

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2020

建設機械施工 10

Vol.72 No.10 October 2020（通巻848号）

特集

大規模災害、防災 災害復旧、復興



災害発生時の復旧作業における二次災害を防止する
小型電動遠隔解体ロボット

巻頭言 社会インフラの適切な管理と配置計画

行政情報

- 電気事業法の改正のポイントや経緯等の解説
- 今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方

交流の広場

建設機械における生分解性作動油の動向

すいそう

続・勝手に松本隆論

技術報文

- 防災・減災の地山補強土工法
- 大規模洪水時に既存ダムの最大活用を目指す統合ダム防災支援システムの開発
- 災害復旧に際する二次災害の軽減に向けて電動式バックホーの活用提案
- 台風による大規模災害緊急復旧工事における建設機械の活用事例
- ハイパースペクトルカメラの災害調査への適用 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会



KOBELCO

90th
anniversary

創りつづけてきたのは、
未来でした。

国産建機誕生、90 周年。

私たちが国産初のパワーショベルを完成させたのは、1930 年のこと。

それはコベルコの挑戦の歴史のはじまりでした。

それ以来、時代ごとにお客様の声に耳を傾け、新たな課題を追求し、
多くの新しい技術を生み出してきました。

コベルコは、これからもユーザー現場主義に基づき、未来へ向けて次の挑戦を続けていきます。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111

www.kobelco-kenki.co.jp

第 14 回 一般社団法人日本建設機械施工協会 研究開発助成 対象者の募集の告知

(一社) 日本建設機械施工協会 (以下「JCMA」という) は、第 14 回 研究開発助成 対象者を下記のとおり公募します。詳細は、募集要綱を参照下さい。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期限は、令和 2 年 10 月 31 日までです。
- (2) 助成対象者の決定は、令和 3 年 1 月下旬頃の予定です。
- (3) 助成期間は、助成決定年度の年度末から令和 4 年 3 月 31 日までです。
- (4) 研究成果報告書を、令和 4 年 6 月 30 日までに提出して頂きます。
- (5) 研究成果を、JCMA へ論文として投稿して頂き、「令和 4 年度 建設施工と建設機械シンポジウム (例年 11 月中旬～12 月上旬開催)」での積極的発表をお願いいたします。

2. 研究開発助成の対象

建設機械又は建設施工 (施工に伴う調査を含む) に関する技術開発若しくは研究であって、以下のいずれかをその目的として、新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ① 施工の合理化、生産性向上
- ② 施工の品質管理
- ③ 建設工事における安全対策
- ④ 建設工事における環境保全
- ⑤ 災害からの復旧及び防災
- ⑥ 社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化
- ⑦ その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

今年度の助成件数は、1～2 件を予定しております。
(審査の結果、助成対象となるテーマがない場合もあります。)

3. 研究開発助成の金額及び期間

- ① 金額：1 件当たり 200 万円以内
- ② 期間：1 年間 (令和 3 年 3 月末から令和 4 年 3 月末)
複数年に渡る同一の研究テーマは助成を 2 回受けることが可能です。
但し、二期続けて助成を受けたい場合であっても二期目は新たに申請を行う必要があり、かつ、一期目の中間報告書を提出し審査を受ける必要があります。
詳細は募集要綱「Ⅱ 3. 研究開発助成の方法、金額及び期間」を参照下さい。

4. 研究開発助成の対象者

JCMA より研究開発助成を受けることができる方 (以下「助成対象者」という) は、原則として以下のとおりです。

- ① 大学、高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究・開発者及びグループ
- ② 法人格を有する民間企業等の研究・開発者及び研究・開発グループ

5. 申請手続きと注意事項

- (1) 助成を希望する研究者、開発者、研究グループの代表者、又は開発グループの代表者は、申請書（様式－1①②④⑤）（共同研究の場合は様式－1③を追加）に必要事項を記入のうえ、正本1部及び電子データ（Word形式とPDF形式の両方）を記録した媒体（CD、DVD、USBメモリ、SDカードのいずれか）を、期限まで（当日消印有効）にJCMAへ郵送により提出するものとします。（なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。）また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。
- (2) 申込件数は1人（共同研究・開発の場合は1グループ）あたり1件とします。
- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMAの助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する技術開発若しくは研究の内容の全てが重複しないようにして下さい。
- (5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

6. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

申請書に記載された個人情報は、申請者への連絡、情報提供のために使用いたします。

また、取得した個人情報のうち、氏名、所属機関名、役職名、申請書に記載された技術開発名（若しくは研究名）及びその概要等については、当事業の広報のために刊行物、報告書、ホームページ等で公表し、第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

7. 助成金交付手続き

- (1) 助成が認められた申請者（以下「助成研究者」という）は、助成決定通知受領後、JCMAに請書等の手続き書類（様式－2①～④）を提出して下さい。必要な審査・手続きを経て、速やかに全額を交付します。
- (2) 助成金は手続き終了後に助成研究者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式－2②に記載された口座））に振り込みますが、助成金の受け入れ方法については、予め申請書（様式－1①）にも明記しておいて下さい。

8. その他

採否の理由等に関しましては、お問い合わせに応じかねますので、ご了承下さい。

（参考）助成実績	年度	申請数	採択数
	平成27年度	11件	1件
	平成28年度	8件	1件
	平成29年度	6件	1件
	平成30年度	5件	1件
	令和元年度	2件	1件

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階

（一社）日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局 担当 阿部

TEL:03-3433-1501

FAX:03-3432-0289

ホームページ（募集要綱・様式のダウンロード）はこちらから

<https://jcmanet.or.jp/>

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。
平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。
本協会では、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、これまで隔年で発刊しておりました大口径岩盤削孔工法の積算を改定し「大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆ 内 容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 第1編 適用範囲 | 第2編 工法の概要 |
| 第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算 | 第4編 パーカッション掘削工法の標準積算 |
| 第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算 | 第6編 建設機械等損料表 |

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ
クレーンの排出ガス対策型への移行
標準積算例に解りやすく解説
国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定
最新の施工実績に更新

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に
申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊 令和2年5月15日



令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

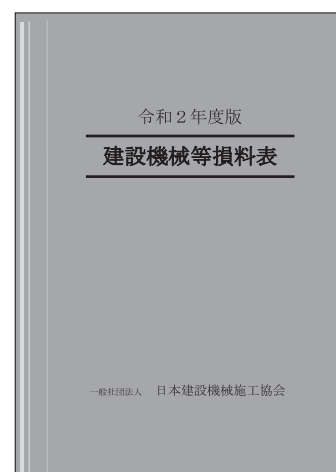
■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ・機械の俗称・旧称から掲載ページ検索が可能

一般社団法人 日本建設機械施工協会

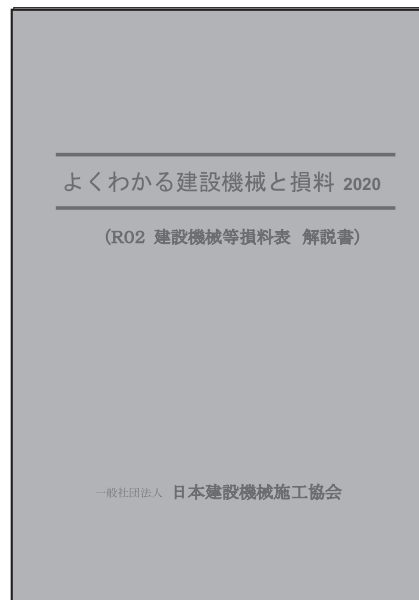
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:田崎 忠行)は、5月下旬に書籍「よくわかる建設機械と損料 2020」を下記の通り発売します。

本書は先に発刊した書籍「令和2年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、多くの特長を持っています。

単に損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに対する幅広い知識を得るという点においても有効・有益な資料と考えます。是非ご活用下さい。

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売日：令和2年5月

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円

会員：5,100円

■内容・特長

- (1) 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- (2) 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- (3) R02損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 19件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (5) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (6) 損料算定表に掲載の大半の機械器具について、その概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (7) 主要な建設機械については、メーカー・型式名を表にして紹介
- (8) 索引でヒットしない機械について、その要因と対処方法を表にして紹介

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍（PDF）版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版	建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁	spec一覧表
5	改訂	3年毎	3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各 章ごと目次からのリンク ・索引からの リンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	55,000（3年間）
		非会員	66,000（3年間）
10	利用期間	3年間	3年間
11	同時ログイン	3台	3台
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータ
にアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



お問合せ先：業務部 鈴木英隆 TEL：03-3433-1501 E-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和2年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬具

◆内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第1章 積算の体系
- 第2章 鋼橋編
- 第3章 P C 橋編
- 第4章 橋梁補修
- 第5章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・架設用仮設備機械複合損料の改定
- ・現場溶接用ストロングバック切断歩掛の策定
- ・トラベラクレーン、ケーブルクレーンによる合成床版架設工歩掛の策定

2. P C 橋編

- ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
- ・P C 橋片持架設工、架設支保工工法、外ケーブルP C ケーブル工の供用日数改訂
- ・架設支保工工法の支保工数量適用範囲の改訂

3. 橋梁補修編

- ・二段足場（橋脚回り足場用）歩掛の策定
- ・チェーン盛り替え工（裏面吸音板用）歩掛の改定
- ・鉛、P C B 別に必要な環境対策資機材と衛生保護具を確認できる表に変更および単価の改定（湿式剥離剤工法）
- ・排水管撤去工、仮排水設備工歩掛の策定

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・本編改定内容を反映



- A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：11,000 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,350 円（本体 8,500 円）

- ※ 別冊のみの販売はいたしません。
- ※ 送料は別途。
- ※ また、複数または他の発刊本と同時申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

- 発刊 令和2年5月20日

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。



発 刊 日

平成31年3月

体 裁

- ・ B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・ 2016年版より外観を大幅に刷新しました。

価 格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特 典

2019年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から2016年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレイカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械

- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械
および締固め機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策用機械
および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器

（新規）

- ・高所作業車、エレベータ、
リフトアップ工法、横引き工法
および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、
ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤
および作動油、検査機器等

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2019年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ()		
必 要 事 項	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通 () 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

記入いただいた個人情報、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

論文投稿のご案内

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会 費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<http://www.icmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生 年 月 日
氏 名		昭和 平成 年 月 日
勤 務 先 名		
所 属 部 課 名		
勤 務 先 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自 宅 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)	
そ の 他 連 絡 事 項	令和 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
 - 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として全額をお支払い頂きます。
 - 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
 - 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。

○会費額は総会の決定により変更されることがあります。 ○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。 2.後見開始又は保佐開始の審判を受けたとき。 3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。 4.1年以上会費を滞納したとき。 5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは <http://www.jcmnet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（令和2年10月現在） 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
2	R 2 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和2年度版	11,000	9,350	900
3	R 2 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
4	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
5	R 元年 9 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
6	R 元年 6 月	日本建設機械要覧 2019 年電子書籍（PDF）版	66,000	55,000	－
7	R 元年 6 月	建設機械スペック一覧表 2019 年電子書籍（PDF）版	60,500	49,500	－
8	R 元年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版*	11,000	9,350	900
9	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
10	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
11	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
12	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
13	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
14	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
15	H30 年 5 月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
16	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
17	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
18	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,200	1,980	700
19	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
20	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
21	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
22	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
23	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
24	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
25	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
26	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
27	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
28	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
29	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
30	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）*	3,520		250
31	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
32	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,980		700
33	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,980		700
34	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
35	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第3版）	6,600	6,160	700
36	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第2版）	2,724	2,410	700
37	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
38	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
39	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
40	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
41	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
42	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
43	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
44	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
45	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	11,000	9,900	700
46	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
47		建設機械履歴簿	419		250
48	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」から「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項をご記入のうえ、FAX またはメール添付してください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

特 集

巻頭言

行政情報

特集・
技術報文

大規模災害, 防災, 災害復旧, 復興

4 社会インフラの適切な管理と配置計画

中村 光 名古屋大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授

5 電気事業法の改正のポイントや経緯等の解説

第 201 回通常国会における法律改正によって成立した制度を中心に

友澤 孝規 経済産業省 資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室 室長補佐
唐井 達樹 経済産業省 資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室 係長
小川 大英 経済産業省 資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室 係員

10 今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方

小林 怜夏 国土交通省 港湾局海岸・防災課 港湾物流維持係

15 防災・減災の地山補強土工法 PAN WALL「パンウォール」工法

市川 善造 (株)テクノサポート パンウォール事業部 課長

20 プレキャスト部材による既設堤体の嵩上げ構造の開発

現地短工期, 省スペース, 省力化が可能な『プレキャスト嵩上げ防水壁』

由井 陸幹 JFE エンジニアリング(株) 社会インフラ本部 鉄構インフラ事業部
奈良 正 JFE エンジニアリング(株) 社会インフラ本部 鉄構インフラ事業部 防災保全室長

25 オートゲート(無動力自動開閉ゲート)

小野寺哲男 旭イノベックス(株) 土木鉄構事業部 製品開発課
笹山 耕司 旭イノベックス(株) 土木鉄構事業部 製品開発課

30 既設モルタル・コンクリート吹付をはつり取らずに老朽化したのり面を再構築

老朽化した吹付のり面補修・補強工法「ニューレスブ工法」

近藤 保徳 日特建設(株) 事業本部 技術営業部 法面技術チーム

36 インフラ保守・点検・調査を実施する新しい取り組みの提案・実践

春田 健作 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク 事業推進部 建設土木担当 技師長
松本 存史 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク 開発部 AIaaS 担当 担当部長
大久保英徹 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク 開発部 SaaS・HW 担当 担当部長

41 大規模洪水時に既存ダムの最大活用を目指す統合ダム防災支援システムの開発

高橋 陽一 (株)水資源機構 総合技術センター 所長

47 鉄道高架橋コンクリートブロック高欄のはく落対策工法 ガレットサンド工法

小倉 浩則 ショーボンド建設(株) 技術本部技術部 主査

51 自然災害に対する安全性指標 GNS (Gross National Safety for natural disasters) の市町村別 GNS (GNS-Ver.2.0) の開発 東日本を一例として

伊藤 和也 東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科 教授
兼 総合研究所 インフラ維持管理と災害制御に関する研究センター センター長
小山 倫史 関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科 准教授
菊本 統 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授

57 GNS を用いた東日本大震災前後の東北地方太平洋側 3 県の 自然災害リスクの分析

小山 倫史 関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科 准教授
伊藤 和也 東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科 教授
兼 総合研究所 インフラ維持管理と災害制御に関する研究センター センター長
菊本 統 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授

64 急傾斜地超大型モノレールによる運搬技術

内田 淳也 内田産業(株) 関東営業所 所長 専務取締役

	70	災害復旧に際する二次災害の軽減に向けて 電動式バックホーの活用提案	渡邊 宏範 ハスクバーナ・ゼノア(株) 建設機械事業部 セールスマネージャー兼 CD セールスマネージャー 竹内 直樹 (株)前田製作所 産業機械本部 営業統括部 販売管理課長
	75	台風による大規模災害緊急復旧工事における建設機械の活用 事例 自然の力に対して機械の力と人の力で打ち勝つ	中村 誠 大成建設(株) 関東支店 R1 国道 144 号鳴岩橋緊急復旧工事 作業所長 政氏 信之 大成建設(株) 関東支店 R1 国道 144 号鳴岩橋緊急復旧工事 監理技術者
	81	コンクリート製品搬送据付装置 「リフトローラー工法」の紹介	阪口 裕紀 丸栄コンクリート工業(株) 総合技術研究所 技術開発部 開発課 課長代理
	86	ハイパースペクトルカメラの災害調査への適用	小野 秀史 (株)エイト日本技術開発 災害リスク研究センター プロジェクトマネージャー
	94	薄型パネルを用いたレンガトンネル修繕工と施工機械の開発 T3 パネル工法・T カッター	大本晋士郎 (株)熊谷組 技術本部 技術企画部 部長 畑山 駿 (株)ファテック 開発営業部 土木グループ 谷口 栄一 (有) E-MEC 代表取締役
交流のひろば	100	建設機械における生分解性作動油の動向	磯部 貞佑 出光興産(株) 潤滑油二部 潤滑技術二課
ずいそう	105	続・勝手に松本隆論	岩本 英司 (株)日刊建設工業新聞社 九州支社長
	107	移動と異動	石関 弘年 古河産機システムズ(株) 東北支店 支店長
	108	新工法紹介	機関誌編集委員会
	112	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	116	建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会
	117	行事一覧 (2020 年 8 月)	
	120	編集後記 (宮川・宇野)	

◇表紙写真説明◇

災害発生時の復旧作業における二次災害を防止する小型電動遠隔解体ロボット

写真提供：ハスクバーナ・ゼノア、前田製作所

「人から機械へ」をコンセプトに非乗用、遠隔操作の解体機で、排ガス、危険物質、危険個所など人の介入を避けたい現場などに活用頂く為の小型でありながらハイパワーの装置になります。

稼働実績としては地下鉄工事や、建築物のリニューアル工事、製鉄所などの炉内の改修工事などを中心に多くの稼働実績が御座います。

2020 年(令和 2 年)10 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)…………… 後付 1
【カ】コスモ石油ルブリカンツ(株)… 後付 7
コベルコ建機(株)…………… 表紙 2

【サ】サイテックジャパン(株)…………… 表紙 4
(株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク…………… 表紙 3
【ク】デンヨー(株)…………… 後付 6

大和機工(株)…………… 後付 2
(株)鶴見製作所…………… 後付 3
【マ】マルマテクニカ(株)…………… 後付 5
三笠産業(株)…………… 後付 4

(株)三井三池製作所…………… 表紙 3
(株)メッセ・ミュンヘン・ジャパン…………… 後付 8
【ヤ】吉永機械(株)…………… 後付 2

巻頭言

社会インフラの適切な管理と 配置計画

中 村 光



大規模地震や気候変動に伴う自然災害リスクの高まり、人口減少と高齢化といった急激な社会変化、それを支えるインフラの老朽化といった複雑で多様な課題に現在直面している。

自然災害に関しては、ここ数年は大規模な風水害・土砂災害で多数の死者や被害が毎年生じている。土木学会は、2018年に今後起こりうる巨大災害のもたらす被害の推計結果を公表し、例えば、南海トラフ地震が生じた場合の資産被害、20年間の経済被害と財政的被害の総額が1541兆円に及ぶことを示した。一方、道路や海岸堤防などの公共インフラ対策を38兆円以上行うことで、509兆円の経済被害の縮小が図れることも示した。

インフラの老朽化に関しては、高度経済成長期に建設された多数のインフラの高齢化が急速に進んでいる。国土交通省は、2018年に国土交通省所管12分野における維持管理・更新費の推計結果を公表し、30年間で176.5～194.6兆円は必要となることを示した。ただし、この費用は、施設の機能や性能に不具合が発生する前に補修などの対策を講じる予防保全を前提とした場合である。不具合が生じてから対策を講じる事後保全の場合は、予防保全の1.4倍以上の250兆円を超えると推計されている。

予防保全によりインフラの健全性を日常から保つ一方で、高まる自然災害リスクを減らすために補強などの対策を行い、インフラがその機能を常に発揮できるようにしておくことは言うまでもない。しかしながら、インフラの維持管理や自然災害リスクに対する対策には、上述したように膨大な費用が必要である。人口減少と高齢化といった社会変化を踏まえれば、インフラの効率・効果的な整備を進めるとともに、維持管理の人的・経済的負担を減らす必要がある。負担軽減の方策としては、新たな技術の開発と活用を進めるとともに、インフラの廃止や集約も視野においた配置計画の見直しを行う必要がある。

配置計画を検討するには、①物理的状况、②社会的状況、③管理者状況の要素を整理するのがよい。

物理的状况は、どんなインフラを持っているかというインフラの量と状態である。例えば、橋梁では、橋梁数、種類、長さ、経年、環境条件、健全度などである。道路橋梁の場合は、道路法改正を受け2014年から始まった5年に一度の定期点検で全国の橋梁の健全度が初めて明らかにされた。また、インフラの状態として健全度のみで捉えがちであるが、大規模災害時の負荷に耐えられるような機能を有する状態であるかを考えることも必要である。橋梁の場合は耐震性を、河川の場合は洪水氾濫リスクの確認が必要である。

社会的状況は、利用度、利用者、重要度などであり、インフラがどのように使われているかという状況である。また現状だけでなく、地域の将来像も踏まえた将来の使われ方も考える必要がある。さらに、インフラの役割として平時だけでなく災害時のことも考える必要がある。災害時にどのような役割と必要性があるかインフラ単体で考える場合も多くあるが、道路ならば線としての路線を考える必要があり、広域災害を踏まえた地域を越えた面的なネットワークの視点も求められる。また、河川であれば洪水氾濫が起きた場合に影響を受ける地域の土地利用の状況も考慮に入れる必要がある。

管理者状況は、財政状況、技術者数、技術力など、どのような組織や人で管理するかという管理体制である。全国で同一レベルの維持管理が求められるインフラもあるし、管理者や利用の状況によって管理レベルを変えるインフラもあり得ると考えられる。

インフラの配置計画は、管理者や住民の地域やインフラに対する価値判断が重要である。インフラの物理的状况、社会的状況、管理者状況を現時点のみではなく、将来を見据えて整理することが配置計画を考える第一歩になるであろう。

——なかむら ひかる

名古屋大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授——

行政情報

電気事業法の改正のポイントや経緯等の解説

第201回通常国会における法律改正によって成立した制度を中心に

友澤孝規・唐井達樹・小川大英

電力インフラ・システムは、私たちの日常や仕事の基盤を支える大事なものである。しかし、近年増加している自然災害によって被災し、電力の供給がおびやかされるケースが発生しており、電力インフラ・システムを強靱にすること（電力レジリエンス）の重要性が議論されている。これを踏まえ、2020年6月に国会で可決・成立した「改正電気事業法」では、電気の安定供給確保のため、災害時連携計画の策定、災害復旧費用の相互扶助制度の創設、広域系統整備計画の策定、特定卸供給事業者（アグリゲーター）の創設などといった事項が盛り込まれた。

キーワード：レジリエンス、災害時連携計画、相互扶助制度、日本版コネクト&マネージ、広域系統整備計画、マスタープラン、アグリゲーター、分散型電源

1. はじめに

2018年夏に発生した北海道胆振東部地震では、北海道全域が大規模停電（ブラックアウト）することとなった。また、2019年に日本を襲った台風15号・19号では、広域的に送配電網が被災し、停電が長期化した。こういった昨今の激甚化する災害により、安定供給確保のための電力インフラのレジリエンス強化の重要性が再認識された。

本報においては、改正電気事業法における主要トピックを大きく3つに分類し解説していく。

- ・第2章（災害時の連携の強化）では、災害時連携計画の策定と災害復旧費用の相互扶助制度の創設について解説する。
- ・第3章（送配電網の強靱化）では、「プッシュ型」の系統整備のため、電力広域機関が策定し、国へ届け出る「広域系統整備計画」について解説する。
- ・第4章（災害に強い分散型電力システム）では、分散型電源を束ねて供給力として提供する事業者（アグリゲーター）や指定供給区域制度の創設について解説する。

2. 災害時の連携の強化

災害が大規模化・長期化する中で災害復旧を効率的に行うには、被災した一般送配電事業者による対応のみならず、関係機関との連携をスムーズにする必要が

ある。実際に、2018年北海道胆振東部地震や2019年台風15号・19号の停電対応においては、全国の一般送配電事業者から被災地域の停電復旧応援や、自衛隊や地方公共団体などとの連携を行った。しかしながら2019年の災害対応においては、一般送配電事業者によって復旧手順が異なるなどの理由で、応援にかけつけた全国の一般送配電事業者と効率的に連携できず、また復旧作業を担う自衛隊や地方自治体など多くの関係機関とうまく連携できなかったことが、効率的な復旧の壁となった。

加えて、停電からの早期復旧を優先するためにはコストの問題もある。災害等により被害を受けた電気設備の復旧作業には、被害を受ける前の状態に復旧させる「本復旧」と、早期に停電を解消するため、後に本復旧を行うことを前提として応急措置を行う「仮復旧」の2つの方式が存在する。仮復旧をした場合は、後に本復旧が必要となるため、設備復旧に係るコストが本復旧と比較すると増大してしまう面を考慮するべきだが、仮復旧は本復旧と比較して復旧速度が約2倍にもなりうるというメリットも存在する。一般的に、大規模かつ突発的な停電の社会的コストは、仮復旧により増大するコストを上回ると考えられることから、停電を早期に解消する仮復旧は、最終的に要する社会的なコストを低減させることが期待できる。しかしながら、現状、災害復旧にかかった費用は、被災した一般送配電事業者が負担する整理となっているため、復旧速度を優先して追加のコスト負担が発生する場合、被

災事業者が復旧対応を躊躇する可能性も否めない。

こうした問題を受け、改正電気事業法では、まず、①一般送配電事業者に災害時連携計画の策定を義務づけることとなった。事前に計画をつくっておくことで、災害時における関係機関との連携をスムーズにすることが狙いである。連携を効率的に行うことができるよう、計画には、停電の早期復旧に向けた事前の備えと災害発生時の協力、地方公共団体や自衛隊といった関係機関との連携に関する事項が盛り込まれ、法施行後の2020年7月10日には、一般送配電事業者10社による連名で経済産業省に届け出られた。

届け出られた計画の中では、被災エリアに応援に駆けつけた一般送配電事業者が、電線被覆の剥取りを容易にするため、全国の電線径に対応した「電線被覆剥取工具（マルチホットハグラー）」を作成し配備することや、電源車の位置・稼働状況について、モバイル

端末のGPS情報等を活用し、復旧状況をリアルタイムに把握するシステムを開発すること、道路復旧や倒木処理等の役割分担や連携方策について地方公共団体との協定締結を推進することなどが明記されている。今後、災害対応の反省を踏まえて、さらに内容が充実されていくことが期待される（図—1）。

また、②送配電事業者間で復旧にかかる費用をあらかじめ積み立てておき、被災した際には積立から交付される相互扶助制度を創設することになった。激甚化する災害を全国大の課題としてとらえ、停電の早期解消への対応を制度として円滑化するため、早期復旧に係る費用を全国で支えていくことが狙いである。この積立金は、ほかの電力会社から電源車を派遣してもらう場合に使われるため、被災したエリアからの応援要請がしやすくなることが期待される。さらに、被害を受けた電気設備に応急処置を行って復旧をする「仮復旧」の費用にもあてられることで、早期の復旧を促していく。

これらの制度を設けることで、災害対応を充実させるが、災害への対応に終わりはなく、制度の中身、運用については、不断の見直しを進めていく。

3. 送配電網の強靱化

(1) 日本版コネクト&マネージ

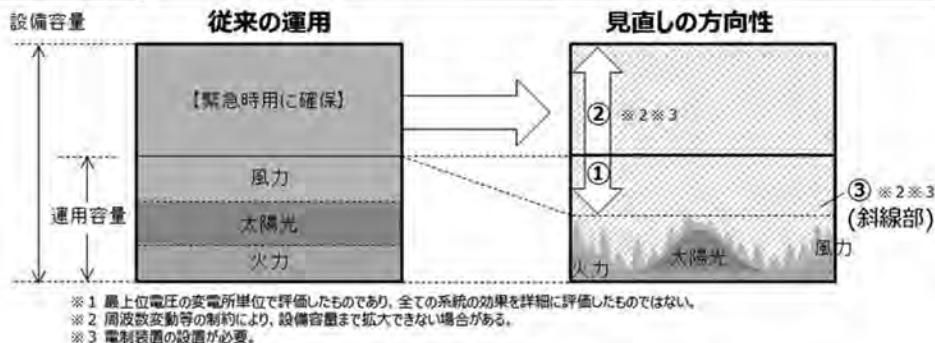
我が国の基幹送電線（各一般送配電事業者の上位2電圧の送変電設備等を指す。ただし、沖縄は132kVとする。）は、再生可能エネルギーの導入量増加に伴い、空き容量が無くなる等の系統制約が顕在化してき

ロ マルチホットハグラー



図—1 全国の電線径に対応した「電線被覆剥取工具（マルチホットハグラー）」¹⁾

	従来の運用	見直しの方向性	実施状況
①空き容量の算定	全電源フル稼働	実態に近い想定（再生は最大実績値）	2018年4月から実施 約590万kWの空き容量拡大を確認 ※1
②緊急時用の枠	半分程度を確保	事故時に瞬時遮断する装置の設置により、枠を開放	2018年10月から一部実施 約4040万kWの接続可能容量を確認 ※1
③ノンファーム型の接続	通常は想定せず	一定の条件（系統混雑時の制御）による新規接続を許容	2019年9月から千葉エリア、2020年1月から北東北エリア及び鹿児島エリアにおいて先行的に実施。その他の地域でも2021年中の全国展開を目指している。



図—2 日本版コネクト&マネージの概要²⁾

た。そこで基幹送電線の運用方法を見直し、送電線の「隙間」に注目し既存送電網を最大限活用する観点から「日本版コネクト&マネージ」の取組を行ってきた(図—2)。

(2) プッシュ型の系統整備

この「日本版コネクト&マネージ」を推進しつつ、それでも必要となる送電網整備を後押しするため、先般国会で成立した「改正電気事業法」では、電力広域機関が送電網の増強についての「広域系統整備計画」を策定し、国へ届け出ることが業務づけられた。国は届け出された計画が不適切と認められる場合には変更を命令できるような仕組みとなっている。受理された計画は、送配電事業者によって整備される。この「広域系統整備計画」と、中長期的な系統形成についての基本的な方向性となる「広域系統長期方針」を合わせて「マスタープラン」と呼び、どちらも電力広域機関が策定することとなる。

最近では、全国の基幹送電線は発電事業者の提起によって整備する「プル型」の系統整備が多かった。プル型の系統整備は発電事業者の要請に応じた系統が整備されるものの、要請の都度系統を整備することで、全体最適の観点では非効率な系統が整備されることになりうる。それによって、短期的には工事費用の増加や、長期的な視点で電源ポテンシャルと調和しない無秩序な系統整備を招くこととなる可能性がある。

一方、マスタープランでは、将来導入されうる再生可能エネルギーといった電源開発のポテンシャルを踏まえ、電力広域機関や一般送配電事業者が主体的かつ計画的に対応する「プッシュ型」の系統整備が行われることとなる。新たな系統整備は、国民負担を抑制する観点も盛り込まれ、限界費用が安価な再生可能エネルギーの導入による電気料金の低下、環境負荷の低減と系統整備による供給信頼度の向上といった3つの社会便益と系統整備費用を勘案し、地域間連系線を含む全国大の最適な広域連系系統の計画が定められる。このマスタープランの策定を通じて、電力レジリエンスの強化や再生可能エネルギーの導入促進、国民負担の抑制を目指す。

4. 災害に強い分散型電力システム

(1) 分散型電源を束ねて供給力として提供する特定卸供給事業者(アグリゲーター)の創設

2018年の北海道胆振東部地震での需給ひっ迫時において、経済産業省から自家発保有者等へ個別に連絡

を行い、供給力の積み増し要請を行ったが、こうした1件1件の供給力の掘り起こしには限界がある。これに対し、再生可能エネルギー等の分散リソースの供給力を束ねて仲介する事業者(いわゆる「アグリゲーター」)を介してこれらの供給力にまとめてアプローチできれば、災害時における需給ひっ迫解消に効率的に対応できることが期待される。また、アグリゲーターを適切な義務や規制の対象とすることにより、規制の適用関係が明確化されるとともに、事業の信頼性を高め、ビジネス環境の向上につながり、ひいては自家発電設備や、小規模再生可能エネルギー発電施設、蓄電池などの分散リソースの更なる普及が期待される。

このため、自家発等の分散リソースを広く供給力として国が把握するとともに、分散リソースを束ねて供給力や調整力として活用するビジネス環境を整える観点から、アグリゲーターを特定卸供給事業者として、「改正電気事業法」に位置付けた。特定卸供給事業者のライセンスは2022年4月の施行を予定しており、その詳細設計の検討を進めているところだが、発電事業者と同様に災害等非常時における供給力として期待されることから、アグリゲーターライセンスに対する義務は、発電事業者に対する規律を参考としつつ、事業の特性に応じた内容とすべきである。そのため、自家発や再生可能エネルギー電源等の需要家の分散リソースを集約・調整の上、小売電気事業者、一般送配電事業者、特定送配電事業者及び配電事業者に対して電力卸供給を行う事業者について、発電事業者と同様に経済産業大臣への届出制としている。家庭用のエネルギーリソースを活用したアグリゲーターの新規参入に当たっては、サイバーセキュリティの確保が必要と考えられるところ、対策が不十分な事業者に対応する観点から、変更命令の対象とすることが適当であり、アグリゲーターに対し求めるべきサイバーセキュリティ対策の詳細についても検討を進めている。

なお、小売電気事業者、一般送配電事業者、特定送配電事業者及び配電事業者に対して卸供給を行うアグリゲーターのみに対して事業ライセンスの取得を求め、小売電気事業者等への卸供給を行わず、他のアグリゲーターに対してのみ卸供給を行うアグリゲーターについてはライセンスの対象外とすることとしている(図—3)。

(2) 分散型電源を活用した遠隔地における配電網の独立化

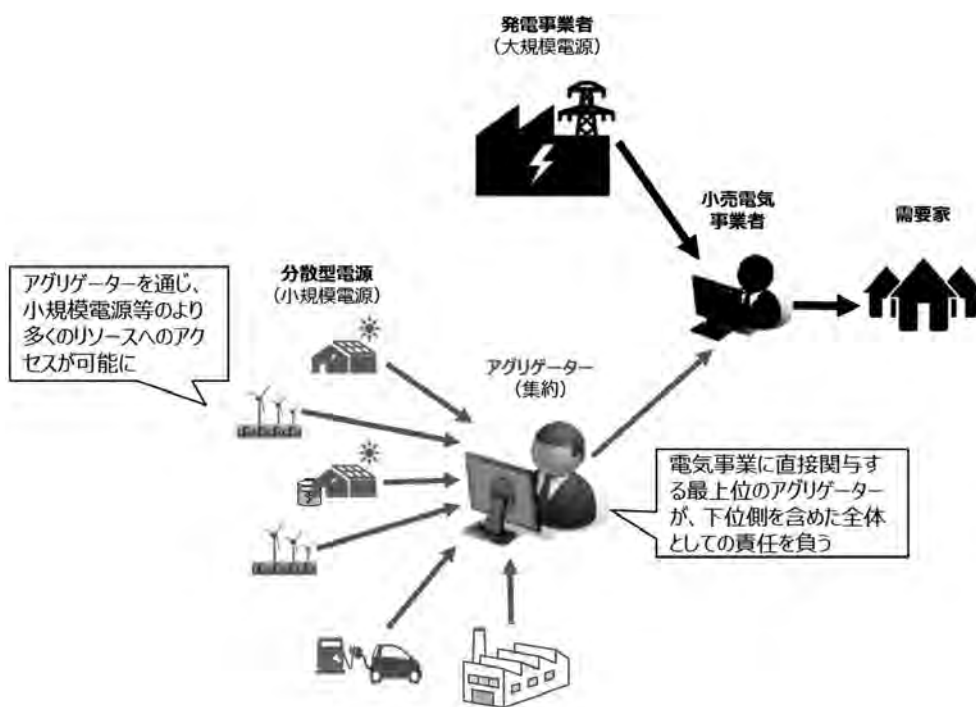
近年の台風被害では、山間部等で配電線に飛来物が衝突し設備が被害を受ける場合や、被害箇所までの要

路確保が倒木等により困難な場合があり、復旧に時間を要した事例が報告された。こうした地理的制約により事前の防災対策が困難なケースに対応するため、あらかじめ分散型電源（再生可能エネルギー、蓄電池、コジェネ、電動車等）を活用することにより、災害時・緊急時のレジリエンスを向上させる必要がある。

こうした台風による停電復旧の課題や電力需要の変化を踏まえれば、山間地等の一部においては、今後、長距離の送配電線を維持することより、特定の区域を独立系統化して地域分散電源による電力供給を行う方が、送配電網の維持コストの削減に伴い電力システム全体のコストは下がり、同時に災害への耐性（レジリエンス）も高まるエリアが出てくることが想定される。このような主要系統から切り離された独立系統（遠隔分散型グリッド）を通じた供給を行うため、一般送配電事業者が系統運用と小売供給を一体的に行う新たな

な仕組みとして、既存の離島供給の仕組みを参考とした指定供給区域制度の創設が「改正電気事業法」に位置付けられた。

一般送配電事業者による特定の独立した地域への供給では、主要系統からの送配電による供給との比較において「系統の更新投資・維持コストの合理化による便益増加」と「電源投資や燃料費などの供給のコスト増加」を踏まえた総合的な経済合理性の判断が必要となる。加えて、遠隔分散型グリッドに追加した電源の事故による停電リスク増と、送配電線事故が減少することによる停電リスク減などを総合的に評価した上での安定供給の確保を前提とすることが必要である。このため、対象地域の選定について、こうした経済合理性や安定供給性を国が確認することを前提に詳細な制度設計の検討を進めており、2022年4月の施行を予定している（図—4）。



図一3 アグリゲーター制度の概要³⁾



図一4 遠隔分散型グリッドの概要⁴⁾

5. おわりに

直近でも、2020年の7月豪雨によって、九州や岐阜県・長野県などを中心に大きな被害が出たが、2018年の北海道全域にわたる大規模停電(ブラックアウト)や西日本豪雨等から昨年度の重なる台風の影響等、近年、数十年に一度と言われる規模の災害が立て続けに起こっており、災害は日常的に発生するものとして備えることが当然のものとなりつつある。日本の電力系統は高度経済成長期に建設された設備が主であり、高年化対策や設備更新のタイミングも迫っていることから、レジリエンス強化に向けた対応はますます急務となる様相を呈している。

これらの災害の反省を活かす取組は端緒についたばかりであり、災害は常に「想定外」の事態が起こり得る中で、こうした対応に終わりはなく、常に改善を継続する必要があるが、本報で述べたような政策が我が国の電力インフラ・システムの一層の強靱化に向けた取組になるべく、引き続き注力していくことが重要である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 第11回(総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会/産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 合同 電力レジリエンスワーキンググループ) 資料 5-1

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/pdf/011_05_01.pdf

- 2) 第26回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 資料3 (一部改変)

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/026_03_00.pdf

- 3) 第5回(総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 持続可能な電力システム構築小委員会) 資料1

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/005/pdf/005_004.pdf

- 4) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 持続可能な電力システム構築小委員会 中間取りまとめ

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/pdf/report_002.pdf

【筆者紹介】

友澤 孝規 (ともざわ たかのり)

経済産業省

資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室
室長補佐



唐井 達樹 (からい たつき)

経済産業省

資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室
係長



小川 大英 (おがわ ひろひで)

経済産業省

資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力流通室
係員



行政情報

今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方

小林 怜 夏

我が国の港湾は、近年、台風被害の頻発化や激甚化に直面しており、また、気候変動に起因する海面水位の上昇のように、将来の災害リスクの増大が懸念される状況である。これらを踏まえ、令和2年8月、交通政策審議会より「今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方」を答申いただいた。本答申では、台風に伴う高潮・高波等に対する施設の嵩上げ・補強や、新たに整備する施設に対して将来の海面水位の上昇を考慮した設計の導入等のハード対策や、国や港湾管理者、民間事業者等が連携した港湾BCPの策定等のソフト対策について施策方針が示された。国土交通省ではこれらの施策の具体化に取り組み、災害に対して強靱な港湾機能の形成を進める。

キーワード：防災・減災、港湾BCP、海上交通ネットワーク、高潮・高波・暴風対策、気候変動

1. はじめに

我が国の港湾は、貿易量の99.6%を扱い、その背後地には人口と資産の約5割が集中するなど、社会経済を支える重要なインフラである。その一方で、沿岸域に存在するからこそ、地震時の津波や台風等に伴う高潮・高波、さらには気候変動の影響を受けやすい特性がある。

近年、我が国の港湾は、台風に伴う高潮・高波・暴風による被害の頻発化・激甚化に直面している。平成30年台風第21号や令和元年房総半島台風（以下「房総半島台風」という）及び令和元年東日本台風（以下「東日本台風」という）では、国際戦略港湾である阪神港、京浜港をはじめ多数の港湾で、高潮・高波・暴風により港湾及びその背後地に浸水等の被害が発生し、我が国の社会経済に甚大な影響を及ぼした（写真—1,2）。



写真—1 横浜港における高波による護岸倒壊（令和元年房総半島台風）



写真—2 横浜港南本牧はま道路への船舶衝突（令和元年房総半島台風）

加えて、巨大地震や気候変動に起因する海面水位上昇など将来の災害リスク増大が懸念される状況である。地震調査研究推進本部地震調査委員会が公表した「今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」¹⁾によると、今後30年以内に南海トラフ地震（M8～9）は70～80%、首都直下地震（M7）は70%、千島海溝における超巨大地震（M8.8程度以上）は7～40%の確率で発生すると想定されている。

気候変動については、「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書」²⁾において、温室効果ガスが高排出された場合の2100年の世界平均海面水位（GMSL）は、1986～2005年の期間と比較して0.61～1.10m上昇すると予測されている。また、「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～」³⁾では、台風の将来変化予測の研究例として、極端に強い台風の最大強度

が顕著に増加し、その強度を維持した状態で日本等の中緯度帯にまで到達する可能性を示唆する予測等を紹介している。

将来の災害リスクの増大が懸念される中、近年の災害発生時には、平成 28 年（2016 年）熊本地震、平成 30 年 7 月豪雨、平成 30 年北海道胆振東部地震では、港湾が陸上輸送の代替機能や生活支援の拠点として重要な役割を果たしており、これらの機能の更なる強化が求められている。

以上のような状況を踏まえ、インフラ整備による「公助」に加え、「自助」「共助」を含めたハード・ソフト一体となった今後の港湾における総合的な防災・減災対策のあり方について、令和元年 11 月に国土交通大臣より交通政策審議会に諮問された。これを受け、港湾分科会防災部会における 5 回の審議を経て、令和 2 年 8 月に答申⁴⁾としてとりまとめられた。

本稿では、東日本大震災の教訓を踏まえた地震・津波対策にとどまらず、切迫する大規模自然災害のリスクや気候変動に伴う災害の激甚化への対応を整理し、港湾における防災・減災対策の基本的考え方や施策方針について示された本答申の概要を報告する。

2. 港湾における防災・減災対策の現状と課題

地震・津波対策における主な課題としては、耐震強化岸壁の延長等の不足が挙げられる。阪神・淡路大震災以降、耐震強化岸壁については、背後人口が多い港湾は水深 10 m とし、それ以外の港湾は水深 7.5 m 程度、延長 130 m 程度を基本とし整備を推進してきたが、近年の災害派遣で使用されている大型船舶に対して、岸壁の延長や水深が不足する耐震強化岸壁の存在が課題となっている。また、耐震強化岸壁は、昭和 58 年の日本海中部地震以降、全国的な整備に着手し、平成 7 年の阪神・淡路大震災以降、新たな設計基準を適用して強力に整備を推進してきたが、初期に整備された施設の老朽化も課題である。

台風による高潮・高波・暴風対策における主な課題としては、被災波に対する施設の高さや強度の不足が挙げられる。房総半島台風及び東日本台風では、設計波を大きく上回る高波で、パラペットの倒壊や揚圧力による栈橋の損傷が発生した。この事態を受け、全国の重要港湾以上の港湾を対象に既存施設の設計に使用している波浪（設計沖波）を調査したところ、設計沖波の設定後 20 年以上が経過している港湾が多数確認されており、近年の台風等に伴う波浪等に対して高さや強度の不足する施設が存在する可能性がある。この

他、近年の台風では走錨による橋梁等への船舶衝突、暴風等によるコンテナ等の飛散、被災直後の情報や対応の錯綜等も生じており、対策が必要な課題である。

3. 災害に対して強靱な港湾機能の形成に向けた基本的考え方

我が国は、国民生活や産業活動の多くが沿岸部で展開されており、このための物資の補給路となる港湾はまさに島国日本の生命線である。人命防護、資産被害の最小化は当然として、災害発生時の復旧・復興拠点としての機能強化、複合災害等が発生した場合の基幹的海上交通ネットワークの維持やサプライチェーンへの影響を最低限に抑制する取組等の推進が求められている。

切迫性が指摘されている南海トラフ地震や首都直下地震では、我が国の政治・経済の中核である三大都市圏が被災地となる恐れがある。このことから、港湾背後の防護とともに、国際的・全国的な視点から、代替輸送ルートの設定やバックアップ体制の確立を通じて、災害に強い海上交通ネットワークを構築する必要がある。

また、近年の台風では、記録的な高潮・高波・暴風により、護岸や係留施設等の損壊、コンテナターミナルや事業所の浸水、さらには走錨船舶の臨港道路等への衝突の被害が発生し、社会経済に大きな影響を及ぼした。これを踏まえ、再度災害防止の観点から現時点で発生し得る高潮・高波・暴風への対策を早急に講じるべきである。

将来の気候変動については見通しに不確実性があるものの、海面水位については、世界平均海面水位、日本周辺海域の海面水位の平均値とも、近年上昇傾向にある。したがって、港湾において今後整備する新規施設や今後とも長期にわたり供用が想定される既存施設については、供用期間中に気候変動の影響が生じる可能性が高いと考えることが妥当である。ハード対策にかかる時間や厳しい財政事情にも留意し、ソフト面でもとり得る対策を十分に講じつつ、計画的な対応に早期に着手すべきである。

4. 港湾における防災・減災対策の施策方針

この項では、ご提言いただいた今後の施策方針のうち主なものを紹介する。

(1) 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

(a) 波浪等に対する施設の安全性確保

既存施設の設計に使用している波浪（設計沖波）について、設定後 20 年以上が経過している港湾が多数確認されていることから、最新の観測データや推算手法により設計沖波等を更新し、主要な施設を対象に波浪や高潮に対する高さや安定性を改めて照査することが必要である。その上で、被害や影響の甚大性や、過去の被災履歴などの脆弱性等を勘案し、人口や産業が集積するエリアを防護する施設、また、基幹的海上交通ネットワークや緊急物資輸送網を構成する施設など、重要かつ緊急性の高い施設について、嵩上げや補強を実施する必要がある。

(b) 暴風による船舶走錨やコンテナ等の飛散防止対策等

近年の暴風による走錨船舶への橋梁の衝突事故を踏まえ、港内避泊が困難な港湾や混雑海域周辺の避難港等において、防波堤の整備による広域的な視点からの避難水域の確保や船社への周知、また被害軽減に資する橋梁の防衛設備を設置する必要がある。

また、コンテナの暴風からの飛散防止対策について、コンテナの固縛等の技術検討の継続や優良事例の共有を図るとともに、暴風時の対応訓練の実施を呼びかけるなど、港湾関連事業者による取り組みの強化を促す必要がある。

