmを超える壁や車、その他障害物等すべての対象物を検知する。

##### ② 対象物クラス2

40 cm×160 cm程度の大きさのものを検知。壁などの幅の広い対象物は無視される。対象物を「人」とみなすのは対象物クラス2である。

#### 3.3 制御方法

ローラからの後進信号を用いて、後進走行時のみブレーキアシストシステムを作動させる。2系統のセンサから出力された2パターン出力信号により、第一段階の警報装置の作動に続いて、第二段階にHSTブレーキとネガティブブレーキを作動させる。自動で作動したブレーキの解除は、走行レバーを中立に戻すことで行われ、走行レバーを戻さなければブレーキ信号が解除された状態でも制動状態を維持する機構となっている。

### 3.4 転圧ローラへの展開

#### 3.4.1 タイヤローラ

制御方法として、遠距離の ZONE2 で検知した時点で警報装置にて光と音で注意喚起し、同時に HST ブレーキを作動させる。近距離の ZONE1 で検知した場合、ZONE2 で作動した HST ブレーキを自己保持した状態でネガティブブレーキを作動させる。作業速度域が広いタイヤローラは高速段の走行速度域が速く、検知エリアを制動距離が上回ることも想定されるため、高速走行時は後進信号が出力された時点で自動的に低速走行に切替る制御回路を設けた。これにより、高低速のどちらの後進時でも同じ条件での制動を可能とした。

#### 3.4.2 振動タイヤ・振動マカダムローラ

振動タイヤローラと振動マカダムローラにもブレーキアシストシステムを搭載したが、前述のタイヤローラとは作業速度域が大きく異なるため、タイヤローラとは ZONE ごとの制御方法を変更した。振動タイヤ・振動マカダムローラの場合、遠距離の ZONE2 で検知した時点では警報装置にて光と音で注意喚起する。近距離の ZONE1 で検知した場合は HST ブレーキとネガティブブレーキを作動させる。但し、2系統のブレーキを同時作動させる場合はネガティブブレーキの保護を考慮し、HST ブレーキ作動後、若干の時間差を設けて作動させる条件を付加した。

#### 3.4.3 マニュアル操作

道路舗装工事で用いるローラ等は、周りで作業する重機、ローラなどとの混在作業が発生する。その重機、あるいは前後進を繰り返す他のローラを対象物として検知してしまう可能性も少なからず発生する。そこで、後方の安全が確認されていることを前提にブレーキアシストシステムを一時的に解除する機構を設けた。この

機構は運転席横に押しボタンスイッチを設け、ボタンを押しているときのみブレーキシステムを一時的に解除状態にするものである。対象物を検知していたとしても、後方の安全が確認できていれば当該ボタンを押すことにより、後退を継続して行うことができる。端部の転圧時に壁や構造物を検知してしまい後退できない場合や、ローラ駐車位置場所の後方に対象物とみなす物があったとしてもスムーズに駐車することを目的としたものである。これにより、ブレーキシステムのメイン電源を切ることなくブレーキを一時的に解除できるため、システムが常に有効な状態を保つことができる。

### 4. 制動試験

試験エリアを設定し3種のローラを用い、それぞれの速度域で制動距離を測定し、機能確認試験を実施した。(写真-2)



写真-2 振動タイヤローラ制動距離試験

次頁図-2に示すとおり、タイヤローラはその速度域でも概ね 3.5m以内の制動距離となった。振動タイヤローラ、振動マカダムローラに関してもどの速度域でも 3.5m以内の制動距離となり、それぞれのローラが安全に確実に停止することが確認できた。

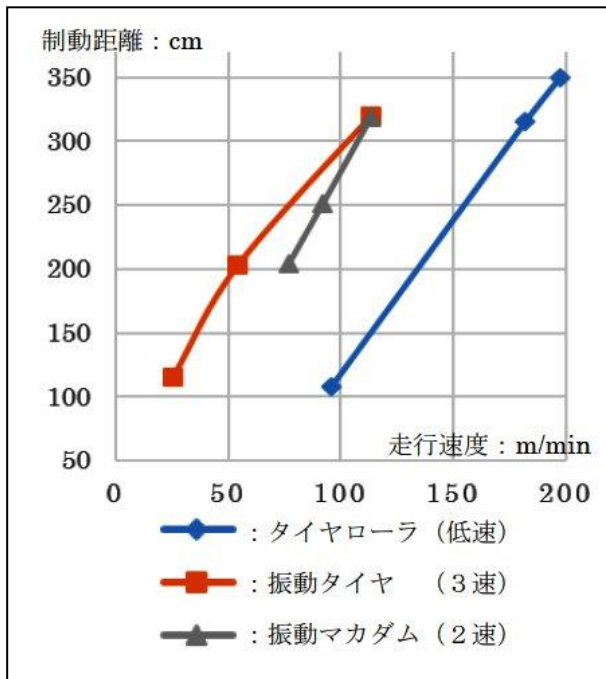


図-2 走行速度と制動距離の対比グラフ

## 5. 施工現場の紹介

大規模倉庫外構工事において、ブレーキアシストシステムを搭載したタイヤローラを導入した(写真-3)。施工範囲周辺には様々な資材等が置かれた状況であった。対象物として検知する物体に対して誤作動なく作動するか確認したところ、限られた施工範囲の中でも周囲の人と他の重機を異なる対象物として検知し、誤作動なく機能した。