(2) 気候変動に起因する外力強大化への対応

(a) 将来にわたる港湾機能の維持

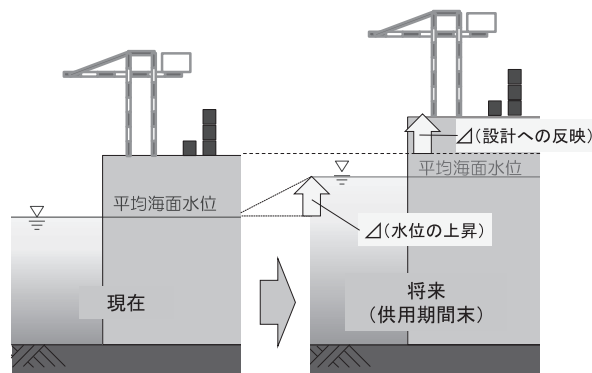
気候変動に起因する外力強大化に伴う高潮・高波により、特に堤外地における浸水の頻発化が懸念される中、基幹的海上交通ネットワークを維持し、臨海部の安全性を確保するため、気候変動に起因する外力強大化に対して、計画的に対策を講じていくことが必要である。気候変動の影響による将来の海面水位の上昇量を考慮した港湾計画等の策定や、各港で将来の気候変動に対応するための計画を関係者で策定し、フェーズ毎の将来想定する外力の設定や対策を講じる優先順位等を定めることを検討する。

(b) 施設設計への反映

気候変動に起因して強大化する外力のうち、平均海面水位の上昇に関しては、現時点において、世界や日本周辺海域の平均海面水位の変化について一定程度の定量化が図られている。このため、今後建設又は改良する施設については、建設又は改良時点における最新の朔望平均満潮位に、当該施設の次の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行

うことを基本として、必要な技術基準等の整備を検討する必要がある。

一方で、最大風速の増加、潮位偏差の極値の増加、波浪の極値の増加等については、平均海面水位の上昇量に比べて、現時点では将来予測の不確実性が高い。これらについては、今後、技術的な知見が一定程度得られた時点で、設計に反映することを検討する(図—1)。



図—1 供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

(3) 災害に強い海上交通ネットワーク機能の構築

(a) 災害発生時の基幹的海上交通ネットワークの維持

災害発生時の対策により基幹的な人流・物流や緊急物資輸送網の信頼性や港湾背後地の安全性の向上を図ることは、企業が安心して投資できる環境の整備に資するものであり、平常時における企業活動を促進し得る面があることにも着目すべきである。このため、フェリー・RORO 船等の就航環境の整備による物流網のリダンダンシーの確保やネットワークを意識したコンテナターミナルやフェリー・RORO ターミナルの岸壁・臨港道路や関連施設の耐震化が必要である。

また、近年の耐震強化岸壁の老朽化の進行や、自衛隊や海上保安庁が災害派遣に使用している船舶の大型化を踏まえ、老朽化した耐震強化岸壁の性能照査を実施し、埠頭再編等と併せて船舶の大型化も考慮した再配置を行うことが必要である。

係留施設については、設計に津波外力や津波発生時の船舶の係留等による外力が考慮されていないことや、多くの港湾では入船係留が採用されているため津波来襲時の迅速な港外避難が困難な場合がある。このため、津波来襲時における船舶の沖合退避や係留強化、背後地の安全性確保を考慮した港湾 BCP や港湾施設の機能及び整備配置について検討を行う必要がある。

(b) 災害発生時の島嶼部や半島の輸送手段の確保

生活物資が海上輸送に依存する島嶼部や、道路が寸断した場合に代替手段が港湾に限られる半島において

は、災害発生後でも住民が生活できるよう、交通・物流機能を維持することが求められる。このような地域では、耐震強化岸壁の確保を急ぐ必要があるほか、耐震強化岸壁に求める耐震性能を確保できない場合でも、レベル1を超える地震動に対して、応急的な対応と併せた強靱性を確保する方策等を検討する必要がある。

(4) 臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

(a) 津波被害の軽減

東日本大震災以降、「港湾における地震・津波対策のあり方」(答申)⁵⁾を踏まえ、発生頻度の高い津波(レベル1津波)に対しては、海岸保全施設の耐震化や高さの確保に取り組んできた。また、発生頻度は低いが大規模な被害を及ぼす可能性が高い津波(レベル2津波)に対しては、防波堤等の粘り強い構造化の推進により減災効果を向上させるとともに、住民等の避難等を軸に、施設による多重防護、土地利用、避難施設などを組み合わせたハード・ソフト一体となった総合的な津波対策等に取り組んできた。南海トラフ地震等の切迫性が指摘される中、さらにこれを加速する必要がある(図-2)。

(b) 災害発生時の迅速な港湾機能の復旧

地震発生直後や台風通過後等において、円滑に初動対応を行うためには、早期の状況把握が必要である

が、現地に職員を迅速に派遣することが困難な場合も想定される。このため、リアルタイムで現地情報の収集が可能なライブカメラ、センサー等や、効率的な情報収集が可能なドローンを活用し、迅速に情報収集を行うとともに、IoTを活用した情報の統合・分析を行い、施設の利用可否を早期に判断して、関係者と共有する枠組みが必要である。

また、港湾BCPについては、各港で策定が進められ、全国の重要港湾以上の港湾全てで策定が完了している。この実効性を確保するため、例えば、自然災害や感染症等の危機的事象を想定して港湾BCPのリスクシナリオを具体化すること、その策定を担う官民の協議会を法的な枠組みの中に位置づけることなど、関係者が港湾BCPに定められた対応を遵守する仕組みづくりを検討すべきである。さらに、災害発生時の対応や訓練結果を関係者で検証して港湾BCP等の精査等を図ることや、訓練の優良事例を国がフォローアップし周知することで各主体の対処能力の向上を図るなど、継続的に運用を改善していくことが必要である。

(c) 復旧・復興の拠点としての機能強化

耐震強化岸壁やその周辺の緑地等については、港湾計画にて大規模地震対策施設として位置づけられ、地域防災計画(地震災害対策編)において地震時の緊急物資輸送拠点とされてきた。しかし、近年では、台風

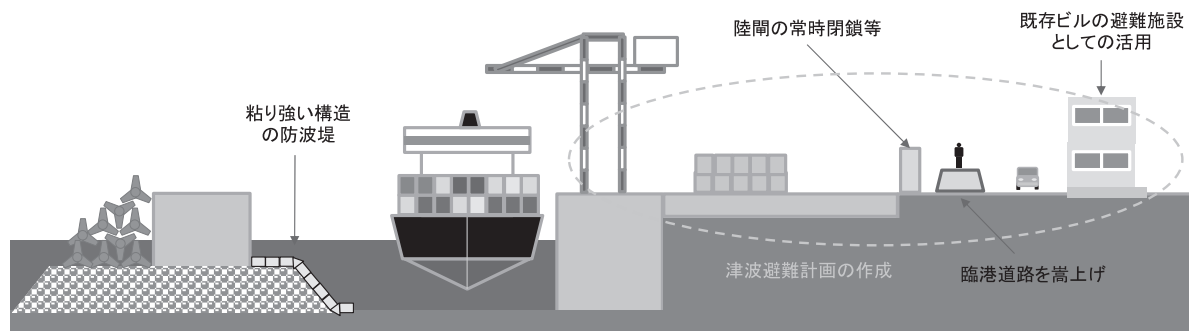


図-2 ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策

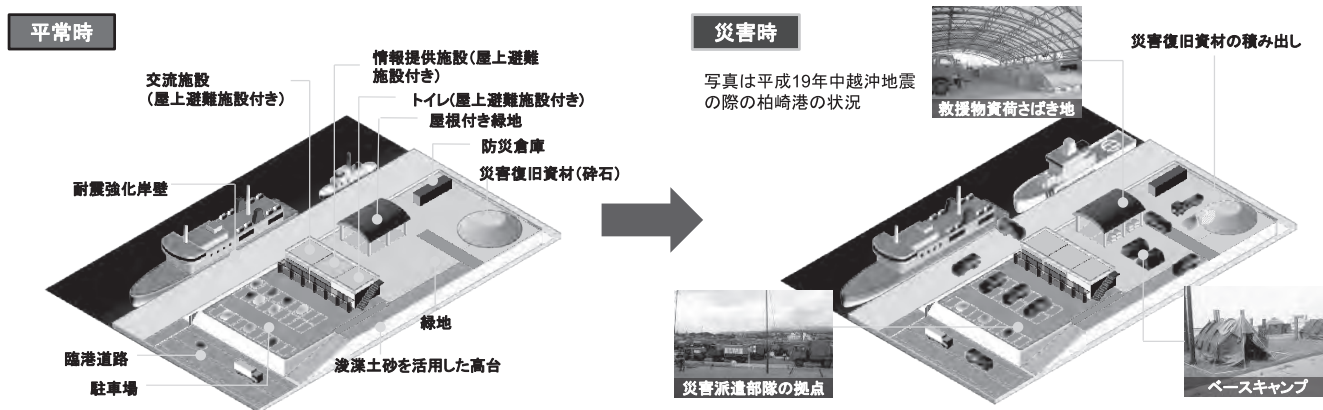


図-3 災害対応型「みなとオアシス」

被害発生後の緊急物資輸送や生活支援の拠点としても活用されている。これを踏まえ、耐震強化岸壁やその周辺施設を、地震のみならず、台風等様々な災害に対応した防災拠点として活用することを前提として、高潮・高波等に対して脆弱性を評価し、必要に応じて浸水防止対策等を講じた上で、地域防災計画（風水害編）に、その役割を位置づけることを検討する必要がある。

また、地域住民の交流や観光の振興を通じた地域の活性化の拠点である「みなとオアシス」について、一定の条件を満たす「みなとオアシス」を、災害発生時に復旧・復興の拠点として機能する災害対応型「みなとオアシス」として位置づけ、資機材や緊急物資の保管等を行うとともに、これらをネットワーク化して広域的な災害に対応可能とする「みなとオアシス防災ネットワーク」を構築することで、港湾の防災機能の更なる向上を図ることが必要である（図—3）。

（d）複合災害や巨大災害の発生も想定した広域的な支援体制の構築

複合災害や同様に発生頻度が低いとされる巨大災害が発生した際には、ある程度の被害の発生は許容せざるを得ない。しかし、基幹的な人流・物流や、人口・資産が集積する港湾における被害の拡大を抑制するため、被災状況の迅速かつ的確な把握・分析が重要であり、港湾工事における i-Construction の取組から得られる 3 次元データ等を有効活用し、港湾関連データ連携基盤に取り込むなど、情報の共有を円滑に行う枠組みの構築が必要である。

また、複合災害や巨大災害も視野に入れた訓練、港湾法第 50 条の 4 に定める港湾広域防災協議会等を活用した広域的な港湾 BCP に基づく訓練、さらには地方ブロックを超えた訓練等を通じて、関係者の連携強化や役割分担の明確化を行い、対応能力の向上を図ることが必要である。

加えて、新型コロナウイルス感染症を例とした感染症が発生している状況下であっても、災害が発生した場合には円滑に対応できるよう必要な対策を講じることや、船内で感染者が確認されたクルーズ船の受入対

応中においても港湾の物流機能を継続するため、関係行政機関や事業者との連携体制を確保するなどの取組が必要である。

5. おわりに

今般、「今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方」（答申）⁴⁾で示された、港湾の防災・減災対策の施策の基本的な方向性に基づき、ハード・ソフト一体となった施策を講じ、災害で発生する事象を「想定外」から「想定内」にすることで、社会経済への影響を極力抑制することが可能となる。施策の実施に際しては、地域の事情に即した「自助」「共助」「公助」の役割分担について、官民が連携して十分に議論を重ね、実効性ある進め方を検討することが重要である。

国土交通省では、同答申にてご提案いただいた具体的な施策の実現に取り組み、災害に対して強靱な港湾機能の形成を進めていく。

J C M A

《参考文献》

- 1) 地震調査研究推進本部、活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧（2020 年 1 月 1 日での算定）、令和 2 年 1 月 24 日（令和 2 年 5 月 25 日訂正）
- 2) Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 25th September 2019.
- 3) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁、「気候変動の観測・予測・影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～」, 2018 年 2 月
- 4) 交通政策審議会、今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方（答申）、令和 2 年 8 月
- 5) 交通政策審議会、港湾における地震・津波対策のあり方（答申）、平成 24 年 6 月 13 日

【筆者紹介】

小林 怜夏（こばやし れいな）
国土交通省
港湾局海岸・防災課 港湾物流維持係



防災・減災の地山補強土工法

PAN WALL「パンウォール」工法

市川 善造

近年、長時間にわたる線状降水帯による集中豪雨が日本各地で発生している。気候変動の影響により、その災害の大型化や多発化も懸念されている状況である。また、地震災害も多く発生し、南海トラフ地震に代表される大地震の発生も懸念されている。

毎年のように発生する、土砂崩壊や土石流災害、河川護岸の崩壊などによる甚大な被害に対し、より一層の防災・減災、国土強靱化への取組みが求められている。本稿で紹介する、地山補強土工法の1工法であるPAN WALL「パンウォール」工法（以下「本工法」という）は、その適用は限定的ではあるものの、過去に発生した自然災害に対する実績から防災・減災に寄与できる工法となる。

本稿では本工法の概要や災害事例を交えて、地山補強土工法の優位性を紹介する。

キーワード：防災・減災、国土強靱化、地山補強土、急勾配

1. 本工法の概要

(1) 概説

従来の補強土工法は、モルタル吹付工と鉄筋挿入工の併用により、仮設工として適用される場合が多く、永久構造物として適用する場合には、その前面に現場打ちの擁壁を施工する事例が多くあった。

本工法は、プレキャストコンクリート製のPW板（以下「本コンクリート板」という）と、2～10m程度の比較的短い補強材を組み合わせた地山補強土工法であり、急勾配の永久構造物を築造する。適用勾配は、3分勾配を標準勾配とし、垂直～5分勾配程度に適用

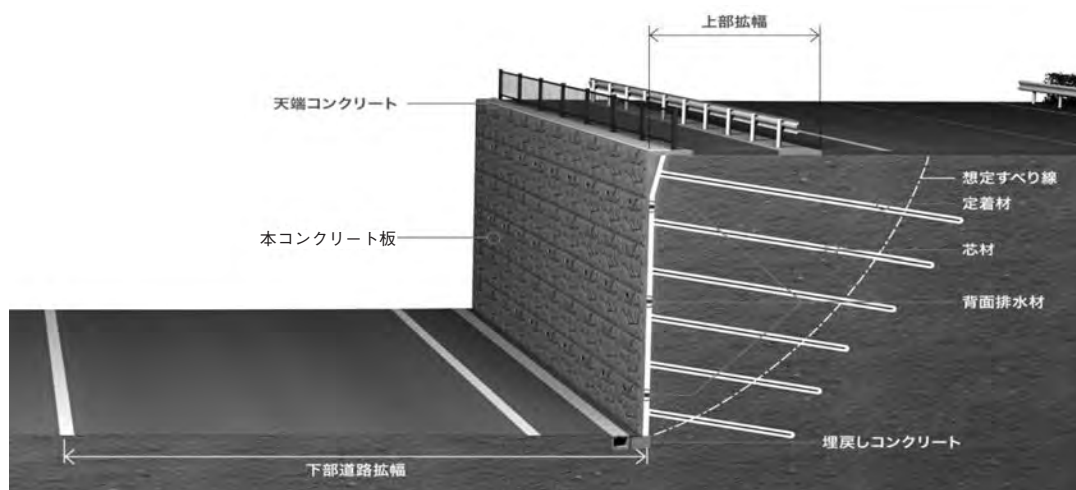
可能となる（図—1）。

なお、補強材の芯材は、異形棒鋼を標準とするが、軽量で防錆処理を必要としないガラス繊維強化プラスチック製芯材を使用することも可能である（図—2）。

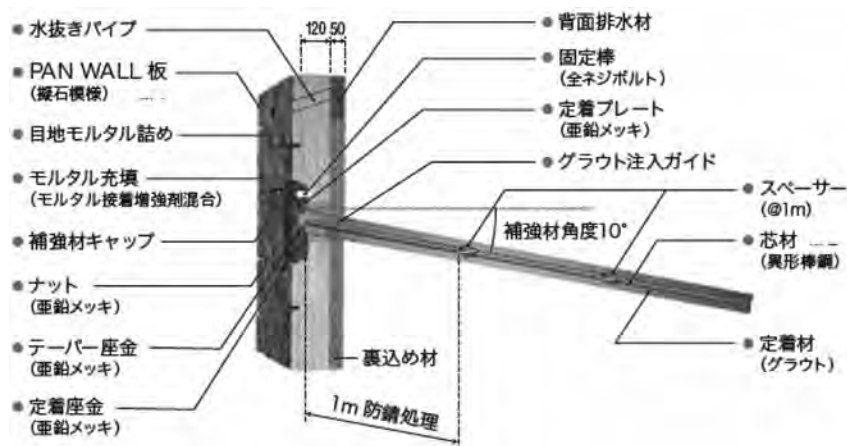
(2) 施工手順

施工方法については、1段毎に完成法面を形成し、切土工完了と同時に永久構造物としての十分な機能を備えた補強土壁を構築する逆巻き施工を標準とする。

1段毎の施工を上から下に向かって行うことで、施工中の安全性を確保することができる。そのため、法面勾配の急勾配化が可能になる。また、背面掘削を極



図—1 本工法 イメージ図



図ー2 本工法 詳細図

力少なくすることができるため、法面上部に道路や家屋、境界、その他支障物がある場合、優位性を発揮することができる（図ー3）。

STEP1：施工前

→道路山側への拡幅を想定する。

STEP2：1 段目掘削

→最上段となる地山を本コンクリート板1枚分（約1.2m）程度、掘削・整形する。

STEP3：パネル据付け

→専用吊り金具を使用して、本コンクリート板を設置する。

STEP4：グラウト注入・補強材挿入

→二重管削孔を行い、グラウト注入および補強材芯材を挿入し、補強材を構築する。
補強材と本コンクリート板を定着し、1 段目が完成する。

STEP5：2 段目掘削

→下段部の2 段目を本コンクリート板1 段分（約1.2m）程度、掘削・整形する。

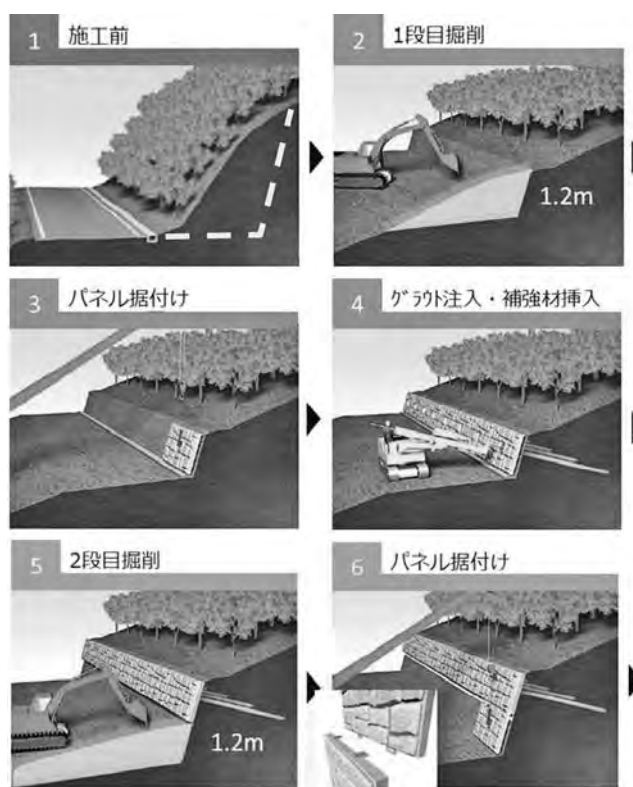
STEP6：パネル据付け

→2 段目の本コンクリート板は、上段部の本コンクリート板下面にある金具に引っ掛けて設置する。
1 段毎に同じサイクル（STEP5 → 6 → 4 → 5…）を繰り返し、法面を完成しながら切り下がっていく。

2. 災害事例

(1) 東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震は、平成23年（2011年）3月11日に三陸沖を震源として発生したマグニチュード9.0の大地震である。地盤工学会の2次調査隊とし



図ー3 本工法 施工ステップ図

て、宮城県仙台市内～女川町内の本工法および周辺構造物の現地調査を行った。調査箇所を抜粋して紹介する。

(a) 仙台市太白区 震度5強

本地点の本工法の全景を写真ー1に示す。本工法の背後地には公園が近接しており、既設道路の切土拡幅に伴う改変面積の減少を目的として、切土法面を急勾配化する必要があるため、本工法が採用されている。

目視による調査では、本コンクリート板や本コンクリート板間のモルタル目地にクラックや変状などは認められなかった。また、擁壁構造物では一般に、震動



写真一 1 調査時（本工法全景）



写真一 4 調査時（本工法全景）



写真一 2 出隅部の状況

によって出隅部にクラックや段差が発生するケースが多いが、当該本工法の出隅部にそれらは認められなかった（写真一2）。周辺構造物では、隣接する盛土補強土壁で目地の開きやパネルのズレ、欠けが見られたが、構造物全体としての安定性は確保されていた。

（b）福島県須賀川市 震度6強

地盤工学会の2次調査とは別に、震度6強を観測した福島県須賀川市の本工法および周辺構造物の現地調査を行った。

本地点の本工法の全景を写真一3に示す。写真の左右にかけてカーブしている盛土法面となる。写真右側は、本工法によって老朽化したブロック積擁壁が耐

震補強されている。中央の出隅部は、重力式擁壁であり、写真左側はブロック積擁壁となる。無対策の重力式擁壁とブロック積み擁壁の上部には円弧状のすべり崩壊が発生し、クラックやはらみ出しなどの変状が生じ、全体にブルーシートがかけられている。一方、耐震補強された本工法区間では、一切の変状も確認されず、無被害であった。

現地調査した地点では、本震発生時には震度6程度の強い振動をおよそ2分間にもわたって受けていた。また、女川町の壁面高さ9m程度の本工法（写真一4）では、本震に伴う大津波が遡上し、高さ半分程度まで水浸していた。津波により流されてきたと思われる乗用車が電柱に引っかかった状態のままになっており、津波の遡上高さとその威力を推し量ることができる。これら以外に被災した全ての本工法を現地調査したが、いずれも変状もなく、健全であったことを確認している。

これらのことから、本工法は、大地震による災害に対し、一定以上の防災・減災効果を図ることができる考える。

（2）平成29年7月九州北部豪雨

平成29年7月九州北部豪雨は、平成29年（2017年）7月5日～6日にかけて、福岡県と大分県を中心とす



写真一 3 調査時（本工法全景）

る九州北部で発生した集中豪雨である。

この集中豪雨によって、福岡県朝倉市の市道山田・黒川線は、土砂崩壊と土石流、河川氾濫により甚大な被害を受けた。この市道には16か所(7,113 m²)の本工法が施工されており、目視による現地調査を行った。施工完了時および現地調査時の状況写真を抜粋して紹介する。

(a) 5号本工法

本工法は、道路擁壁として適用されている(写真—5)。調査時、壁面前面には深さ3m程度の土石流による土砂が堆積していた(写真—6)。尋常でない土石流の規模がうかがえる。

補強材が付かない調整用の本コンクリート板が1枚流失し、土石流や流水により天端や本コンクリート板

が摩耗し、粗骨材が露出していた。目視が可能である部分のみの調査となるが、構造的安定については健全であると判定できた。

(b) 8号本工法

本工法は、河川護岸として適用されている(写真—7)。壁面前面の河川を挟んだ道路のガードレール支柱は起点側になぎ倒され、土石流が流下した様子がうかがえた(写真—8)。この周辺での最終的な河川氾濫水位は、道路天端+1m程度であったと推察される。

本工法の天端が道路天端より低い箇所については、上部地山部で表層すべりが発生し、本工法の天端部のパネルの一部が流失・損壊が確認できた。しかし、壁面全体としての構造的安定は健全であると判定できた。本工法と隣接する水路BOXは、土砂で閉塞し、



写真—5 施工完了時（起点側より）



写真—7 施工完了時（起点側より）



写真—6 調査時（起点側より）



写真—8 調査時（起点側より）

表—1 本工法と周辺構造物の調査結果

名称	単位	総数量	埋没数	調査数	流失破壊数	洗掘破壊数	損傷比率(%)
本工法	m ²	7,113	536	6,577	37	0	0.6
ブロック積	m ²	611	175	437	61	263	74.1
アンカー式ブロック	m ²	2,568	620	1,948	852	不明	43.7

※総数量：発注図面で確認した数量、埋没数：土砂に完全に埋もれて調査不可の数量、流出破壊数：流されたもの・ズレたもの、洗掘破壊数：洗掘により安全性に懸念が生じた構造物

損壊していた。

本工法とその周辺構造物を調査した結果を表—1に示す。周辺構造物に比べて本工法の損傷比率は極めて小さかったことが分かる。

現地調査の結果、一部パネルの流失や摩耗、法尻部の洗堀などが生じていた。また、土石流により堆積した土砂の撤去後にも現地確認を行ったが、有害な全体変形は確認できなかった。したがって、16か所全ての本工法に構造上の大きな問題は発生しなかったと考えられる。

これらのことから、本工法は、土砂崩壊や土石流、河川氾濫による災害に対し、一定以上の防災・減災効果を図ることができると考える。

3. おわりに

令和2年8月現在、本工法PW工法の施工実績は、全国で930件、29万m²を施工している。

過去に多くの地震や豪雨災害、河川災害を受けてい

るものの、何れの本工法構造物にも構造上の大きな問題は発生していない。

災害に対する万能な工法はないと考えられるが、一定以上の防災・減災効果を期待できる地山補強土工法を通して、防災・減災、国土強靱化に取り組んでいく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 「技術推進ライブラリー No.14」表面工にプレキャストコンクリート板を用いた地山補強土工法 (PAN WALL 工法) 土木学会 平成30年11月

〔筆者紹介〕

市川 善造 (いちかわ ぜんぞう)
 (株)テクノサポート
 パンウォール事業部
 課長



プレキャスト部材による既設堤体の嵩上げ構造の開発 現地短工期、省スペース、省力化が可能な『プレキャスト嵩上げ防水壁』

由井 陸 粹・奈良 正

「集中豪雨」、「ゲリラ豪雨」による時間降水量の増大や、都市化で雨水が地面に吸収されにくい低い土地や、河川合流部への急激な流入による河川の氾濫が近年多発している。また、臨海部では「温暖化による海面上昇」、「地盤沈下」により高潮被害が生じている。計画水位の見直しにより、海岸堤防・河川堤防ともに堤体の嵩上げが計画されている。これらのニーズに対して、プレキャスト嵩上げ防水壁が開発された。本稿では、このプレキャスト嵩上げ防水壁の構造概要、実物大施工試験、止水性能試験等について紹介する。
キーワード：防水壁、嵩上げ、プレキャスト化、現地工期短縮、省力化

1. はじめに

『観測史上最大』や『数十年に一度』の降水量という言葉が毎年のように聞かれる。地球温暖化による海面上昇や異常低気圧による高潮、気候変動による局所集中豪雨により、生命財産が危機にさらされている。本稿執筆中に球磨川流域を中心とした九州南部において、その後すぐ筑後川流域等での九州北部において、令和2年7月豪雨が発生し、河川の氾濫、堤防決壊により甚大な被害が発生している。また、都市内河川氾濫の発生ニュースもよく聞かれる。景観、スペース等の諸事情により都市内河川の堤防が低いままの地域があり、堤防高の嵩上げのニーズがある。臨海部でも高潮被害に遭い、海岸堤防の嵩上げ計画もある。整備効果の発現には、整備計画区間の早期完工が重要である。そのために現地工期の短縮化の声がある。

日本は春雨、梅雨、台風、秋雨と多雨が懸念される時期が長い。そのため渇水期に工事が集中することが多く、作業員確保は大きな問題である。建設現場において熟練作業員不足と作業員高齢化は深刻化しており、対応策として「プレキャスト化」は重要なキーワードである。プレキャスト製品は、工場生産により品質が安定した製品が出来ることや、プレキャストコンクリート製品はかぶりを小さくすることができ、部材断面の縮小が図れることなど、品質面や設計面でのメリットが大きい。また、現地作業の機械化が図れるため、現地工数削減が可能であり、天候による作業への影響が小さく、正確な計画が立てられることなど、省力化のメリットも大きい。これらのニーズに応える解

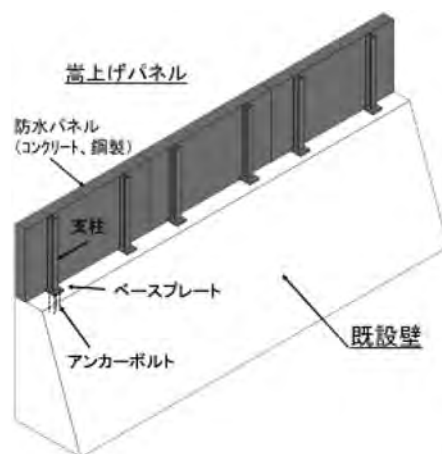
決策として開発されたのが、プレキャスト嵩上げ防水壁である。

プレキャスト嵩上げ防水壁とは、防水パネルと鋼製支柱から構成される既設堤防の嵩上げ用防水壁のことであり、本稿では、構造概要、施工フロー、試験施工による据付歩掛調査、止水性能確認試験結果について紹介する。

2. プレキャスト嵩上げ防水壁の構造概要および特長

(1) 構造概要

図—1に示すようにプレキャスト嵩上げ防水壁は、防水パネル、支柱、ベースプレート、アンカーボルトからなる構造体で、防水パネルと支柱およびベースプレートは現地搬入前に嵩上げパネルとして一体化される。

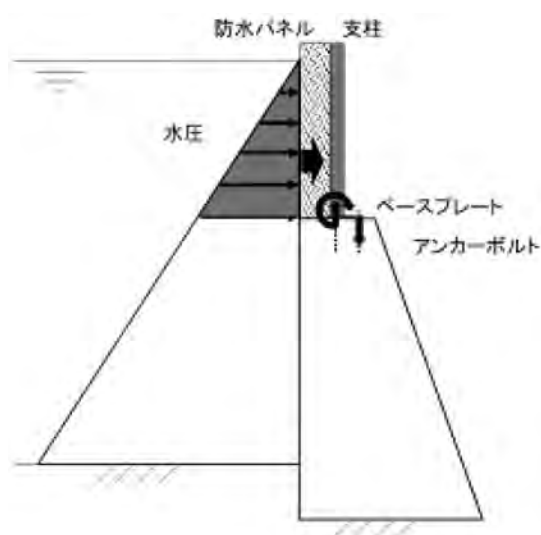


図—1 構造概要

アンカーボルトを既設堤体天端の所定の位置に定着させ、前記の嵩上げパネルをクレーン等にて吊り上げ、アンカーボルトとベースプレートの位置合わせを行い、締付け設置される。

プレキャスト嵩上げ防水壁の抵抗機構は、図一2に示すように、既設堤体天端を越える水位により、防水パネルに水圧が作用する。水圧を受けた防水パネルから、支柱およびベースプレートを介して、既設堤体に設置したアンカーボルトが抵抗する構造である。嵩上げ高さについては、要求される水位により、パネル強度、支柱剛性、ベースプレートサイズ、アンカーボルト径等を適切に設定する。

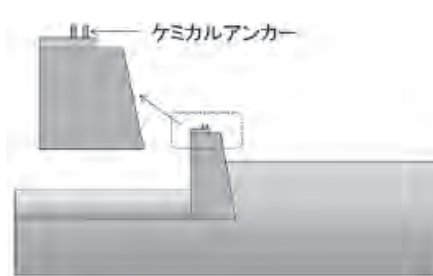
防水パネルは、鉄筋コンクリート製のRCパネルと



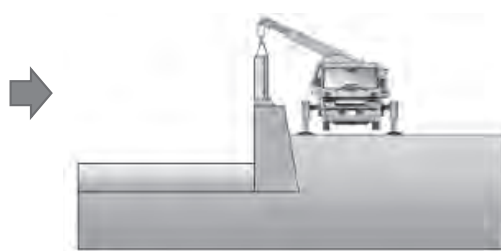
図一2 抵抗機構



①目荒し、捨てコン打設



②あと施工アンカー



③嵩上げパネル据付&ボルト締め



④嵩上げ完成

図一3 概略施工フロー

鋼製パネルの2タイプがある。RCパネルを基本とするが、嵩上げ部材重量を抑えたい、既設天端幅が狭い現場に対しては鋼製パネルが適する。

(2) 特長

プレキャスト嵩上げ防水壁の特長は、既設堤体天端にプレキャスト化した嵩上げパネルを据付けるシンプルな現地施工フローによる現地工程の短縮と現地仮設資材の削減である。図一3に概略施工フローを示す。

コンクリートパネルを用いた嵩上げパネルは、コンクリート二次製品工場にて防水パネルを製作し、別途鋼構造製作工場にて製作したベースプレート付支柱を組付け一体化する。鋼製パネルを用いた嵩上げパネルは、鋼構造製作工場にて支柱部と合わせて製作する。プレキャスト化するため、精度の高い嵩上げパネルを準備することができる。

従来の現場打ち嵩上げ工と比較すると、嵩上げ部本体を現地打設する必要がなく、現地での生コンおよび型枠の使用量を大幅に削減することができる。現場作業の多くを省略することができるため工程遅延のリスクを低減することが可能である。

3. 試験施工

嵩上げ防水壁の施工歩掛の調査、施工上の改善点の洗出し、止水性の確認を目的として、実物大での試験施工を行った。

(1) 試験概要

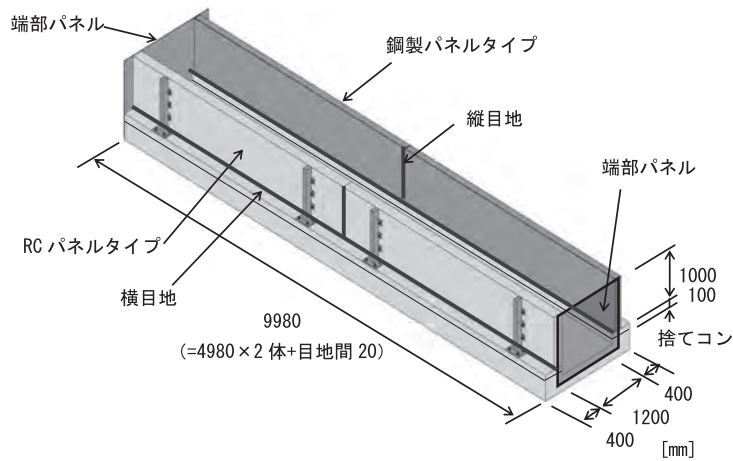
設計水位は既設天端 +1.0 m とした。既設堤体の天端均しのため、捨てコンを h=100 mm 施工し、その上に高さ H=1.0 m の嵩上げパネルを設置した。延長方向は 10 m とし、コンクリートパネルタイプと鋼製パネルタイプのパネル面を向かい合わせて設置した。両端部には端版を設置し、内部に注水して、止水性確

認の水張り試験を可能とした。

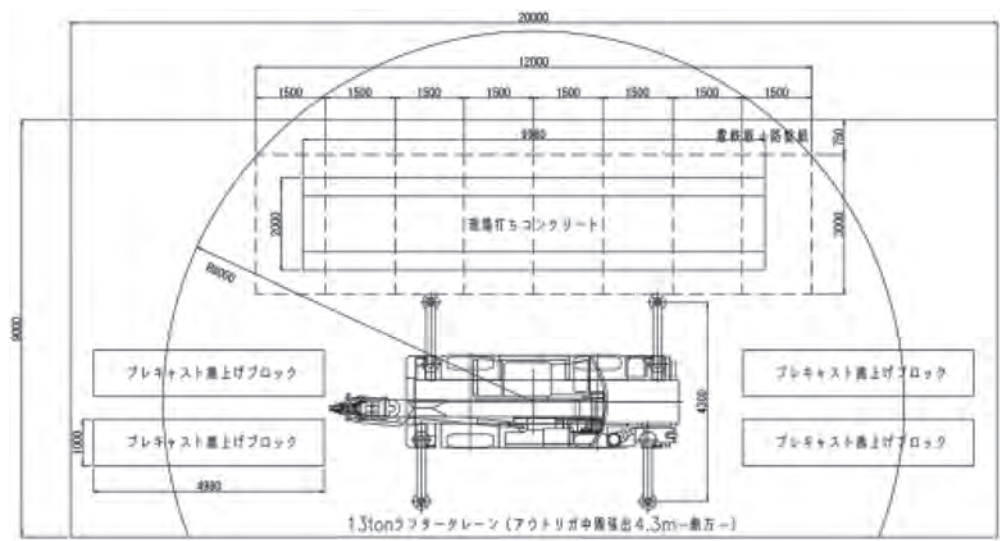
図―4 に試験体概要、表―1 に試験体諸元、図―5 に試験施工平面図を示す。

(2) 試験施工状況

写真―1 に施工状況を示す。



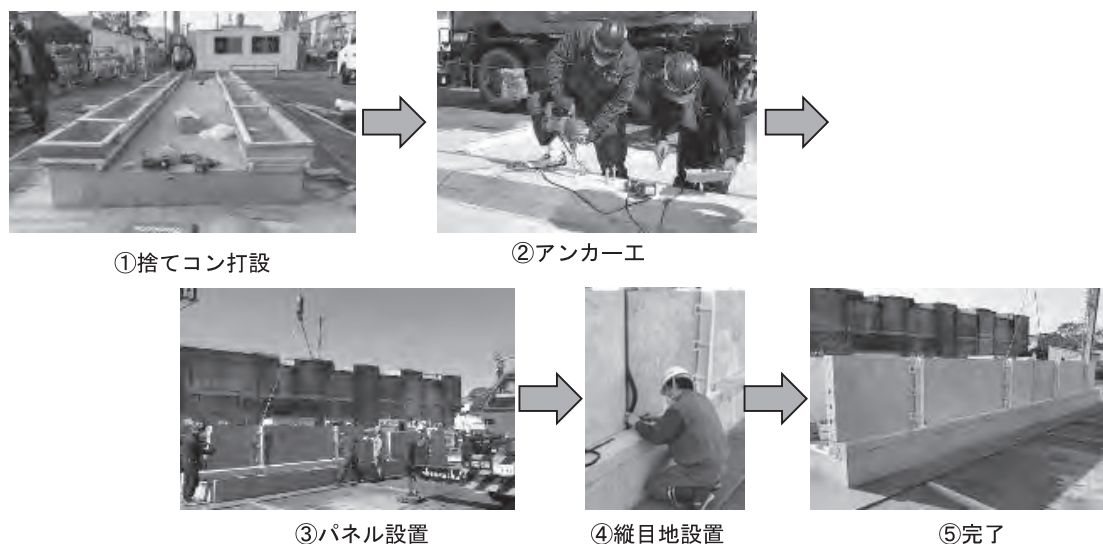
図―4 試験体概要



図―5 試験施工平面図

表―1 試験体諸元

パネル形式		コンクリート	鋼製
諸元	防水パネル	H1.0 m × L4.98 m × t0.2 m	H1.0 m × L4.98 m × t0.09 m
	支柱部	H-125 × 60 × 6 × 8	H-125 × 60 × 6 × 8
重量		2.5 t/ 基	0.5 t/ 基
写真			



写真—1 試験施工状況

(3) 施工歩掛

工種毎に作業時間を計測した。その結果を表—2に示す。今回、RC パネルタイプおよび鋼製パネルタイプの総延長 20 m 分の施工日数としては、2.34日/20 mであった。従来の現場打ち形式の場合には、支保工、型枠工、養生工など現地作業時間を要する工種が多く、現地工期を約 8 割短縮することが可能である。

(4) 改善点の洗出し

今回試験施工により判明した改善すべき主な点として、

・目地材および目地配置

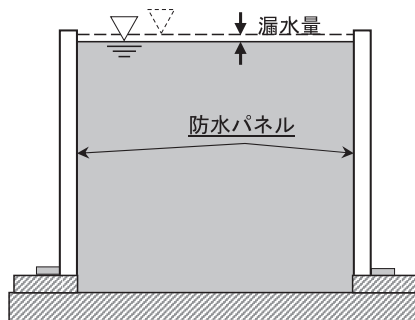
が判明した。今後、これらの改善・改良を行い、設計に反映する予定である。

(5) 止水性能確認試験

図—6に示すように、防水パネルに囲まれた内部に注水し、一定時間経過後に水面低下量を計測し、漏水量を算定した。その結果を表—3に示す。受圧面積に対する単位時間当たりの漏水量は、 $0.00045 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ であった。これは、表—4に示す浸水防止性能基

表—2 施工歩掛調査結果

工種			人数	時間	人工	備考
①	捨てコン 打設工	加工・組立	2人	0.50日	1.00人工	/20m
		撤去	2人	0.25日	0.50人工	/20m
		打設・押え	3人	1.00日	3.00人工	/20m
		小計				4.50人工
②	アンカー工		2人	0.50日	1.00人工	/20m
③	パネル 据付工	RCタイプ	3人	0.03日	0.09人工	/10m
		鋼製タイプ	3人	0.04日	0.12人工	/10m
④	縦目地取付工		1人	0.02日	0.02人工	/20m
合計				2.34日		/20m



図—6 水張り試験

表一 3 水張り試験（諸元，結果）

試験諸元					
受圧面積	水面積	長さ	高さ	面数	幅
$L \cdot H \cdot n$ [m ²]	$L \cdot B$ [m ²]	L [m/面]	H [m]	n [面]	B [m]
19.960	11.976	9.98	1.00	2	1.20
試験結果					
計測 No.	経過時間	水面低下	漏水量	受圧面積当り漏水量	
	[h]	[mm]	[m ³]	[m ³ /h・m ²]	
(1)	16	10	0.1198	－	
(2)	24	20	0.2395	－	
計	40	－	0.3593	0.00045	

※計測 No. (1)(2) 間で日射による蒸発等も考えられたため平均化した。

表一 4 浸水防止性能基準

等級	水圧面積基準	浸水床面積基準 (参考)
	単位浸水量	単位浸水高さ
5 等級	0.00100 m ³ / (h・m ²) 以下	1 mm/h 以下
4 等級	0.00400 m ³ / (h・m ²) 以下	4 mm/h 以下
3 等級	0.01000 m ³ / (h・m ²) 以下	10 mm/h 以下
2 等級	0.02000 m ³ / (h・m ²) 以下	20 mm/h 以下
1 等級	0.05000 m ³ / (h・m ²) 以下	50 mm/h 以下

(一財) 建材試験センター

準 ((一財) 建材試験センター) の最上級の 5 等級に該当する。止水性能としては、問題ないことが確認できた。

4. おわりに

近年の地球温暖化や異常気象による高潮および洪水、また地盤沈下や想定津波の見直しにより、既設堤防の天端高の不足が懸念されている。国民の生命財産の保護のため、堤防の嵩上げニーズが高まっている。全面更新の工法の場合、施工期間が長い場合施工中に

被災する可能性もある。プレキャスト嵩上げ防水壁は、現地工期が短く災害のリスクが小さい時期に施工を行うことが可能である。また、支保工や型枠工が最小で、省スペースな構造であるため、都市河川や臨海工業地帯に適用が可能な工法の一つである。今後も様々なニーズを反映し改良を行い、不安を抱えている地域により早く安心を届けていきたい。

J C M A

【筆者紹介】

由井 陸粋 (ゆい ろくすい)
JFE エンジニアリング(株)
社会インフラ本部 鉄構インフラ事業部



奈良 正 (なら ただし)
JFE エンジニアリング(株)
社会インフラ本部 鉄構インフラ事業部
防災保全室長



オートゲート（無動力自動開閉ゲート）

小野寺 哲 男・笹 山 耕 司

河川の樋門用ゲートとして開発したオートゲートは、堤防の内外での水位差により自動的に扉体の開閉を行う機能を有した門柱レスゲートである。豪雨などによる洪水時においても樋門の操作人が現場での開閉操作を行わずとも、ゲートの無動力自動開閉機能により樋門施設としての機能を十分発揮している。また、東日本大震災以降は、無動力自動開閉機能が高く評価され、海岸などに設置される津波対策用ゲートとしても数多く採用されている。本稿では、開発技術の概要・目的、構造および特徴などについて紹介する。
キーワード：樋門、自動開閉、無動力、無人化、バランスウェイト、フロート

1. はじめに

従来の樋門用ゲートとしては、引上げ式ゲート（図—1）が多く採用されているが、この形式のゲートは操作人が現場まで行き、人為的にゲートの開閉操作を行わなければならない。昼夜問わずの出水時のゲート操作は非常に危険が伴うため、ゲートを閉められない事態も発生している。また、近年は、短時間で記録的な集中豪雨が頻発している事もあり、樋門ゲートの自動開閉化が重要視されており、特に樋門の中でも中小規模の樋門においては無動力自動開閉ゲートの設置が増えてきている。

2. 概要・目的

オートゲートは、豪雨や台風などにより河川が増水した時に、堤内地への河川水の逆流を防ぐための樋門

用ゲートとして開発されたゲート設備である。オートゲートは水の力と浮力を利用し、河川が増水した時には自動的に扉体が閉塞し洪水から堤内地を守り、また、河川の水位（外水位）が低下すると自動的に扉体が開放し、堤内地側（内水側）に溜まった水を速やかに排水する無動力自動開閉タイプの門柱レスゲートである。自動開閉ゲートの従来技術としては、フラップゲート（図—2）が一般的によく使用されている。しかし、フラップゲートは、水が流れていない時は扉体が閉塞しており、また排水量の少ない時には僅かに扉体が開くだけで、ゴミなどの浮遊物が流れてきた場合は停滞させてしまう。そのため排水の阻害や不完全閉塞を起こしやすく、設置箇所が限定されていた。そのような中でオートゲートは、引上げ式ゲートおよびフラップゲートの問題点を同時に解決した製品であり、様々な現場で採用できる逆流防止用のゲート設備である。



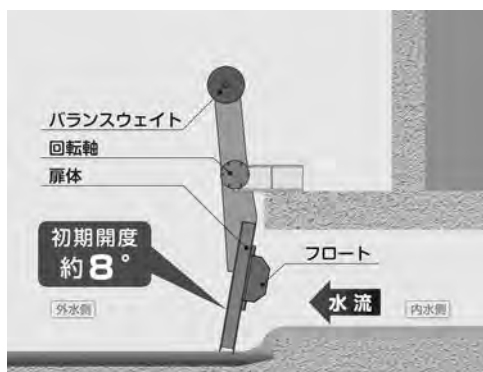
図—1 引上げ式ゲート



図—2 フラップゲート

3. オートゲートの構造

オートゲート（図—3）は、上記のフラップ形式のゲートにバランスウエイトやフロートなどを取付けて、従来のフラップゲートの問題点を解消し、自動開閉の信頼性を高めるための様々な改良が加えられたゲート設備である。通常、扉体とバランスウエイトが約8°開放した状態でバランスを取っている。回転軸を介して扉体の反対側にバランスウエイトを取り付け、シーソーの原理により扉体の開閉力を軽減させている。このバランス機能により、通常時でも速やかな排水性能を有し、内水排除時には扉体を大きく開放し大流量の排水を行い、ゴミなどの浮遊物も同時に流下させることができる。また、外水位が上昇した逆流防止時は、扉体の背面に取り付けているフロートの働きにより、扉体を無動力で自動閉塞させる事ができるゲート設備である。

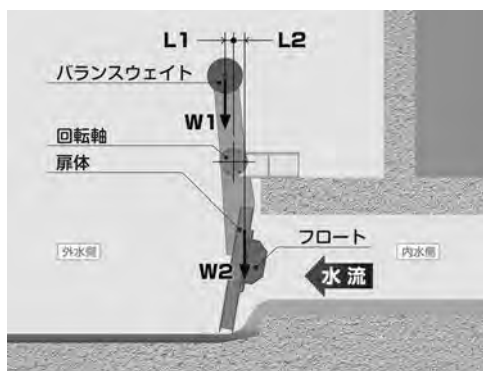


図—3 オートゲート

(1) オートゲートのメカニズム

(a) 通常時

扉体の前方に回転軸を配置する事で扉体自体の重心が回転軸の後方へと移動するが、前傾したバランスウエイトと釣り合って停止する位置は、図のように扉体が約8°開放した状態になる（図—4、式—1）。



図—4 通常時のモーメントのつり合い

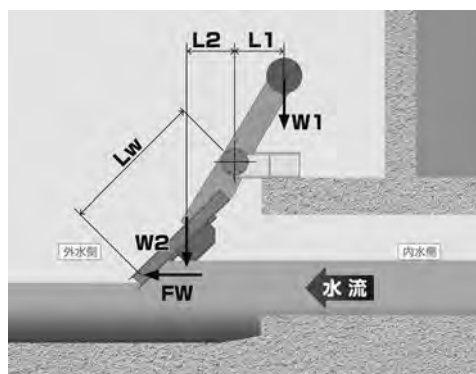
$$W1 \times L1 = W2 \times L2$$

（ウエイト自重のモーメント） （扉体自重のモーメント）

式—1 通常時のモーメントのつり合い

(b) 内水排除時

流水の動水圧を受けて扉体が開いてくると、バランスウエイトの回転モーメントが扉体を開く方向に作用するので微少な水位差においても扉体を大きく開放する事ができる（図—5）。また、フロートに接水すると扉体はさらに開放するが、水の流れが停滞すると扉体の開度は速やかに通常時の状態に戻る（式—2）。



図—5 内水排除時のモーメントのつり合い

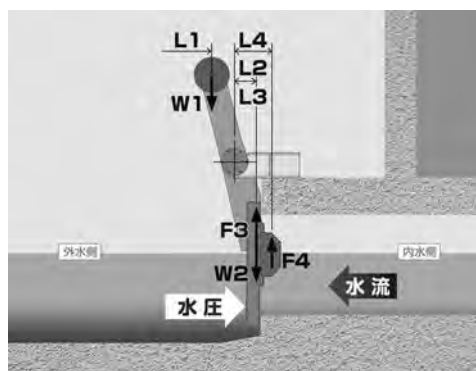
$$W1 \times L1 - W2 \times L2 = Fw \times Lw \times \cos \theta$$

（水圧による開モーメント）
（θ：ゲートの開度）

式—2 内水排除時のモーメントのつり合い

(c) 逆流防止時

水位が上昇すると、扉体の浮力とフロートの浮力は、扉体が閉じる方向の回転モーメントとして作用し、逆流を生じさせる前にゲートを閉塞させる（図—6）。ゲートを閉塞させる水深は、フロートの取付位置で、ある程度調整することが可能である。（開口高さの70%水深を標準とし、最少40%まで）ゲートが閉塞後に外水位が内水位より下がった場合は、扉体が



図—6 逆流防止時のモーメントのつり合い

$$W2 \times L2 - W1 \times L1 \leq F3 \times L3 + F4 \times L4$$

(扉体及びフロートの
浮力による閉モーメント)

式一 逆流防止時のモーメントのつり合い

微少開放し内水を排水し始める (式一)。

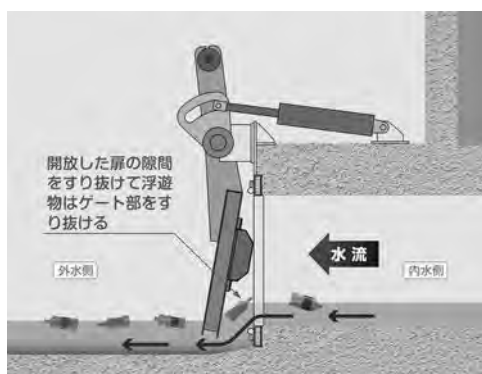
(2) オートゲートの特徴

(a) 的確な自動開閉動作

- ①僅かな内外水位差にも反応する。
 - ・バランスウエイトの効果により、扉体の開閉力が大幅に軽減されている。
 - ・ゲートの開閉時に水密ゴムが摺動する事がない。
- ②水の流れが停滞していてもフロートの浮力で自動閉塞する。
低水位では開放している扉体も、水位が上昇すると、フロートの浮力により水位差が生じなくても自動で閉塞する。
- ③逆流防止及び内水排除時の扉体の自動開閉が的確なタイミングで行われるので、操作の無人化が可能である。

(b) 狭雑物の対策

- ①通常時は扉体が約 8° 開放しているので、微少流量時においても流れてくる浮遊物を流下させる (図一 7)。また、浮遊物をゲート付近に滞留させない事により、狭雑物による不完全閉塞を起こしにくい。



図一 7 浮遊物の流下状況

- ②内水排除時は扉体の開放角度が大きいので、増水時の多量な浮遊物も流下させる。
- ③万一狭雑物を挟み込んだ場合は、強制開閉装置による開閉操作により扉体を開放し、狭雑物の挟み込みを取り除き流下させる (図一 8)。

(c) 堆積土砂の対処

- ①スムーズな排水が土砂の堆積を低減する。扉体の常時開放と開閉力軽減が排水時の流れを障害しな



図一 8 強制開閉装置による挟雑物の除去

いので、流速の低下によるゲート付近での沈砂が発生しにくい。

- ②強制開閉装置による開閉操作により、堆積土砂のフラッシングが可能である。扉体を強制的に閉塞させ排水を貯留し、一気に扉体を開放させる事で水が噴出し、堆積物の清掃ができる (図一 9)。



図一 9 強制開閉装置による堆積土砂のフラッシング

(d) 容易な維持管理

- ①扉体を開放させて点検が可能である。
オートゲートは強制開閉装置により、扉体を開放させた状態で点検・整備が行える。また、強制開閉装置が不要な場合は、維持管理用にレバールック等を設置することも可能である。
- ②土砂堆積が生じてても、強制開閉装置を使用して堆砂のフラッシング清掃が可能である。
- ③ローラゲート (引上げ式ゲート) と比較してオートゲートは構成部品数が少なく、点検整備が容易である。
オートゲートは、ローラゲートの主要構成部品である、主ローラ・補助ローラ・ローラ軸・軸受・取外し戸当り等の部品が無いので点検箇所が少ない。
- ④引上げ式ゲートのようにゲート開閉時に水密ゴムが摺動しないので水密ゴムの摩耗が少なく、長年にわたり良好な水密が確保できる。

表—1 引上げ式ゲートとオートゲートの対比

対 比 項 目	引上げ式ゲート	無動力自動開閉ゲート
	 引上げ式ゲート	 オートゲート
操作タイミング	水位の状況を見て人為判断で操作を行なうため、深夜の突発出水などでは操作タイミングを逃す場合がある。	内外水位の変動に合わせて無動力で自動開閉するため操作タイミングを逃す心配がない。
動作の確実性	人為操作を行なえる状況では動作の確実性は高いが、土砂堆積及び流木等が介在する場合や操作ミス等のリスクは残される。	通常は内外水位差に合わせて自動開閉を行う。また内水位差がない場合でも、水位が上昇しフロートに接水するとフロートの浮力でゲートは閉塞する。操作員がいないので土砂堆積や流木等による不完全閉塞が発生しても、直ぐに対処できないというリスクがあるが、不完全閉塞を減少させる対策を講じている。
災害発生時	電動操作の設備では停電時の操作に関するトラブルリスクが発生しやすい。また、操作員が増水時避難を行なった場合にはゲート操作に課題が残る。	無動力開閉なので停電等の影響を受ける事がなく、災害発生時後も問題なく動作機能することが期待できる。

(3) オートゲートの採用メリット

(a) 引上げ式ゲートとの比較（表—1）

(b) フラップゲートとの比較

- ①扉体の常時開放により通常時の排水を妨げる事が無く浮遊物の流下性も良く、不完全閉塞を起こし難い。
- ②バランスウエイトの作用により開閉力が軽減され、優れた排水性を誇る。
- ③開閉装置を設ける事ができ、強制的な開閉操作により信頼性を高めることができる。

4. 使用・適用事例（写真—1, 2）

オートゲートの設置には、一般的な樋門以外にも「無動力自動開閉」という特性から、以下のような条件の箇所に適したゲートである。

- ①水位変動が激しく、頻繁にゲートの開閉操作が必要な箇所。
- ②近くに操作人や動力源（電気）が無い箇所。
- ③周辺との景観を考慮し、門柱を不要としたい箇所。

- ④海岸部で津波対策用のゲートが必要な箇所。

5. オートゲートからの展開

オートゲートは構造上、下部の水密を確保するために、敷段差が必要である。しかし、樋門敷高と河川の



写真—1 設置状況 1（津波対策用ゲート）



写真-2 設置状況 2 (津波対策用ゲート)

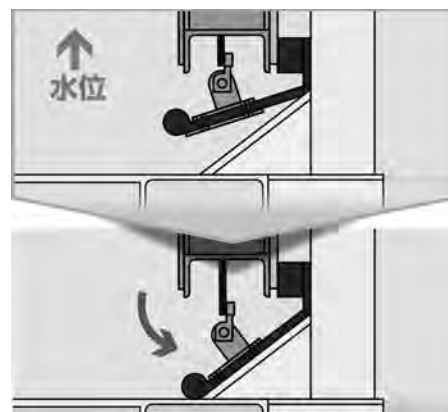


図-13 下端揺動ゴム

河床高との関係上、敷段差を確保できないケースがある。また、既設引上げ式ゲートをオートゲートに改修する際に、敷段差を設けるため、川表水路を作り直す必要があった。そのような問題を解決するために敷段差の不要な自動開閉ゲートとして「オートゲートステップレス バタフライフロート (NETIS 登録 No: HK-190010-A)」(図-12)を開発した。

このゲートは基本的にはオートゲートのメカニズムを採用しているが、扉体の内部に収納した内部フロートの昇降動作により下端揺動ゴムを開閉させてフラットな水路でも水密を確保できる構造としている(図-13)。既設樋門の改修工事では、既設の水路をほぼそのまま再利用できることもあり、工事費の大幅な削減や工期の短縮が可能な新たな製品である。



図-12 オートゲートステップレス バタフライフロート

6. おわりに

オートゲートの納入は全国に広まっており、1998年度の3基に始まり、2015年度には1年間で200基以上を納入し、初年度からの累計では全国で2,200基を超える実績となった。

これは、オートゲートの機能と安全性が樋門ゲート設備として客先の信頼を得たことであると考ええる。また、近年多発している記録的な集中豪雨などによる急激な水位上昇の頻発化や操作人の安全性の問題から、このオートゲートが更に注目を集めている。

オートゲートが自然災害を最小限にする無動力自動開閉ゲートとして更に普及するよう、今後も引き続き製品改良を行っていききたい。

J C M A

【筆者紹介】

小野寺 哲男 (おのでら てつお)
旭イノベックス㈱
土木鉄構事業部 製品開発課



笹山 耕司 (ささやま こうじ)
旭イノベックス㈱
土木鉄構事業部 製品開発課



既設モルタル・コンクリート吹付をはつり取らずに 老朽化したのり面を再構築

老朽化した吹付のり面補修・補強工法「ニューレスプ工法」

近 藤 保 徳

日本では、高度成長期（1955年～73年）に道路整備が急ピッチに進められた。このころに整備された社会資本は、現在50～60年程度経過している。今後、これらの維持・更新の時代に遷移していく中、限られた予算を有効に活用しなければならない。のり面保護工として1970年代より多用されてきたモルタル・コンクリート吹付工（以下、吹付工）は、現在その老朽化が問題となっている。従来、老朽化した吹付工の対策として多く採用されてきた方法は、老朽化吹付工をはつり取り、新たに吹付工を行う更新であるが、はつり取り作業の危険性回避、廃棄物の低減及び工期の短縮などの観点から、はつり取らずに老朽化法面を再構築するニューレスプ工法（以下「本工法」という）が注目されている。

キーワード：老朽化、吹付のり面、繊維補強モルタル吹付工、ポンプ圧送エア併用吹付システム

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風化・浸食防止を目的として、吹付工が数多く採用されてきた。近年、吹付工により対策された吹付のり面において、吹付材自体の劣化や、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箇所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要求性能に応じた補修・補強対策を選定する必要性が高まっている¹⁾。

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「本工法（NETIS：QS-110014-VE：活用促進技術）」を開発し、その後、当該工法と組み合わせることで斜面を補強する「吹付受圧板工法 FSC パネル」を開発した。

本稿では、吹付工の概要、吹付のり面の劣化機構、また、劣化機能に応じた効率的な対策工のパターンを紹介する。

2. 吹付工の概要

(1) 吹付工の特徴

吹付工は、モルタルやコンクリート（以下、吹付材）などで吹付被覆した構造物であり、のり面保護工の一

つとして用いられている。吹付工は、他のコンクリート構造物とは異なり、次のような特性を有している。

①圧縮空気により吹付材を高圧ホースまたはパイプによって所定の位置まで搬送し、のり面に直接吹き付けるため型枠が不要な工法である。②機械設備が簡易かつ小型の可搬式機械であることから作業性がよく、広い作業エリアを必要としない。

(2) 吹付工の目的

吹付工の目的は、のり面の侵食を防止するとともに、のり面を外気及び雨水などから遮断することにより風化を防止し、のり面を形成する地盤の強度低下を防ぐことにある。

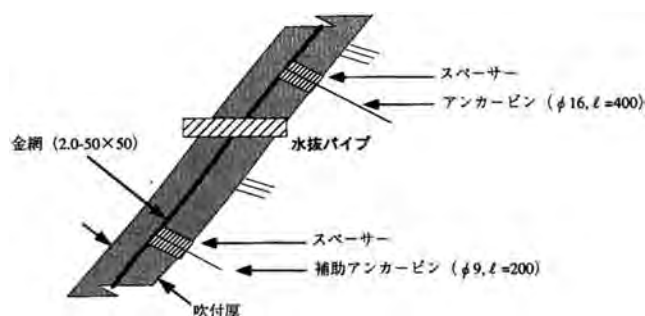
言い換えれば、吹付工は風化しやすい岩、風化が進行すると崩落の恐れのある岩などののり面、また、切土した直後は安定していても外気及び浸透水により不安定化しやすい地山を風化から保護することにより、その風化防止効果が非常に大きい工法である。

しかし、吹付工はその構造的な性格から、適用限界として以下の点が挙げられる。

- ①湧水がある岩盤のり面や岩盤の開口亀裂が多く、大きな崩落のあるところには適用できない。湧水が多いと吹付材と地盤との密着・一体化が阻害され、さらに凍結・融解を繰り返すことによって剥離現象が生じることがある。
- ②構造上、土圧が働くような不安定なり面には適用できない。

(3) 吹付工の構造

吹付工は、一般的に図—1に示すような構造で設置されている。



図—1 吹付工の一般的構造【()内は標準材料規格】

吹付厚さは、施工目的とのり面の地質、勾配、気象条件などを考慮して決定される。一般に、厚さ10 cm以下ではモルタル吹付、厚さ10 cmを超える場合はコンクリート吹付とする場合が多い。また、吹付厚が10 cmを超える場合で平滑なおり面には10～20 m程度の間隔で縦伸縮目地を設けることが多い。

(4) 吹付のり面の問題点

吹付工は、風化防止対策として非常に有効な工法であるが、以下の問題がある。

①構造上の問題

吹付工は、全セメント硬化体の体積に比較し、表面積が非常に大きく、広くて薄い構造体といえる。また、施工のり面に凹凸が多い場合、一定の吹付厚さの管理ができず、厚薄緻密差を生じやすい。なおかつ、一般的な養生が困難であり、自然条件による温度変化に対応が難しいという構造的な特徴も有している。したがって、吹付工は、急速な乾燥や凍結に対して吹付面にひび割れや剥離などの現象が生じやすい。

②耐久性の問題

吹付工の耐久性は、配合、吹付作業の条件（施工時期や時間）によって大きく影響されるほか、施工時の気象条件にも大きく左右される。

③維持管理の問題

吹付工は、風化や侵食防止などの施工目的に対し非常に効果があるものの、一度覆われた地山は、長期にわたる風化の進行度合を外側から容易に知ることができない。したがって、日常の維持管理・点検項目としては、ひび割れの発生や剥離などの表面的に生じる変状に限定される。これらの点検作業は、現場に詳しい技術者の目視やのり面にはりついて行うハンマー打診などに頼る部分が多い。

3. 吹付のり面の劣化機構及び劣化現象（老朽化現象）

吹付のり面の劣化機構は、構造部位により大きく3パターンに整理できる¹⁾。

(1) 吹付材自体の劣化

吹付材自体の劣化は、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

吹付材と背面地山の密着性の低下は、地山からの湧水や雨水など表面からの浸入水により、地山表層部で風化が生じたものである。また、吹付工により保護された切土のり面においても、背面地山は緩やかに風化すると報告がある²⁾。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背面の空洞化などが挙げられる。

(3) 地山の風化によるのり面の不安定化

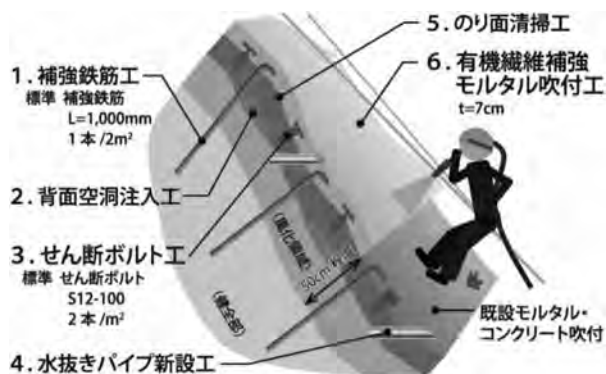
地山の風化による吹付のり面の不安定化は、雨水や湧水による影響を強く受け風化が著しく進行し、当初確保されていたのり面の安定勾配が確保できなくなるものである。また、亀裂が卓越した岩盤のり面では、亀裂に沿った風化の進行・緩みにより、不安定が進行する場合もある。発生する現象としては、土圧による開口ひび割れや、はらみ出し、崩壊などが挙げられる。

4. 本工法による対策工

(1) 工法概要

従来対策の課題を解決するために開発したのが本工法である（図—2）。本工法の概要は、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水抜きパイプ新設工、⑤のり面清掃工、⑥有機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。以下に要素技術の概要を示す。

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D19、長さ0.6～1.0 m（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



図一 2 本工法概要図

は、地山補強効果を見込み 2 m^2 に 1 本としているが、背面地山の風化領域に応じて変更する。また、風化領域が 0.5 m 以上の場合は地山補強土工（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などの充填材を注入し、吹付材と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 1 m^2 に 2 本としている。せん断ボルトの模式図を図一 3 に示す。



図一 3 せん断ボルトの模式図

- 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、一般的な吹付材よりも引張強度や靱性が高く、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。使用する繊維には、当該工法用に開発した有機繊維である



写真一 1 曲げ試験後の繊維補強モルタルの供試体片 (例)

BC ファイバーを 1 vol% 混入する。吹付厚さの標準仕様は、 7 cm 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³⁾。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) を写真一 1 に示す。繊維補強モルタルは、外力によりひび割れが発生した場合でも、繊維によりひび割れの拡大が抑制されていることがわかる。

(2) 工法の特長

従来工法と本工法の施工フローを対比し、本工法の特長を以下に示す。

- ①本工法は、吹付材のはつり取り作業、また風化地山の除去・整形作業を必要としないため、簡易な防護柵のみの仮設で施工可能である。そのため、作業自体の安全性が向上し、道路のり面においては、道路交通への影響も軽減でき、また急傾斜のり面のような狭隘地での施工も可能である。
- ②吹付材と地山の密着性の低下、地山の風化による吹付のり面の不安定化に対して、補強鉄筋工及び背面空洞注入工により、状態に応じた対策工を合理的に選定し補強することができる。
- ③吹付材自体の劣化に対しては、繊維補強モルタル吹付工により、低下した機能を回復させ、さらに高い性能へ向上させることができる。

(3) 対策パターンの検討

吹付のり面は、施工時の品質やのり面の置かれている環境によって、建設から同じ年数が経過しても、その健全性は様々である。対策工は、その健全性を適切に評価するとともに、のり面の置かれている重要性に

応じて、最も適した対策を施すことが必要である。

本工法では、吹付材の背面地山の風化の進行程度に応じて、対策を大きく4パターンに分け設定している。本工法の対策パターンの検討フローを図-4に示す。それぞれの対策パターンの概要は、下記の通りである。

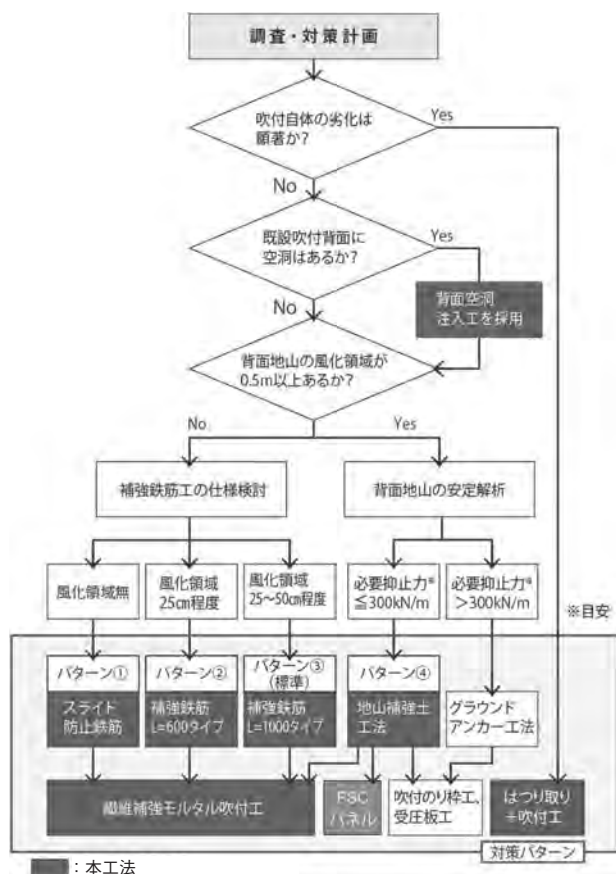


図-4 対策パターンの検討フロー

対策パターン①は、背面地山の風化領域はないが、吹付材が劣化している場合に適用するものである。

対策パターン②は、背面地山の風化領域が25 cm 程度の場合に適用するものである。

対策パターン③は、本工法の標準パターンとしており、背面地山の風化領域が50 cm 程度の場合に適用するものである。

対策パターン④は、背面地山の風化領域が50 cm を超える場合、背面地山の安定解析を行い補強鉄筋工の代替として地山補強土工を計画するものである。

(4) 吹付システム

本工法の繊維補強モルタル吹付工を除く要素技術は、作業者が吹付のり面で作業できるロープ足場等の安全施設が整えば施工は可能であり、適用範囲は非常に広い。その一方で、繊維補強モルタル吹付工は、機械施工の割合が高く、適用範囲は機械能力によって制限される。したがって、本工法を適用できるか否かの判断は、繊維補強モルタル吹付工が施工できるか否かの判断となるケースが高い。

本工法の繊維補強モルタル吹付工の施工システムは、施工性、経済性、汎用性の面から湿式吹付機を用いたものを標準としている。この施工システムの概要は、湿式吹付機で製造した繊維補強モルタルを圧縮空気によりφ50 mm のホースで搬送し吹付けるものである。なお、湿式吹付機を設置するプラントヤードは、現地でモルタルを製造する方法では、約100 m² 以上を必要とし（写真-2）、現地でモルタルを製造しない方法でも50 m² 以上を必要とする。現地でモルタル



写真-2 現地練吹付システムプラント設置例



写真-3 狭隘地での吹付システムプラント設置例

を製造しない場合の湿式吹付機の設置状況を写真—3に示す。湿式吹付機を用いた施工の適用範囲は、一般的に吹付材料の品質が確保できる範囲とされる、湿式吹付機から施工箇所までの距離（ホース延長）が100 m 以内、高さが45 m 以内とされている⁴⁾。こうしたことから、対策する吹付のり面から100 m 以内にプラントを設置できるヤードが確保できないと、当該工法の適用が難しいこととなる。しかしながら、対策を検討する吹付のり面は、道路に面している場合や民家に隣接している場合が多く、交通規制の面からも、施工箇所から100 m 以内にプラントヤードを確保することが難しい場合が多い。そのため、当該工法の適用範囲を拡大させるために、特殊な吹付施工システムを開発した。

開発した施工システムは、ポンプ圧送エア併用吹付システムである。本システムの概要は、流動性を高めた繊維補強モルタルをコンクリートポンプで吹付箇所の手前40 m まで圧送し、その地点で流動性を低下させる特殊な混和剤と圧縮空気を混合し、それ以降は繊維補強モルタルを圧縮空気によりφ50 mm のホースで搬送し吹付を行うものである。なお、コンクリートポンプ圧送時の繊維補強モルタルのスランプは、20 cm 程度を標準としている。

本システムの適用範囲は、プラント設置箇所から吹付箇所までの距離が200 m、高さが60 m であり、湿式湿式吹付機を用いた場合の適用範囲を拡大することが可能となった⁵⁾。本システムを採用した施工状況の様子を写真—4に示す。



写真—4 ポンプ圧送エア併用吹付システムプラント設置例

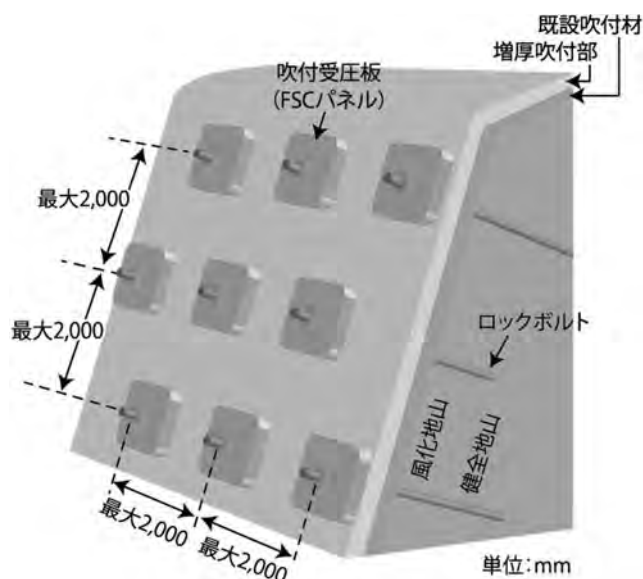
5. 吹付受圧板工法「FSC パネル」

(1) FSC パネルの概要

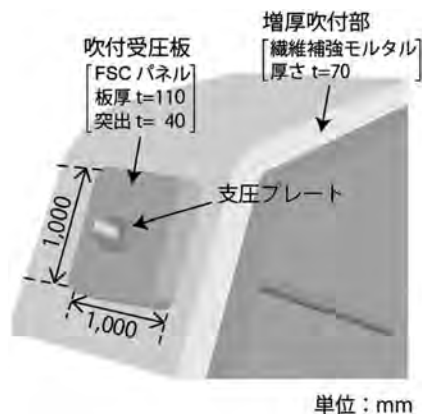
本工法における補強鉄筋工は、前述した通り地山の風化領域が0.5 m 以上の場合は、地山補強土工を検討し採用する。なお、この際の必要抑止力は300 kN/m 以下である。一方、本工法におけるロックボルトの打設間隔は、のり面工の剛性から1.5 m が最大となる⁶⁾。

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」である。本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既設吹付材表面の被覆・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、ロックボルト工と組み合わせてのり面を補強する工法である。吹付受圧板工法の全体概要を図—5、FSC パネルの概要を図—6に示す。



図—5 吹付受圧板工法の全体概要



図—6 FSC パネルの概要

(2) FSC パネルの特性

吹付受圧板工法の構成は、本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、56.0 kN であり、これは風化領域 2.0 m 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 110 mm 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—5 に FSC パネルの耐力試験時の状況を示す。



写真—5 FSC パネル耐力試験状況

(3) FSC パネルの特徴

FSC パネルの特徴を下記に整理する。

- ①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。
- ②FSC パネルの性能から、ロックボルト工の最大配置間隔を 2.0 m まで広げることが可能である。
- ③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。

6. おわりに

本稿では、老朽化した吹付のり面の補修・補強技術である本工法ニューレスプ工法を紹介した。なお、本工法は、従前に技術提供を行っていた ReSP 工法を、品質を低下させずに施工性や経済性の向上を図った新技術である。今後も、本工法の適用事例を分析・評価し、施術の改良・改善を行っていく所存である。また、今後、本工法における吹付受圧板工法の適用性を分析・評価しさらなる適用範囲を模索していく考えである。

なお、「吹付受圧板工法 FSC パネル」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。

J C M A

《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，2017。（配布物）
- 2) 松山裕幸ほか；吹付けコンクリートの安定性と劣化状況，土木学会論文集，Vol.62，No.3，pp.445-458，2006.
- 3) 池田淳ほか；各種繊維を用いた補強モルタル吹付厚さに関する基礎実験，第 65 回土木学会年次学術講演会，pp.1039-1040，2010.
- 4) 社団法人全国特定法面保護協会；のり枠工の設計・施工指針（改定版），p.65，2007.
- 5) 窪塚大輔ほか；のり面吹付工の概要と最近の技術，斜面防災技術，pp.23-24，2013.
- 6) 公益財団法人地盤工学会；地山補強土工法設計・施工マニュアル，p.82，2011.

【筆者紹介】

近藤 保徳（こんどう やすのり）
日特建設㈱
事業本部 技術営業部 法面技術チーム



インフラ保守・点検・調査を実施する 新しい取り組みの提案・実践

春 田 健 作・松 本 存 史・大久保 英 徹

老朽化が要因となる道路トンネルの崩落事故を契機に道路施設の5年に一度の法定点検が開始され、公共施設の老朽化対策が本格的に動き始めた¹⁾。また、同じく通信インフラ、電力等の施設においても老朽化や災害でサービスが停滞するなど、日常生活に大きな影響を与えるような事態も起こっている。そこで、インフラ事業者（通信、電力、ガス等）をはじめとしてこの課題に取り組むべく、点検・調査を行う新しい取り組みを提案する。本稿では事業者の壁を越えてドローンを用いてデータを広く収集しAI開発のノウハウを共有することにより、維持管理の営みの合理化を狙う。ここに、ドローン開発を中心にこの取り組みについて紹介する。

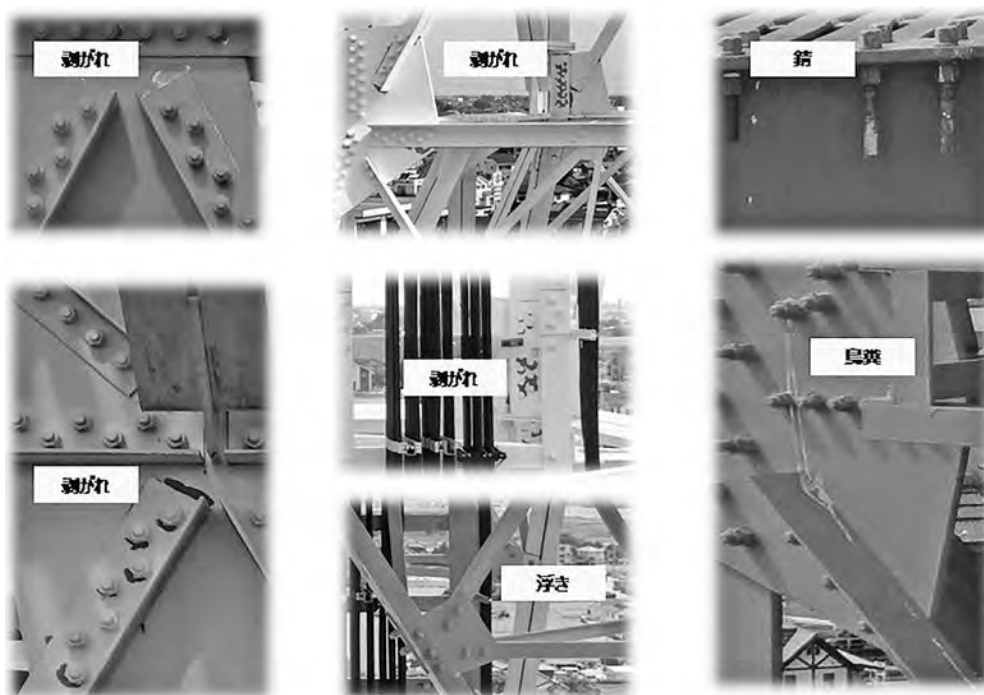
キーワード：維持管理、ドローン、画像AI、インフラ点検

1. はじめに

道路をはじめとする公共インフラ施設、電気、通信、ガス等のライフラインの維持管理・保守・点検（写真—1～3）は、どのような立場の事業者においても、予算面やノウハウの伝承は課題となっており、その効率化は喫緊の課題となっている。

ドローンを用いてインフラを点検する新しい取り組み

みの背景として、維持管理の領域では、各管理者、企業が個々に課題解決に注力するべきではなく、課題解決に必要なノウハウを共有し、より合理的に維持管理の効率化を目指す必要があると考えている。本稿では、現場での実践からフィードバックし、開発を展開している事例について紹介する。



写真—1 点検事例①



写真一 2 点検事例②



写真一 3 点検事例③

2. インフラ維持管理の課題

現在、通信鉄塔、通信、電力等の施設および、道路をはじめとする公共施設の定期点検について、維持管理の主体となる管理者の課題感は共通している事が多い。以下に共通する課題事項を示す。

(1) 有スキル者の減少

- ・建設・維持管理に経験豊富な技術者の引退（高齢化）
- ・さらに、現状の点検や検査の現場では、経験豊富な技術者が現場の段取りや交通規制、各種申請等に時間を取られてしまい、経験則に依る情報収集・診断・考察の時間が少なくなっている。

(2) 交通規制（交通整理員）や各種申請調整の予定が優先

- ・点検作業には交通規制に労務・コストがかかる。規制準備に相当の協議を実施し、わずかな時間で点検作業を行うという事もある。

(3) 点検記録の複雑化（詳細化）

- ・点検調査は、一定のルール（マニュアル等で示されている手法）で記録する。施設の健全性を評価する前段に、記録の方法を習得する必要がある。施設を管理する当事者にとっても構造物の材料、施工の専門的な知識を備えている事は難しいた

め、記録書類から細部の状態を把握することは難しい。

- ・全国で施設、管理する施設によって点検マニュアルも異なるため、同じ点検作業内容であっても、取りまとめる手法や用いているシステム、データ形式が異なる。

(4) 点検費用

- ・これまでの、施設点検は人海戦術に頼るところが大きく、危険作業が伴ったり、交通規制が伴ったりと点検作業実施に付随する経費が必要となる。
- ・点検費（維持管理費）がコストダウンできないため、補修や更新のための予算に投資できず、大胆な修繕が進まない。また、将来的に維持管理領域のコスト増を放置すると、新規建設や開発、新サービスのための予算を圧迫することになり、インフラ事業として、備えるべき安全性の確保や、企業としての競争力が停滞することもある。

3. システム開発の展開例（ドローン／運用システム／AI）

筆者らは、インフラ施設を保守点検する立場から、維持管理の分野へロボットの導入・デジタル化の必要性から、個々の役立つツール開発ではなく、点検作業一連で効果的な開発展開を実践している。その事例について以下に紹介する。

(1) 非 GPS ドローン開発（道路橋の定期点検）

[Drone]

橋梁の下面（床版下、桁間）には、簡単に到達することが難しく、従来、点検車や海上の場合は船舶やボートを用いて点検している。ドローンは有力なツールとして開発がすすめられた。ドローンで橋下面の施設の撮影ができれば橋梁下面へのアプローチするための、交通規制、それに伴う各種申請や協議も省くことができる。

橋梁下面は非 GPS 環境であり、橋梁本体やそれに付随する施設も鋼製部材が多く、飛行位置を保持するためのコンパスに障害がでるため、操縦者のスキルに頼った飛行となる。操縦スキルに頼ってしまうと、訓練や人員確保が新たな課題となる。そのため、飛行の自律化（自動飛行、自動撮影）を目指した機体を開発した（写真一 4）。

しかし、自動飛行のドローンが開発できても、実践検証を進め、機体開発の方向性を転換することにな



写真一4 非GPS飛行ドローン（開発途上タイプ）

る。点検の現場は、1日に幾つも現場をこなす必要がある。そのため、利用するドローンは機能を重視し、セットアップや運搬に時間（コスト）が必要な大型なものでは運用できないという課題に直面した。

点検技術者が実践している内容を開発要件に落とし込むと、①短時間に現場数がこなせること、②点検者が容易にアプローチできない場所にこそ、健全かどうかを判断するポイントがある。③ドローン操作のために訓練する余裕はない。そこで、ドローン開発には、小型化、機体本体が操縦を補助する機能を備える事に注力することとなった（写真一5）。

橋梁、のり面、砂防施設等の点検用のドローン（J2: Skydio for Japanese inspection）は、SLAM 技術により全方向の障害物を認知し衝突回避する。パイロットの力量によらず衝突回避するため、操縦スキルがなくても、例えば、鋼桁間に進入し、版桁の下フランジ上面や支承部を調査することができるようになった（写真一6、7）²⁾。

例えば、現行の道路橋の定期点検要領（2019年2月）³⁾では、「近接目視によるときと同等の健全性の診断を



写真一6 点検写真 下フランジ上面



写真一7 点検写真 支承部



写真一5 小型施設点検用ドローン

行うことができる場合と定期点検を行う者が判断した場合は、近接目視を基本とする範囲とする。」と改定があり、点検者が見たい部位を見たい角度で接写することが重要となってくる。また、ドローンの操作には、相当のトレーニングコストが必要であったが、機体自ら衝突回避するため、熟練した操作技術が必要ではなく、点検技術者がデジカメ同様、ツールとして利用できるため、現在、道路橋点検や3次元化等⁴⁾で活用

表一 1 橋梁定期点検工数比較 (例)

(1 橋梁当たり)

作業フロー	内容	従来の 橋梁点検	小型ドローン	備考
①現地踏査	・点検受託者が現場を確認する作業	0.5 人	0.5 人	・同じ作業である
②計画・準備・協議	・日程調整や実施調整を行い資料作成	3.0 人	0.5 人	◎交通規制が発生しないため協議調整が軽減する
	□交通規制調整 (警察・管理者)	1.0 人	—	
	□高所作業車・点検車調整	0.5 人	—	
	□交通整理員調整	0.5 人	—	
③点検実施	□特殊高所技術者作業調整	1.0 人	—	
	・当日の作業	9.0 人	3.0 人	
	□交通規制 (交通整理員)	3.0 人	—	
	□点検作業	6.0 人	3.0 人	◎安全かつ体力を必要としない
④点検調査作成	・内業を行う	1.0 人	1.0 人	◎動画・静止画の組み合わせのためデータの見直しが可能
計 (人)		13.5 人	4.5 人	◎安全かつ省力 (人) 化が実現

されはじめています。また、建設現場での自動巡回システム、警備分野での人材不足に対する解決策としての展開も期待されている。

表一 1 に、定期点検作業で従来の点検に必要な工数と比較した例を示す。点検作業の準備段階から検計すると、この事例でいえば、工数が65%削減している。

(2) システム構築

ドローンを用いた点検現場を実施していくと、新たな課題が見えてくる。例えば、点検で取得する画像データ量の取り扱いに苦勞する。これまでの点検写真は300 kb 程度の画像で仕様を満足するため、データの取り扱いが問題とならなかったが、ドローンで実施す

る場合、普段撮影できない角度や位置から撮影できるため、取り扱う画像量が多くなる。また、動画や3次元など画像処理のために連続写真を取得するため、データ取得から取りまとめまでの間に保存、共有、診断調査への移行などの作業の勝手が違い、巨大なデータの取り扱いが求められる。

また、これまで点検作業を本業としている企業にとっては、操縦技能を磨く必要がなくても、ドローンに関わる許認可 (承諾行為)、法的規制について熟知していないため、現場で点検実施するまでの手続、過去の申請書類などをオペレーションし撮影データを格納できるシステムを用意し、スムーズに現場に入れるようにしている (図一 1)。



図一 1 フライトオペレーションシステム (Waymark Portal)

(3) 画像 AI 開発

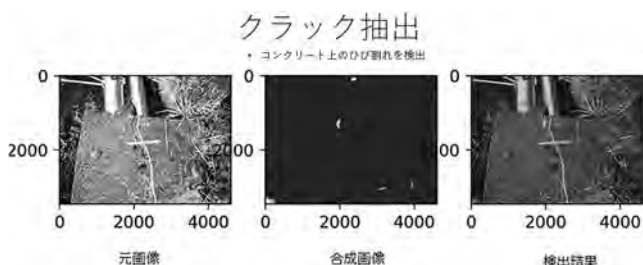
ニューラルネットワークを用いた機械学習の手法による人工知能 (AI) 技術は 1957 年に考案され、2012 年人工知能コンテスト ILSVRC においてトロント大学がディープラーニング (深層学習) と呼ばれる新たな手法によって圧勝して世界を驚かせた。その手法をベースにさらなる精度向上の研究が進み、様々な分野への適用が加速され、第四次産業革命と言われるほどの大きな変革をもたらしている。

維持管理の分野では、画像解析により損傷、劣化部を自動判別により抽出し (写真—8) 健全性判定するような開発要件が多くある。これまで、AI を用いた画像解析技術を開発する際、課題となっているのは、教師データのデータ数とそのバリエーションであった。その点については、数年前ほど大きな課題ではなくなってきており、目視で判別できるコンクリートのクラック等の検出は、1 日もあれば構築できるほどになっている (図—2)。

点検分野への AI 導入ははじまったばかりで、現場での実践、画像 AI を活用するために、現場作業のオペレーションが煩雑になる事がしばしば起こる (例えば、AI により損傷を自動検出するために、これまで点検者が行っていた数倍の時間を要するような撮影が必要となる事がある。)。そのため、対象施設によって、検出する損傷が同じであっても、画像取得方法など開



写真—8 画像 AI による損傷抽出例 (錆)



図—2 コンクリートのクラック抽出例 (Ver.1Day study trial)

発アプローチが異なる場合もある。各インフラ施設の、点検、調査する目的と現場の実状を理解し、点検・診断のための撮影方法、作業時間を総合的に検討し、維持管理の全体工程でどの部分を効率化すべきかフィードバックしながら進めているところである。

4. おわりに

インフラ点検のロボットの活用は、これから本格導入へ向かっていくと感じている。一方で、経験豊富な技術者の知見を後世に残していくためにも、重要なツールとなるため、多くの技術者と伴に実践の機会に参画し、システムや AI 開発へつながる事が、今大切な取り組みだと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省ウェブサイト：メンテナンス年報
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen_maint_index.html
- 2) 例えば、国土交通省ウェブサイト：点検支援技術 性能カタログ (案)、画像解析技術 (橋梁) 技術 No. BR010009-V0020, PP.2-61-2-66, 2019. 2 月
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/pdf/11.pdf>
- 3) 国土交通省ウェブサイト：道路橋定期点検要領 (平成 31 年 2 月時点)
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf
- 4) 下川, 服部, 榎本, 二宮, 森川：橋梁点検の撮影方法に関する考察, 第 2 回「i-Construction の推進に関するシンポジウム」2020.7

【筆者紹介】



春田 健作 (はるた けんさく)
 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク
 事業推進部 建設土木担当
 技師長



松本 存史 (まつもと ありふみ)
 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク
 開発部 AIaaS 担当
 担当部長



大久保 英徹 (おおくぼ ひでと)
 (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク
 開発部 SaaS・HW 担当
 担当部長

大規模洪水時に既存ダムの最大活用を目指す 統合ダム防災支援システムの開発

高橋 陽一

近年多発する豪雨災害を踏まえ、ダムによる洪水調節効果の最大化を目指して、第2期 SIP の課題「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」の中で、京都大学防災研究所、日本気象協会、水資源機構の三者が協働してスーパー台風被害軽減システム—統合ダム防災支援システムの開発に取り組んでいる。本稿では長時間アンサンブル降雨予測を活用した最適事前放流予測モデルおよびダム群連携最適操作シミュレータを開発し、ダム下流域の被害軽減を目指す取り組みを紹介する。

キーワード：スーパー台風、長時間アンサンブル降雨予測、事前放流、ダム群連携最適操作シミュレータ、ダム防災支援システム

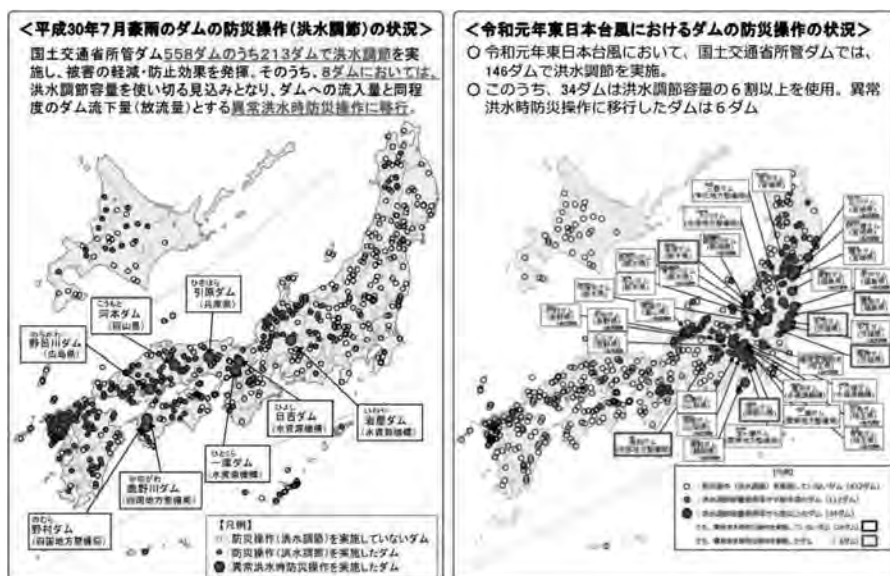
1. はじめに

近年、平成 30 年 7 月豪雨、令和元年台風 19 号、令和 2 年 7 月豪雨など、広域の豪雨災害が毎年のように発生している。IPCC 第 5 次報告書等によれば、気候変動によって激しい降雨の頻度が今後さらに増加することが指摘されている。このような豪雨によって、治水を目的とするダムにおいては、洪水調節容量を使い切ると予測され放流量を流入量に等しくする異常洪水時防災操作（いわゆる緊急放流）に移行するダムが増えている。平成 30 年 7 月豪雨では西日本を中心に 8 ダム、令和元年台風 19 号では東日本を中心に 6 ダム

で異常洪水時防災操作が行われた（図—1）。

平成 30 年 7 月豪雨におけるダムの状況を受けて国土交通省は、同年 9 月に「異常洪水の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会」¹⁾を立ち上げ、11 月に対策の基本方針として 3 項目、①ハード対策とソフト対策の一体的推進、②利水容量の治水活用など流域内で連携した対策、③ダムの操作や防災情報の共有と避難行動への結びつけ、をとりまとめた。

これに前後して平成 30 年 8 月から第 2 期 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム、平成 30 年度～令和 4 年度）が動き出した。その課題の一つ「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」²⁾のサブ課題「スー



図—1 H30.7 豪雨、R1 台風 19 号におけるダム操作（国土交通省資料より）

「パー台風被害予測システムの開発」がある。この課題の一部として、京都大学防災研究所、(一財)日本気象協会、(独法)水資源機構の三者のチームが採択され、既存ダムの洪水調節機能の最大活用を目指す「統合ダム防災支援システムの開発」に取り組んでいる。