写真-3 外構工事転圧作業状況

また新設高速道路舗装工事における安全対策技術としてブレーキアシストシステムを導入し、4台のローラに取り付け稼働している状況である(写真-4)。この現場においては、人と機械の安全性向上を目的とする装置として高く評価されている。



写真-4 高速道路舗装工事転圧作業状況

## 6. おわりに

今回開発したブレーキアシストシステムは、ローラを安全かつ柔軟なブレーキの動作で確実に停止できる装置としての機能の確認ができた。労働災害の原因には少なからずヒューマンエラーの影響が存在している。人と重機の安全性向上を目的としたシステムとして、今後その活躍の場を広げていきたいと考えている。本システムの構造はシンプルゆえ自社で保有するローラに限らず、現場でレンタルされている機械にも容易に取り付け可能という側面も備えている。まずは社有機械に標準装備し、今後もシステムの改良を進め、安全性向上、機能性を高めていきたいと考えている。また、ローラ以外の建設機械への展開も検討したい。その効果として、接触事故を原因とした災害が削減できれば幸いである。

# 石川県立中央病院建替事業

石川県健康福祉部医療対策課  
専門員 直江 広太郎

## 1 はじめに

石川県立中央病院は、昭和 51 年に現在地へ新築移転し、その後、新館や放射線治療棟を増築するなど、順次施設の拡充を図ってきました。

医療機能の充実を図るため、度重なる増築や改修を行った結果、現施設の老朽化・狭隘化も相まって、患者や医療従事者の移動距離が長くなるとともに、高度専門医療を提供するために必要な医療機器等を導入するスペースも不足していました。

こうしたことから、将来的にも医療提供機能に支障が生じることなく、今後とも県立中央病院に求められる役割を果たして行くため、新たな病院施設の整備に取り組むこととし、平成 29 年 9 月に新病院が完成し、平成 30 年 1 月に開院しました。

## 2 施設概要

所在地 金沢市鞍月東 2 丁目 1 番地

敷地面積 96,000 m<sup>2</sup>

延床面積 62,000 m<sup>2</sup>

構造 鉄骨造、  
一部鉄骨鉄筋コンクリート造  
(免震構造)

階数 地下 1 階、地上 10 階、  
屋上ヘリポート

病床数 630 床

駐車台数 来院者用 900 台

配置計画

- ・現病院を運営しながら建替を行うため、職員駐車場である敷地北側に新病院を建設する。
- ・新病院南側に、正面入口を設け、分かりやすい来院者動線を確保し、北側道路には、救急車専用口を設けて来院者と動線を分離し、迅速な救急搬送を行う。



図－1 事業完了後の配置図（予定）

### 3 施設の特長

#### 【1階】

- ・患者動線を考慮し、放射線部門と各外来診療科の診察室を近接して配置
- ・女性特有の病気の患者が、プライバシーに配慮された環境で、一連の検査・診察を安心して受診できるように女性専用外来エリアを設置
- ・救急搬送患者の画像検査を速やかに実施するため、救命救急センターと放射線部門を一体的に配置
- ・患者の移動をスムーズにするため、入口の正面にエスカレーターとエレベーターを配置

#### 【2階】

- ・採血及び採尿等の検査部門をわかりやすい位置に配置するとともに、生理検査部門、内視鏡部門と外来部門を集約
- ・東側のスタッフエリアに面してサービスヤードを設け、薬剤・栄養・リネンなどの供給部門を集約

#### 【3階】

- ・管理部門を集約し、専用入口からの動線を確保

#### 【4階】

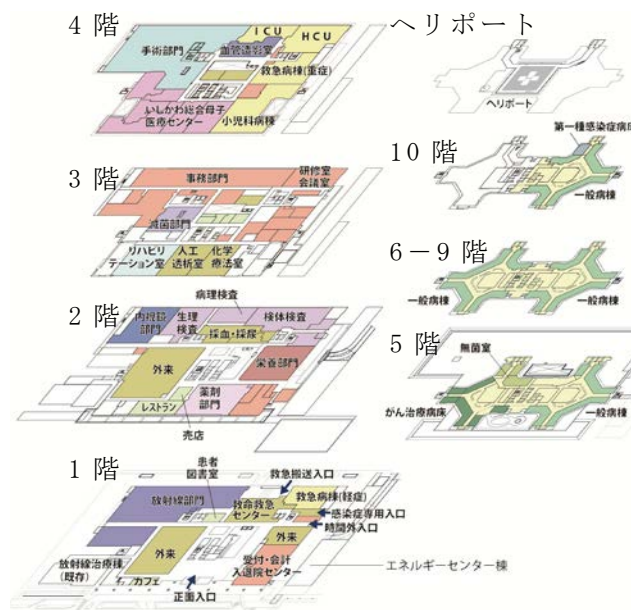
- ・集中治療部門と手術部門を同フロアに配置し、重症患者の救命体制を強化
- ・総合母子医療センターを小児病棟・手術部門と同フロアに配置し、産科医師と小児科医師の連携を強化