その後、令和元年10月の台風19号を経験して、同年12月に「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」(令和元年12月12日 既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議、官邸・政策会議)³⁾が策定され、利水ダムも含めて洪水調節機能の強化が強力に推進されることとなった。これを受けて国土交通省は令和2年4月に、国土交通省所管ダム及び河川法第26条の許可を受けて設置された利水ダムを対象とする「事前放流ガイドライン」⁴⁾を定め、河川管理者と利水ダムも含めたすべてのダム管理者及び関係利水者との治水協定の締結、河川管理者とダム管理者との間の情報網の整備、等を推進している。ダムの防災操作における事前放流とは、大規模な洪水が予想される場合に、本来は利水目的で貯水しておくべき容量を一時的に目的変更し、あらかじめダムの貯水位を低下させて洪水を貯留可能な容量を拡大して確保するものである(図—2)。

この事前放流ガイドラインでは、降雨予測に原則として気象庁の数値予報モデルGSMガイダンス(84時間)、MSMガイダンス(39時間)を活用し、3日前からの事前放流の実施判断を求めている。しかしながら、これによれば事前放流を実施できる期間が3日以内に限定される上、数値予報が大きめの予測なのか小さめの予測なのかわからず、降雨量が想定よりも少なかった場合の利水容量が回復しないリスクや、逆に想定よりも多かった場合の洪水調節容量が不足するリスクの両面の不確実性が常に残り、ダム管理者の判断や操作が難しい課題がある。開発する統合ダム防災支援システムは、このような不確実性が存在することを前提に、それでも、より早い時点からの効果的な事前放流等の防災操作を開始するための支援を行う仕組みを目指しており、

これらの課題の解決につながるものと考えている。

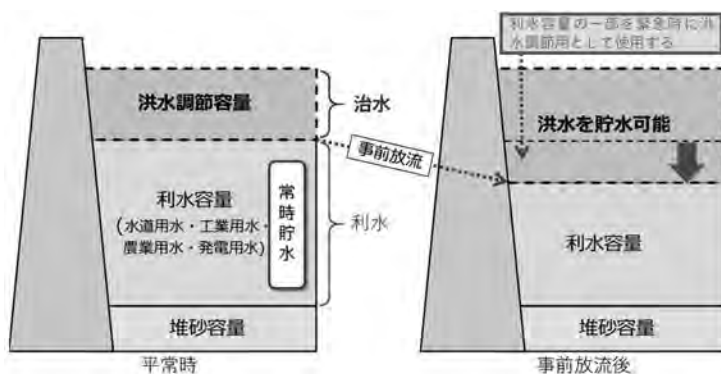
2. 統合ダム防災支援システムの概要

昨年の台風19号において利根川水系渡良瀬川上流の草木ダムは、台風による大規模な洪水に備えて洪水調節容量2000万 m^3 に加えて利水容量約1500万 m^3 の事前放流を行い、水位を低下させて貯留容量を追加的に確保した(図—3)。事前放流を行わなかった場合、異常洪水時防災操作が必要となる貯水位を超えていたと推定され、事前放流が大きな効果を発揮した一例である⁵⁾。

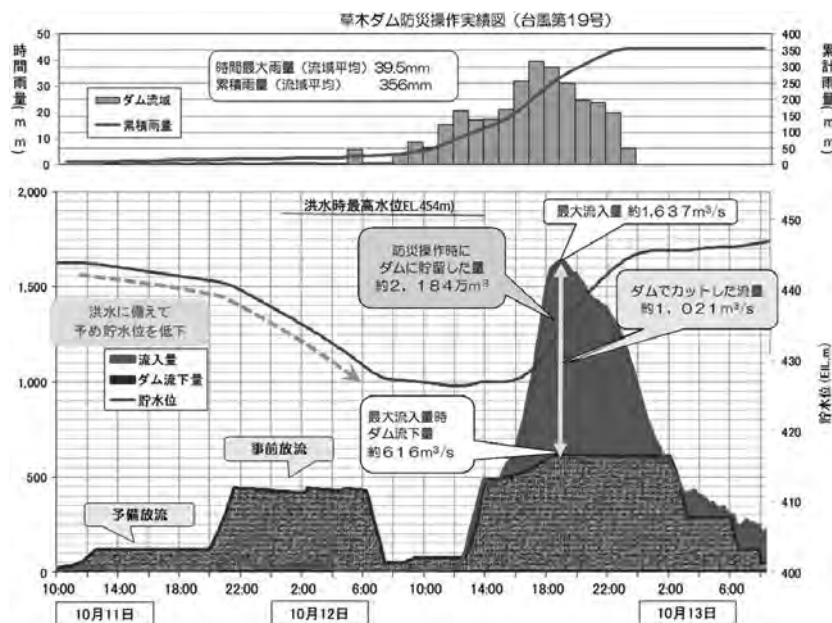
事前放流を積極的に実施したダムがある一方で、事前放流を実施しなかったために異常洪水時防災操作に至ったダムやその可能性のあったダムが多数存在した。近年の洪水で異常洪水時防災操作に至ったダムは相当雨量(洪水調節容量÷集水面積)が小さい(概ね100mm以下)傾向にあることがわかっている(図—4)。事前放流は、この相当雨量を一時的に増やして洪水調節能力を向上させる方策であり、例えば、草木ダム(流域面積:254 km^2)の場合、相当雨量が79mm(=2000万 m^3 /254 km^2)から138mm(3500万 m^3 /254 km^2)に増加させて洪水対応を行うことができた。

こうした事前放流による個々のダムの洪水調節機能の強化には、降雨予測精度の向上が必須であり、精度の高い降雨予測情報に基づいて、より早い時点から貯水位低下操作を行うことが望ましい。その際に欠かせないのは、洪水後にいかに確実に利水容量が回復できるかを見極めることである。さらに、流域に複数のダムがある場合には、これらを協働させて、流域全体の治水機能を高めるための連携操作を行うことが重要である。

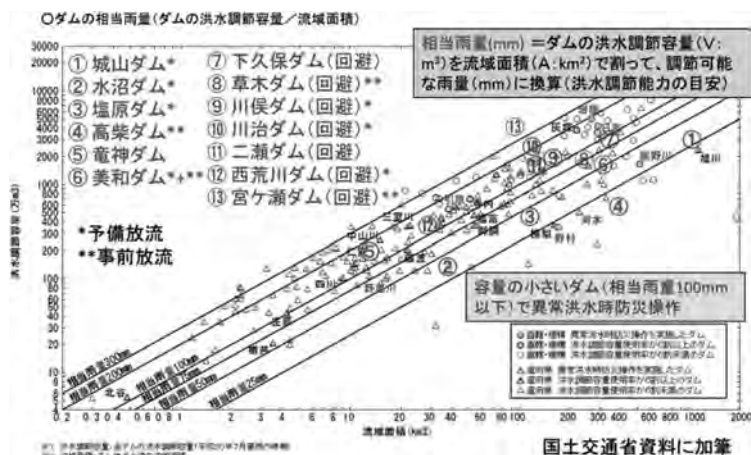
このような背景を受けて、現在、三者で研究開発を進めている統合ダム防災支援システムは、ダムの防災操作に有効な降雨予測を実用化し、最適な事前放流と複数ダムの連携活用を実現することを目的とするものであ



図—2 事前放流概念図



図—3 R1 台風 19 号における草木ダムの防災操作（草木ダム資料に加筆）



図—4 ダムの相当雨量と R1 台風 19 号の対応（国土交通省資料に加筆）

り、①高解像度の長時間アンサンブル降雨予測の実用化、②①を活用した最適な事前放流予測モデルの開発、③②も取り込んだ流域内の複数ダムを連携活用するダム操作支援システムの開発、の3つの柱から構成される。

(1) 長時間アンサンブル降雨予測システムの開発

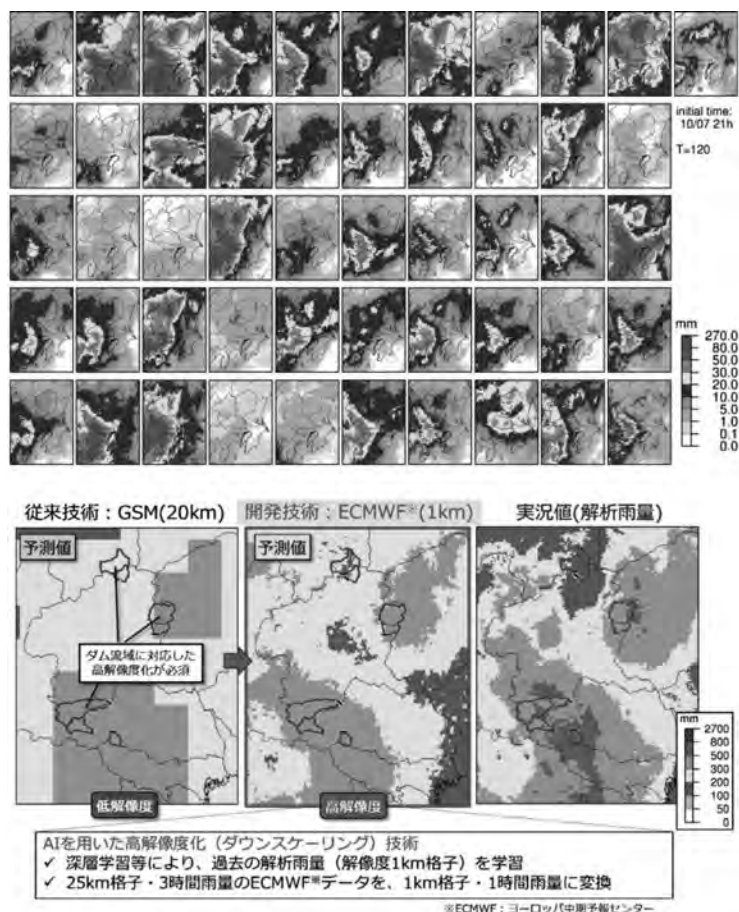
アンサンブル予報とは、初期値をわずかにずらす（摂動を与える）ことによって多数の数値予測を行うもので、多数のデータセットが存在するため予測の幅を確率的に表示することが可能で、実際の現象はおそらくその幅の中に納まるであろうと予想できる。近年、世界各国で研究開発され実用化が図られてきており、気象庁においても 39 時間のメソアンサンブル降雨予報（MEPS；21 メンバ）の運用・提供が令和元年 6 月 27 日から開始されている。

本研究開発では、より長時間の精度の高い予測を目

指し、運用実績の長い欧州中期予報センター（ECMWF）のアンサンブル降雨予報を活用することとした。この予報からは 51 メンバ・15 日先までの予測が得られる。ただしこれはメッシュの大きさが 25 km 格子で、我が国のダムの一般的な集水域面積と比べると降雨分布の特徴が表せないものとなっている。また雨量の時間解像度が 3 時間ということも、時々刻々と変化する洪水に対応してダム操作を行うには解像度が粗い。これをダム流域の降雨予測に使えるように、AI を用いたアンサンブル降雨予測の時空間ダウンスケーリング手法⁶⁾を開発し、1 km 格子・1 時間雨量に高解像度化を図っている（図—5）。

(2) ダム最適事前放流予測モデルの開発

事前放流は、異常洪水時防災操作が予想されるような洪水に備えてあらかじめ貯水位を低下させて容量を



図—5 アンサンブル降雨予測事例 (51 メンバ) とダウンスケーリング技術

確保するものであるが、これは利水のために貯留した水を放流することにより確保するものであるため、利水者にとっては洪水後に貯水位が回復するか否かが重要な関心事である。事前放流の実施を判断する時点で回復可能性が精度よく予測できていれば、利水者の理解も得られやすい。

台風等による大規模豪雨の継続時間は長いもので数日かかる場合もあるので、回復可能性を早期に把握するには洪水継続時間をすべて見通すことのできる長時間の降雨予測が必要とされる。事前放流ガイドラインでは、気象庁のGSM ガイダンス (84 時間)、MSM ガイダンス (39 時間) の予測を使用することを基本としており、洪水の終わりまで早期に見通すには十分とは言えない。そのためダム最適事前放流予測モデルではECMWF の 15 日先までの降雨予測を活用する。

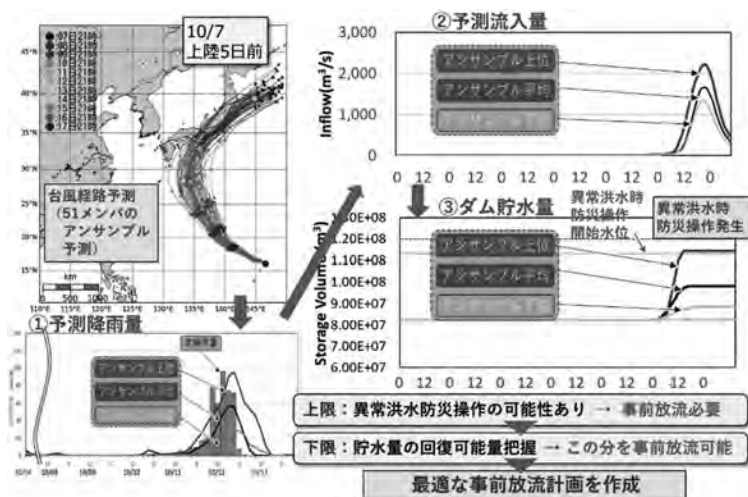
また、現在、一般的にダムの操作予測で用いられる降雨予測は、確定的な 1 本の降雨予測であるため、それが実際より上振れしているのか下振れしているのかわからず、予測更新ごとの変動も大きいのが課題である。これに対しアンサンブル降雨予測は、可能性のある降雨量を、その変動幅とともに示すことができ、これを降雨—流出モデルに与えてダムへの流入量を予測

することで事前放流の判断へ活用することができる。

事前放流の実施にアンサンブル降雨予測を活用する基本的な考え方は次の通りである (図—6)。すなわち、ECMWF の降雨予測 51 メンバそれぞれに対して流出モデルを用いてダムの流入量予測を行えば、51 メンバそれぞれに対応したダム操作予測を行うことができる。このうち予測流入量の大きいメンバ (上位予測) は、ダムが異常洪水時防災操作 (いわゆる緊急放流) に至る可能性を示すので、事前放流を行って容量を増強させる必要性を早期に判断し、準備することができる。次に、メンバのうち予測流入量の小さいメンバ (下位予測) は、もしも台風がコースを外れた場合でも、少なくともこのぐらひはダムに流入する水量、すなわち貯水容量の回復可能性が得られ、事前放流の目標水位が定められる。これは利水者にとって大きな安心材料となる。

これらの上位予測、下位予測の活用にあたっては、最上位、最下位の予測だけを取り上げては極端な判断になる可能性があるので、例えば上位、下位のそれぞれ 5 メンバの平均を上位平均、下位平均とするなどの工夫が必要であり、ダムごとの特性に応じた適切な適用手法を設定する必要がある。

このようにダム最適事前放流予測モデルでは、15



図—6 事前放流へのアンサンブル降雨予測の活用

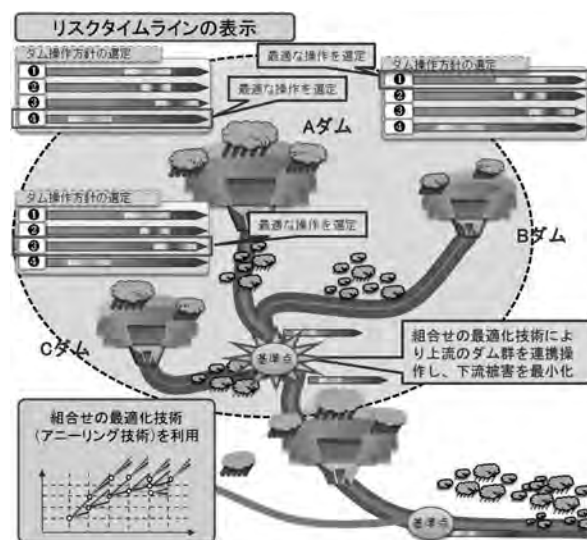
日先までの長時間アンサンブル降雨予測を活用して、「いつから」「どのくらいの放流量を」「いつまで」という最適な事前放流計画を提示できる手法を構築し、降雨予測の更新の度に逐次最適化を図って、利水リスクを増大させず、一方で治水効果を最大化させることを目指している。

(3) ダム群連携最適操作シミュレータの開発

ダムは、基本的にダムごとに操作規則等が定められており、それに従って洪水調節操作を行うことが原則である。一方で、流域に複数のダムがある場合、個別ダムでそれぞれ洪水調節操作を行っても、降雨域が偏った場合に、一方のダムは満杯、あるいはそれ以上になるまで水が流入したが、他のダムでは容量に余裕があるなどのアンバランスが起こりうる。このように流域全体を見たときに、全体の洪水調節容量に余裕がある場合は、ダムの洪水調節機能を最大限活用する方策として、複数のダムの貯水量の変化を見ながら、これらを連携して操作することによって、各ダムの洪水調節容量を有効に使う手法が考えられる。

具体的には、例えばA、B、Cの3ダムがある流域において、Aダム流域の降雨が多く、与えられた洪水調節容量を使い切るような状況が予測され、残りのBダム、Cダムではまだ洪水調節容量に余裕があると予測される場合に、Aダムの放流量を少し増加させて異常洪水時防災操作への移行を回避するとともに、Bダム、Cダムの放流量を減少（＝貯留量を増加）させて、下流河川の流量も安全な流量範囲に収めるように操作するものである（図—7）。

複数ダムの連携操作を最適化するには、被害最小化を目的関数として、操作規則や操作要領など定められたルールに加えて、各ダムの任意の操作を組み合わせ



図—7 ダム群連携最適操作シミュレータのイメージ

て最適解を求める必要があり、一定時間毎に降雨予測が更新される度に膨大な組合せの中から最適な操作の組合せを迅速に抽出することが必要である。

そこで、これを実現させるために、近年発達著しい高速演算・組合せ最適化技術を導入したダム群連携最適操作シミュレータの開発を行っている。具体的には既に開発・活用されている量子ビットを用いたアニーリング技術を使うこととし、これによれば一京通り以上の組合せを1秒で計算可能とされている。

対象ダムが多くなるほどより複雑な計算が必要となるが、それらも瞬時に計算してダム群の最適な操作計画を提示して、流域の河川管理者の判断や各ダム管理者の操作計画の立案を支援するシステムである。

3. 開発状況と今後の展望

長時間アンサンブル降雨予測システムは、令和元年

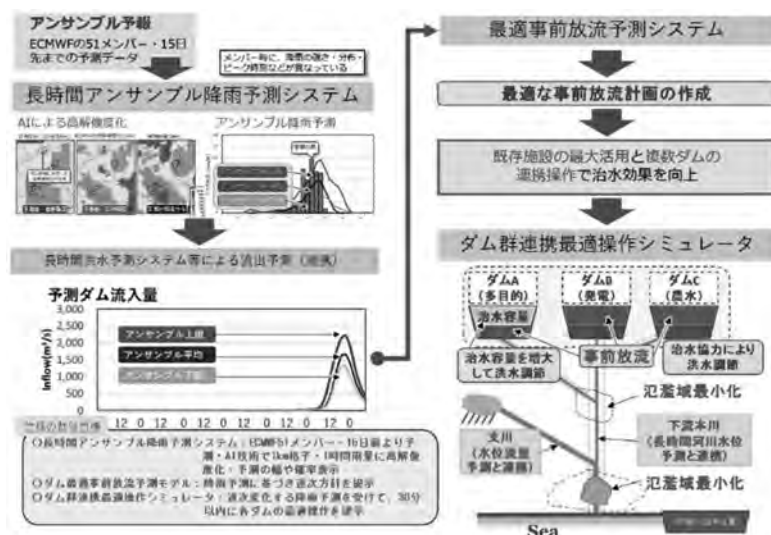


図-8 統合ダム防災支援システム

度にプロトタイプを構築し、新成羽川ダム（高梁川水系、利水ダム）などで試行運用を行っている。現在、プロトタイプのさらなる高精度化を進めるとともに、一庫ダム（淀川水系、多目的ダム）など他の水系への展開を進めているところである。また、メッシュの大きさ5 kmのモデルについては、流域設定をすれば全国でサービス提供可能な状況であり、すでに千葉県など複数のダムでサービスを開始している。

ダム最適事前放流予測モデルは新成羽川ダムなどをモデルに、ダム群連携操作シミュレータは木津川3ダム（淀川水系、多目的ダム）をモデルにプロトタイプを構築中で、今年の洪水期に試行運用を開始し、検証および改良を進めることとしている。なお、本システムはスーパー台風による豪雨を対象に開発を始めたが、近年は前線性豪雨による被害も急増しており、前線性豪雨へのシステムの適用性を高めることも新たな課題となってきた。

長時間アンサンブル降雨予測を用いて行う事前放流の副次的な効果として、発電施設を有するダムでは、早期に事前放流を開始して、発電施設を利用しながら順次貯水位を低下させることにより、貯留水を無駄にすることなく有効に活用することができる。また出水後の貯水位低下操作においても、その後の降雨状況が15日先まで見通せるので、降雨がなければ同様に発電施設もフル活用してエネルギー回収を図りながら洪水調節容量の回復を図ることが期待できる。

長時間アンサンブル降雨予測を使って予測の更新毎に操作を最適化するという操作方法は“Operation by Rule”から“Operation by Analysis”への転換ともいえる。気象予測技術が日々向上する時代にあって、科学的な予測に基づくダム操作がより重要になること

は間違いない。そのため社会実装するにあたっては、技術的な開発のほか、このような操作方法をどのようにダムの操作要領等に位置づけるかも重要であり、並行して検討しているところである。

今後は、長時間アンサンブル降雨予測、ダム最適事前放流予測モデル、ダム群連携最適操作シミュレータを一体的に運用する統合ダム防災支援システム（図-8）に発展させるとともに、SIP「スーパー台風被害予測システムの開発」で別グループが研究開発を進めている河川の長時間洪水予測システム等とも連携して、ダムの洪水調節効果を最大に発揮させて下流域の氾濫被害の最小化を図り、“逃げ遅れゼロ”、“経済早期復旧”の実現を目指す。

J C M A

《参考文献等》

- 1) 国土交通省ウェブページ (https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chousetsu_kentoukai/index.html)
- 2) 内閣府ウェブページ (https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/9_resilience.pdf)
- 3) 官邸ウェブページ (https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/)
- 4) 国土交通省ウェブページ (<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001341537.pdf>)
- 5) 草木ダムウェブページ (https://www.water.go.jp/honsya/honsya/kisya/pdf/2019/10/191013_kusaki.pdf?20191101)
- 6) 山本・増田、深層学習による降雨予測の時空間方向へのダウンスケールリング手法の開発、河川技術論文集、第25巻P.97、2019

【筆者紹介】

高橋 陽一（たかはし よういち）
（独）水資源機構 総合技術センター
所長



鉄道高架橋コンクリートブロック高欄のはく落対策工法

ガレットサンド工法

小倉 浩 則

鉄道高架橋のコンクリートブロック製壁高欄が劣化し、はく落が生じることで高架橋下の道路や施設の利用者に被害をもたらすことが懸念されている。対策として壁高欄の打替えがあるが、既設壁高欄の撤去作業で、騒音や産業廃棄物が生じる。また、壁高欄の撤去・設置は鉄道軌道内に立ち入っての作業となるが、作業時間が限られるため施工が長期化するといった問題もある。本稿ではこれらの問題を解決するため、既設壁高欄を補強鋼板で挟み込む構造で、軌道内での作業を低減したはく落対策工法（ガレットサンド工法）（以下「本工法」という）を開発したのでその概要について紹介する。

キーワード：鉄道高架橋、コンクリートブロック製壁高欄、はく落対策、人力施工、風荷重

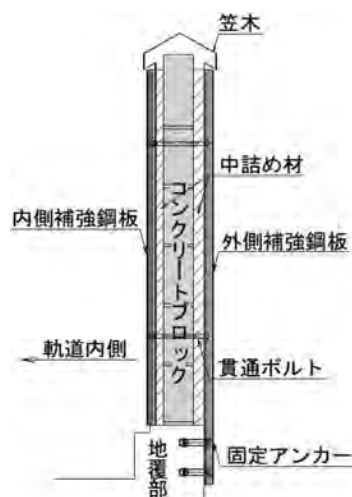
1. はじめに

鉄道高架橋の壁高欄にコンクリートブロックが使用されている箇所があり、コンクリートブロックの劣化によりコンクリート片がはく落することが懸念されている。高架橋の下に道路や駐車場等の施設がある場合には、コンクリート片のはく落により利用者に重大な被害をもたらす可能性があるため、早急にはく落対策を実施する必要がある。

対策として既設壁高欄を撤去した後、鉄筋コンクリート壁高欄へ打換えたり、FRP 製の高欄を設置する工法が実施されている。しかし、高架橋に家屋等が隣接しているとクレーンやポンプ車の配置が困難であることや、壁高欄撤去作業で騒音やコンクリート殻等の産業廃棄物が生じるといった問題がある。また、壁高欄の撤去・設置作業は鉄道軌道内に作業員が立ち入る必要があるため、き電停止中の限られた施工時間内での作業で日当たり施工量が少なく、施工が長期化する場合もある。

これらの問題を解決するため、既設壁高欄を撤去せず、壁高欄の両側面に補強鋼板を設置して挟み込むことでコンクリート片のはく落を防止する本工法を開発した（図—1、写真—1）。

本構造は、既設地覆部にアンカー固定する外側補強鋼板と軌道内側に設置する内側補強鋼板、これらの補強鋼板を連結する貫通ボルト、補強鋼板と既設壁高欄の隙間に設置する中詰め材、天端部からの雨水の浸入を防ぐ笠木から構成される。



図—1 本工法断面概要図



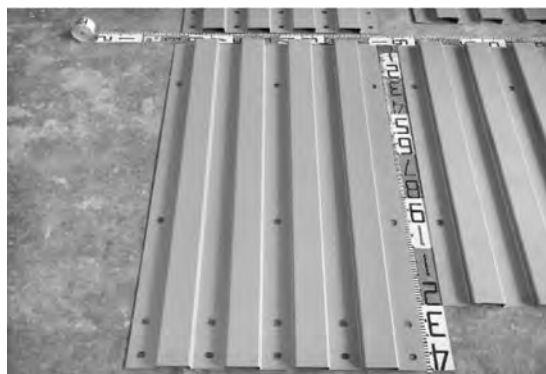
写真—1 本工法外観（上：施工前、下：施工後）

2. 本工法概要

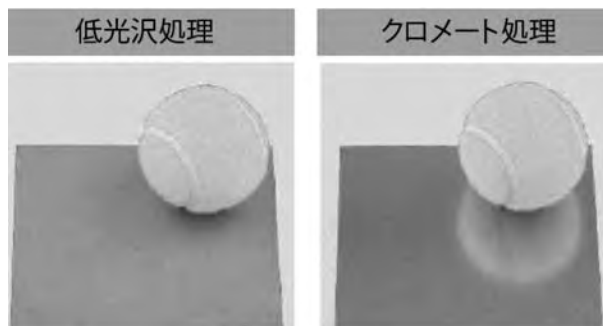
本工法は旅客・保守施設構造物設計マニュアル（東日本旅客鉄道㈱ 2004年12月）に示された風荷重（ 3.0 kN/m^2 ）に対して外側補強鋼板のみで抵抗する構造であり、既設壁高欄の配筋量や損傷程度に関わらず適用が可能である。また、既設壁高欄と補強部材が協働で風荷重に抵抗する構造では、壁高欄と補強部材の間に樹脂等を注入して一体化する必要がある、その作業のために常設足場や型枠設置を必要とする場合がある。しかし、本工法は常設足場や型枠の設置が不要で、ローリングタワーや高所作業車等でも施工可能である。

施工面においても固定アンカー孔および貫通ボルト孔の削孔や、外側補強鋼板の設置は既設壁高欄の外側からの作業であり、内側補強鋼板と笠木の設置のみを軌道内作業とすることで、施工時間の制約を受ける軌道内作業の低減が可能である。また、図—1に示すとおり内側補強鋼板は地覆部上端までの設置となるため、軌道内のバラスト等を撤去せずに設置が可能であることや、軌道内の配管や排水施設等の干渉を回避し易いといった利点がある。

補強鋼板は耐食性に優れた高耐食めっき鋼板（溶融亜鉛—アルミニウム—マグネシウム合金メッキ）を波形加工（写真—2）したもので、部材寸法が最も大きい外側鋼板でも標準寸法が $880 \times 1400 \times 2.3 \text{ mm}$ 、1



写真—2 補強鋼板の外観



写真—3 補強鋼板低光沢処理

枚あたりの重量は 29.2 kg である。各部材を小型化・軽量化することで、設置作業にクレーン等を必要とせず、人力のみでの施工が可能である。また、軌道内側に設置した補強鋼板が光を反射して列車運転手の視界に悪影響を及ぼすことも考えられるため、低光沢処理した補強鋼板も選択可能としている（写真—3）。

壁高欄と補強鋼板間に設置する中詰め材は柔軟性を有しているため既設壁高欄の不陸に追従し、補強鋼板と壁高欄間の隙間を埋める。そのため、既設壁高欄の断面欠損部の断面修復を必要とせず、施工の簡略化を図っている。

補強鋼板上端部には笠木を設置する構造であり、補強鋼板内部に雨水等が浸入することを防ぐとともに、対策完了後の美観に配慮している（写真—4）。



写真—4 笠木形状

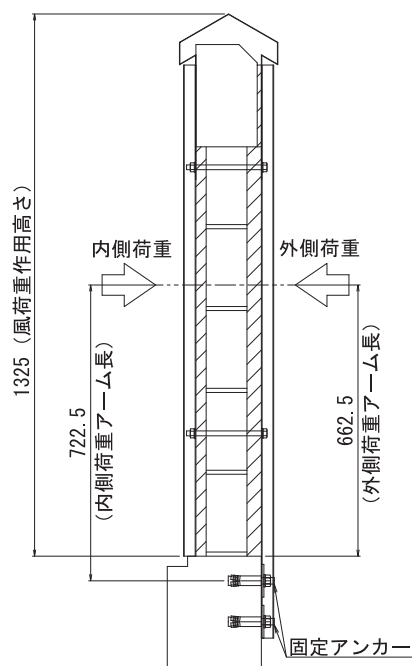
3. 性能確認試験

(1) 静的載荷試験

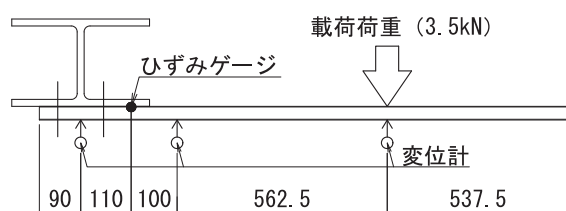
外側補強鋼板のみで風荷重に抵抗する構造であるため、静的載荷試験により外側補強鋼板の耐荷性能を確認した。補強鋼板には軌道内側と外側からの風荷重が作用するが、図—2に示す通り内側荷重の_arm長が長く曲げモーメントが大きくなるため内側荷重について試験を実施した。

試験体寸法は、 $800 \times 1400 \times 2.3 \text{ mm}$ とし、風荷重（ 3.0 kN/m^2 ）が、鋼板幅 880 mm 、作用高さ 1325 mm の範囲に作用するとして算出した設計荷重 3.5 kN （ $3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.325 \text{ m} \times 0.88 \text{ m} \div 3.5 \text{ kN}$ ）を線荷重として作用高さの中心位置に載荷した。載荷方法は、設計荷重を3回繰返した後に最大荷重となるまで載荷し、図—3に示す位置にて鉛直変位および鋼板表面のひずみを計測した（写真—5）。

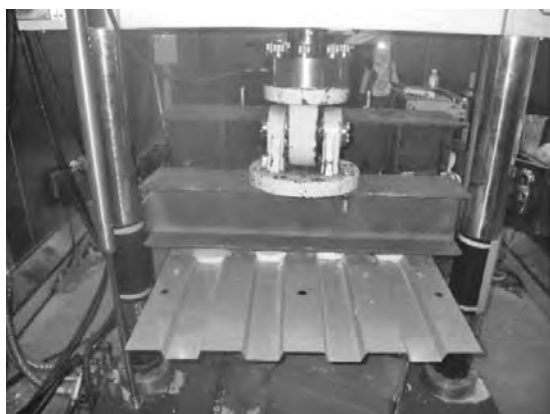
試験の結果、設計荷重付近までは弾性挙動を示したが、次第に塑性域へ移行して 11.7 kN で終局に至った



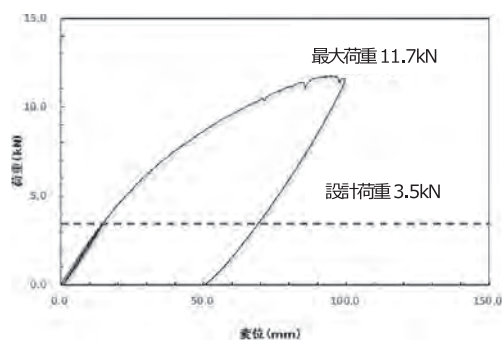
図一 2 風荷重に対するアーム長



図一 3 静的荷重試験計測位置



写真一 5 静的荷重試験



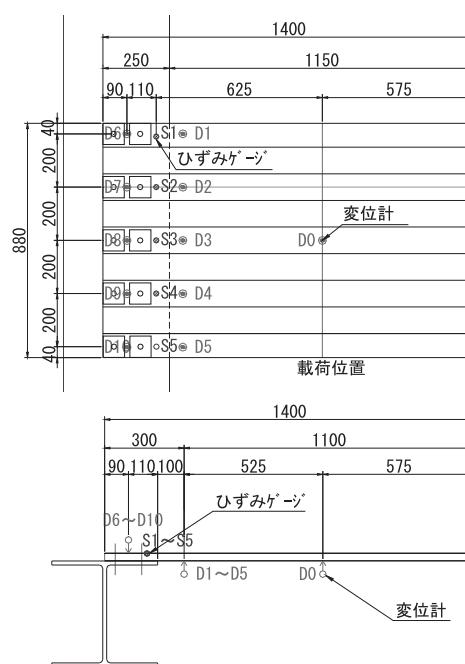
図一 4 荷重 - 変位関係

(図一 4)。破壊形態としては、アンカー固定部付近の補強鋼板の曲げ破壊であった。

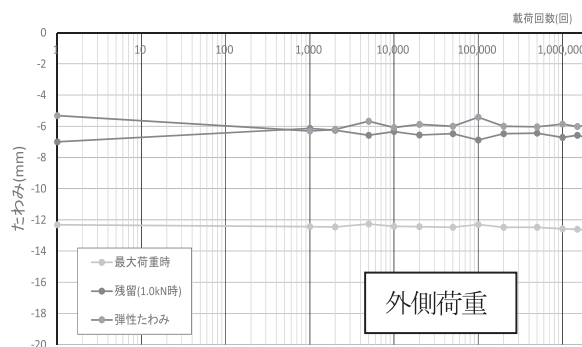
荷重試験結果から設計荷重に対する安全率を算出すると、3.34 (最大荷重 / 設計荷重 = 11.7 kN / 3.5 kN) となった。

(2) 定点疲労荷重試験

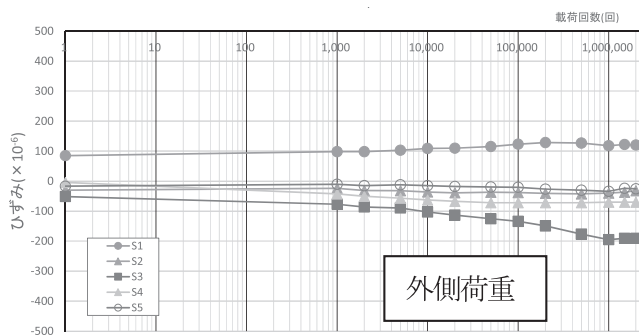
補強鋼板には風荷重や列車通行時の風圧・振動により、繰返し荷重が作用すると考えられる。しかし、その作用荷重や振幅等は明らかではない。そこで、静的荷重試験と同様の設計荷重 (3.5 kN) が繰返し作用すると仮定し、外側補強鋼板について 200 万回の定点疲労荷重試験を内側荷重と外側荷重について実施した。試験体寸法は静的荷重試験と同様に 800 × 1400 × 2.3 mm とし、設計荷重は 1.0 kN から 3.5 kN までの線荷重として荷重制御で荷重した。荷重周波数を 0.4 Hz とし、図一 5 に示す箇所で補強鋼板の鉛直変位と、



図一 5 疲労荷重試験 計測位置



図一 6 荷重回数と荷重点下のたわみ関係



図—7 载荷回数と鋼板ひずみ関係

補強鋼板表面のひずみを測定した。

試験の結果、200万回の繰返し载荷においても、载荷点直下のたわみに大きな変化は見られなかった（図—6）。また、補強鋼板のひずみは载荷回数とともに漸増傾向にあったが 200×10^{-6} 程度と弾性範囲内であり、想定荷重に対して問題ないと判断された（図—7）。

(3) 耐久性確認

高耐食めっき鋼板の耐久性を確認するため、千葉県の工場岸壁に高耐食めっき鋼板と比較用のステンレス鋼板を用いてガレットサンド工法を施工した（2015年7月）。設置箇所は東京湾に面しており（写真—6）、飛来塩分の影響を受ける。施工後3年経過時に調査した結果、高耐食めっき鋼板は健全であったが（写真—7）、ステンレス鋼板にさびが確認された（写真—8）。



写真—6 ガレットサンド設置箇所



写真—7 高耐食めっき鋼板（3年経過時）



写真—8 ステンレス鋼板（3年経過時）

4. おわりに

本工法ガレットサンド工法の適用箇所については随時経過観察を行い、健全性を確認している。また、実際に作業に携わった方々から施工性について意見を伺い、構造の改良検討を行っている。

先述のとおり現場条件により従来工法の適用が不可能で、はく落対策が未実施の箇所でも本工法が施工可能となる場合がある。それらの箇所に本工法が適用され、第三者災害の防止に役立てば幸いである。

J C M A

【筆者紹介】

小倉 浩則（おぐら ひろのり）
ショーボンド建設㈱ 技術本部技術部
主査



自然災害に対する安全性指標 GNS (Gross National Safety for natural disasters) の市町村別 GNS (GNS-Ver.2.0) の開発 東日本を一例として

伊藤 和也・小山 倫史・菊本 統

自然災害に対して安全な国土を形成するか、そのための予算と人員をどのように配分するかといった社会意思の決定には、立法・行政あるいは防災関係の学術分野の専門家だけではなく、納税者である国民が意思決定の過程で活用可能となる指標が必要であるが、そのような指標化は未だに確立されていない。本報はこのような観点から開発されている自然災害に対する安全性指標 (GNS) について、対象とする6つの自然災害のうち火山災害以外の災害曝露量を市町村別とした市町村別 GNS (GNS Ver.2.0) について、東日本を抽出してその結果について報告する。

キーワード：GNS, 防災・減災対策, 自然災害

1. はじめに

我が国は、地震や豪雨などの様々な自然災害に晒されている。例えば、東北地方太平洋沖地震では津波や土砂災害、また、西日本豪雨や東日本台風等では広域な地域で洪水や土砂災害が発生し甚大な被害を受けている。最近の傾向として気候変動等により短時間・局所的な集中豪雨や都市型水害など被害の形態も多様化している。一方で、行政機関の防災・減災対策に充てられる予算と人員は限られているため、インフラ整備や構造物の補強といったハード対策とハザードマップの整備・公開や防災教育といったソフト対策を効果的に組み合わせた包括的な防災・減災対策が重要となってくる。しかし、それを実現するためには、どのように自然災害に対して安全な国土を形成するか、そのための予算と人員をどのように配分するかといった社会意思の決定が本質的には必要となる。この意思決定には、立法・行政あるいは防災関係の学術分野の専門家だけではなく、納税者である国民が意思決定の過程で活用可能となる指標が必要であるが、そのような指標化は未だに確立されていない。そのため、国土全体あるいは特定地域の防災予算や防災計画に関して国民が議論できる環境にはなく、国民は膨大な予算執行による安全な国土形成の進展を実感できていないのが現状である。このような社会背景の下、日下部らは経済分野で用いられる国内総生産 (GDP) や国民総生産 (GNP) のような統一指標を自然災害への防災減災対策にも適用することが必要であると指摘し、自然災害安全性指

標 (Gross National Safety for natural disaster ; GNS) とそれに基づく合理的な防災減災対策の概念を提唱した¹⁾。現在、著者らは GNS の評価体系について更新および高度化を行っている。具体的には、都道府県版の GNS を作成して GNS2015²⁾~³⁾、GNS2017⁴⁾ を公開した。その後、都道府県版から市町村版とより詳細な分析が行えるように検討を進めている⁵⁾~⁶⁾。

本報は、対象とする6つの自然災害のうち火山災害以外の災害曝露量を市町村別とした市町村別 GNS (GNS Ver.2.0) について、東日本を抽出してその結果について報告する。

2. 自然災害安全性指標 (Gross National Safety for natural disaster) GNS の算出

自然災害に対するリスク指標は、様々なリスク指標算出方法があるが、一つの自然災害に特化して詳細に検討したものと、多くの自然災害を網羅したものに大別される。後者の代表的なものとして World Risk Index (WRI) がある⁷⁾。WRI の基本概念は、自然災害によるリスクは単に自然災害の規模や範囲のみによるものではなく、自然災害と社会、政治、経済および環境的要因との相互作用として決まるという思想にある。すなわち、豊かな経済や強靱な社会構造を実現し、国民の健康状態を向上させるといった多角的な取り組みによって、自然災害のリスクは低減可能であることを示唆している。また、WRI は異なる種類の自然災害が見舞われる可能性をもつ世界各国の自然災害リス

クを一貫した枠組みで定量化することにより、自然災害に対するホットスポットを明らかにするとともに、合理的な防災・減災対策を行うために優先的に改善すべき要因を明示している。著者らが開発しているGNSは、WRIのリスク算出方法を参考にしつつ、日本が有する整備された緻密な各種統計情報を用いたリスク算出を行っているが、複数の自然災害への遭遇度合（災害曝露量）と社会が持つハードやソフト対策の進捗状況（社会の脆弱性）を掛け合わせて自然災害リスクを指標化している点で共通している。GNSは以下の式を用いて算出している^{2)～4)}。

$$\text{Risk(GNS)} = \Sigma \{ \text{Hazard(危険事象)} \times \text{Exposure(曝露)} \} \times \Sigma \text{Vulnerability(脆弱性)} \quad (1)$$

式(1)において、Hazard（危険事象）は自然事象が起こる確率を意味する災害発生頻度、Exposure（曝露）は災害の影響下にある人口割合、Vulnerability（脆弱性）は社会が持つ脆弱性を表す。Hazard（危険事象）とExposure（曝露）を乗算したものを災害曝露量と呼称する。以下に、災害曝露量と脆弱性の算出方法について示す。

(1) 災害曝露量の算出方法

災害曝露量は、地震、土砂災害、津波、高潮、洪水、火山の計6種類の自然災害を対象とした。曝露量の算出は、Q-GISを用いて災害の影響下にある人口割合と過去の自然災害発生状況から計算される頻度係数を掛けて算出した。表1に災害の影響下にある人口割合と災害発生頻度の算出方法一覧を示す^{8)～10)}。各自然災害から算出した災害曝露量にそれぞれ重み係数1/6を掛け、6つの指標を加算して算出した。なお、頻度係数は過去の災害発生件数から都道府県の災害発生件数を N_i 、47都道府県の発生件数の平均値を $\bar{N}$ と

おくと、0から1の値を取る頻度係数 F_i は以下の式—(2)が成立するものとして計算している。

$$F_i = 1 - \exp\left(-\frac{N_i}{\bar{N}}\right) \quad (2)$$

(2) 脆弱性の算出方法

脆弱性をまとめたものを表2に示す。脆弱性は、各市町村でハード・ソフト対策についてのデータを更新可能なe-stat⁸⁾などから収集して算出した。なお、市町村データが存在しない場合には都道府県データを一律で与えている。

3. 東日本のGNSの算出結果

(1) 東日本の災害曝露量の算出結果

図1に各自然災害の災害曝露量を示す。地震の凡例は80%以上を黒、20%以下を白としており、地震以外の5種類の自然災害の凡例は14%以上を黒、2%以下を白としている。6つの自然災害による曝露量は、地震によるものが大きく影響を与えていることが分かる。地震の災害曝露量を見ると、太平洋沿岸のほとんどの地域で60%以上の曝露量となっている。一方、地震以外の災害を見ると、津波と高潮は沿岸域が、土砂災害と火山は中山間地域が、洪水は河川流域においてそれぞれ高い曝露量を示しており、土地条件という素因が災害曝露に影響を与えていることが分かる。

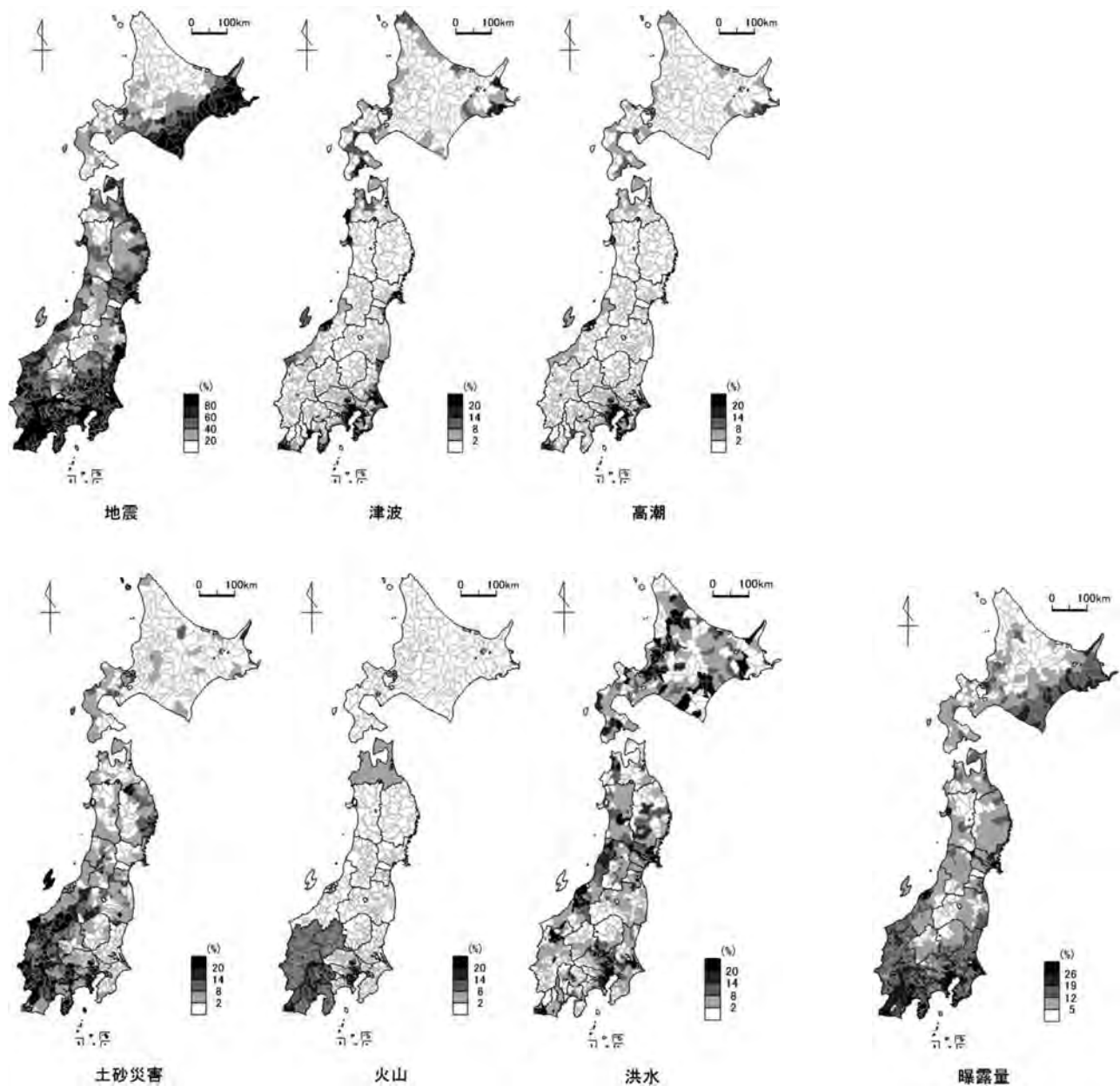
図2は6つの自然災害による曝露量のそれぞれを1/6倍して足し合わせて算出した災害曝露量である。個別の災害の曝露量と比較すると、地震による影響を大きく受けている傾向は見られる一方で、洪水や土砂災害で曝露量が高い市町村も災害曝露量が高くなっている。特に東日本の中では、静岡県や長野県が全域にわたって曝露量が高い結果となった。

表1 各自然災害の曝露量算出方法一覧^{8)～10)}

	災害の影響下にある人口割合	頻度係数（都道府県データ）
地震	J-SHIS 確率論的地震動予測地図と e-stat の小地域データを重ね合わせ 30年以内に震度6弱以上の地震に曝される確率	
津波	国土数値情報の標高データから標高3m未満の人口割合	1498年～2006年までの津波発生回数
高潮		1961年までの高潮発生件数（江戸期、1925年～1955年）
土砂災害	国土数値情報の土砂災害警戒区域データ（地すべり、土石流、急傾斜）と行政区域データ、e-statの人口データと人口メッシュデータを重ね合わせ	年発生件数
火山	（都道府県データ）火山地に住む人口	1600年以降の活火山災害発生件数
洪水	国土数値情報の浸水想定区域データと行政区域データ、e-statの人口データと人口メッシュデータを重ね合わせ	2006年～2016年の洪水発生件数（水害統計調査）

表－2 脆弱性の分類指標と副指標一覧⁸⁾

	分類指標	副指標（データ）
ハード対策	住宅・公共施設	耐震化率（戸建て・公共）／木造割合／腐朽・破損
	ライフライン	上水道耐震化率（管路・浄水施設・配水池）／40年超過管率
	インフラ	道路指数／橋梁修繕率
	情報・通信	防災無線施設整備率／Jアラート整備率
ソフト対策	物資・備蓄	食料備蓄（5項目）／飲料水備蓄／毛布備蓄／スーパー指数／コンビニ指数
	医療サービス	10万人当たり医師数／10万人当たり病床数
	経済と人口構成	財政力指数／ジニ係数／高齢者人口指数／被保護実人員割合
	保険	地震保険加入率
	条例・自治	土砂災害警戒区域指定率／ハザードマップ公開率／自主防災組織カバー率



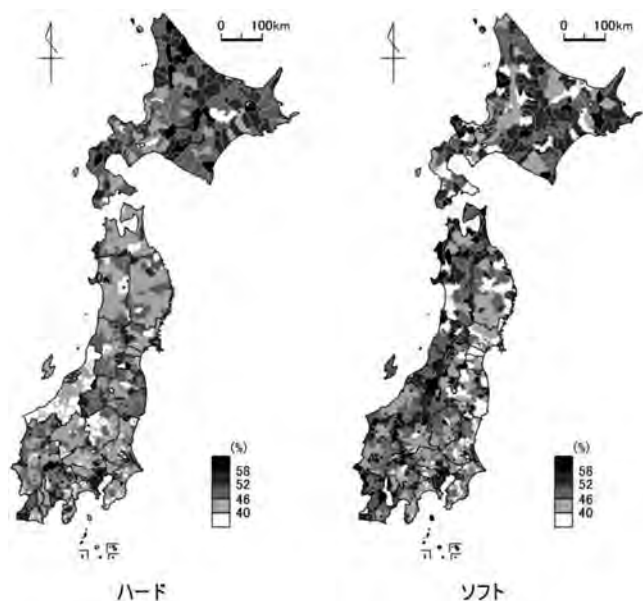
図－1 対象とした自然災害の曝露量（H×E）

図－2 東日本の災害曝露量

(2) 東日本の脆弱性の算出結果

図一3に脆弱性の副指標であるハード対策とソフト対策の算出結果を示す。これらの凡例は58%以上を黒、40%以下を白としており、白いほど災害対策が進んでいることを示している。ハード対策では都道府県毎に違いが見られるが、ソフト対策では都道府県毎の特徴は見られず“まだら模様”となっている。全体の傾向としては、ハード対策では新潟県が低く、北海道のほぼ全域が高い結果となっており、ソフト対策では北海道と東北地方・甲信越の県境で比較的高い結果となっている。ハード対策が県全体として低くなっている新潟県はインフラが中心部を除いて低いことによってハード対策全体が低くなっている。一方、ハード対策・ソフト対策ともに高い傾向を示している北海道について副指標を確認すると、ハード対策ではインフラの中の橋梁修繕率が低く、ソフト対策では物資・備蓄量が全体として不足していることが影響しているようである。また、県境の市町村でソフト対策が高い傾向を示している理由は、複数あると考えられるが、主要な理由として医療サービスが挙げられる。これは、病院が行政区分を超えた医療圏を設定していることが影響していると考えられる。

図一4はハード対策とソフト対策を1/2倍して足し合わせて算出した脆弱性である。ハード対策・ソフト対策共に高かった北海道は黒が目立つが、総じて“まだら模様”となっている。



図一3 東日本の脆弱性の副指標であるハード対策とソフト対策



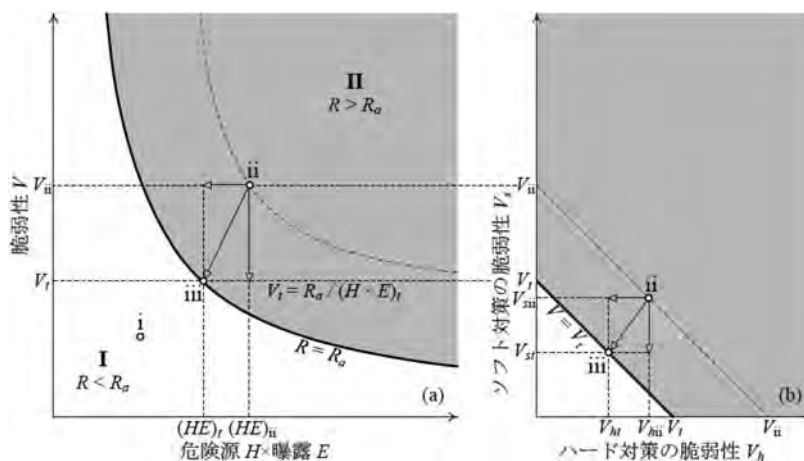
図一4 東日本の脆弱性 (V) 算出結果

(3) 東日本のGNSの算出結果

図一5に災害曝露量(図一2)と脆弱性(図一4)を掛け合わせて算出したGNSの算出結果を示す。凡例は11%以上を黒、5%以下を白としており、白いほど自然災害リスクが低いことを表している。関東地方沿岸域及び甲信越地方と北海道の太平洋側で高い結果となり、北関東、東北地方、北海道の太平洋側を除く地域では低い結果となった。これは、脆弱性が全体的にまだら模様で特徴が少ないのに対して災害曝露量は地域に特徴があることから、相対的に災害曝露量の算出結果がGNSに影響を与えたものと考えられる。甲信越地方と北海道の太平洋側の地域に関しては、災害曝露量、脆弱性共に高いことから特に東日本の中では自然災害リスクが高いことが分かる。



図一5 東日本のGNS 算出結果

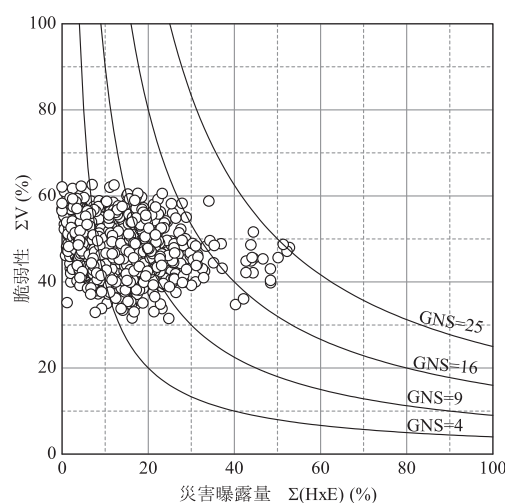
図—6 GNSを用いたリスク管理の概念図³⁾

4. GNS の利活用

菊本らはGNSを用いたリスクの管理の方法について図—6のような概念図をまとめている³⁾。ここで、図—6の右側は脆弱性の副指標であるハード対策とソフト対策の関係を、左側は災害曝露量と脆弱性の関係を示している。また、図中の反比例曲線はGNSである。ここで、iiのGNSを低減させる方法としては、脆弱性・災害曝露量をどのように下げれば最も効果的なかを検討する必要がある。最短ルートはiiiに向かうルートであるが、各指標の低減に要する費用や労力、時間を鑑みて合理的に検討する必要があると述べている。従来の自然災害の対策ではハード対策・ソフト対策の大小はあるが主に脆弱性の対策に重点が置かれていた。GNSではそれに加えて災害曝露量を低減することで全体のリスク低減を図ることができる。この考え方は、災害の影響下にある人口割合を低減すること、すなわち、危険な場所には住まない・住ませないという「居住地域の再考」を検討することにつながる。このような観点は昨今「免災」として取り上げられている¹¹⁾が、税制や立地適正化計画などの社会システムの側面から実現可能性が期待できる。図—7に東日本の市町村別の災害曝露量～脆弱性の関係を示す。脆弱性は多くの市町村が30～60%に存在するが、災害曝露量は0～60%と比較的広範に位置している傾向が見られており、脆弱性を低減させるよりも災害曝露量、すなわち、被災する人口割合を低減することが効率的な市町村もあると考えられる。

5. おわりに

本報は著者らが開発を進めている自然災害に対する安全性指標（GNS）について、対象とする6つの自然



図—7 東日本の市町村別災害曝露～脆弱性関係

災害のうち火山災害以外の災害曝露量を市町村別とした市町村別 GNS (GNS Ver.2.0) について、東日本を抽出してその結果について報告し、利活用について述べた。なお、詳細情報については、地盤工学会関東支部「自然災害に対する安全性指標（GNS）の開発とその利活用に関する研究委員会」のホームページ (<http://jibankantou.jp/group/gns.html>) に公開されているので、参照していただきたい。

謝 辞

本報執筆にあたり、加藤丈琉氏（東京都市大学都市工学科4年）、藤間怜央氏（現、セントラルコンサルタント、元東京都市大学）、梶谷梨和氏（関西大学大学院社会安全研究科、修士2年）に多大なる協力を得た。ここに深甚の謝意を表する。

《参考文献》

- 1) 日下部治, 伊藤和也, 小梅川博之, 稲垣秀輝, 大里重人: 地盤リスクに関する保険制度と統一的評価手法の必要性, 地盤工学会誌, Vol. 61, No. 7, pp. 12-15, 2013.
- 2) 自然災害に対するリスク指標 GNS 2015 年版: <http://www.jgskantou.sakura.ne.jp/group/pdf/GNS2015.pdf> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 3) 菊本統, 下野勘智, 伊藤和也, 大里重人, 稲垣秀輝, 日下部治: 我が国の自然災害に対する統合的リスク指標, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol. 73, No. 1, 43-57, 2017/10.
- 4) 自然災害に対するリスク指標 GNS 2017 年版: <http://www.jgskantou.sakura.ne.jp/group/pdf/GNS2017.pdf> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 5) Yusuke Mukai, Tomofumi Koyama, Mamoru Kikumoto, Kazuya Itoh: The application of GNS to evaluate natural disaster risk in Kinki area, The Society for Risk Analysis, Asia Conference 2018, 2018/03.
- 6) 梶谷姿和, 小山倫史, 伊藤和也, 菊本統: GNS を用いた広島県の市区町村における土砂災害リスクの経年評価, Kansai Geo-Symposium 2019 — 地下水盤環境・防災計測技術に関するシンポジウム —, No. 4-5, 2019/11.
- 7) Bündnis Entwicklung Hilft: The World Risk Report, <https://weltrisikobericht.de/english/> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 8) 総務省統計局: 政府統計の総合窓口 (e-stat), <https://www.e-stat.go.jp> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 9) 国土交通省: 国土数値情報ダウンロードサービス国土交通省: 国土数値情報ダウンロードサービス, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 10) 国立研究開発法人防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション (J-SHIS), <http://www.j-shis.bosai.go.jp/> (2020 年 8 月 20 日確認)
- 11) 日経コンストラクション: さらば災害リスク, 自然災害と闘わない「免災」という選択肢, 2018 年 12 月 10 日号, pp.30-31, 2018.

[筆者紹介]

伊藤 和也 (いとう かずや)

東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科
教授兼 総合研究所 インフラ維持管理と災害制御に関する
研究センター
センター長

小山 倫史 (こやま ともふみ)

関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科
准教授

菊本 統 (きくもと まもる)

横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
准教授

GNS を用いた東日本大震災前後の 東北地方太平洋側 3 県の自然災害リスクの分析

小山 倫 史・伊藤 和 也・菊 本 統

東北地方の太平洋側に位置する岩手、宮城、福島県は、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による大きな揺れと津波による甚大な被害を受けた。これらの地域では、震災後に各種ハード・ソフト対策を含めた防災・減災対策が検討・実施されてきた。そこで、本稿では、GNS を用いて、東北太平洋側 3 県（岩手、宮城、福島県）の被災前後の自然災害リスクの経年変化を分析することで、防災・減災対策の効果を検証した。その結果、多くの市町村で地震の曝露量が増加したものの、沿岸部の市町村では、津波の曝露量は減少した。また、震災後に実施された防災・減災対策により、ハード・ソフト対策の脆弱性指標は多くの市区町村で減少したことが分かった。

キーワード：GNS、東日本大震災、防災・減災対策

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）による震度 6 弱以上の大きな揺れと高い津波は、東北地方太平洋側に位置する岩手、宮城、福島県の各市町村において特に甚大な被害を及ぼした。甚大な被害を受けた地域では、震災後の復旧・復興の過程で、防潮堤の建設といった大規模ハード対策のみならず、津波のリスクの多いエリアから逃れるための住民の高台移転や、ハザードマップの見直しや J アラートの自動起動装置の整備などのソフト対策を含めたさまざまな防災・減災対策が検討されてきた。そこで、本稿では、自然災害リスク指標 GNS（Gross National Safety for natural disasters）を用いて、東北太平洋側 3 県（岩手、宮城、福島県）の被災前後の自然災害リスクの経年変化を分析することで、防災・減災対策の効果を検証した。

2. GNS の概要

GNS は、「曝露量指数」と「脆弱性指数」を掛け合わせることで評価される^{1), 2)}。「曝露量指数」は被害をもたらす可能性がある事象の発生頻度を表す危険源（Hazard）と、危険源の損失を被る可能性がある影響範囲内の居住人口比率を表す曝露（Exposure）を掛け合わせることで求め、地震、津波、高潮、土砂災害、洪水、火山の噴火の 6 つの自然災害が考慮されてい

る。「脆弱性指数」は、危険源の被害や損害を受けやすくなる物理的、社会的、経済的、環境的性質を表す脆弱性（Vulnerability）から求め、ハードウェア対策とソフトウェア対策を合わせて 9 つの防災・減災対策（ハードウェア対策：「住宅・公共施設」、「ライフライン」、「インフラストラクチャー」、「情報・通信」、ソフトウェア対策：「物資・備蓄」、「医療サービス」、「経済と人口構成」、「保険」、「条例・自治」）が考慮されている。各指数の項目は、総和が 1 の重み係数を掛け合わせることで統合される。GNS の算出方法および使用する統計データの詳細については、誌面の都合上、文献^{1), 2)}に譲る。

GNS は、自然災害リスクを地図上で可視化することで、市町村ごとにどのような自然災害の危険源があるか、災害に対する備え（ハード・ソフト対策）の現状や課題を把握することができ、防災・減災対策の意思決定者が有効な投資を行うための指標として利用できる。また、年度ごとに更新される各種統計データを使用することで、年度ごとにリスク指標 GNS に加えて算出過程に使用する中間指標から、各市区町村の災害対策の進捗状況を時系列で評価することも可能である。

3. 分析に使用したデータ

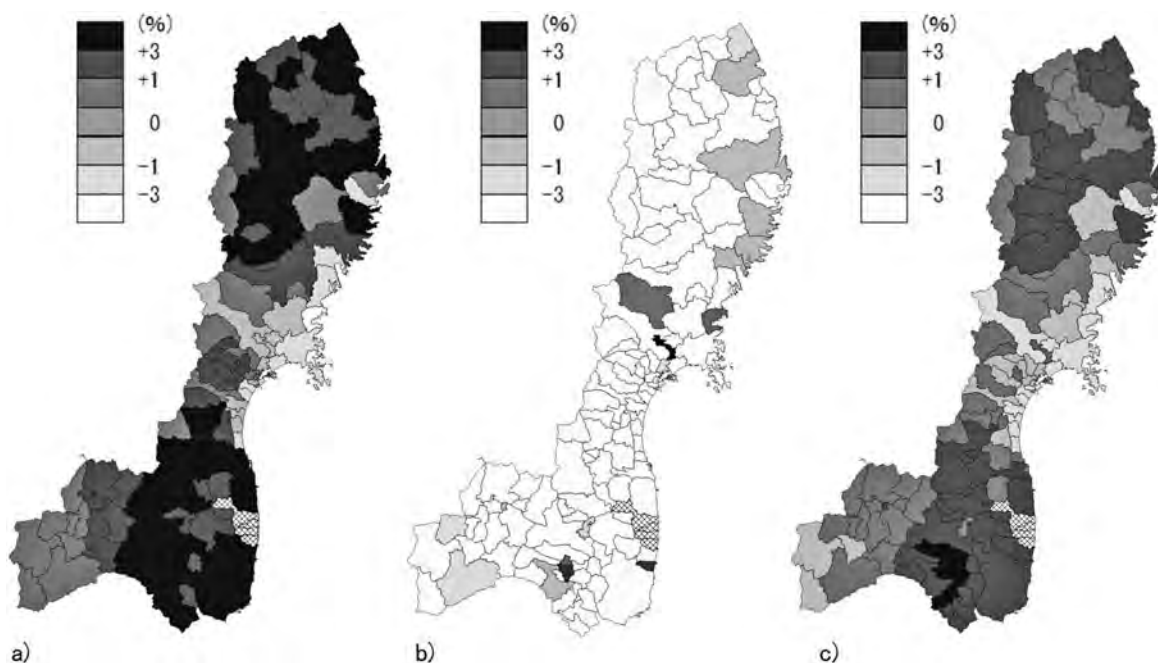
GNS による分析では、災害の曝露人口を算出するため 5 年ごとに実施される国勢調査における町字単位

の小地域の人口データ³⁾を使用することから、東日本大震災前後の各種統計データとして、国勢調査が実施された2010年および2015年(震災後4年経過)のものをを用いることとした。しかし、脆弱性指標の中には、2010年のデータが市町村ごとに整備されておらず取得できないものがあったため、その場合は、都道府県レベルのデータを用いた。津波の曝露量を評価する際には、国土数値情報⁴⁾における「津波浸水想定」の地図データを用いることとしているが、東北太平洋側3県において、2010年のものは公開されていなかった。そのため、2010年の津波浸水想定として、国土交通省都市局が作成した「東日本大震災津波被災市街地復興支援調査」の成果をもとに、東京大学空間情報科学研究センターがアーカイブ化した「復興支援調査アーカイブ」⁵⁾で示された津波の浸水深および浸水区域の地図データを代わりに用いた。本地図データは、東日本大震災後の浸水痕跡の現地調査によって得られた浸水深および浸水区域を地図情報に変換したものである。また、地震災害において、頻度係数算出の基となる「確率論的地震動予測地図」が2014年に更新されており、強振動の発生確率の分布および頻度係数が大きく変わっていることに留意する。

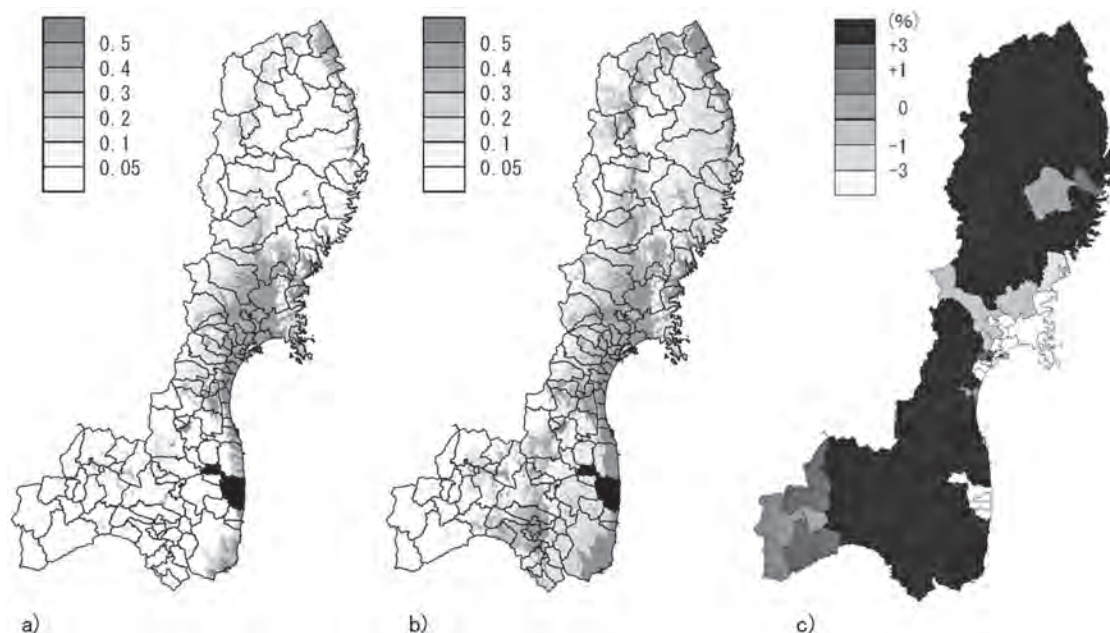
4. 分析結果

図—1a)～c)に東北地方太平洋側3県における曝露量指数、脆弱性指数、GNSの経年変化(2015年と2010年の値の差分)をそれぞれ示す。ただし、福島

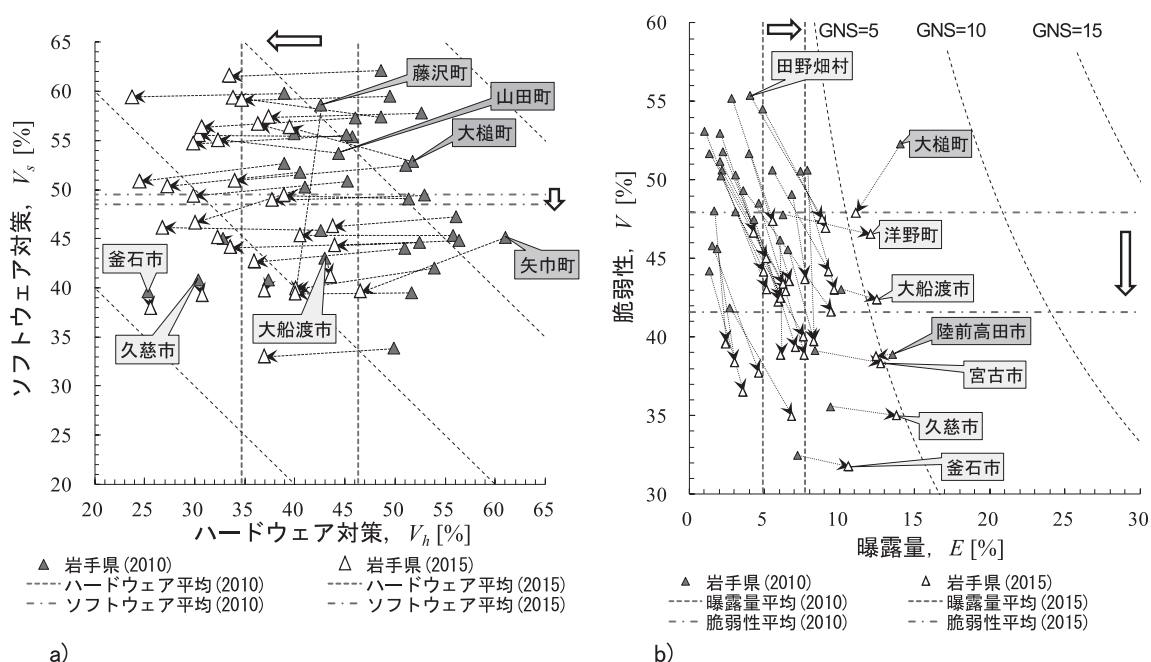
県富岡町、大熊町、双葉町、浪江町では、福島第一原子力発電所の事故に伴う計画避難区域の設定により、2015年時点で人口が0であるため、曝露量およびソフトウェアの脆弱性の一部の統計データにおいて0となっていることに留意する。本図より、震災後に施された各種ハード・ソフト対策の結果として、ほとんどの市町村で脆弱性指数は改善され、値は小さくなっている。一方、曝露量指数は宮城県の太平洋沿岸に位置する市町村を中心に低減が見られるものの多くの市町村で増加している。これは、宮城県の太平洋沿岸に位置する市町村を中心に、住民の高台移転などにより津波に曝される人口(曝露人口)が減少したためであると考えられる。また、岩手県、福島県の多くの市町村で曝露量指数が増加している要因として、「確率論的地震動予測地図」が2014年に見直されたことで、地震の頻度係数の値が大きく変化したことが挙げられる。図—2a)～c)に、東北地方太平洋側3県における2010年、2014年以降の「確率論的地震動予測地図」より得られる震度6弱以上の予測確率を頻度係数に換算したものおよび地震の曝露量の変化をそれぞれ示す。図—1a)および図—2c)より全体的な曝露量の変化には、地震の曝露量の変化が他の災害と比較して支配的であることがわかる。2014年に行われた「確率論的地震動予測地図」の見直しでは、震源断層をあらかじめ特定することが難しい三陸沖の地震について、その不確実性を考慮した形で、想定される震源の規模やマグニチュードの引き上げがなされたことにより強振動の30年以内の発生確率が岩手県、福島県の



図—1 東北地方太平洋側3県における a) 曝露量指数, b) 脆弱性指数, c) GNSの経時変化(2015年と2010年の差分値)



図—2 東北地方太平洋側3県における a) 2010 年, b) 2014 年以降の「確率論的地震動予測地図」より得られる震度6弱以上の予測確率を頻度係数に換算したもの, c) 地震の曝露量の変化



図—3 岩手県の各市町村における a) ハード・ソフトウェア対策の脆弱性指標, b) 曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化 (2015 年と 2010 年の比較)

多くの市区町村で上昇した。一方、宮城県においては、宮城県沖地震に対するモデル化が見直されたことにより、強振動の発生確率が減少し、地震の曝露量も減少した。

図—3a) に岩手県における震災前後のハードおよびソフトウェア対策の脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、県内全ての市町村でハードウェア対策あるいはソフトウェア対策の脆弱性指標のいずれかが減少しており、全体の 64.7% の市町村において、ハー

ド、ソフト対策の脆弱性指標がともに減少していた。ただし、多くの市町村で、震災前後のソフトウェア対策よりもハードウェア対策の脆弱性の方が大きく改善されており、震災後にハードウェア対策を優先し、重点的に復旧・復興がなされてきたことを示している。しかし、「ライフライン」において上下水道の 40 年超過管率が大きく増加した久慈市、震災後に木造家屋の割合が大きく上昇した大船渡市、釜石市の 3 市においてハードウェア対策の脆弱性指標の増加がみられた。

また、9市町村（大槌町、山田町、岩手町、花巻市、陸前高田市、洋野町、雫石町、金ケ崎町、平泉町）でソフトウェア対策の脆弱性指標の増加が見られるが、これらの市町村においては、「医療サービス」（10万人あたりの医師数・病床数）および「経済と人口」（老年人口指数）がソフトウェア対策の脆弱性に関する共通の課題であることがわかった。図-3b)に岩手県の震災前後の曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、岩手県の傾向として、多くの市町村において、震災後にハード対策を中心とした防災・減災対策が実施されてきたことにより脆弱性は低下しているものの、自然災害（特に、地震）の曝露量は上昇しており、その結果としてGNSは増加している。

図-4a)に宮城県における震災前後のハードおよびソフトウェア対策の脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、美里町を除く県内全ての市町村でハードウェア対策あるいはソフトウェア対策の脆弱性指標のいずれかが減少しており、全体の76.9%の市町村において、ハード、ソフト対策の脆弱性指標がともに減少していた。ただし、多くの市区町村で、震災前後のソフトウェア対策よりもハードウェア対策の脆弱性の方が大きく改善されており、岩手県と同様に、震災後にハードウェア対策を優先し、重点的に復旧・復興がなされてきたことを示している。しかし、美里町においてはハード・ソフトウェア対策の両方で脆弱性指標が増加しており、ハードウェア対策における「ライフライン」とソフトウェア対策における「保険」の項目以外の全ての項目で状態が悪化していることがわかった。

また、栗原市では、「住宅・公共施設」のうち建物の腐朽・破損数が大きく増加した結果、ハードウェア対策の脆弱性指標が増加したことがわかった。一方、8市区町村（南三陸町、女川町、松島町、美里町、仙台市若林区、登米市、利府町、多賀城町）でソフトウェア対策の脆弱性指標の増加が見られるが、これらの市区町村においては、「医療サービス」（10万人あたりの医師数・病床数）および「経済と人口」（老年人口指数）がソフトウェア対策の脆弱性に関する共通の課題であることがわかった。図-4b)に宮城県の震災前後の曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、宮城県の傾向として、多くの市町村において、震災後にハード対策を中心とした防災・減災対策が実施されてきたことにより脆弱性は低下しているが、岩手県の市町村とは異なり自然災害の曝露量の変化は小さい。また、本図において、2010年は、曝露量指数が大きい右側に、沿岸部の市区町村が多く分布し、曝露量の比較的小さな左側に、内陸部の市区町村が多く分布しており、震災後の2015年には、右側に位置する市町村が左へ、左側に位置する市町村が右へと移動していることがわかる。このことは、曝露量が沿岸部で低下し、内陸部で上昇したことを意味している。宮城県全体における2010年から2015年での人口の変化率は-0.61%とほとんど変化していないことから、震災後の県外への流出による人口減少の影響は小さく、県内で地震と津波のリスクがより低い地域に人口が移動したことを意味している。また、その移住の過程において、震災後の住宅再建に伴い、沿岸部で

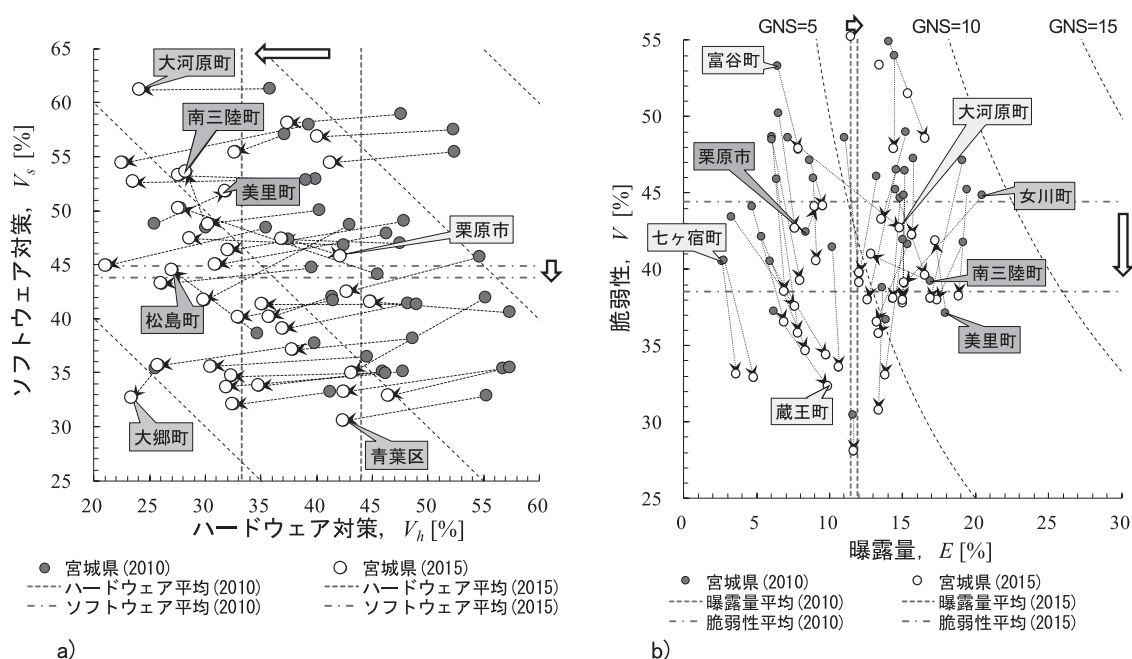


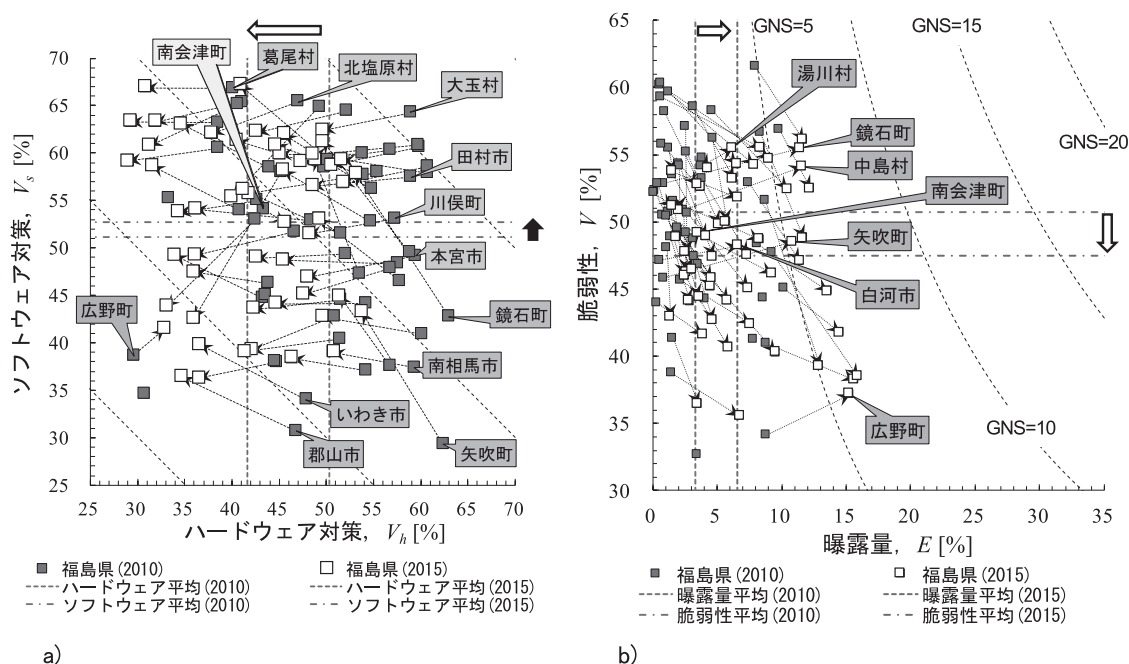
図-4 宮城県の各市町村における a) ハード・ソフトウェア対策の脆弱性指標, b) 曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化 (2015年と2010年の比較)

は木造住宅が減少し、内陸部では非木造住宅が増加することで木造住宅割合の低下が起こり、脆弱性が減少する傾向となっていることがわかった。

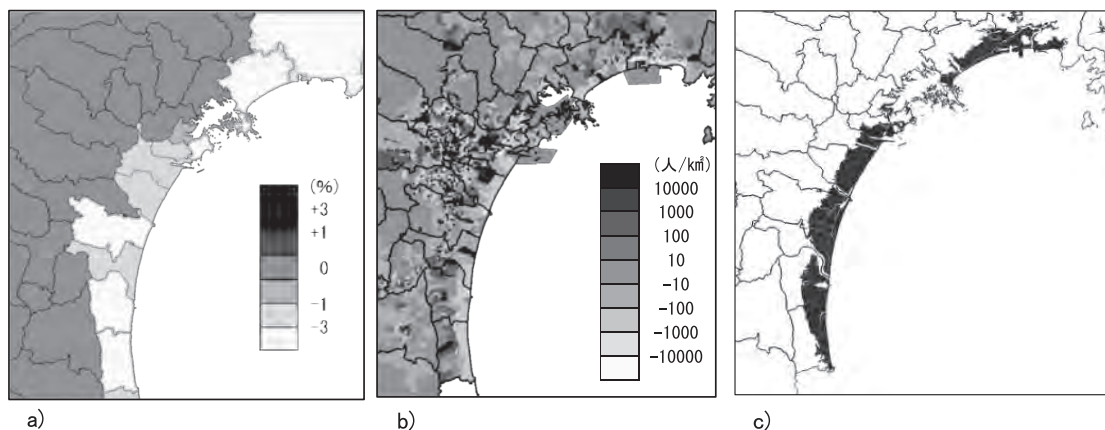
図—5a) に福島県における震災前後のハードおよびソフトウェア対策の脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、広野町を除く県内全ての市町村でハードウェア対策あるいはソフトウェア対策の脆弱性指標のいずれかが減少しているが、ハード、ソフト対策の脆弱性指標がともに減少していた市町村は、全体の46.6%にとどまっている。ただし、多くの市区町村で、震災前後のソフトウェア対策よりもハードウェア対策の脆弱性の方が大きく改善されており、岩手県、宮城県と同様に、震災後にハードウェア対策を優先し、重点的に復旧・復興がなされてきたことを示している。しかし、市町村が全体の44.8%の市町村（例えば、いわき市、南相馬市、郡山市など）でソフトウェア対策の脆弱性指標が増加し、2015年の福島県内の全市町村のソフトウェア対策の脆弱性指標の平均値は、2010年のものよりも大きな値となった。この傾向は、先述の岩手、宮城県とは異なる傾向を示している。これは、福島第一原子力発電所の事故に伴い、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町から人口が内陸の市町村に移動したことにより、人口が著しく増加した市町村において、単位住民当たりの充足度を表すソフトウェア対策の項目（例えば、「医療サービス」など）において、脆弱性が高まる傾向がある。また、広野町において、ハード、ソフトウェア対策の脆弱性指標がともに増加しているが、脆弱性指標の値そのものは小さく、2010年では、

県内で2番目に小さい値であり、2015年でも3番目に小さい値であった。図—5b) に福島県の震災前後の曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化を示す。本図より、原子力発電所の事故によって人口が0となった富岡町、大熊町、双葉町、浪江町を除くと、福島県内で曝露量が低下した市町村はなく、白河市、広野町、矢吹町、鏡石町、南会津町、湯川村、中島村の7市町村では曝露量・脆弱性指数ともに増加している。福島県の傾向として、多くの市町村において、震災後にハード対策を中心とした防災・減災対策が実施されてきたことにより脆弱性は低下しているが、岩手県と同様に自然災害（特に、地震）の曝露量は上昇しており、その結果としてGNSは増加している。

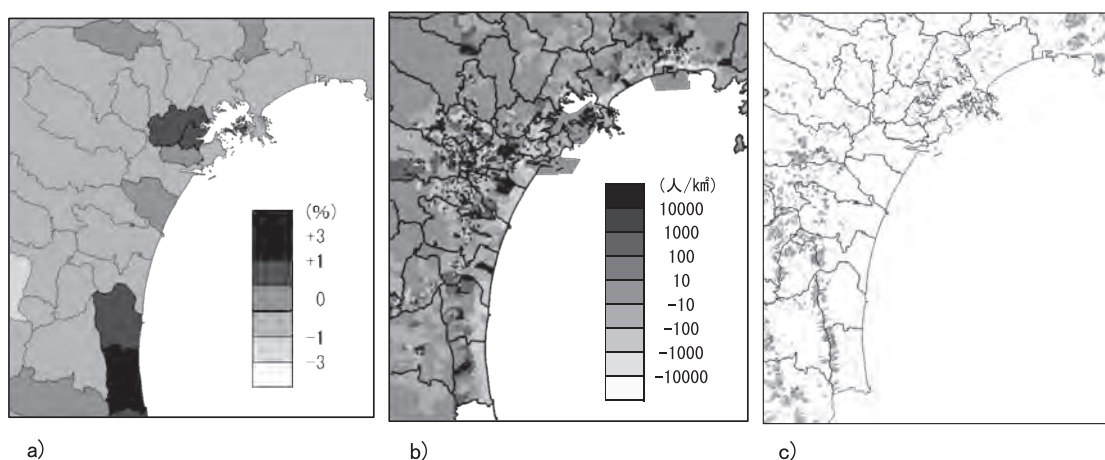
図—6a)～c) に、宮城県の沿岸部の市町村における津波の曝露量の変化、町字ごとの人口密度の変化、東北地方太平洋沖地震による津波の浸水域を、図—7a)～c) に、土砂災害の曝露量の変化、町字ごとの人口密度の変化、土砂災害危険個所の分布をそれぞれ示す。本図より、津波による大きな被害を受けた市町村では、高台移転などにより津波の浸水域において曝露人口が大幅に減少し、その結果、津波の曝露量指標が減少していることが分かる。しかし、津波浸水域から人口が移動することにより、土砂災害危険個所と重なる町字の人口が増加し、土砂災害や洪水の曝露量指数が増加している市町村がある（例えば、山元町、亘理町など）。このことは、特定の災害のみに着目するのではなく、複数の災害を総合的に評価する必要があることを示している。



図—5 福島県の各市町村における a) ハード・ソフトウェア対策の脆弱性指標, b) 曝露量指標と脆弱性指標の時系列変化 (2015年と2010年の比較)



図一六 宮城県の沿岸部の市町村における a) 津波の曝露量の変化, b) 町字ごとの人口密度の変化, c) 東北地方太平洋沖地震による津波の浸水域



図一七 宮城県の沿岸部の市町村における a) 土砂災害の曝露量の変化, b) 町字ごとの人口密度の変化, c) 土砂災害危険箇所

5. おわりに

東日本大震災前後（2010年および2015年）の地図データおよび統計データを使用し、GNSにより東北地方太平洋側3県（岩手、宮城、福島県）における自然災害リスクの時系列分析を行い、震災後に実施されたハード・ソフト対策の効果の検証を行った。本分析により得られた知見を以下に示す。

- ・宮城県の太平洋沿岸に位置する市町村を中心に、住民の高台移転などにより津波に曝される人口（曝露人口）が減少したことから、曝露量指数は大きく低減した。一方、「確率論的地震動予測地図」が2014年に見直されたことで、地震の頻度係数の値が大きく変化したことから、岩手県、福島県の多くの市町村で曝露量指数が増加している。
- ・震災後に優先的に施されたハード対策により、多くの市町村で脆弱性指数は改善され、値は小さくなっている。しかし、ソフトウェア対策の脆弱性指標が増加している市区町村もあり、人口の移動などに伴って、単位住民当たりの充足度を表すソフトウェア

対策の項目（例えば、「医療サービス」など）や「経済と人口」（老年人口指数）が悪化したことが要因であると考えられる。

- ・県内避難においては合理的な立地であったとしても、その地域における自然災害リスクの変動を十分に考慮した移住が必要である。また、受け入れ先の市町村で人口が増えたとしても脆弱性を増加させない方策を講じる必要である。
- ・津波が襲来し甚大な被害のあった沿岸部において、その後の生活再建の場を同じ県内の内陸部の他の市町村に移すケースや、同一市町村内におけるより内陸側のエリアに移すケースが見られたが、内陸に住居を移すことで、津波の曝露量は大幅に減少したが、土砂災害や洪水の曝露量が増加するというケースが見られた。このことから、特定の自然災害リスクを単独で評価するのみならず、複数の自然災害について総合的に捉えることが必要かつ重要である。
- ・自然災害リスク（GNS）を減少させるためには、ハード・ソフト対策を充実させることで「脆弱性」を低減させる方策と自然災害に曝される人口割合である

「曝露量」を低減させる方策が考えられる。従来、各種防災・減災対策を実施し「脆弱性」を減少させる前者が主に検討されてきたが、ハード対策には限界があり、ソフト対策との適切な組み合わせにより防災・減災対策を講じる必要がある。また、災害の影響下にある人口割合を低減させる（危険な場所には住まない、住ませない）後者についても併せて検討する必要がある（後者は、自然災害から免れるという点で、「免災」と呼ばれている⁶⁾）。

謝 辞

本原稿の執筆にあたり、梶谷娑和氏（関西大学社会安全研究科、修士2回生）、向井友亮氏（日本工営株、元関西大学社会安全研究科修士課程）に多大なる協力を得た。ここに深甚の謝意を表する。

J C M A

《参考文献》

- 1) 地盤工学会関東支部 地盤リスクと法訴訟等の社会システムに関する研究委員会：自然災害に対するリスク指標 GNS [2017年版]，地盤工学会関東支部，2017，<http://www.jgskantou.sakura.ne.jp/group/pdf/GNS2017.pdf>（2020年8月20日確認）
- 2) 菊本 統・下野勘智・伊藤和也・大里重人・稲垣秀輝・日下部 治：我が国の自然災害に対する統合的リスク指標，土木学会論文集 F6（安全問題），73（1），43-57，2017.
- 3) 総務省統計局：政府統計の総合窓口（e-stat），<https://www.e-stat.go.jp/>（2020年8月20日確認）
- 4) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>（2020年8月20日確認）
- 5) 東京大学空間情報科学研究センター：復興支援調査アーカイブ，<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/>（2020年8月20日確認）
- 6) 日経コンストラクション：さらば災害リスク，自然災害と闘わない「免災」という選択肢，2018年12月10日号

【筆者紹介】

小山 倫史（こやま ともふみ）
関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科
准教授



伊藤 和也（いとう かずや）
東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科
教授
兼 総合研究所 インフラ維持管理と災害制御に関する研究センター
センター長



菊本 統（きくもと まもる）
横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
准教授



急傾斜地超大型モノレールによる運搬技術

内 田 淳 也

急傾斜地・不整地での代表的な運搬手段として、工事用仮設道路、ケーブルクレーン、大型モノレールがある。工事用道路やケーブルクレーンを設置する場合、大幅な地形改変、大規模伐採が必要となり、自然環境への影響が大きくなる現場が多々ある。大型モノレールの場合、設置に伴う地形改変が無く伐採も少なく抑えられ、狭小地での活用が可能で借地を抑えられる利点がある。また急傾斜地でも安全に運搬、省力化できるように様々な特別仕様台車を開発している。本稿では、超大型モノレールの特別仕様台車とその活用事例について紹介する。