#### 【5階～10階（病棟階）】

- ・スタッフステーションを取り囲むように病室を配置し、看護動線短縮と病棟の見通しを重視したツインクロス型の病棟計画
- ・病室は、全てのベッドサイドに十分な採光が取れる窓を設けた個室の4床室を基本とする

#### 【ヘリポート】

- ・屋上ヘリポートと救命救急センターや手術室をつなぐ直通エレベーターを設置することで救急患者を迅速に搬送
- その他
  - ・石川県の伝統工芸品を随所に活用
  - ・部門ごとに加賀五彩にてわかりやすくゾーン分けを行うサイン計画を実施



図－2 各階平面図



図－3 女性専用外来平面図





写真-1 エントランスホール



写真-2 女性専用外来検査待合



写真-3 吹抜エレベーターホール

○1 階ホール吹抜に九谷焼陶板を組み合わせた伝統工芸ウォールを設置  
 →1 辺 27 cmの正三角形のタイル 490 枚に、四季折々の兼六園の花木（椿、松、桔梗、萩、カキツバタ、菊桜、ソメイヨシノ等）を九谷焼の伝統的な絵付け様式を用いて描いた

○エレベーターのガラススクリーンに天女の羽衣を挟み込み柔らかな清涼感を演出  
 天女の羽衣：七尾市の企業が開発した世界一軽く薄い繊維製品



アテ（輪島塗）

写真-4 各階エレベーターホール

○各階のエレベーターホールに、伝統工芸オブジェを展示

- 1 階：梅（山中漆器）
- 2 階：クロユリ（金沢漆器）
- 3 階：トキ（加賀友禅）
- 4 階：松（牛首紬）
- 5 階：アテ（輪島塗）
- 6 階：桜（加賀友禅・加賀刺繍）
- 7 階：ルビーロマン（金沢漆器）
- 8 階：モミジ（牛首紬）
- 9 階：雪（輪島塗）
- 10 階：白山（山中漆器）

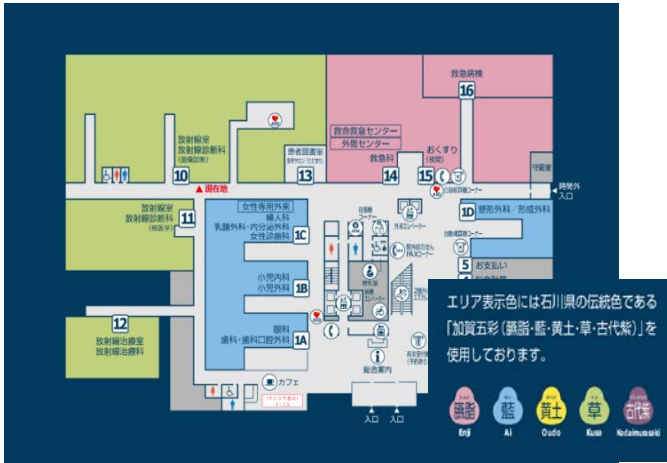


図-4 案内サイン



写真-6 個室の4床室



写真-5 外来待合

4 おわりに

平成 29 年 9 月に建設工事は竣工した後、平成 30 年 1 月に新病院を開院しました。今後、旧病院の解体工事完了後、順次外構工事を進めることとしております。

最後になりますが、本事業の推進に多大なるご尽力をいただいた関係各位にこの場をお借りして感謝申し上げます。

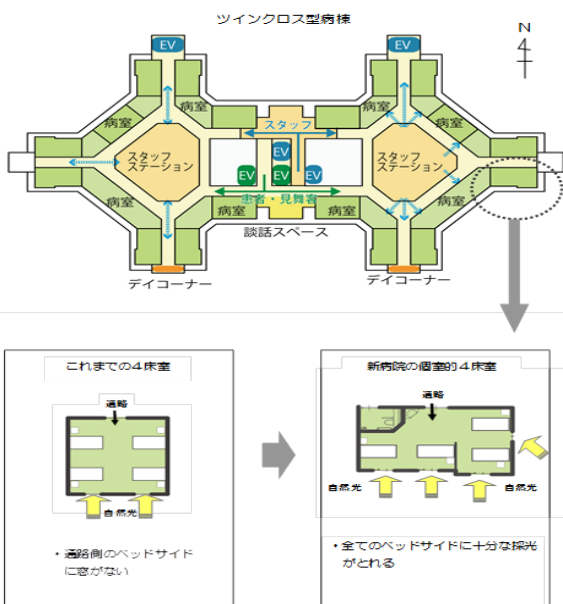


図-5 ツインクロス病棟  
個室の4床室