キーワード：災害復旧、仮設、急傾斜地、大型モノレール、運搬

1. はじめに

今から約50年前に、みかん農園など急傾斜地での物資運搬用のモノレールが誕生した。当時のモノレールは、最大積載200kg、最大登坂勾配45°の運搬能力で、急傾斜地が多い日本にとって、みかんや梅などの青果物の運搬に大きく貢献してきた。今では、その用途も、林業分野で作業員の通勤、伐採木の運搬から、建設分野での地質調査ボーリングの機材運搬など、人員と資機材運搬へと広がってきている。

本稿では、建設分野での活用事例とその特徴、特に災害復旧での実際の事例について紹介する。



写真—1 清水寺災害復旧工事

2. モノレールの概要

建設分野でのモノレールの活用事例としては、山間部での地質調査用のボーリング機械や人員運搬を始め、近年の異常気象による土砂災害、堤防決壊などの災害に対する復旧工事（写真—1）、送電線鉄塔新設・建替えなどで、工事用の資機材・人員運搬手段として活用されている。運搬する資機材も、型枠材や鉄筋、足場材から4t程度の小型バックホウやボーリングマシン、土砂、生コン運搬など、工事の工種や規模により多種多様である。

またモノレールは、工事用仮設道路、ケーブルクレーンやヘリコプターと比べ、以下のようなメリットがある。

・占有面積が少ないため、レール設置に伴う借地・

伐採面積を抑えられ、また地形改変が不要で自然環境に優しい。

- ・大規模伐採、地形改変が不要なため、架設に伴う斜面崩壊などの二次災害リスクを回避できる。
- ・簡易仮設のため、ルート選定・計画に要する時間が少ない。
- ・レール設置・撤去にかかる日数が少なく、工期短縮やコスト削減に繋がる。
- ・強風や雨、又は霧など、天候に左右されず何時でも安全に安定して使用できる。

ただ、現状の大型モノレールの最大積載が4tのため、運搬数量が多い大～中規模工事（運搬土砂10,000 m³以上など）においては全体工期が長くなる傾向があるので中～小規模程度の工事に適している。

このような特長を踏まえ、工事内容や現場条件により、法面对策工、橋梁下部工、砂防堰堤などモノレールを採用する工事が増えてきた。

3. 超大型モノレールと特別仕様台車

モノレールの活用実績が増えるにつれ、工事・運搬のさらなる合理化や荷降し等の作業を安全にしたいニーズが大きくなってきた。それに応えるため、大型モノレールにおいて4つの特別仕様台車を開発し、工事の作業・運搬工程に応じて最適な台車を提案、提供出来るようにした。

従来、傾斜地ではモノレールの荷物台車が傾斜と同じ角度となり、荷物の積み降ろし作業は危険を伴う大変な作業であった。4t積載のフラットデッキダンプ台車は荷台にチルト機能を付けて、作業構台との角度差をなくしスムーズで安全な積み降ろしが可能となる。写真-2のようにグランドアンカー工用の削孔機や0.1m³クラスのバックホウなどの重機も傾斜地において安全に効率よく運搬でき、一番良く使用されている台車である。



写真-2 4t積載フラットデッキダンプ台車

橋梁下部工や砂防堰堤工などは数千m³規模の掘削土砂の運搬現場が多い。従来の荷物台車だと大型土のう袋に土砂を詰めて、土のう袋を荷台に積み込み運搬するため、詰替え手間が発生していた。

2t積載の三転ダンプ台車は傾斜地でも土砂が積み込めるように荷台をチルトできるようにした（写真-3）。

傾斜地でも直接荷台に土砂を積み込み・運搬でき、また荷下ろしもダンプで一括排出するため掘削土砂の運搬を効率良くできるようになった（写真-4）。

送電線の鉄塔工事では鉄塔基礎として品質の良い生



写真-3 傾斜地でダンプ荷台を角度補正



写真-4 サイドダンプで土砂を排出



写真-5 1m³ミキサー台車

コンが求められる。通常のモノレール荷台とホッパーで運搬した場合、運搬距離が長いと時間がかかってしまい生コン品質に課題があった。

1m³ミキサー台車は傾斜地でも生コンがこぼれないように荷台にチルト機能をつけた。複数台使用することにより数十m³/日の品質の良い生コンを運搬することができる（写真-5）。

小水力発電所など傾斜地での水圧管の設置・撤去工事が近年増えてきた。従来はケーブルクレーンを使用していたが、借地・伐採、費用の面など大型モノレールが優位になる現場が多くなってきた。

2t積載のクレーン台車は傾斜地でもアウトリガーを設置できるようにクレーン本体の角度補正機能を付け、安全に安定したクレーン作業を可能にした（写真—6）。また近年の顧客要望や安全性の観点よりアウトリガーの油圧可動張出、クレーンのラジコン機能追加といった改良をしている。



写真—6 2t積載クレーン台車

実際の工事においては、1種類の台車だけでなく、運搬物・工程によって2～3種類の台車を組み合わせて使用している。これから、実際の災害復旧現場の施工事例を紹介する。

4. 雪崩防護柵設置工事の事例

土砂災害や雪崩災害の対策工事の場合、施工箇所は急傾斜地が多く、クレーンが届かない箇所においては資機材運搬が課題になる。大型モノレールを活用すれば45度の急傾斜地でも安全に資機材の運搬が出来る。仮設比較としてケーブルクレーンがあったが、国道横断するケーブル線下の保護対策を含めた工期・費用の面で大型モノレールが優位となり採用された。

国道脇の斜面でダウンザホールハンマ工法による雪崩防護柵を設置する工事で、上下4段ある施工箇所の右側端にモノレールを配置した（図—1）。レールの設置延長は約300m、設置期間は約1ヵ月、撤去は約半月であった。

施工手順としては、モノレールを設置後、上部より2段の作業構台（足場）を順次設置。1段分の作業構台設置後、ダウンザホールハンマ工の資機材を順次搬入した（写真—7～9）。



図—1 モノレール仮設図面



写真—7 最上部より作業構台を設置



写真—8 作業構台に資機材搬入



写真—9 ダウンザホールハンマの機材を搬入

この現場では45度の急傾斜地にある作業構台に資機材を運搬する必要があるため、モノレールの荷台自体を水平にできるチルト機能がついたフラットデキキダンプ台車を使用した（写真—10）。

これにより常に水平の状態での荷物の積み降ろしが可能になり、また各段の作業構台への資機材搬入出が容易に行えるようになり、作業の安全性と作業効率を向上する事ができた。



写真—10 モノレール荷台を水平に角度補正



写真—11 500H 鋼 2本を運搬



写真—12 雪崩柵設置後、作業構台を撤去中

雪崩柵の支柱として500のH鋼を長さ5m程に分割して運搬し、2本を現場で繋いで1本の支柱とした（写真—11）。

大型モノレールによる資機材搬入出で、レールの設置・撤去1.5ヵ月を含め工期約6ヵ月で4段、計42基の雪崩防護柵を設置することができた（写真—12）。

5. 河川護岸復旧工事の事例

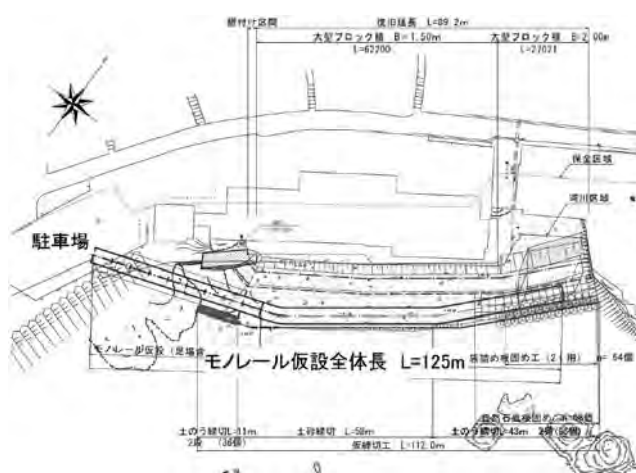
豪雨により護岸が損壊した現場において、損壊部を掘削し、新たに大型ブロックを積み上げ護岸を復旧する工事で大型モノレールを活用した（写真—13）。

通常トラックや重機の進入路もしくは大型クレーンにて資機材搬入が可能だが、事例の温泉街の現場では搬入車両の制限や地形条件により、「作業構台+大型クレーン」と「大型モノレール+重機分解搬入出」で比較検討した。作業構台の場合、支柱を建てる基礎工事による地形改変と工期・費用がかかるため、大型モノレールを採用した。

搬入出ヤードとして、少しの駐車スペースを活用し



写真—13 損壊した護岸（復旧前）



図—2 モノレール仮設図面

てそこから高低差約 30 m 下の河川敷に向かってレールを設置した（写真—2）。

高低差が大きいところは、モノレールと地盤の間を簡易的な作業構台（足場）を設置し、その上にレールを固定した（写真—14）。モノレールは重機等の運搬で 4t 積載台車と大型ブロック、碎石、生コン運搬で 2t ダンプ台車を使用した。

施工手順としては、モノレールを設置後、4t 積載台車で 0.45、0.7 m³ バックホウを分解搬入し（写真—15、16）、ミニクローラークレーンにて現場で組立した。重機搬入後は、土嚢による仮締切、護岸整形等を行い、2t ダンプ台車にて大型ブロックと碎石、生コン運搬を繰り返した。

施工の作業効率を少しでも上げるため、4t 積載台車と 2t ダンプ台車の台車入替回数（工数）を減らす工夫として、2t ダンプ台車を改造し、大型ブロック、碎石、生コンを 2t ダンプ台車のみで運搬出来るようにした（写真—17～19）。



写真—14 河川敷に向かってレールを設置



写真—15 0.45 m³ バックホウを分解運搬



写真—16 ミニクローラークレーンで重機組立



写真—17 大型ブロックを積込固定できるように改造



写真—18 大型ブロックの裏込め材（碎石）を運搬



写真—19 特殊ホッパーにて生コンを運搬

重機搬入出以外は改造した2tダンプ台車のみで全ての資機材を運搬出来るようにしたため、運搬サイクルタイムを明確にする事ができた。それにより大型ブロック、碎石、生コンの運搬数量と運搬所要時間を考慮し、最適な運搬サイクルで施工することができた。工期は途中設計変更中断を含め約1.5年で護岸復旧した（写真—20）。



写真—20 護岸復旧後

6. おわりに

急傾斜地で人員や資機材を運搬するモノレールは、単に運搬するサービスだけでなく、より安全に、より省力・効率化に貢献するサービスを提供できるかが問われている。また近年の災害対策工事に関連する活用も多くなり、その役割・重要性について社内でも認識を高めている。

最近、大型モノレールでの人員運搬において専用の椅子等の装備がない台車への乗車による人身事故が増



写真—21 大型モノレール用の乗用物流兼用台車

えて問題になっている。問題の本質は荷台に着脱式椅子の付け外しが面倒なため椅子を付けない状態で乗車していることである。この問題を解決したく大型モノレールの荷台でも容易に椅子を使えるように折り畳み式の乗用物流兼用台車を開発した（写真—21）。

これからも災害復旧、防災対応など社会インフラ整備に貢献できるよう顧客・現場の課題解決に対し常にあらゆるニーズを思考し、適時、新たな製品サービスを開発・提供する事に努力したい。それにより、工事全体の工期短縮や安全性・施工性向上に貢献していく。

尚、本技術はKK-100080-VRとしてNETIS登録されているので興味のある向きは参照願いたい。

JICMA

【筆者紹介】

内田 淳也（うちだ じゅんや）
内田産業㈱ 関東営業所
所長
専務取締役



災害復旧に際する二次災害の軽減に向けて 電動式バックホーの活用提案

渡 邊 宏 範・竹 内 直 樹

昨今、日本を取り巻く気候状況は明らかに悪化しておりその被害も甚大なものになってきている。今後とも地震災害、台風災害、大雨等により人的、経済的にも大きな被害が発生することが予想される。災害が発生したのちには当然その復旧を行うが、過去には災害復旧時の作業による二次災害も発生している。その二次被害を如何に軽減し、作業性を高めていくかということが課題としてあげられる。本稿では災害復旧作業の安全性、効率性を高める目的で小型電動遠隔解体ロボット活用による復旧作業を活用した施工を提案する。

キーワード：電動式バックホー、災害復旧、二次災害、遠隔、非乗用、小型軽量

1. はじめに

日本はご存じの通り地震国である。地球は10数枚のプレートで覆われているが、日本の近郊はそのうち4つのプレートで覆われている。一つは東北・北海道を覆う北米プレート、次に関東以西を覆うユーラシアプレート、そして日本の南海上を覆うフィリピン海プレート、更には日本の東海岸を覆う太平洋プレートが常に押し合いを続けているからである。

また、昨今は地球温暖化の影響を受け台風の大型化、ゲリラ豪雨に代表されるような異常気象も増えて来ている。

今後は上記のような起こりうるであろう災害とどう向き合い、より早く、より安全、効率的に通常の生活に戻すか、ということが課題の一つである。

数の1割を占める災害となっている。

さらに、死亡者数だけでなく、負傷者まで視野を広げると、死傷者は22倍以上の発生件数があり、災害復旧作業には危険が隣り合わせであることが分かる(表-4)。

表-1 自然災害発生件数及び被害額の推移

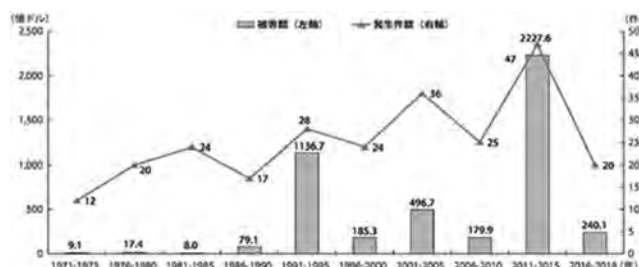


表-2 阪神・淡路大地震復旧工事に係る死亡災害の業種・事故の型別発生状況

	墜落・転落	崩壊・倒壊	巻き込まれ・はさまれ	おぼれ	交通事故	熱中症	その他	合計
建設業	20	6	1	3	2	1	2	35
土木工事								
港湾海岸工事業	0	0	0	2	0	0	0	2
橋梁建設工事業	1	2	0	0	1	0	0	4
その他の土木工事業	0	0	0	1	1	1	1	4
建築工事								
木造家屋建築工事業	12	2	1	0	0	1	1	16
鉄筋・鉄筋コンクリート造家屋建築工事	6	1	0	0	0	0	0	7
その他の建築工事業	1	0	0	0	0	0	0	1
その他の建設業	0	1	0	0	0	0	0	1
製造業	0	1	1	0	0	0	0	2
その他	1	0	1	0	1	0	0	3
合計	21	7	3	3	3	2	2	40

表一 3 阪神・淡路大地震復旧工事に係る死亡災害の事故の型別・起因物別の発生状況

	墜落・転落	飛来・落下	はさまれ・巻き込まれ	崩壊・倒壊	その他	合計
建設機械			2		2	4
動力運搬機			1		1	2
乗物					2	2
用具	2					2
仮設物・建築物	19			5	2	26
材料		1		1		2
自然環境				1	1	2
合計	21	1	3	7	8	40

表一 4 阪神淡路大震災復旧工事に伴う労働災害の発生状況

死傷の程度 都道府県名	死亡者数	負傷者数	計
兵 庫	36	847	883
大 阪	4	57	61
合 計	40	904	944

(2) 内燃式バックホーでの作業

災害が発生した後の復旧作業はその復旧目的によって使われる機材、工法はそれぞれ異なるが、多くの復旧作業で内燃式の油圧ショベル（以下バックホーと記載）が使用されている。これは日本は世界でもトップクラスの内燃式油圧ショベルの使用実績がある為、建設機械のレンタル業社や解体施工工事業者はかなりの数のバックホーを所有し、災害復旧作業でも比較的簡単に機材を調達する事が出来るためと考えられる。さらにはバックホーの操作ができる作業者の数も多く、

さらに人力での作業と比較し作業効率が高い事もその一因であろう。

3. 小型電動遠隔解体ロボットの活用

(1) 小型電動遠隔解体ロボットの概要

小型電動遠隔解体ロボット「DXR」は2008年にスウェーデンで発表され、2011年に国内販売された小型電動遠隔解体ロボット（以下DXRシリーズと記載）のシリーズ名であり、文字通り動力は「電気」を使用し、キャabinを搭載しない非乗用の「遠隔」による操作で「解体」を行う装置である。シリーズとしてはモーターの出力の違いによる3タイプと、よりリーチ距離を確保する機構の付いた1タイプの計4タイプを取り揃えている（表一5、写真一1）。



写真一 1 DXR シリーズ及びアタッチメント

表一 5 DXR シリーズラインナップ

	単位	DXR310 テレスコピック搭載	DXR300	DXR270	DXR140
出 力	kW	22	22	18.5	15
電 圧	(50 Hz) V	三相 380-420			
	(60 Hz) V	三相 440-480			
電 流	A	41	41	35	27
リ ー チ 長 さ	m	5.5	5.2	4.8	3.7
		(アタッチメント含む)			
全 幅	mm	780	780	780	771
全 長	mm	2056	2056	2056	1614
		(アウトリガー含む)			
全 高	mm	1035	1035	1035	854
発電機最低容量	kVA	60	60	60	45
乾 燥 重 量	kg	2020	1960	1750	975
最 大 圧 力	bar	250	250	250	250
油 圧 流 量	ℓ/min	0-75	0-65	0-65	0-52
Bluetooth 到達距離	m	50	50	50	50
		(見通し距離)			

(2) 電気駆動による特徴

「電気」を主動力としているため、本体にはエンジンの搭載がなく、電動モーターの動力を使用し油圧システムを駆動させる。そのため本体からは有害物質などが含まれる排気ガスの発生が無いため、密閉された場所などで作業員への一酸化炭素中毒等の被害を防ぐことができる。

(3) 小型装置としての特徴と利点

シリーズ全機種に共通して言えることは装置自体にキャビンがないため、「小型」で軽量化を実現しているという点である。しかしながら取り付けられるアタッチメントは同重量のバックホーの上のクラスに取り付けるアタッチメントと同様の出力を有す。具体的に DXR140 を例にとると DXR140 自体は車体乾燥重量が1tクラスだが、取り付けられるアタッチメントはバックホーの4tクラスと同等の能力の物を取り付けることが可能であるため、効率的に解体・掘削撤去作業を行うことができる。つまりは小型ながらハイパワーなバックホーということが言える。

また、DXR シリーズは車体重量が軽いいため、作業時にはアウトリガーを張り出すことによりその反力を吸収する構造となっているが、移動時などの未作業時はアウトリガーを遠隔操作にて収納する。アウトリガーを収納した状態では全機種ともに全幅が80 cm 以下で収まる為、被災ガラなどで通り道の塞がれた狭い場所への搬入・作業などにも活用できる。

(4) 遠隔操作による安全的優位性

キャビンがない事により、作業者は「非乗用」で、かつ Bluetooth による「遠隔」にて操作を行うことになる（写真—2）。その為、作業中のキャビンなどへ

の落下物による作業員被災や落下の危険性のある現場での万が一の人的災害も未然に防ぐことができ、装置から離れた位置で操作を行うことにより、作業員の作業空間での認知を格段に向上させることができる。

(5) DXR シリーズの操作性、作業性、メンテナンス性の特徴

本来は屋内での「解体」を目的とした装置であるが、アタッチメントの交換により、ブレーカー作業や大割作業、バケットによる掘削作業や、ドラムカッターによる研削作業、鉄筋カッターによる鉄筋の切断作業など、取り付けのアタッチメントの種類によりその使用範囲は大きく広がる。

また、特筆すべきは非乗用であるため、予め装置自体の転倒を想定した造りになっている事である。万が一装置が横転した場合でも、自身のアーム・ブーム及び作業中の反力を吸収する目的で付けられているアウトリガーを操作することにより、自力で横転状態からの復帰ができ、その際に若干の作動油が漏れることはあるが、基本的には作動油漏れが無い構造になっている点は今までのバックホーとは設計コンセプトが異なっている。

しかしながら、上記理由により「転倒のモーメント」等の機構は無く、作業員は装置より十分に距離を置いた場所での操作が必要となる。

また、通常の内燃式バックホーではエンジンなどの重要な部品は上部旋回体内に収納されているが、DXR140 に関しては下部走行体に収納されており、モーター等の主要部品をメンテナンスする際には装置を横倒しにし、装置の裏面からメンテナンスを実施する。その際に作動油漏れの発生は全くない（写真—3～5）。



写真—2 操作リモコン



写真—3 横倒し状況・底面部



写真—4 横倒し状況・上面部



写真—5 横倒し状況での作動油漏れ未発生状況

さらにアタッチメントの交換に関しても作業工具などを使用する必要はなく、慣れれば5分もかからずに手を汚すことなく交換ができる。

また、作業中にクローラーの破損や外れが起こった際にも工具なしで交換・付けなおしができる点も大きな特徴である。作業中に発生した作業ガラ上での急旋回などはクローラー外れの大きな要因であり、従来の内燃式バックホーにおいては、その復旧に時間と工具を必要としていたが、工具の使用をすることなく手を汚さずに5分程度で復旧することがメリットの一つとしてあげられる。

4. 国内導入実績

(1) 国内導入の経緯と現状の用途

シリーズの国内展開は東日本大震災で被災した福島第一原子力発電所内の解体・復旧工事において、人体への放射線被害を軽減する目的で導入された。

その後は屋内解体をメインに地下鉄工事やビルの内装解体などに使用されているが、昨今は製鉄所内の炉内の耐火煉瓦の補修・解体などへの導入も増えて来て

いる。全ての導入実績に共通して言えることは閉所、高所、高温、低温、有害物質がある等、作業者に危険を及ぼす可能性のある現場などで「人体への危険を未然に防ぐ」事だといえる。

(2) 有効な用途

本シリーズの有効的な使用現場はバックホーでは作業が困難な状況や場所での使用である。従来はこの様な状況下ではバックホーを用いず、人力による斫作業や、ハンドクラッシャーを用いての施工を行ってきたが、その代用として活用できる。

今後は災害発生時の復旧作業における二次災害を防止する為の「安全性の高い」施工として認知され则认为られる。

5. DXR シリーズ使用による災害復旧の二次的災害の軽減

前述の通りシリーズの最大の利点は、作業者の安全を確保しながら効率的に作業を行うことであるが、「非乗用」「遠隔」により、土砂が崩れたような不安定で狭くなった路面での作業等、災害復旧作業中の二次被害も多く面で防ぐことが出来ると考えられる。

また、安全面だけではなく、作業の範囲も広げることが出来るといえる。災害復旧時の土砂の掘削にはバケットを、倒壊した構造物の解体・撤去にはブレーカー、大割（クラッシャー）を、入り組んだ鉄筋の切断には鉄筋カッター等を使用頂くことにより1台で多くの復旧作業を簡易に行うことが出来る。

また、前掲の表中にある通り装置の出力と装置重量を比較すると、内燃式のバックホーに比較し機体自体が非常にコンパクトで軽量であるため、装置を運搬する際に使用するトラックも従来よりも小型の物で済み、場合によってはヘリコプターでの搬入も可能になる。

さらには本機に外部油圧機器接続ユニットをオプションとして取り付けることにより、油圧ユニットの代わりとして使用することもできる、いわば自走式の油圧ユニットである。人などが埋まったがれきの撤去作業で、重機が乗り上げられない際などはハンドツールの使用を行うことになるが、その際に比較的軽量で出力の高い油圧機器の使用を行う場合などは、本機よりハンドツール等の油圧機器への油圧供給も可能となる。

6. DXR シリーズの課題

シリーズの最大の課題は動力の確保と電気ケーブルの使用が必須であるという点である。現状は移動・動作・作業のいずれを行う際にも電源の確保が必要であり、常に電源ケーブルをつないだ状態だという事である。したがって災害復旧作業で本シリーズを使用する場合は、別途発電機が必要になると同時に、移動の際は電気ケーブルを地面に引きずった状態で使用するためケーブルの損傷などが考えられる。

また、本シリーズの使用電気は三相 400 V が必要であるため、400 V を供給可能な発電機を準備するか、別途オプションで準備している三相 200 V を 400 V に変換する昇圧トランスを使用することになる。

7. おわりに

今回活用を提案した小型電動遠隔解体ロボット「DXR」シリーズは、スウェーデンに本社を置くハスクバーナ社製であり、日本国内ではハスクバーナ・ゼノア(株)の取扱商品である。

2019 年 4 月より、(株)前田製作所と販売代理店契約を締結し現在に至る。同社のホームページにて動画を視聴することが出来る。

J C M A

《参考文献》

- ・「災害復旧工事の労働安全衛生上の問題点と対策について」、土木学会論文集 F6, Vol.67, No.2 2011 年 7 月
- ・ループン・カトリック大学疫学研究所災害データベース (EM-DAT), 中小企業庁作成 2019 年 5 月

【筆者紹介】

渡邊 宏範 (わたなべ ひろのり)
ハスクバーナ・ゼノア(株) 建設機械事業部
セールスマネージャー兼 CD セールスマネージャー



竹内 直樹 (たけうち なおき)
(株)前田製作所 産業機械本部 営業統括部
販売管理課長



特集>>> 大規模災害、防災、災害復旧、復興

台風による大規模災害緊急復旧工事における 建設機械の活用事例

自然の力に対して機械の力と人の力で打ち勝つ

中村 誠・政氏 信之

群馬県吾妻郡嬭恋村大字大笹地先では、R1.10.12 台風 19 号の大雨により、吾妻川における大量の土砂流出や河岸の浸食、国道 144 号鳴岩橋の橋台流出・落橋などの甚大な被害が発生した。当該地域においては、早急な災害復旧工事による通行止め解除が急務となっていた。そこで、綿密な施工計画を立案し、大型機械を活用して緊急迂回路（盛土）および迂回路（仮橋）の復旧を行った。本稿では台風による大規模災害緊急復旧工事における建設機械の活用事例を報告する。

キーワード：災害復旧、落橋、河川、オフロードダンプ、自走式破碎機、不整地運搬車、クローラクレン、ダウンザホールハンマ

1. はじめに

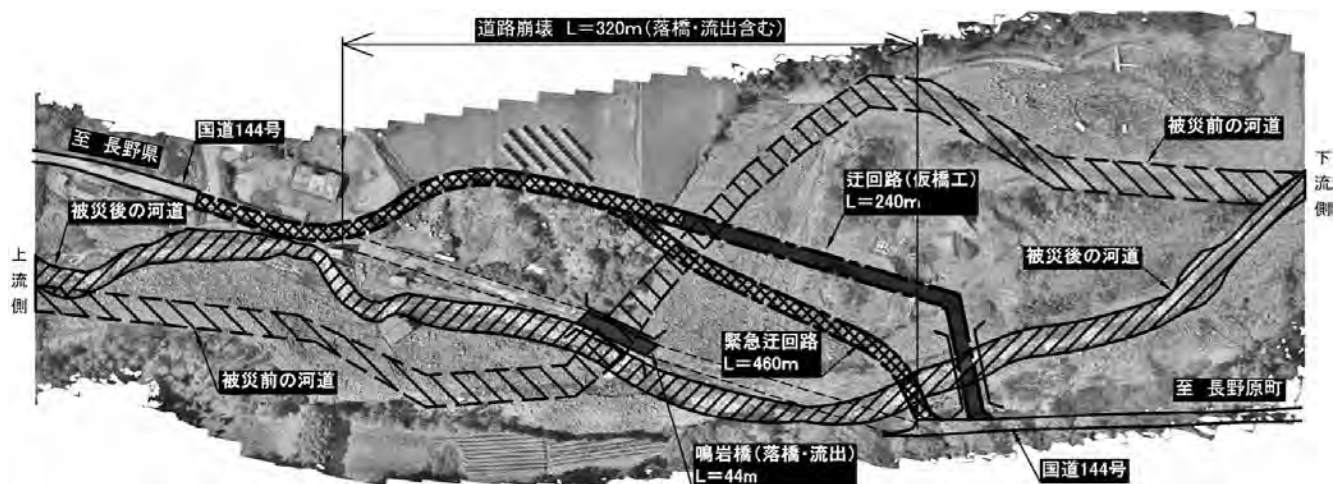
令和元年 10 月 12 日台風 19 号が群馬県吾妻郡嬭恋村大字大笹地先付近を襲い、この付近を走る国道 144 号線は甚大な被害を被った。群馬県は特定災害復旧等道路工事の施工について、国へ要請書を提出。国は権限代行事業として設計及び施工を実施することとなった。国土交通省関東地方整備局は、「災害時における関東地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する協定書」の第 3 条に基づき、令和元年 10 月 31 日付で一般社団法人日本建設業連合会に出動を要請した。同連合会会員である弊社が選定され、災害応急対策業務として令和元年 12 月末までに仮設通行路（一般車両等通行路）を確保するよう要請された（写真—1, 2）。

2. 緊急迂回路と迂回路計画

台風被災により吾妻川旧流路にかかる鳴岩橋が落橋したため、国道の利用者は車で約 30 分の遠回りを余儀なくされており、本格的な降雪期を前に 1 日でも早い道路復旧が切望された。まず、災害応急復旧策として、非出水期（11 月～5 月）の期間を耐えうる構造の緊急迂回路を 12 月末までに整備することが要求された。過去の吾妻川岩島観測所の日流量データを基に、至近 10 年分データから非出水期間最大日流量 $V = 46.5 \text{ m}^3/\text{s}$ を抽出し、その水量に耐えうる緊急迂回路の構造検討を行った。その結果、コルゲートパイプで通水断面を確保し、ボトルユニット（以下「本護岸材」という）を使ったラブルネット積層工法を組み合わせる盛土構造を提案することで緊急迂回路を造成することとした。

その後の出水期（6 月～10 月）期間には、観測所

写真—1 被災状況¹⁾写真—2 被災状況¹⁾



図一 被災前河道・被災後河道状況

のデータより非出水期の約3倍となる最大日流量 $V = 130.3 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量が想定された。出水期の水量は緊急迂回路としてコルゲートパイプを敷設して応急的に盛土造成した構造では排水断面が確保されないため、新たに排水断面確保した迂回路を整備することと、そこに架かる強固な仮橋を製作すること及び不要となった緊急迂回路の撤去が必要となった（図一1）。

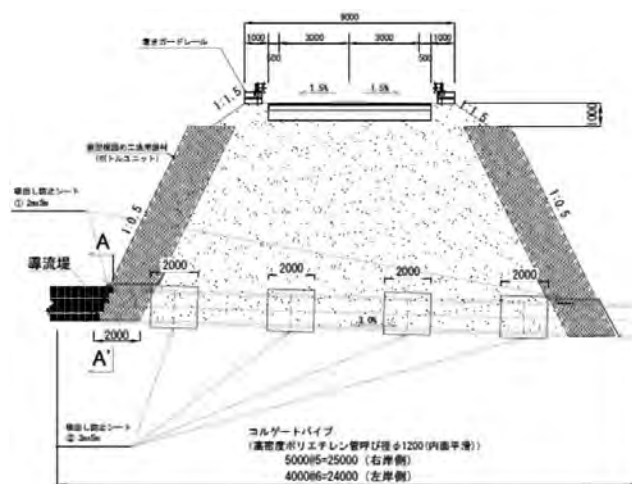
3. 緊急迂回路工事（盛土構造）

(1) 支障物撤去工

被災後の現地には、上流側河川からの漂着した流木、転石、電柱、倒壊した家屋の鉄骨や屋根材等が無数に堆積していた。まず取り掛かりとして、河川内の支障物（電柱、家屋の鉄骨、屋根材等）撤去を $(1.4 \text{ m}^3 \cdot 0.8 \text{ m}^3 \cdot 0.45 \text{ m}^3)$ 級バックホウを連携して用いることにより行った。流木の処理はグラップルを用いて集積し、25t級アーティキュレート式オフロードダンプにて仮置き場まで運搬した。複数の電柱を結んでいた電線の撤去や流木の撤去には人力も併用した。

(2) 瀬替え・コルゲートパイプ設置

緊急迂回路の渡河部には、通水断面を確保するためコルゲートパイプの設置を計画した。その設置箇所には、被災後の河道（川幅約26m）ができており、コルゲートパイプ設置に伴い1次瀬替え・2次瀬替え・3次瀬替えの河道切り回し工事を行いながらコルゲートパイプを敷設した。瀬替え掘削の際の河床には、令和元年の台風19号以前より堆積した旧河床堆積物が分布しており、リッパ装置付D8級ブルドーザでも撤去に難を要した。堆積した岩の撤去時にリッパと岩が擦れてあがる煙は、さながら、浅間山の噴煙の様であっ



図二 緊急迂回路構造断面図



写真一3 コルゲートパイプ設置状況

た。コルゲートパイプ設置にあたって、設置工事中に河川流水によりコルゲートパイプと盛上げた土砂が流されないよう盛土上載荷重を算定しながら計画的に作業した（図一2、写真一3）。

(3) 玉石破碎・本護岸材製作

11月から開始した工事は冬期に差し掛かり、外部からの材料運搬は交通事故等のリスク増加が伴った。そのような条件のなか、計画数量約3万 m^3 の緊急迂回路用盛土材確保については困難を極めた。盛土材確保の解決策として、河川に点在した河原石を2.0 m^3 級の大型バックホウで掻き集め、25t級アーティキュレート式オフロードダンプでストックヤードへ運搬し、そこに装備した自走式破碎機にて砕くことにより「河原石を利用する盛土材製作工」を提案した。礫径約425mm程度の河原石を自走式破碎機により80mm～150mm程度の大きさに破碎し、渡河部の盛土構造として使用する本護岸材（ポリエステル繊維を使用したラッセル網二重構造ネット）の中詰材を製作した。自走式破碎機の破碎できる最大寸法より大きい礫径約425mmの河原石については、大型ブレーカによる破碎を併用することにより破碎機に投入可能となる材料を製造した。ストックヤードでは中詰材製作作業と並行して4.9tクローラクレーンを使用して本護岸材の製作を実施し、不整地運搬車で設置箇所に運搬し、0.8 m^3 クレーン仕様バックホウで所定の位置に積み上げた（写真—4）。

(4) 緊急迂回路供用

大型機械の活用（機械の力）による昼夜間施工や様々な工夫（人の力）を加えることにより、目標とした令和



写真—4 自走式破碎機クラッシング状況



写真—5 緊急迂回路施工完了

和元年12月26日に待望の緊急迂回路を供用することができた（写真—5）。

4. 迂回路工事（仮橋構造）

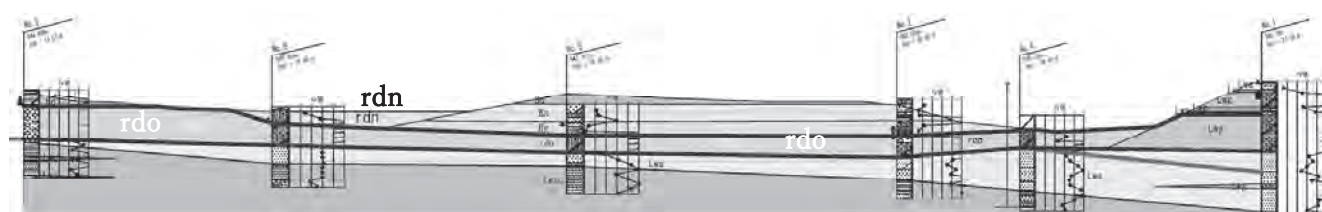
(1) 地質概要

仮橋施工箇所は吾妻川の河道内にあり、地表面付近は令和元年の台風19号の際に上流域から移動・堆積した礫や岩塊を主体とする新しい堆積物（現河床堆積物 rdn）で構成されていた。支持層の目安となるN値は14～50以上とバラツキが大きく、その下方に硬質な安山岩の礫、玉石を主体とするN値50以上の堆積物（旧河床堆積物 rdo）で構成されていることを確認した。

今回の施工対象物である仮橋の位置付けは仮設構造物である。そのため杭の支持層は施工基面から約7m下方に位置する旧河床堆積物と設計された（図—3）。

(2) 杭打設

仮橋に使用される杭は鋼管杭であり、総打設本数は $n=65$ 本となった。その仕様は径 ϕ 609.6mm、厚さ $t=14, 16$ mm、長さ $L=15$ m、重量約 $w=3.6$ t/本である。対象地盤は礫、玉石等の硬質な地盤である。このような地盤に対して鋼管杭の打設工法はプレボーリング併用バイプロハンマ工法を選定した。プレボーリング工法は硬質な地盤において確実に掘削が可能なダ



図—3 想定地質縦断面

ウンザホールハンマ工法を選定した。ダウンザホールハンマ工法はクレーンにダウンザホールハンマを装着、高圧コンプレッサーからの圧縮空気を利用してピストン運動（打撃力）をダウンザホールハンマ先端の超硬ビットに伝達し、硬質な地盤を破碎する。破碎した岩塊、玉石等はスクリュウ及び圧縮空気によって地表面に排土しながら地盤を掘削する工法である。今回使用したハンマは機材重量約 15 t、ダウンザホールハンマを装着したクレーンは 200 t クローラクレーンとした。ダウンザホールハンマによるプレボーリング施工後は電気バイプロハンマを使用して鋼管杭を支持層である深度 7 m まで打設した。

(3) 渡河部（河川横断部）

右岸側の支持杭打設位置は切立った崖下にありクレーン等を設置するための進入路、作業スペースを確保できない状況にあった。そのため右岸側の支持杭の打設は対岸から河川越しに行うこととなった。現状の河川幅は約 26 m あり、このような施工条件下で 200 t クローラクレーンを使用した場合、クレーンの作業半

径は $R=37\text{ m}$ となり対岸の支持杭を打設することは不可能であった。対岸の支持杭の打設が可能となる作業半径を検討したところ $R=29\text{ m}$ となった。その条件を確保するための方策は、施工時期が非出水期であることを考慮し、河川幅を縮小することにより左岸側から対岸の支持杭が打設可能となる位置まで河道内にクレーンヤードを造成する計画とした。河川内の流水による造成箇所の洗掘を防止するためクレーンヤード外周に本護岸材（2 t）を積み上げ、ヤード内部は河床砂礫を充填した。この結果、河川内に張出設置したヤードから河川越しに対岸の支持杭打設が可能となった（写真—6、7）。

(4) 上部工

上部工は災害復旧時の応急組立橋（応急復旧橋）として、これまでに数多くの実績のあるプレガーター橋を使用した。仮橋工の施工規模は全 15 スパン、総延長約 240 m である。プレガーター橋は道路幅員 8 m、橋長 14 m、20 m、30 m を組み合わせて架設した。迂回路工の必須条件は非出水期の間に仮橋を完成し、出



写真—6 プレボーリング状況



写真—8 一括架設状況



写真—7 鋼管杭打設状況



写真—9 分割架設状況



写真—10 仮橋完了全景（起点側）



写真—11 仮橋完了全景（ドローン撮影）

水期までに緊急迂回路（盛土構造）を撤去することであった。工程短縮が求められる中、桁重量が軽量かつ組立が容易であるプレガーターの特徴を生かし、スパン毎に地組を行って、一括架設を行なった。プレガーター橋は主として100tクローラークレーンで地組を行い、200tクローラークレーンで一括架設または分割架設を行なった。一括架設した桁重量は最大約40tであった（写真—8, 9）。

仮橋工は2019年12月中旬に着手、2020年4月下旬に完成した。施工期間約4ヶ月半を要した。大型クレーンの能力を最大限に活用し、対岸への支持杭打設や上部工の地組後、一括架設により工程短縮を可能としたことで非出水期内の仮橋完成、緊急迂回路撤去に結びつけることができた（写真—10, 11）。

5. 今後の課題

災害時における緊急復旧工の今後の課題を下記に挙げる。

(1) 機械のメンテナンスおよび修理

被災地においての重機の使用は、その復旧の迅速性から連続的かつ通常とは異なった状況下となることが想定される。そのため、通常よりも故障や破損の可能性が高まる。万が一機械が使用不可となれば、応急の災害復旧が中断してしまうこととなり、一秒でも早く機械の修理が必要となる。災害時の応急復旧工事においては、代替の機械を用意しておくとともに、機械メーカー・修理業者の技術スタッフに早急の対応をしてもらうよう、日頃からの連絡体制の確立と現場対応要員の確保の協力依頼が大切である。

(2) 河川工事における増水対策

近年増加する線状降水帯がもたらす河川氾濫に伴う災害復旧工事では、復旧工事中の河川増水による二次災害リスクが想定される。今回の災害復旧工事においては、河川水位計の設置によりリアルタイムの水位観測を実施し、関係者へ即時に発報することにより河川事故を未然に防いだ。さらに、下流側河川水位と降水予報から連動する吾妻川出水警報システムを独自に構築し、二重の安全対策（ダブルセーフティ）を実施することにより気象リスク低減に努めた。今後は、建設機械自体に通信機能を持たせ、気象予報を踏まえて建設機械が自主的に退避できる機能の開発が望まれる。

6. おわりに

緊急迂回路および迂回路の供用が嬭恋村の復興の第一歩となり、この先の災害復旧工事の一助となって一日でも早く地域の皆様が被災前の生活に近づけられれば幸いである。

私たちは嬭恋村の「嬭恋晴レルヤ」プロジェクトを応援しています。

「嬭恋晴レルヤ」

大型台風の発生や新型コロナウイルスの世界的な流行。観光・宿泊施設、飲食店や農家をはじめ、嬭恋村民の暮らしに不安な日々が続いています。そんな嬭恋村が、前を向いて歩いていくための合言葉「嬭恋晴レルヤ」。それは、地域を越え、村を越えてつながる「助け合い」の架け橋。たくさんの思いが幾重にも重なって、ひとつになる。晴れやかで輝かしい明日が必ず来ると信じて。

No Rain, No Rainbow! つらいことのあとには、きっといいことが待っている。



図—4 孺恋晴レルヤロゴ



写真—12 緊急迂回路供用日翌日に現場上空に架かった Rainbow!!

謝 辞

最後になりますが我々の力だけではこの短期で緊急迂回路供用から迂回路供用までを成し遂げることはできなかった。この背景には、地元住民、孺恋村担当者、群馬県担当者など関係各位のご理解ご協力、そして、国土交通省関東地方整備局殿の関係先との早急な協議・調整他を頂けたことがある。誌面を借りて厚く御礼を申し上げます。

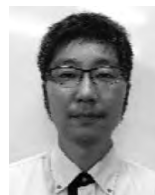
J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所 HP 国道 144 号孺恋村鳴岩橋権限代行事業について

【筆者紹介】

中村 誠（なかむら まこと）
大成建設㈱ 関東支店
R1 国道 144 号鳴岩橋緊急復旧工事
作業所長



政氏 信之（まさうじ のぶゆき）
大成建設㈱ 関東支店
R1 国道 144 号鳴岩橋緊急復旧工事
監理技術者



コンクリート製品搬送据付装置 「リフトローラー工法」の紹介

阪 口 裕 紀

通常、プレキャストコンクリート製品の施工は、クレーンを使用して据え付けを行っている。しかし、市街地など施工現場が狭い場所や、電線下、道路・鉄道の高架下など、上部に制限のある場所での施工が増えてきている。前述のようなクレーン施工が困難な施工現場でも、安全かつ容易に施工できる横引き工法として、コンクリート製品搬送据付装置「リフトローラー工法」（以下「本工法」という）を開発した。

本稿では、防災・災害復旧事業において採用されたプレキャストコンクリート製品をリフトローラー工法で施工した事例を紹介する。

キーワード：横引き工法、プレキャストコンクリート

1. はじめに

現在、建設業界では、建設現場の生産性向上の取り組み「i-Construction」を行っており、その柱の一つとして、規格の標準化によるプレキャストコンクリート（以下、PCa）を利用した省力化や工期短縮に取り組んでおり、PCa製品の活用は拡大していくと考えられる。

PCa製品の据え付けは、一般的にクレーンを使用して行っている（写真－1）。しかし、市街地などで施工現場が狭い場所や、電線下、道路・鉄道の高架下など、上部に制限のある場所での施工が増えてきている。これらの施工現場では、クレーンが近くに設置出来ず、施工が困難で、大幅な工期と費用を要していた。このようなクレーン施工が困難な施工現場でも、安全

かつ容易に施工できる横引き工法として、コンクリート製品搬送据付装置本工法を開発した（写真－2）。この装置は、PCa製品の搬送から据え付けまでの一連の作業を行うことができ、工期短縮、省人化・省力化といった部分に大きな効果のある横引き工法として注目されている。

2. 装置概要

装置の種類は、施工現場の状況を考慮し、ハング式とサイド式の2つのタイプがある。ハング式は、PCa製品を内側から吊り上げる装置で、前脚が1本のタイプと2本のタイプに分かれている。製品重量や製品サイズによって装置を使い分けている。1本脚タイプ（写真－3）は製品重量が2t、6t、15tまで吊り上げる



写真－1 PCa製品クレーン施工状況



写真－2 搬送据付装置での施工状況

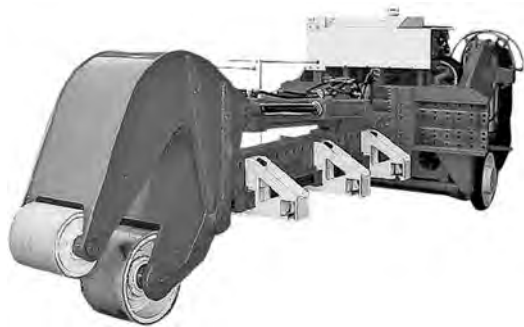


写真-3 ハング式（1本脚タイプ）



写真-4 ハング式（2本脚タイプ）

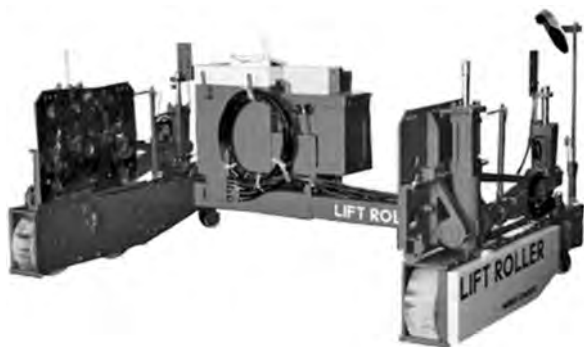


写真-5 サイド式 15t

ことが可能で、2本脚タイプ（写真-4）は製品重量が15t、25t、50tまで吊り上げることが可能な装置をそれぞれ揃えてあり、小さなPCa製品から大きなPCa製品まで、対象となるPCa製品を吊り上げるのに適した装置を現場で使用することができる。サイド式は、PCa製品を外側から吊り上げる装置（写真-5）で、両側の脚の内側でPCa製品を抱え込むようにして吊り上げる。製品重量が2tまでと、15tまでを吊り上げることが可能な装置を揃えている。

3. 装置の特長

本工法の特長は次の通りである。

①クレーン施工が困難な場所でPCa製品の据え付けが可能

道路高架下でクレーンでの施工ができない場所や市街地でクレーンの入れない狭い場所でも、リフトロー

ラー（以下「本装置」という）を使用してPCa製品の据え付けが可能である（写真-6）。

②曲線部、折れ点部での施工が可能

基礎コンクリートにレールやガイドを埋め込んだりする加工作業は一切必要なく、曲線部、折れ部を自走して施工することができる（写真-7）。

③縦断勾配部での施工が可能

縦断勾配は上り、下りともに10%程度までPCa製品を保持した状態で走行し、据え付けすることができる（写真-8）。



写真-6 道路高架下での施工状況



写真-7 曲線部での施工状況



写真-8 縦断勾配部での施工状況

④本装置にて正確・安全な位置決め作業が可能

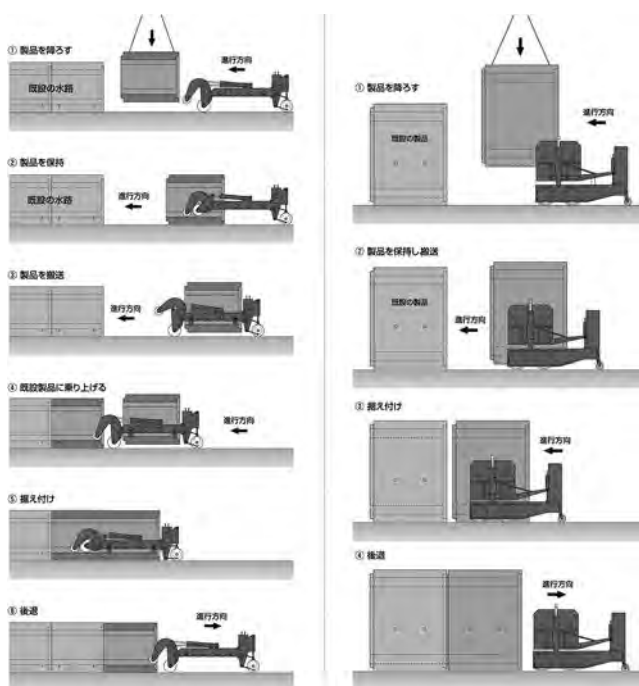
装置には調整機能が付いており、PCa 製品の上下左右の微妙な位置合わせも mm 単位での位置合わせができる。

⑤本装置は低騒音、低振動

発電機やバッテリーから電気を供給して各機能を動かしているため、通行が多い市街地内や人が集まる公共施設の近くの現場においても、騒音と振動を気にすることなく使用することができる。

4. 施工手順

PCa 製品の施工手順を図一 1 に示す。



図一 1 施工手順

①基礎コンクリートを有筋で築造する。

標準的な基礎はひび割れ防止として D13 鉄筋を 300 mm メッシュで配置する。

②本装置前方に PCa 製品を仮置きする。

③2つの前輪を使用し、PCa 製品底版に乗り上げる。

④PCa 製品を乗り越えた後、PCa 製品を保持する。

⑤PCa 製品を保持した後、所定の位置まで製品を搬送する。

⑥所定の位置まで PCa 製品を搬送したら、2つの前輪を使用して既設底版に乗り上げる。

⑦調整機能を使用して PCa 製品を据え付ける。

⑧据え付け完了後、本装置を後退させ、発進位置まで戻る。

以上の手順を繰り返し行い、施工する。

5. 施工事例紹介

現在までに全国で 1,660 件以上の施工実績をあげ、工期短縮とコスト削減を実現している。防災・災害復旧において採用された PCa 製品を本工法で施工した事例を紹介する。

(1) 静岡県 豪雨対策緊急整備事業

(a) 工事概要¹⁾

三島市南二日町地区は、局地的豪雨時には国道 136 号の南二日町交差点で道路冠水による通行止めが生じるなど、幾多の豪雨により度々浸水が生じている。その対策の一つとして、捷水路部の新設により流下能力、貯水能力を確保し、治水安全度を高め、大雨等における地域の安全度の向上を図る。捷水路部は 2 分割ボックスカルバート (B) 4,500 mm × (H) 4,000 mm × (L) 1,500 mm、製品重量 21,150 kg が採用された。

(b) 課題

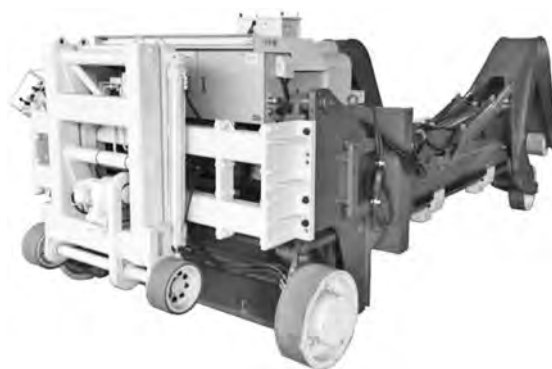
2 分割ボックスカルバートを施工する上で次の課題があった。

- ・現場搬入路の入り口が狭く、設置出来る大型クレーンが限定された。
- ・現場に設置出来るクレーンの作業半径では装置前方に製品を降ろすことができない。

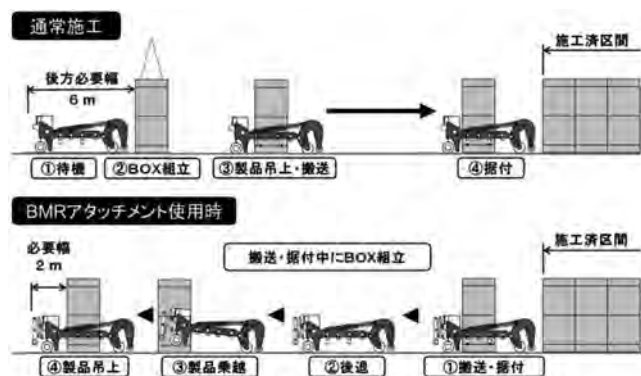
これらの課題を解決するため、後退機能を付加したアタッチメント BMR (Back Moving Roller の略称) の開発を行った (写真一 9)。ハング式 25t の装置後方に BMR アタッチメントを取り付けて、装置を後退させながら PCa 製品を乗り越えて製品を保持する方法 (図一 2) を提案し、採用された。

(c) 施工状況

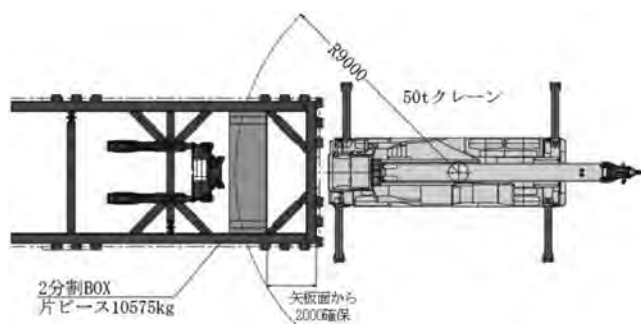
施工時の平面図を図一 3 に示す。装置前方に製品を降ろさなくても施工できるようにすることで、必要な作業半径を小さくでき、クレーンの課題を解決できた。施工の状況を写真一 10 に示す。また装置が搬送・



写真一 9 BMR アタッチメント



図一2 PCa 製品を後退乗り越え製品を保持する方法



図一3 施工平面図



写真一10 2分割ボックスカルバート施工状況

据え付けを行っている間に、発進部では次のPCa 製品の上下分割部材を組み立てでき、作業効率も向上した。

(2) 神戸市 六甲アイランド島内災害防止緊急対策工事

(a) 工事概要²⁾

平成30年9月の台風21号により六甲アイランドでは大規模な浸水が発生し、港湾施設の浸水被害等大きな被害を受けた。そこで次の台風襲来機（令和元年8月）までに再発防止策を講じることとなった。対策を検討した結果、7カ月間で道路の高上げ及び胸壁等を

施工することで再発防止を図るほかないとの判断に至った。

(b) 課題

道路の高上げおよび胸壁等を施工する上で次の課題があった。

- ・7ヶ月間で測量、設計、施工を完了させる必要がある。
- ・高潮による水圧に耐えうる構造が必要である。
- ・護岸近傍のため、塩害対策を行う必要がある。
- ・現場が狭小で、大型クレーンが配置できない場所での施工が必要である。
- ・止水対策が必要である。

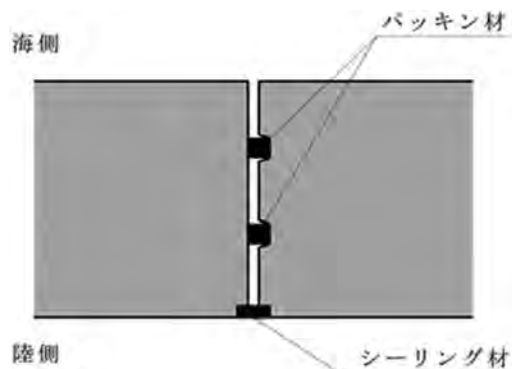
これらの課題を解決するため、PCa 製品による本工法の提案を行い、採用された。

(c) 製品概要

堤防天端部に設置することで胸壁の構築が図れる自立式プレキャスト特殊堤「パラベットL型」（写真一11）で対応した。製品サイズは(H)2,500 mm, 2,400 mm × (L) 2,000 mm で構造検討を行った。護岸近傍で塩害対策として、鉄筋かぶりを80 mm とした。止水対策としては、製品継ぎ目部に内外の2重にパッキンを設置し、陸側の目地部にはコーキングを施した（図一4）。



写真一11 パラベット製品



図一4 止水対策方法

(d) 施工状況

既存の施設が隣接し、クレーンでの施工が困難な箇所については、ハング式15t(1本脚タイプ)を使用し、堅壁2点、底版1点にてPCa製品を保持し、所定の位置まで搬送し、据え付けを行った(写真—12)。

工事は多少遅れたが、令和元年8月中には全ての製品を納入し、9月中旬には主要な構造物の施工が完了した(写真—13)。施工完了後、浸水被害は発生していない。



写真—12 バラベツ施工状況



写真—13 バラベツ施工完了

6. おわりに

本稿で紹介した本工法リフトローラー工法は、ボックスカルバートや三面水路、L型擁壁など様々なPCa製品の搬送・据え付けが可能な装置である。今後もリフトローラー工法を通じて、高品質なコンクリート二次製品を提供させて頂くことにより、社会基盤整備に貢献していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 静岡県沼津土木事務所 HP, http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-830/kasen/documents/47_h30gotengawagouusaigai.pdf
- 2) 神戸市 HP, https://www.city.kobe.lg.jp/business/contract/bid/2018/zuikei_koji/img/30E1-043.pdf

〔筆者紹介〕

阪口 裕紀 (さかぐち ゆうき)
丸栄コンクリート工業(株)
総合技術研究所 技術開発部 開発課
課長代理



ハイパースペクトルカメラの災害調査への適用

小 野 秀 史

災害時の調査への適用を目的として、ハイパースペクトルイメージングによる火山性土壌の物性情報(特に含水状態)の取得方法について実効性の検証を行った。ハイパースペクトルイメージング手法を用いると、肉眼では識別できない光の波長情報から、非接触かつ迅速に対象物の特性を調べることができる。

ハイパースペクトルカメラによる室内・野外計測実験を行い、その結果、計測対象の組成・含水状態の差異とスペクトル特性との連関性を示す手法や解析画像の有用性を確認した。本手法を用いると、含水状態などの土壌表層の状態変化を非接触にて捉えることができるため、火山災害の緊急調査、とりわけ表層崩壊や土石流発生の予測情報提供に役立てることができる。

キーワード：火山防災, 災害調査, 現地計測, 野外計測, ハイパースペクトル, 火山性土壌, 土壌水分, 含水状態

1. はじめに

火山や火山性地盤が分布する山地の源頭では、地盤表層土壌中への水の含まれ方や水の流れによって、脆弱化や崩壊の発生しやすさに影響が及ぶ。発災のケースとしては、降灰後の多降雨による表面流や浸透流の発生が多いが、土壌中の含水状態変化の観点からは、山体崩壊につながる広義の液状化も含まれる。

特に活火山においては、噴火後の土石流の発生原因の一つとして、降灰による地表面の浸透能低下とそれに伴う表面流・浸透流発生との関連が議論されている^{1)~4)}。浸透能低下の素因として、火山灰の粒径粒度、密度、含水比、組成などの特性が関係すると考えられている。これらの情報は火山灰の堆積層厚とともに、土石流の発生とその流下を演算するための情報として重要であり、噴火直後の調査・観測にてこれらの情報をいち早く掴むことで、発生する土石流の規模や時期の予測に役立てることができる。

しかしながら、噴火直後の調査には困難と危険が伴われる上、迅速な情報収集が求められる。このため、現場での無人観測・間接観測による情報収集を想定し、その手法としてハイパースペクトル・マルチスペクトル計測法に着目して現場調査への実用化の検討を進めている。

2. ハイパースペクトルカメラの原理と構造

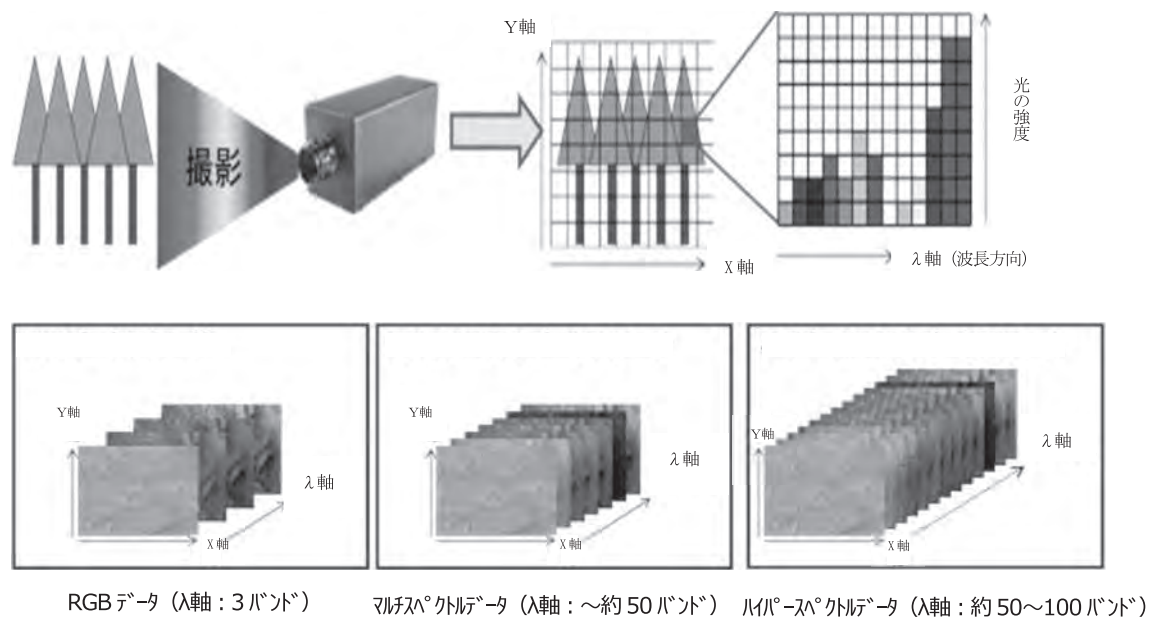
(1) ハイパースペクトルイメージング

ハイパースペクトルとは、約 50 ~ 100 バンド以上に分光されたスペクトルのことを指す。4 波長以上の多波長の分光情報をマルチスペクトルと呼んでいることから広義のマルチスペクトルに含まれるが、一般的にはマルチスペクトルは 50 バンド程度まで、ハイパースペクトルは 100 バンド程度の連続したスペクトル情報を含むものとして区別されることが多い(図—1)。

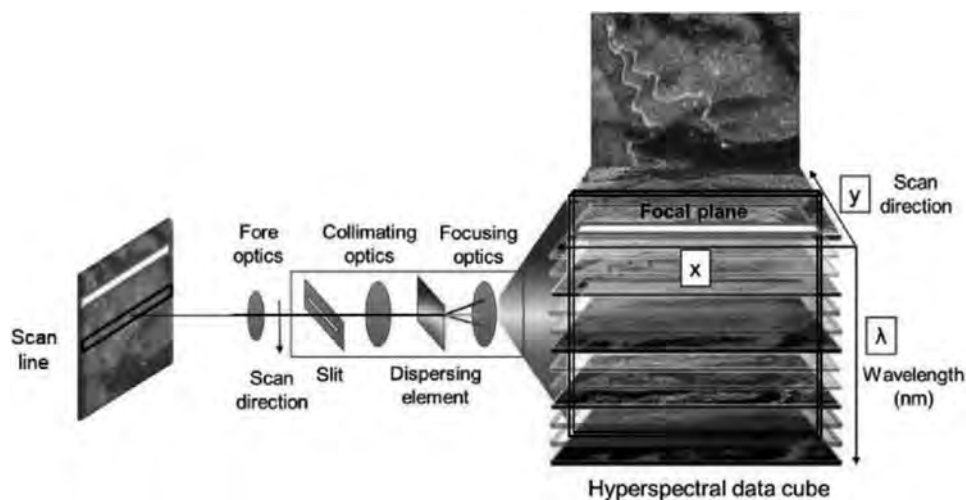
人間の肉眼は3つの錐体細胞により、RGB(赤・緑・青)の3バンドの光を感知し、可視光領域の光(おおむね波長が 400 ~ 800 nm の領域)の多くを RGB の合成として識別している。しかし、自然光はより細かく分けられる多数の帯域(バンド)の光でできており、それらは物質に応じて様々な吸収特性を有する。これら多バンドの光の吸収特性を用いると、肉眼や RGB カメラでは識別できない細かな色の情報の判別や、対象物の特性・材質などの微細な識別が可能となる。

(2) ハイパースペクトルカメラの構造

ハイパースペクトルカメラは、多バンドのスペクトルデータを画像 1 ピクセルごとに取得する構造をもつ(図—2)。つまり、2次元の位置情報に加えて、多バンドごとのスペクトルの情報を同時に取得することができる。これは、高解像度化のような従来の技術更



図ー1 ハイパースペクトルカメラの原理



図ー2 ハイパースペクトルカメラの構造

新とは異なり、質的变化を伴う技術革新である⁵⁾。肉眼では識別できないこれら多バンドのスペクトル情報を用い、非接触な計測手順・方法により対象物の物理特性や化学組成を調べることのできる装置として、ハイパースペクトルカメラが注目されている。

ハイパースペクトルカメラの分光方式には主として以下の2つのタイプが存在する^{5), 6)}。

- ①波長分散型：回折格子やプリズムを用いて分光を行う方式である。高い分光精度が保証されるが、2次元画像を取得するために空間方向のスキャンを要する。多くは外部スキャン機構をもつが、一部にはスキャン機構を内蔵したカメラもある。
- ②フィルタ型：特定の波長の光のみ透過させるバンドパスフィルターを用いている。このタイプはスキャン機構を要さないため1フレームで全波長の高速撮

影が可能である。しかし、その構造から波長毎の波長分解能が一定でなく、波長間分離性能の低下、偏光の影響などにより分光精度の信頼性保証に課題がある。

本研究では、エバ・ジャパン製ハイパースペクトルカメラ SIS-I 型 (図ー3) を用いた。これは上記①波長分散型のうちスキャン機構を内蔵したタイプである。このため計測時にカメラ自体を走査させる必要がなく固定設置での撮影が可能であることから、定位置での観測に適している。

また、当該カメラの測定波長は 900 ~ 1700 nm で近赤外域をカバーする。2 (3) に示すとおり土壌中の水をはかることに主眼をおいたため、近赤外領域を捉える目的から機材の選定を行った。波長分解能は



図—3 SIS-I型ハイパースペクトルカメラ（エバ・ジャパン製）の外観

10 nm である。

ハイパースペクトルカメラの分光・検出系の概念図を図—4に示す。対物レンズを通過した入射光をスリットに通して1ライン分の入射光を取り出す。この光を分光ユニット内に設置した透過型分散素子により波長ごとに分光して、ディテクター（検出器）に結像させる。なお、ディテクターのセンサーには900～1700 nmの近赤外域に感度帯域を持つInGaAs（インジウム・ガリウム・ヒ素）センサーが採用されている。

図—4の点線で囲んだ構造部を上下にスキャンすることで、1ラインごとの分光データを取得し、2次元の分光データを作成する仕組みである。計測したデータはUSB2.0ケーブルを介してPCに出力し、バイナリデータとして記録される。

(3) ハイパースペクトルカメラによる近赤外分光

火山の源頭部における土石流発生や斜面崩壊の素因情報が主たるターゲットであるため、火山灰等の火山碎屑物の諸物性の中でも特に含水状態に留意する必要がある。したがって、土壌の含水状態が把握可能な近赤外分光法に着目して、近赤外域を測定可能なハイパースペクトルカメラを撮影機材として採用し、画像解析による対象土層の含水状態の可視化を試みた。なお既往の研究より、土壌水分や岩石の水和度を計測する手法として近赤外分光法が活用されており、OH基の伸縮運動の倍音に相当する吸収スペクトルの水和度評価の有効性が示されている^{6), 7)}など。

近赤外光は通常、波長800～2500 nm（波数12500～4000 cm^{-1} ）の領域の光を指す。近赤外分光法は、

この近赤外域における光の吸収、発光、反射、拡散反射に基づく分光法である。水は対称伸縮振動（ ν_1 ）、変角振動（ ν_2 ）、反対称伸縮振動（ ν_3 ）と呼ばれる3つの基準振動をもつ。水の近赤外吸収スペクトルは、970 nm, 1450 nm, 1940 nm 付近に観測されるが、これはそれぞれ水の3つの基準振動の結合音 $2\nu_1 + \nu_3$, $\nu_1 + \nu_3$, $\nu_2 + \nu_3$ によるものである⁶⁾。これらの帯域の吸収スペクトルを観察することで、対象物の含水状態を把握できる。

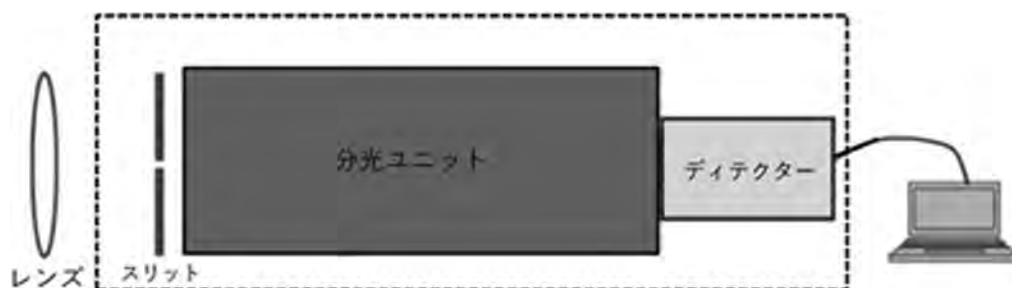
3. 基礎的な技術検討（室内計測実験）

ハイパースペクトルカメラを用いた火山性土壌の含水状態を把握する方法について室内実験・野外実験を行い、基礎的な有効性を確認した。室内実験では、天然の火山灰試料のほか人工調整試料も用いて検証を行い、測定対象物の組成、含水状態の違いとスペクトル特性の連関を確認した。特に、土壌試料の含水比の変化は、水分子基準振動に由来する特定波長の吸収特性を示すスペクトルパターンと連関することから、状態変化の可視化を可能とする。ハイパースペクトルカメラによるタイムラプス撮影やマルチスペクトルビデオカメラの動画撮影により、含水率変化に伴う土壌表層の状態変化を捉えることができる。

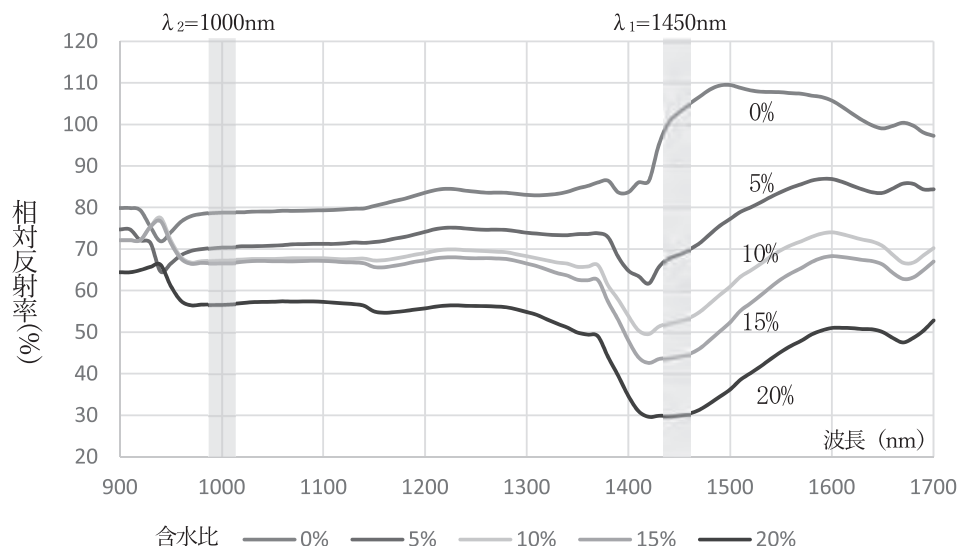
(1) 人工調整試料を用いた室内計測実験

ハイパースペクトルカメラを用いた土壌物性値の把握について、まずは方法の実効性を検証するため、粒度調整した人工試料を用いて室内計測実験を行った。光源には、近赤外波長域の光を照射可能なハロゲンランプを使用し、バックグラウンド補正、暗電流ノイズ除去補正を行っている。

実験結果の事例を図—5に示す。スペクトルデータ（相対反射率）の正規化には、NDSI（※ Normalized Difference Spectral Index）を用いた。これは、選択した2波長（ λ_1 （観測波長）、 λ_2 （基準波長））の吸収と反射の差分で正規化することにより、誤差因子の



図—4 SIS-I型ハイパースペクトルカメラの分光・検出系の概念図



図一5 人工調整試料の計測結果・スペクトルグラフ（例）

影響を軽減して特徴因子を鮮鋭化する方法である。単一波長の反射強度の比較評価だけでは目的とする含水比以外の要素の影響を受け、含水比にもとづく相対強度変化を検出しにくくなる。そこで2波長の反射強度の差分を計算することによりその影響を緩和するものである。

$$\text{NDSI} (\lambda_1 / \lambda_2) = (I_{\lambda_1} - I_{\lambda_2}) / (I_{\lambda_1} + I_{\lambda_2})$$

I_{λ} : λ nm の反射強度

実験結果より 1450 nm 付近に吸収特性が認められ、ハイパースペクトルカメラが試料中の水の存在を捉えている。さらに、試料の含水比が高まるにつれて吸収特性が大きくなる（相対反射強度が低下する）のが明瞭に現れている。図一6には、人工調整試料を、RGBカメラとハイパースペクトルカメラで撮影した画像を比較して掲載した。RGBカメラや肉眼では識別し難い含水比の変化を捉えられることが確認できる。

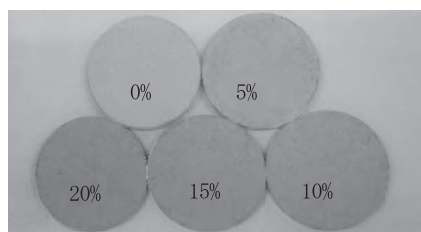
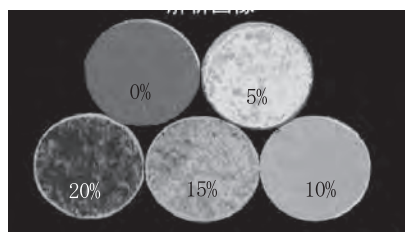
(2) 天然火山灰（火山碎屑物）試料を用いた室内計測実験

天然試料（未知試料）の計測実験では、粒径粒度の

違いによりカテゴリー分類し、各々について含水比の変化に伴う計測結果の変化を調べた。細粒分に富み粒径が比較的揃っている試料（カテゴリー A 試料）は、含水比の上昇とともにハイパースペクトル解析画像のカラーグラデーションが連続的に変化して認識しやすい結果であるのに対して、粗粒な鉱物を多く含む試料（カテゴリー B 試料）では平均カラーグラデーションだけをみると含水比 10% 試料と 15% 試料の識別が難しい（図一7）。しかし、解析画像の微小領域をよく観察すると、含水比 15% 試料の方が 10% 試料に比べて間隙水の領域が広く分布していることがわかる（図一8）。このように、ハイパースペクトルカメラにより、平均的な含水量だけでなくその分布状態についても調べることができる。

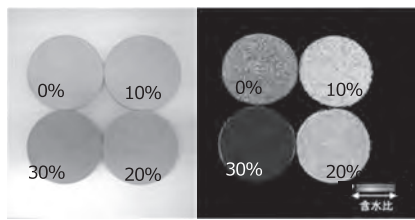
(3) 土壌表層の含水状態の連続変化を観測する実験

降雨による土壌表層の含水状態の連続変化とそれに伴う表層の形状変化を、ハイパースペクトルカメラによって捉えることが可能か検証するため、模型地盤を用いた人工降雨浸透実験を行った。降灰した斜面を模した模型地盤を準備し、これに人工降雨（30 mm/h

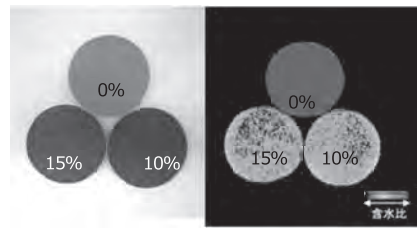
計測試料のRGB画像（例）
数値は含水比

ハイパースペクトル解析画像（例）

図一6 人工調整試料のハイパースペクトル解析画像（例）



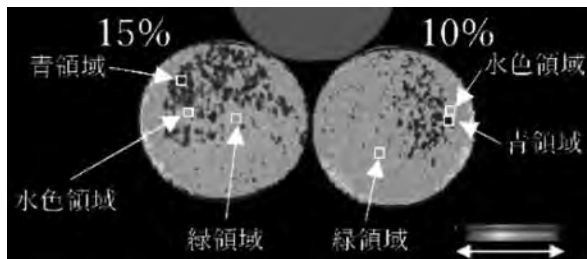
霧島硫黄山 (カテゴリーA試料)



霧島新燃岳 (カテゴリーB試料)

各左：RGB画像，各右：ハイパースペクトル解析画像（%は含水比）

図—7 天然試料の解析画像の比較



数字 (%) は分析試料全体の含水比の平均値を示す。
一方、分析試料中の色領域は微小領域の含水比をあらわす。
含水比が高い順に、青領域 (30%以上)、水色領域 (10～30%)、緑色領域 (10%未満) となる。

図—8 微小領域の比較 (霧島新燃岳：カテゴリーB試料)

程度の強度) を降らせ、模型地盤の上方に設置したハイパースペクトルカメラで経時撮影 (タイムラプス撮影) して連続解析画像を作成した (図—9)。

実験の結果から、解析画像には肉眼では識別しにくい土壌表層部の含水状態の変化とともに、亀裂の発生、表面流の発生の状況が捉えられた。土壌表層が飽和状態に近づき表層土壌の流動が始まるまでの経過を現しており、飽和 - 崩壊に至る過程とその経過時間の関係を調べることができる。土壌表層部の含水状態変化を客観的に把握し斜面崩壊・土石流発生の予測に活用できる可能性が示された。

4. 現地計測に関する検討 (野外計測実験)

室内実験ではハイパースペクトルカメラの基本的な活用方法と可能性について検証し、概ね期待した結果を得た。しかし、野外での撮影では、太陽を光源とする際の課題、大気中水分の影響、機器の対候性・携行上の課題など、災害時・野外の調査を想定した上で検討を必要とする課題が多い。

(1) ハイパースペクトルカメラによる土壌の含水状態の把握

野外の諸条件下で土壌中の含水状態を把握するためには、撮影条件を変えながら有効波長を探索していく

必要がある。基本的な計測手順は以下のとおりである。

(a) 撮影の手順

ハイパースペクトルカメラを三脚に設置し、太陽光を光源とした撮影を実施する。太陽光は天候状況によってその強度を常に変化させるため、対象物を撮影する際に標準反射板 (白板) を同時に (同じ撮影条件下で) 撮影し、太陽光のスペクトルを記録する。標準反射板の撮影データは、画像解析時にキャリブレーション用のデータとして使用する。

(b) 解析の手順

標準反射板の撮影データを用いてキャリブレーションを行ったデータを使用して、画像を解析する。

①第1段階の解析

水分含有量の異なる部位のスペクトルを比較し、水分含有量によって変化する特徴波長を探索する。この解析では、水分によって変化する波長と変化しない波長 (基準波長) の2波長の強度差 (差分) を利用し、水分分布の可視化画像を作成する。

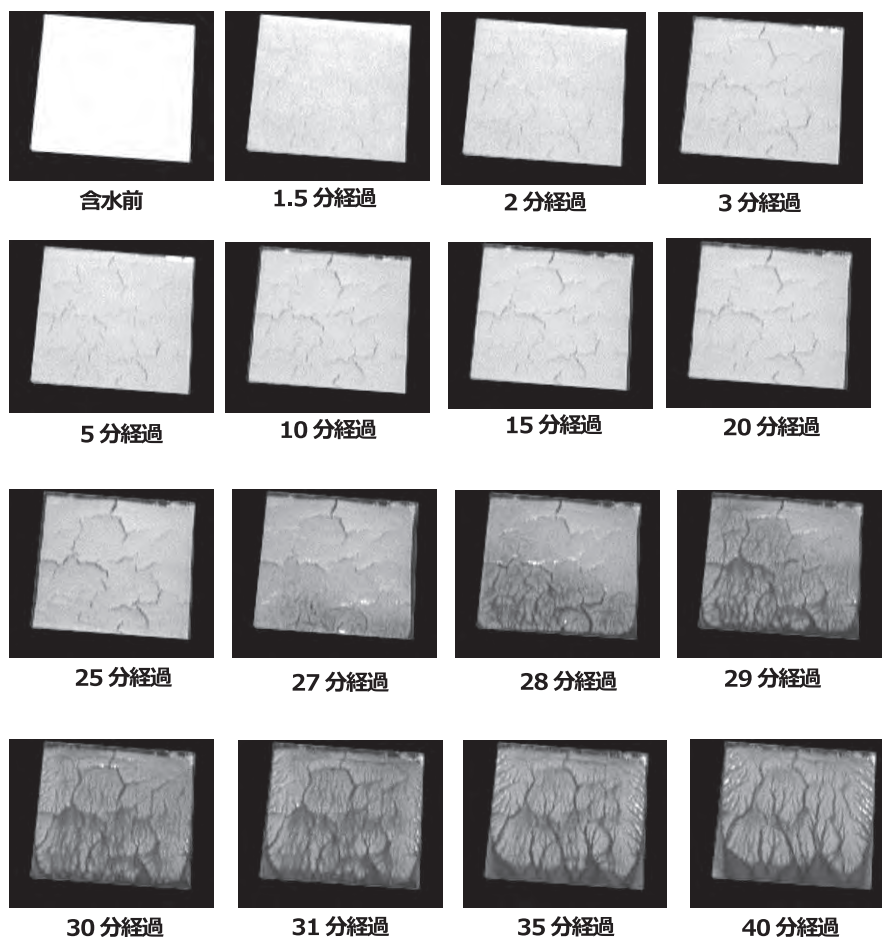
例として、火山灰堆積斜面に人工散水した前後の解析画像の比較写真を示す (図—10)。

図—10 左側写真の矢印先端 (2箇所) に散水を行っている。散水前は周囲の土壌と違いのない様相だが、散水から約20秒後の画像には土壌中の浸透水のハイパースペクトル像が現れている。この像はRGBカメラや肉眼では確認されなかった。

②第2段階の解析

第1段階の解析だけでは、水分が含まれる植生や大気等も検出されてしまう。そのため、土壌水分と直接関係なくかつ植生や大気の特徴的な波長を別途探索して植生・大気の検出画像を準備し、第1段階の解析画像に対してこれを合成処理することで、植生・大気を除去した処理画像が作成できる。

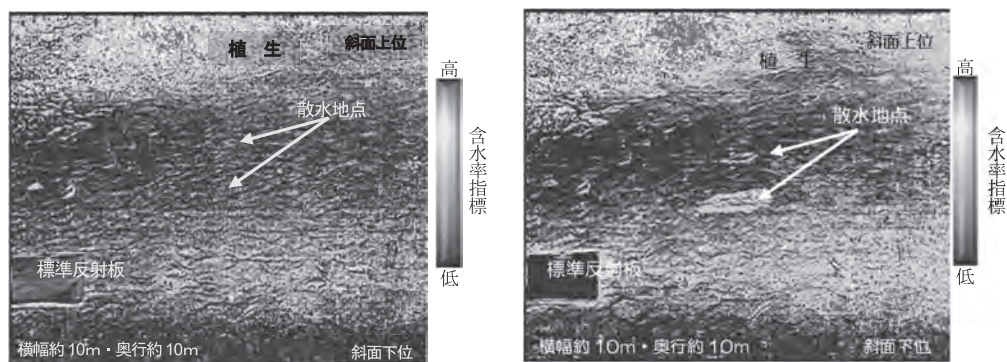
図—11 に第1段階と第2段階の各解析画像の例を示す。この解析で用いた教師データは限られた数しかなく、また解析処理も簡易なAIによるものであるが、より規模の大きい複雑な画像処理では十分な量の教師



模型平面サイズ：20 cm×20 cm

各写真は、模型の上方から撮影したもの
写真の上側は模型の斜面上方に相当する。

図一 9 模型実験（人工降雨浸透実験）・ハイパースペクトルカメラによるタイムラプス撮影結果



左：水散布前の状態

右：水散布から約20秒経過後

右写真の中央部、矢印先端散水地点から下・側方に水が浸透している像が見える。

図一 10 野外計測におけるハイパースペクトルカメラ撮影データ解析画像の例（1）

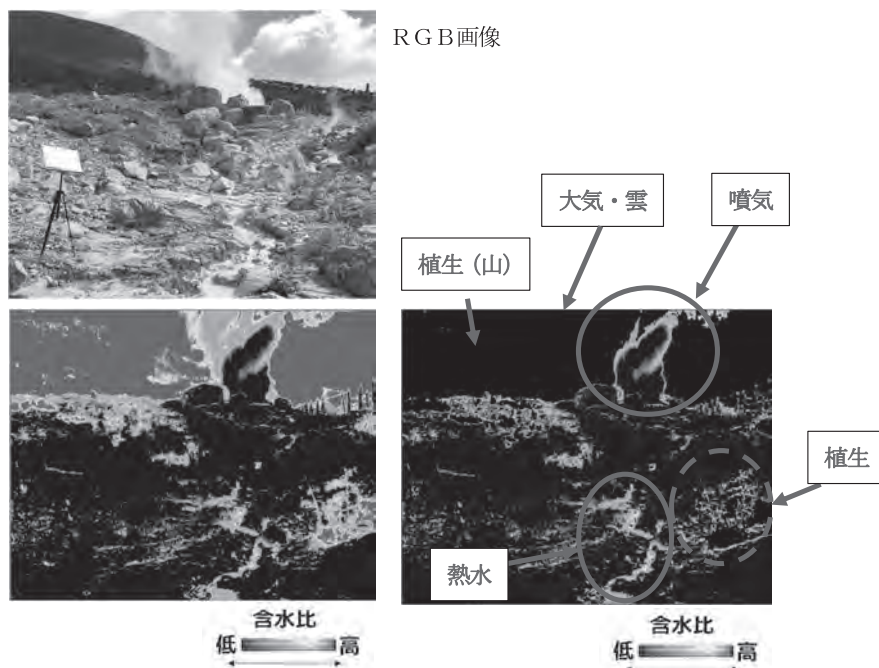
データと高度な AI 処理が求められることになる。

(2) リアルタイム・迅速撮影に向けた試み

ハイパースペクトルカメラは数十～数百波長を同時に取得でき分光性能が非常に高いが、一方で機器自体

のサイズが大型になり、かつ単位データあたりの撮影時間が長くなるため計測の迅速性確保に課題が残る。

そのため、取得波長数を目的帯域のみに制限して撮影時間の高速化をはかり、小型軽量化と計測の迅速性の向上に重点を置いた近赤外ビデオマルチスペクトル



左：第1段階の解析

右：第2段階の解析（大気・植生影響の除去）

下左図はハイパースペクトルの一次解析画像。目的である熱水・湧泉のほか、水分を有する大気・雲、植生も反応している。熱水・湧泉を識別するため、大気・雲や植生の情報を除いたのが下右図。水分子運動に影響のない他のバンドのスペクトル特性から植生や雲などを識別し、これらに該当するピクセルを除外する。

図—11 野外計測におけるハイパースペクトルカメラ撮影データ解析画像の例（2）



- ・撮像素子及び測定波長域: InGaAs センサー, 近赤外感度域 900nm~1700nm
- ・取得バンド数: 6 バンド
- ・サイズ: 110mm(W)x122mm(H)x145mm(D) ※突起部除く
- ・重量: 1.7kg
- ・電源: AC100V 電源
- ・撮影持続時間: 電源側に依存
- ・データ保存方式: 取得データはPCに転送され、バイナリデータとして保存

図—12 近赤外ビデオマルチスペクトルカメラ（エバ・ジャパン製）

カメラによる計測の検討を進めている。図—12 に近赤外ビデオマルチスペクトルカメラとその撮像例を示す。ハイパースペクトルカメラにより計測目的に合う有効波長を探索し、近赤外ビデオマルチスペクトルカメラによって迅速評価やリアルタイム計測を行うなどの使い分けが考えられる。

（3）現地計測における課題

現地計測では、以下のような検討課題がある。

（a）光源としての太陽光に関する課題

野外の計測では太陽光を光源とするが、太陽光の強度は計測地点、季節・時間帯及び天候によって異なる

ため、安定したデータを取得するためには基準となる太陽光情報を計測の原位置で同時に取得する有効な手段の開発が必要である。

将来的に UAV 等へスペクトルカメラを搭載して計測する場合、キャリブレーション用の日射計の併載や、撮影視野内に常に標準反射板を配置できる工夫などの検討が求められる。

また、太陽光が大気中を通過する際に、大気中に含まれる水分によって特定波長の光の多くが吸収されることから、土壌水分測定のために必要な波長帯が有効に使えない場合がありうる。したがって、その波長帯を代替する有効波長が事前に探索できていることが望ましい。そのためには、高いスペクトル解析技術が必要不可欠となる。なお、本稿で計測・解析例として示した解析画像は、代替波長を探索して解析に使用したものである。

（b）降雨時の課題

撮影装置自体の対候性確保が必要であるほか、太陽光照射量の極端な減少かつ大気中水分による光吸収の影響の圧倒的増大のため、太陽光による計測は困難と予測される。そのため照射光源として人工照明を用いる等が考えられるが、実現可能性については検証を要する。降雨時の計測は、降雨そのものが水の分子運動として捉えられてしまうため、現実的には降雨の瞬間を外した撮影を行うか、水分子運動の影響ないバンド

やバックグラウンドなど他の波長情報を利用する等の工夫が必要である。

5. おわりに

スペクトルイメージングによる解析手法は、従来知り得なかった情報を手にする可能性を秘めた観測方法であると同時に、非接触・迅速な調査手段として災害調査への適用可能性について期待されている。

技術的課題として、スペクトルデータの可視化における解析技術の精度向上や、4章で述べた現地計測における課題が残っている。特に野外撮影では、太陽光の入射角度、雲量による光量の変化などへの対応が必要で、計測から得られるスペクトル吸収特性の要因識別のため、AI技術の解析への導入が今後求められる。

これらの課題を解決できれば、スペクトルカメラのUAVへの搭載、リアルタイム画像解析について技術検討を進め、将来的には航空写真解析画像やレーザー光による微地形解析結果と照合・連関させて、より有効な防災情報の提供に寄与する展開が期待できる。

なお、ハイパースペクトルイメージング技術は、防災分野のみでなく、その他の分野でも活用のための検討が進められており、インフラ施設点検（漏水、腐食、

表面状態観察、材質管理）やトンネル切羽観察などでも活用が期待されている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 高橋保, 土石流の機構と対策, 近未来社, 2004
- 2) 地頭園隆・永田治・寺本行芳・下川悦郎, 火砕流堆積物および火山灰に覆われた雲仙普賢岳山腹斜面における表面流出, 砂防学会誌, Vol.49, No.5, pp.42-48, 1997
- 3) 野村康裕・小杉賢一郎・水山高久, 三宅島・有珠山・桜島の火山灰の物理特性の比較検討, 砂防学会誌, Vol.55, no.6, pp.3-12, 2003
- 4) 清水収・地頭園隆・下川悦郎・山越隆雄・木佐洋志・瀧口茂隆・杉山光徳, 霧島山新燃岳の2011年1月噴火による降灰とその後の土砂移動, 砂防学会誌, Vol.64, No.3, pp.46-56, 2011
- 5) 高良洋平, スペクトルイメージングと産業応用への期待, OPTRONICS, No.8, pp.68-70, 2019
- 6) 尾崎幸洋, 近赤外分光法, 日本分光学会分光法シリーズ2, 講談社, 2015
- 7) 磯野陽子・木村隆行・中島悟, 近赤外分光法による花崗岩岩質の水和度の評価と岩石強度の相関, 応用地質, Vol.55, no.2, pp.86-92, 2014

【筆者紹介】

小野 秀史（おの ひでふみ）

（株）エイト日本技術開発 災害リスク研究センター
プロジェクトマネージャー



薄型パネルを用いたレンガトンネル修繕工と 施工機械の開発

T3 パネル工法・T カッター

大 本 晋士郎・畑 山 駿・谷 口 栄 一

鉄道レンガトンネルでは100年近く経過したものがあり、レンガはく落、漏水などの変状が発生する場合がある。これらのトンネル覆工のはく落防止を図ることを目的に、出来るだけ内空を侵さず、かつ迅速な施工が可能となる、薄型パネルを用いた修繕工の開発を行った。修繕工の構造は薄型パネルならびにT型支保工から成るが、T型支保工は覆工に溝を切削しはめる構造とし、覆工に安全かつ効率的に溝を切削する方法も検討し施工機械を合わせて開発したので、本稿ではその内容を報告する。

キーワード：レンガトンネル、薄型パネル、支保工、はく落、修繕工

1. レンガトンネル修繕工の開発

100年近く経過した鉄道トンネルは地方在来線で現在でも使用されているが、老朽化が進み、レンガ片やコンクリート片がはく落したり漏水により、トンネルの補修が必要になっている場合がある。このようなトンネルの断面は小さく、厚型の補強・はく落工では、車両限界・建築限界に干渉する場合があります、薄型の修繕工が必要とされている。

開発した修繕工は

- ・構造が薄型であること
- ・SL上半のはく落荷重としてレンガ4層分（8 kN/m²）の耐荷力を有すること

を目標として開発した¹⁾。なお荷重としてレンガ4層分としたのは、鉄道レンガトンネルの覆工はレンガ4層積みが施工標準であるためである。

構造は、トンネル形状に加工したT型鋼製支保工に比較的強度の高い薄型パネルを取り付ける。薄型パネルはセメントボード2枚を張り合わせアラミド繊維補強し、じん性を高めた厚さ約13mmの薄型のものを使用する（図-1、写真-1、2）。また支保工は、内空を出来るだけ侵さない薄型構造とするための工夫として、溝を覆工面に施工しT型支保工のウェブを嵌め込む構造とし、修繕工の飛び出し量を抑えてある。支保工の根足部分はレンガ面にアンカー止めし、全体の構造を支える。また薄型パネルと鋼製支保工はボルトを用いない特殊な金具を用いて接合する方式とした。

設置事例を写真-1、2に示す。写真-1は廃線ト

ンネルでの試験施工設置例で、支保工はSL位置でアンカー止めしてある。写真-2は営業線トンネルの地震被災復旧のために設置した例で、支保工は下半も設置し、路盤位置でアンカー止めしてある。

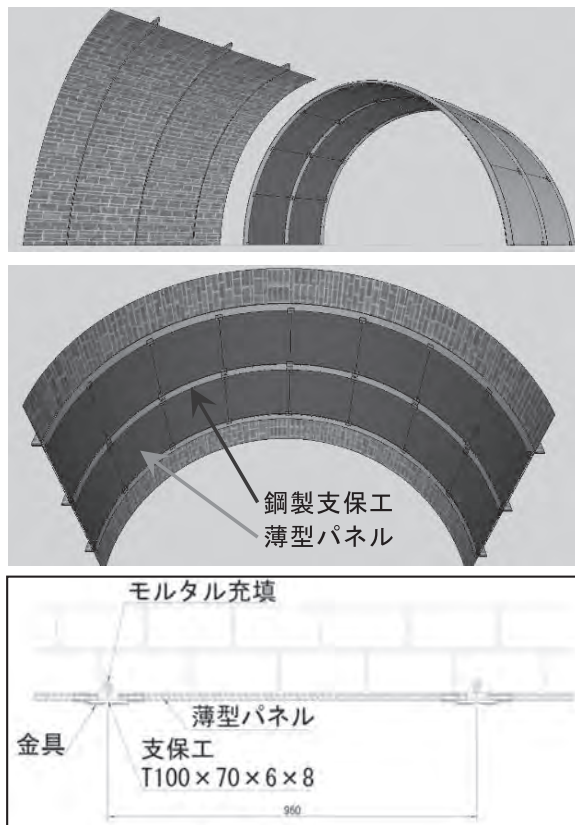


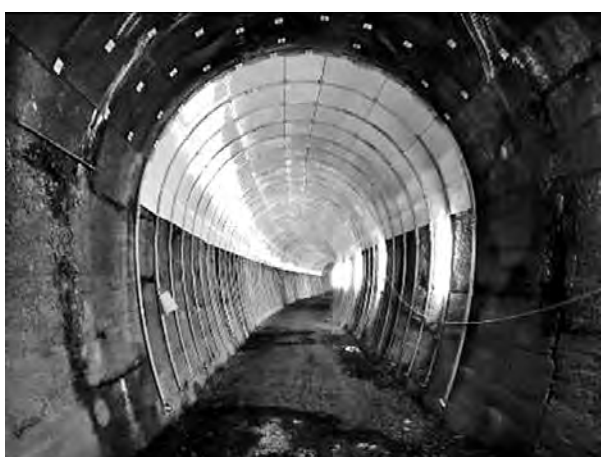
図-1 修繕工概要図



写真一 1 T3 パネル工法設置事例 1



写真一 3 レンガ切断工



写真一 2 T3 パネル工法設置事例 2



写真一 4 レンガはつり工

2. 施工機械の必要性・コンセプト

修繕工法の開発にあたり、先行技術として、パネルおよび支保工で補強する「サポートライニング工法」がある。レンガトンネルで施工を行った事例²⁾において、「サポートライニング工法」ではレンガを150 mm 深さではつた後、H 型支保工を建て、ダクトパネルを設置し背面を充填した。断面を狭小化しない優れた工法であるが、施工では以下の課題が明らかになった。

- ①レンガ切断工 (写真一 3)：レンガを150 mm 深さではつる準備として、はつり範囲の周囲を Cutter 機械で目地切りした。レンガは、かみ合わせ構造のため、目地切りしないではつると連鎖的に崩れる可能性があるためである。目地切りに使用した機械はハンディタイプのコンクリート Cutter であるが、人力のため切断中に回転ブレードが弾かれるなど、施工中安全性に苦慮した。
- ②レンガはつり工 (写真一 4)：レンガをはつり取るとレンガが緩み、安定（アーチアクション）を

崩すため、都度レンガが緩み落ちないように角材で切梁を設置する必要があるが、作業効率を著しく阻害した。また天端上方の作業ではレンガの抜け落ちに注意し施工中安全性に苦慮した。

レンガをはつる作業には非常な時間と手間が掛かった経験をふまえ、レンガトンネルの修繕工において、安全性・施工性を考慮すると

課題①：レンガのはつりを必要最小限とするか、無くす

課題②：作業の機械化
が必要であることが判明した。

この経験を基に新たな修繕工の開発に際し、①に対し、レンガに溝を切削し、T 型支保工を溝にはめる構造を考案した。また②について覆工の溝切削作業用に施工機械を開発した。

3. 機械開発の基礎試験

覆工に溝を切削できる機械としては表一 1 のものが挙げられる。

表ー1 溝切削機械（ベースマシン）の選定

ベースマシン	コンクリートカッター	ダイヤモンドチェーンソー	ウォールソー	コアボーリング
概要	重量約 13 kg, 直線的に溝を切断するには定規や保持装置が必要	重量約 10 kg, 直線的に溝を切断するには定規や保持装置が必要。切削深さがコンクリートカッターより深い	ガイドレール上を移動するため一定深さで直線的に切断可能。ガイドレールを対象物にアンカー止め	鉛直に削孔する機械。横にずらしラップさせて削孔すれば溝上に切削可能
適用性	×	×	○	×

支保工設置に際し、溝の切削精度がいい加減では、支保工を溝にはめること自体が困難となる。またパネルを設置するため支保工間隔も精度が必要である。そのため正確に直線的に切削できる基本性能を有したウォールソーを今回の開発機械のベースマシンとして採用することとした。

ただしウォールソーの課題として以下の事項が挙げられた。

課題①：カットラインがウォールソーのブレード幅（5 mm 程度）

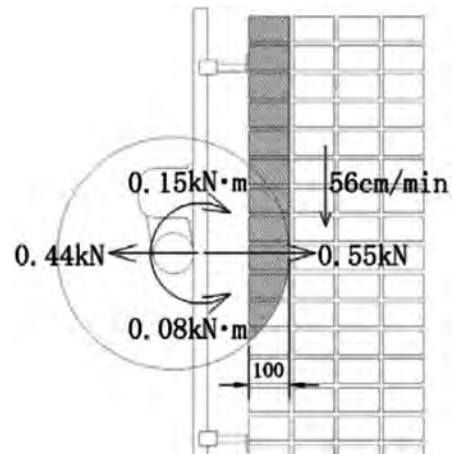
課題②：ウォールソーの反力をどうするか。アンカー止めに代わる固定方法

課題③：レンガトンネル断面曲線半径（2200 mm～2800 mm）に沿った一定の深さの確保

①について、T 型支保工がはまる溝幅を 15 mm と設定したが、ブレード 1 枚ではその幅を切削できないことからブレードを 2 枚にし、レンガを中抜きする方法とした。

②について、通常ウォールソーの反力はアンカー止めたガイドレールが受け止める。ウォールソーをバックハウに取り付ける方法も検討したが、狭小トンネルでは作業性が確保できないことから、ガイドレールをアーム装置に取付け覆工に押し付けて反力を取る方式の専用機械を検討することとした。

どれくらいの力で押し付ければウォールソーが固定できるか不明であったため、レンガの模擬壁を作成し



図ー2 ウォールソーガイドレールに発生する反力

2 枚ブレードで切断し、反力がどの程度であるか計測を行った（写真ー5、図ー2）。ウォールソーに作用する反力は、最大でも 1.0 kN 未満であることが分かり、機械設計に設計条件として反映した。

③については、覆工曲率に合わせて一定の深さで切断できるよう、ブレードを深さ方向に出し入れ制御可能なウォールソーを使用することとした。

4. 開発した機械

基本検討を基に、ウォールソーのガイドレールをアーム装置に固定し、アーム装置をレンガに押し当てて溝切削を施工する機構とし、機械開発を実施した。



写真ー5 2枚ブレードによる切断試験（ガイドレールにロードセルを設置）

コンセプトを図-3に示す。図-3は作業状態の図である。装置は車両（4tトラック）に搭載して使用する可搬タイプとした。

運搬時にはアームが可倒する機構を備えており（図-4）、軌陸タイプの4tトラックに搭載した状態でも鉄道車両限界内に収まる大きさとした。

またカントのある状態で作業することが想定されるが（図-5）、転倒に対する安定性検討を実施した。安全側の設定としてカントを160mmとし、アームが勾配内側にある時が転倒に対し最も厳しい状態であることから、以下のように安定計算を行い、安全性を確認した。

$$\begin{aligned} & \text{転倒照査: 安定モーメント} / \text{転倒モーメント} (>1.0) \\ & = (9.41 \times 622 + 78.35 \times 906) / (0.78 \times 1423) \\ & = 69.2 (>1.0) \end{aligned}$$

転倒に対し十分安全である。

写真-6に完成した機械を示す。また写真-7に装置の運搬状況を示す。

装置の動作機構としては、アームがSL上半を対象とした円周方向に可動するという基本的な動作以外に、調整機能としてアーム部分の昇降、左右移動、前後



写真-6 完成機械（T3 カッター）



写真-7 トンネル搬入時

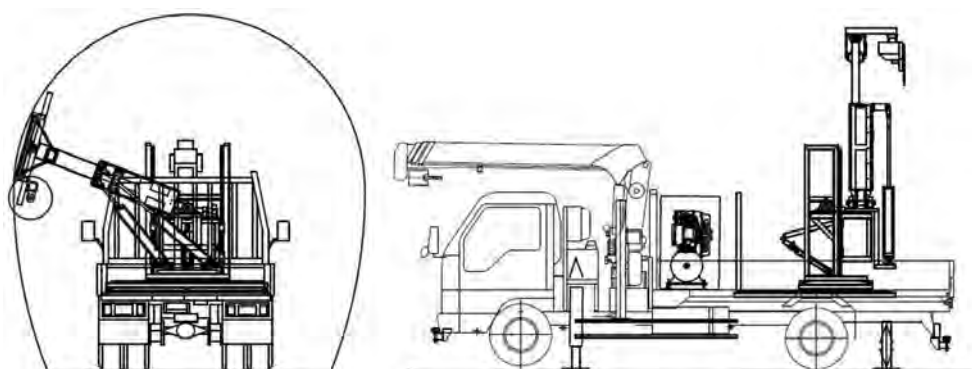


図-3 開発機械のコンセプト図

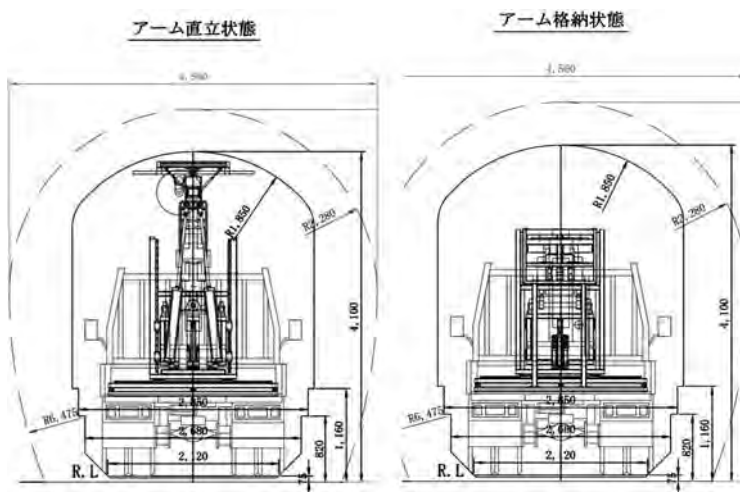


図-4 搬送時の格納サイズ

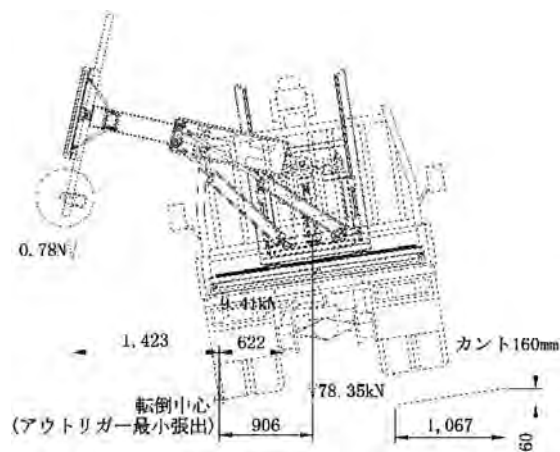


図-5 カントでの作業安定性

移動を行う機構が備わっており、容易に機械の設置位置出しが行えるように工夫してある。

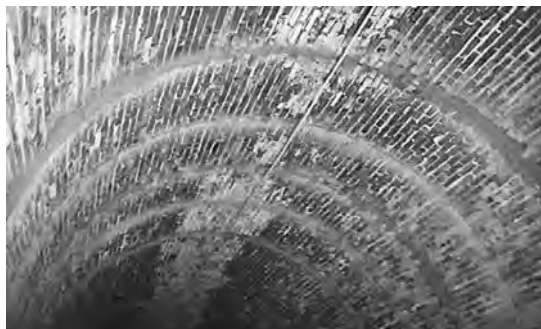
5. 施工状況

試験施工での溝の切削状況を写真—8に示す。ブレード2枚の切削痕が確認できる。また支保工設置間隔に合わせて切削が行われている様子が写真から確認できる。

溝切削の精度は墨出し、機械設置の精度にも関係するが、実際に切削した溝間隔（＝支保工間隔）の実測



写真—8 作業状況



写真—9 レンガ溝切削状況

値を表—2に示す。試験施工では6本の支保工を設計ピッチ960mmで切削した。間隔測定的位置は、天端・天端から45度の肩の位置・SL、である。

実測結果によると最大で+10mm、最小で-8mmの誤差で施工出来たことが確認された。支保工を溝にはめる作業では、はまらないということが発生することもなく、十分な精度で施工出来ることが確認された。

6. 機械の改良について

写真—8, 9に示した試験施工では、機械の稼働に関しては何も問題は発生しなかったが、機械セットの時間を短く出来れば、より施工スピードを短縮することが可能であることが確認された。そこで試験施工後に検討を重ね、改めて機械の各所に改造を加えた新たな機械を製作した。改良点を表—3に示す。

作動動力について大幅に手を加えた。当初の機械は大きな力が必要な箇所は空気圧で駆動していたため、空気圧を発生するためのコンプレッサー設備が必要であった。

改良後の機械では、設備を簡略化する目的で電動化した。それに合わせ、手動調整としていた各所にモーターシリンダーを装備し、手元スイッチで位置をすべて微調整出来る仕様とした。

写真—10に改良した機械による施工状況を示す。

この時の施工では支保工を下半まで設置したが、下半は通常のウォールソーで溝切削を行った。溝切削にかかる時間としては、機械で7m分を施工する時間と通常ウォールソーで4m分施工する時間が同程度であったことから、施工効率は通常ウォールソーに比

表—2 溝切削精度の確認（切断ピッチ960mm確認）

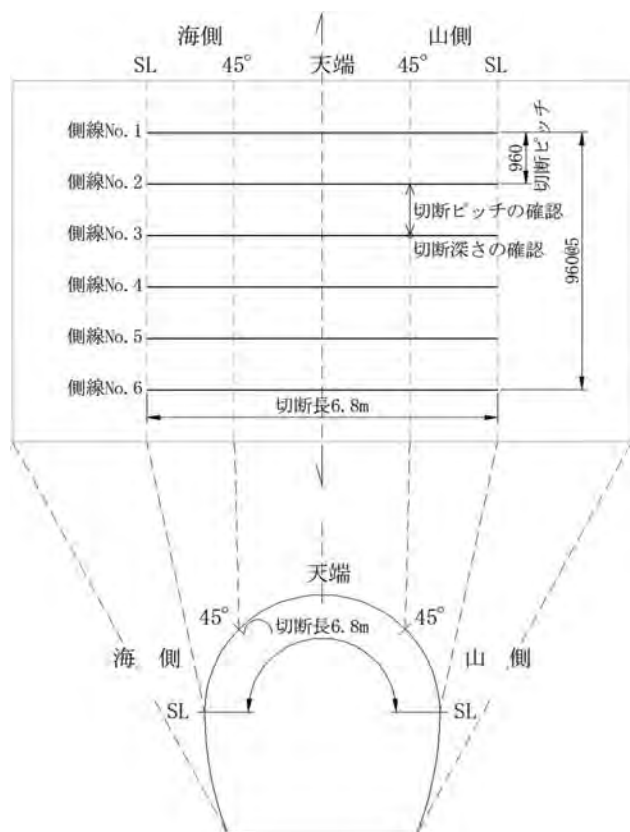
	側線 No	海側		天端	山側		平均値
		SL	45°		45°	SL	
↑ 起点方	1～2間	970 (+10)	963 (+3)	957 (-3)	952 (-8)	954 (-6)	959 (-1)
	2～3間	958 (-2)	958 (-2)	953 (-7)	957 (-3)	970 (+10)	959 (-1)
	3～4間	966 (+6)	962 (+2)	960 (0)	962 (-2)	958 (-2)	962 (+2)
	4～5間	960 (0)	958 (-2)	957 (-3)	955 (-5)	955 (-5)	957 (-3)
↓ 終点方	5～6間	964 (+4)	964 (+4)	965 (+5)	965 (+5)	964 (+4)	964 (+4)
平均値		964 (+4)	961 (+1)	958 (-2)	958 (-2)	960 (0)	

表—3 機械の改良点

	改良前	改良後
作動動力	空気圧	電動化
前後左右の位置合わせ	手動	モーターシリンダー化
ガイドレールの向き	ヘッドに固定	モーターシリンダー追加で微調整可能
アームの可倒	車両のユニック装置仕様	モーターシリンダー化



写真—10 改良後の機械による施工状況



図—6 溝切削精度の確認位置

較し約倍であることが確認できた。

7. おわりに

開発した修繕工は「T3 パネル工法」、施工機械は「T カッター」と名付け、今後工法展開を図る。なお「T カッター」は例えば導水工設置のための溝切削や、覆工をはつる際の目地施工など、その他の利用も考えられ、今後は汎用的にも活用して行きたいと考えている。

謝 辞

「T3 パネル工法」の開発は、JR 東日本研究開発センターテクニカルセンターとの共同開発で行われたものです。この場を借り、関係各位に謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 薄型パネルを用いたレンガトンネル修繕工の開発：土木学会第 69 回 年次学術講演会（平成 26 年 9 月）
- 2) 老朽レンガトンネルの酸性水を考慮した覆工補修について：土木学会 第 66 回年次学術講演会（平成 23 年 9 月）

〔筆者紹介〕

大本 晋士郎（おおもと しんじろう）
 (株)熊谷組
 技術本部 技術企画部
 部長



畑山 駿（はたやま たかし）
 (株)ファテック
 開発営業部 土木グループ

谷口 栄一（たにぐち えいいち）
 (有) E-MEC
 代表取締役



建設機械における 生分解性作動油の動向

機 部 貞 佑

近年環境リスク低減の世界的な要求が高まっていく中で、生分解性作動油の今後の展望を紹介する。次に世界の環境ラベル制定の背景から、生分解性作動油の適用規格まで段階的に説明する。また生分解性作動油の性能について、鉱物油と比較したラボ評価結果に加えて、実機での適用事例も示しながら、十分な実用性能を有していることを解説する。更に生分解性作動油の普及に資する行政の取組について紹介し建設現場における適用拡大の可能性について考察する。

キーワード：生分解性、ESG、エコマーク、ISO、JCMAS、NETIS、グリーン購入法

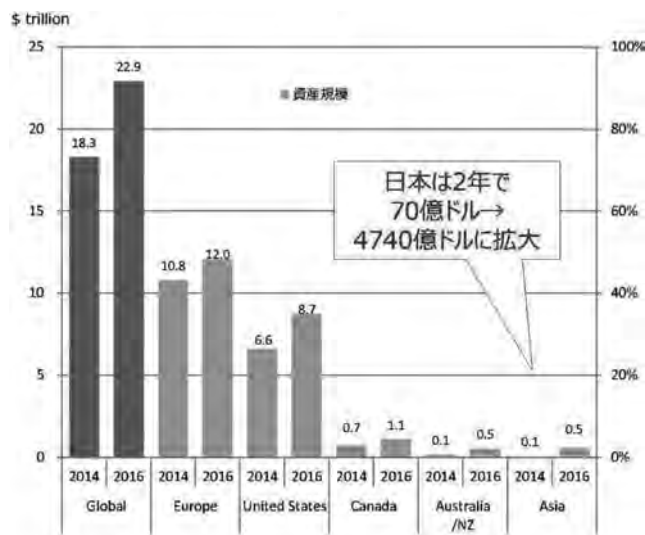
1. はじめに

生分解性作動油は、漏洩等によって河川や土壌に流出した場合、自然界に生息するバクテリアによって炭酸ガスと水に分解され、生態系への影響や環境汚染を低減することができる。一方で汎用的な鉱物油系作動油と比較しコストが高くなることから、国内では河川、港湾、水門といった範囲に限定的に適用されているのが現状である。また使用される設備については、杭打機、浚渫船、地盤改良機、クレーン等がメインである^{1), 2)}。

一方で、近年世界で環境対応の重要性が高まっている。例えば2006年に国連が機関投資家に対し、投資にESGの視点を組み入れる事を提唱して以降、世界的にESG市場の規模が拡大している(図-1)³⁾。また日本のゼネコンや建設機械メーカーにおいても、よりESG経営に力を入れるようになっており、環境対応油である生分解性作動油の今後の展開が期待される。

2. 生分解性作動油の認定基準

生分解作動油として認定されるには認定基準を満たす必要があり、その規程は各国それぞれ異なっている。日本では、財団法人日本環境協会が制定している環境ラベルの一つであるエコマークにおいて「生分解性潤滑油のエコマーク認定基準」があり表-1⁴⁾に示す。欧州等の認定基準は日本よりも厳しい内容となっており、潤滑油に使用している添加剤を含めた各成分



(出所) GSIA(Global Sustainable Investment Association)
「2016 Global Sustainable Investment Review」

(注) GSIALレポートにおいては、「ポートフォリオ選択・運用においてESG要素を考慮する投資(SRI)市場」のデータとして記載している。

図-1 ESG市場の拡大(2014～2016年) 経済産業省 HP より

の配合量の規定等もある。

ここで、環境ラベルの今後の動向について触れた。世界初の環境ラベルであるドイツのブルーエンジェルは1978年に導入されたが、この時代は企業の生産活動による環境汚染管理から、より持続可能な社会のために消費者自身が環境に配慮した消費活動を行うように変化しだした時期である。この後ブルーエンジェルをモデルとして、世界各国で環境ラベルが制定される。このように時代の要求の変化によって環境ラベルが誕生している。現在は更に環境への意識が世界

表—1 エコマーク認定基準概要（生分解性潤滑油 Version2.6）

生分解性	生分解度が 28 日以内で 60% 以上 (OECD 301B, 301C, 301F, ASTM D5864, D6731)
生態影響	魚類による急性毒性試験 (OECD 203 or JIS K0102, K0420-71 シリーズ) 96 時間 LC50 値が 100 mg/L 以上
ラベル表示	環境中への排出や漏洩はできるだけ少なくなるよう注意。 適正な廃棄処理が必要。
容器・包装用プラスチック材料	ハロゲン系元素で構成される樹脂、および有機ハロゲン系添加剤を配合していない
化学物質の適正管理	1. 関連法規の遵守 2. EDTA 及び、C5-C9 のアルキルフェノールエトキシレートの不使用 3. 塩素系添加剤の不使用 4. 化管法第一種指定化学物質の報告 5. 鉱油中の多環芳香族 3% 未満 6. 基油に鉱油を使用している場合は発ガン性と分類されないこと。

的に高まっていることから、各国で別々に規定している環境ラベルの標準化や統一化といった動きが出てきている。また従来は法的拘束力を持っていない環境ラベルであるが、法律の文中に引用されることで、法的拘束力を持つような事例が世界で見られるようになってきた。これらの動向は今後も継続することが考えられるため、環境ラベルの動向を常に把握しておくことが重要であるとする。

3. 生分解性作動油の品質規格

ISO では油圧作動油の機能別の製品分類が 1982 年に ISO6743 として制定された。その後 2003 年に ISO15380 として生分解性作動油の品質規格が初めて制定された。その翌年 2004 年には ISO15380 を基本として、一般社団法人日本建設機械施工協会にて建設機械用の生分解性作動油の品質規格として JCMAS P042 HKB が制定され、現在これら 2 つが生分解性作動油の主な品質規格となっている^{5), 6)}。制定の背景として、環境保全意識の高まりにより、自然界への油圧作動油漏洩に対して、影響の少ない生分解性作動油の要望が高まったことがあげられる。

この JCMAS 規格の特徴は、建設機械用作動油に必要なとされる性状、酸化安定性、シール適合性に加えて、高圧ピストンポンプ試験やブレーキ特性を評価する摩擦特性試験等が規定されている。

4. 生分解性作動油の性能

生分解性作動油の基油は、植物油系と合成脂肪酸エステル系に大別される。これらの基油の特徴は、鉱物油と比較して高粘度指数、高引火点である一方で、酸化安定性や消泡性に劣り、シール材に使用されるゴム

への攻撃性が高く、水混入時の安定性が悪い等のデメリットがあった。しかし、最近の生分解性作動油は鉱物油と同等以上の性能を有している製品が市販されている。弊社で実施した鉱物油及び脂肪酸エステル系を基油に用いた生分解性作動油の比較評価結果を表—2 に示す。デメリットである消泡性については、鉱物油と同等の性能を示している。建設機械用作動油として重要な耐荷重性、ブレーキ摩擦性能についても鉱物油と遜色ない性能となっている。

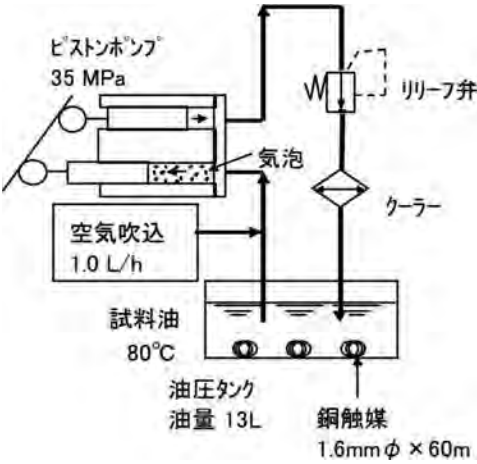
JCMAS にも規定されている高圧ポンプを用いた循環劣化試験によるスラッジ発生量と酸価増加量の比較を図—2 に示す。この試験は高温、高せん断を受ける非常に過酷な試験であるが、図—2 に示している通り、油圧作動油として最も広く使用されている鉱物油系耐摩耗性作動油と同等の性能及び酸化安定性を有しているといえる。

次に、10 t 未満の建設機械で実機使用した生分解性作動油の、動粘度 (@40℃) 及び酸価の 500 時間までの推移を図—3 に示す。鉱物油の場合は 2,000 時間以上で実機確認をする場合が多い一方、生分解性作動油の場合は試験時間が短く設定されている場合が多い。500 時間後の粘度変化率は 3% 未満となっている。酸価については、通常酸化劣化に伴い時間経過と共に値が上昇する挙動を示すが上昇がみられない。

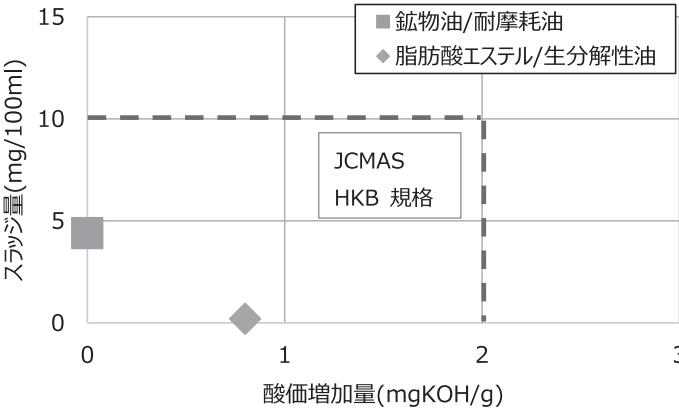
弊社における生分解性作動油の交換基準は、粘度においては新油 ±10% であり、酸価については 2.0 mg KOH/g となっている。これらから 500 時間後でも明確な劣化傾向がみられないため、継続使用が期待できる。尚、建機メーカーは各社のノウハウに基づき、個別の性状ではなく機体の稼働時間或いは作動油充填後の期間によって交換時期を定めている。

表一 2 市販分解性作動油の性能

分類		耐摩耗性油	生分解性油	JCMAS HKB
使用基油		鉱物油	脂肪酸エステル	規格値 (常温)
粘度区分		ISO VG46	ISO VG46	ISO VG46
動粘度 (40℃)	(mm ² /s)	44.83	45.69	41.4 以上 50.6 以下
動粘度 (100℃)	(mm ² /s)	6.853	8.767	6.8 以上
密度 (15℃)	(kg/m ³)	0.8667	0.932	報告
色相 ASTM		L0.5	L1.0	報告
引火点	(℃)	232	312	報告
流動点	(℃)	-42.5	-50.0>	-17.5 以下
銅板腐食	(100℃, 3 h)	1 (1b)	1 (1B)	1 以下
錆止め性能	(蒸留水, 24 h)	錆なし	錆なし	錆なし
泡立ち	(ml) (24℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
	(ml) (93.5℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
	(ml) (93.5℃後の 24℃)	0-0	0-0	50 以下 / 0 以下
シール材浸漬試験 NBR 試験条件: 100℃, 240 h	硬さ変化	-12	-29	-40 ~ +10
	体積変化率 (%)	12	44	-5 ~ +70
	伸び変化率 (%)	-20	-33	-60 ~ +20
	引張強さ変化率 (%)	-4	-50	-65 ~ +20
FZG 歯車試験 不合格ステージ		12	8	8 以上
加水分解安定性	銅の質量変化 (mg/cm ²)	-	0	報告
	銅変色	-	1 (1B)	報告
	油層酸価値増加量 (mgKOH/g)	-	0.55	報告
耐荷重試験 (シエル 4 球式)	融着荷重 (N)	1,236	1,569	1,235 以上
摩擦特性試験	SAE No.2 試験 (1,000 サイクル) (μs)	0.115	0.084	0.07 以上
環境に対する基準	生分解度 (28 日)	-	合格	エコマーク商品類型 NO.110 「生分解性潤滑油 Version 2.4」 4-1 の規定を満たす
	急性毒性 (96h LC50 値)	-	合格	

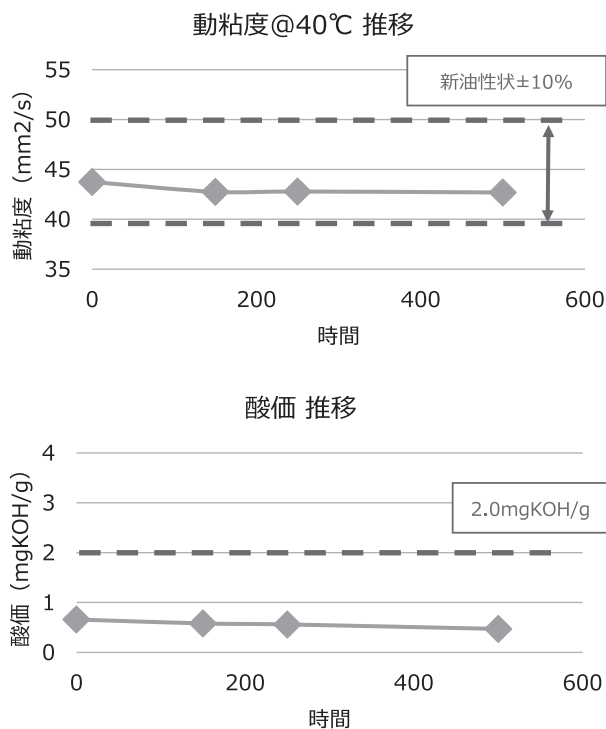


JCMAS による高圧循環劣化試験, 油温 80℃, 吐出圧 35 MPa, 500 時間



酸価増加量及びスラッジ量結果

図一 2 高圧循環劣化試験による鉱物油作動油と生分解性作動油の比較



図—3 実機における生分解性作動油の経時変化

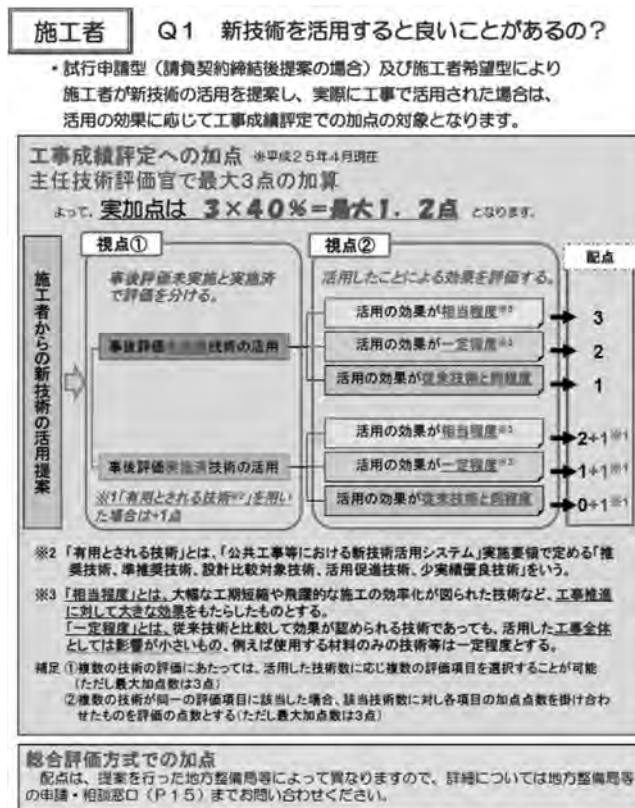
5. 生分解性作動油の普及について

これまで示した通り、最近の生分解性作動油は鉱物油と同等以上の性能を有する製品が市販されており、実使用上問題は少ないと考える。一方、生分解性作動油の普及を促進するには利用者への環境リスク低減効果の提唱だけではなく、行政における指導や仕組みが効果的であると考え。特徴的な例を次に示す。

(1) NETIS

国土交通省にて運営されているNETIS (New Technology Information System) は、民間企業により開発された新技術に関わる情報を、共有及び提供するためのシステムである。登録されている技術を公共工事に使用することによって、総合評価方式の入札の際加点される仕組みとなっている。メリットのイメージを図—4⁷⁾に示す。従来と違い入札価格で差があっても落札が可能になることから、非常に有効な制度であると考え。

NETISに登録されている新技術は、建設機械、周辺設備又は施工方法がメインである。2015年に生分解性グリース、2020年には生分解性作動油が新たに登録されており、今後生分解性作動油の適用範囲が拡大していくことが予想される。



図—4 NETIS 活用のメリット 国土交通省「公共工事等における新技術活用システム」より抜粋

(2) グリーン購入法

生分解性作動油の認定にエコマークがある事は既に述べた。エコマーク認定された製品のほとんどはグリーン購入法の適合商品となっている。グリーン購入法は、環境省が定めた環境負荷の少ない持続可能な社会の構築を目指した購入の基本方針であり、環境物品等（環境負荷の低減に役立つ物品等）を規定し、一般事業者は出来得る限り、環境物品等を選択するように求めている⁸⁾。

6. おわりに

近年の生分解性作動油は、鉱物油と同等以上の性能を有する商品が市販されてきている。JCMASにも生分解性作動油規格ができたことにより、建設機械への適用も増えるべきであると考え。にもかかわらずこれまで国内では適用範囲が河川、港湾等限定的であったことは、鉱物油との基材の違いによるコスト差及び行政における仕組みを上手く活用できていなかったことが一因と考える。生分解作動油がNETISへ新たに登録されたことから、今後はより生分解性作動油の適用範囲が拡大していくことを期待する。

《参考文献》

- 1) 松山雄一, 油圧作動油の展望, 出光トライボレビュー, 第24号, 2001年
- 2) 篠田実男, 生分解性作動油の動向, 日本フルードパワーシステム, 第42巻, 第3号, 2011年5月
- 3) 経済産業省 ホームページ, ESG投資
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/esg_investment.html
- 4) 財団法人日本環境協会 エコマーク事務局 エコマーク商品類型 No.110「生分解性潤滑油 Version 2.6」認定基準書(2012年)
- 5) 中村祐美子, ISO に対する各国油圧作動油の規格動向について, 日本フルードパワーシステム, 2011年11月
- 6) 社団法人日本建設機械施工協会 JCMAS P042 (2004) HKB
- 7) 国土交通省 NETIS パンフレット 「公共事業等における新技術活用システム」, 2014年7月版
- 8) 環境省 ホームページ, グリーン購入法
<https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/>



[筆者紹介]

磯部 貞佑 (いそべ ていすけ)
出光興産(株)
潤滑油二部 潤滑技術二課



ずいそう

続・勝手に松本隆論

岩 本 英 司



昨年9月号の〈ずいそう〉で「勝手に松本隆論」と題した原稿を執筆させて頂きました。ロックバンド・はっぴいえんどのドラマーとして活躍した後、歌謡界に身を転じた松本さんが作詞を手掛けた太田裕美さんの『木綿のハンカチーフ』（1975年12月）と斉藤由貴さんの『卒業』（1985年2月）という二つの楽曲に描かれた内容の比較を試みたものです。

二つの楽曲に共通するのは、登場人物が田舎に残る女性と、就職などで上京した東京での生活で心境が変化していく男性であるということです。

離ればなれになることが決まっているのに卒業式では泣かないと気丈にも語る彼女。♪でももっと悲しい瞬間に涙は取っておきたいの～♪と『卒業』で斉藤さんが歌った「悲しい瞬間」とは何だったのでしょうか。その意味が『木綿…』に隠されているのではないかと仮説を立てて、楽曲の時系列を逆転させて考えてみました。

『卒業』の10年前、男女間で往復する書簡形式の歌詞を太田さんの透明感ある歌声にのせた『木綿…』では、彼が楽しい東京での生活から抜け出せず「僕はもう帰れない」と伝えています。その言葉に彼女はこらえていた感情が抑えられなくなったのでしょうか。最後のお願ひとして♪涙拭く木綿のハンカチーフください♪と彼にねだるのです。これこそが『卒業』で歌った「悲しい瞬間」だったのだらうと、それこそ“勝手に”結論づけたのでした。

1. 大きな転機が訪れる

個人的な話で恐縮ですが「勝手に松本隆論」を掲載頂いた直後、自分にとって大きな転機が訪れました。入社以来、東京本社で編集局所属の記者として活動してきましたが、会社に「来年から九州支社に異動してもらうから」と伝えられたのです。初の地方転勤には少々戸惑いもありましたが、これまでの活動を支社で展開することも一つの挑戦なのだろうと思い、家族のもとを離れて、単身で福岡に居を構えて頑張ってみることにしました。

全国各ブロックにある拠点の中でも東京から一番遠

く、自分にとって縁もゆかりも無かった九州行きにどんな意味があったのでしょうか。それを考えていくうちに不思議な巡り合わせを感じざるを得ませんでした。やはりキーワードとなるのが「松本隆」さんでした。

♪恋人よ僕は旅立つ東へと向かう列車で～♪と歌い出す『木綿のハンカチーフ』は、九州から東京へと出てきた人物をモデルとしているそうです。はっぴいえんど時代の楽曲の数々は、東京で生まれ育った松本さんの実体験をもとにつづられた心象風景でした。「それでは地方の人にはうけない」。九州の炭鉱町で生まれ育った当時のディレクターの指摘を踏まえて描かれたのが『木綿…』の世界観だったとのこと。勝手に松本隆論を書いた直後に命ぜられた九州転勤を『木綿…』になぞらえれば、自分にとってはさながら♪僕は旅立つ西へと向かう飛行機で～♪ということになるのでしょうか。

2. 天神の老舗喫茶店「風街」

もう一点。福岡・天神にある九州支社の近くに創業40年を超える老舗の喫茶店「風街」があることにも、何か不思議な縁を感じました。はっぴいえんどの2枚目のアルバムで今もファンの間で語り継がれる名盤のタイトルは『風街ろまん』（1971年11月）。オーナーが松本さんが音楽雑誌で語った「風街」のコンセプト



喫茶「風街」趣のある看板

に感銘を受けて店名にしたとのエピソードが残されています。

今はビルの1～2階に構える喫茶『風街』ですが、壁にレンガがあしらわれており、以前の店舗の雰囲気をそのまま残しているとか。店名に誘われるように、福岡を訪れた松本さんやはっぴいえんどメンバーの細野晴臣さんもふらっと立ち寄ったことがあるという話もあります。私も仕事帰りに一度だけですが、お店にお邪魔して珈琲を頂きました。

3. 夜明けの来ない夜は無い

1月の赴任後、新型コロナウイルスの感染が世界規模で広まり始めると、支社での活動も徐々に制限されるようになりました。そして4月に政府から緊急事態宣言が発出されると在宅でのテレワークの機会が多くなり、まだ慣れない九州の街を歩いて回ることもできなくなりました。帰省で東京の自宅に戻ることもままならなくなり、知り合いも少ない福岡で一人過ごす時間が増えていきました。

そうした中、作詞家活動50年を迎え、今は神戸に拠点を移している松本さんの呼びかけで「瑠璃色の地球～コーラス」と題したプロジェクトが始まりました。松田聖子さんが1986年6月に発表したアルバム『SUPREME』に収録した楽曲を大勢の市民も参加して動画サイトyoutubeで歌いつないでいく取り組みでした。

コロナの猛威にさらされる状況下、明るい未来を示す多くの人たちの共感を集めた楽曲を一般市民の参加を得て完成させた動画について、松本さんは「プロ、アマ、性別、年齢を問わず、多くの人に参加してくれた。神戸発の力強い動画が完成した」(神戸新聞)と語っています。

♪夜明けの来ない夜は無いさ～♪と松本さんがつづった歌詞。仏教の七宝の一つで、紫みを帯びた濃い青色を表現する「瑠璃色」に込めた思いが34年の時を経た今、コロナ禍で不透明感が漂う世の中に、静かにも大きな意味を持って私たちに希望を与えてくれています。

——いわもと えいじ (株)日刊建設工業新聞社 九州支社長——



ずいそう

移動と異動

石 関 弘 年



「ずいそう」への原稿依頼を頂いたのは、未だ冬だったでしょうか。コロナ禍という言葉も生まれておらず、武漢加油という気持ちはあっても当事者意識はなかったと記憶しています。半年で世の中がここまで変わったのは、齢50年、古河の祿を食んでの勤め人人生でも初めてでしょう。これから先、これ以上の災禍無き事を切に祈る日々です。「私の履歴書」を執筆できる玉でもありませんから、この執筆依頼を機に、移動と異動を重ねたふわふわした50年を振り返ることとします。

勤め人の息子として、名古屋市で生まれました。その後、静岡市現葵区、名古屋市千種区、茨木市、高松市、浦和市（現さいたま市浦和区及び緑区。その間、父は府中市、札幌市、宇都宮市と転々）で三回、就職した後も、横浜市に一時居住した後、福岡市城南区、さいたま市南区を経て、今、仙台市青葉区に居住しています。血統的には、旧浦和市と青森市の配合ですので、気候が軀に合うのか、夏の短い今が一番しっくりきています。名古屋では隣家の小火、静岡では水害に遭遇し、5歳くらいまでの写真は殆ど現存しません。臍氣に、救命ボートに乗った記憶も残っています。恐怖というよりは、なにかワクワクした感覚だったでしょうか。災害時に、子供の笑顔に救われる救助者やボランティアの方の話を聞きますが、子供の心は大人のそれとは少し違うのでしょうか。引っ越しは14回程しており、若い頃は色々な方の家にも泊めて頂いたりもし、今でも出張が続いた時などは、ふと、夜に目が覚めた時には、“ここは何処”的な感覚に陥ることがしばしばあります。私にとって、移動すること、それによって生み出されるものすべてが自らのアイデンティティーに繋がっています。子供の頃は、父親の転勤で苦労することも多く、出会った瞬間に、その方とお別れする光景がよぎることは今でもよく御座います。そう、この人との関係は長くない、との漠然とした感覚。転勤という勤め人の仕組みに、いったい何の意味が有るのかとの疑問も常に持っていました。移動に関する制限や労務管理の抜本見直しが叫ばれる昨今、考えさせられることも多く御座います。

只、働きだすとまったく違った感覚も持ちますし、戦後の一般企業では異動によるステップアップが労務管理の基本でもありました。同じ仕事を続けていると視野も狭くなり、様々な癒着も生まれ、新しい発想の妨げにもなるものですから、理にも適っていた訳です。異動を機に離職する人財（主に女性）を繋ぎとめる策

も色々講じられている昨今、転居を伴わない異動でもステップアップに繋がる道も大きく広がってきていますが、やはり心機一転は大切です。最低でも数年おきに、担当替えや職種変更だけはする必要が有ります。長く移動と異動を重ねてきた自分も、例えば自営業や地方公務員の子息として生を受けていたなら、きっと全く違った人格となっていたでしょうが、転生でもない限り解りません。

一般的な企業であれば、本店でも支店でも営業職にある人間はエリア内での出張はつきものです。それも日常的で恒常的な移動。福岡市勤務の折には色々有り、結局11年余り過ごしました。同じ家に11年住んだのは、今のところあのアパートメントだけです。管轄エリアは当初九州7県。後に、沖縄と山口が加わり、9県となりました。平均すれば、週に1回はどこかに泊まっていたでしょうか。現場代理人を兼ねるような小規模工事を請負った折は、当然、連泊となります。何度も何度も通う訳ですから、人にも店にも地域にも愛着が生まれます。九州人といっても、殿様が違えば昔は違う国、地域性は今でも色濃く残っています。そもそも半数の殿様は移封された方です。新参者の播磨出身の黒田氏が普請した武家町の福岡と律令制以来の商人町の博多、厳しい越境制限を設けていた薩摩藩とその周辺地域等の違いはその典型でしょうか。余談ですが、先日の災害で大きな被害を受けた相良氏が居を構えた人吉も何度も訪れました。青井阿蘇神社楼門は見事なものですが、地域住人の生業の支えや寄進が有ったのものです。そう言えば、数年前に崩落した阿蘇への入り口の赤い大きな橋にも色々な思いが去来します。近年の災害は気候変動もあり、山間部が多い地域、火山国日本各所で大きな爪痕が残ってしまっており、なんとも困ってしまいます。外科的な処方では追いつきませんので、体を芯から立て直す内科的処方方も考えなくてはならないところでしょう。

移動と異動は必要性の有無にかかわらず、太古より繰り返し行われてきました。コロナ禍の今、移動の制限に加え、その必要性すら疑問が湧き上がっています。物理的な移動の助けは、情報通信革命が補えることも多くありますが、生活してみないと解らない事も多く存在しています。移動し、異動する者こそが多様性を構築し、広がりとお行きの深さを生むのだと言い聞かせ、今暫く、勤め人人生を謳歌していきたいと思ひます。

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-416	吹付けコンクリートの 温度管理工法	戸田建設 名岐エンジニア リング
--------	----------------------	------------------------

概要

山岳トンネル工事において、吹付けコンクリートは重要な支保部材である。吹付けコンクリートは一般的に現場内の製造設備で製造され（図—1）、冬期寒冷地では使用材料の温度が低下するため、練上り温度が低くなる。コンクリート温度が低下すると、急結剤の反応速度が低下するため、付着性や初期強度の発現が阻害される。対策として実施工では急結剤の添加量を増加させることでこれらを確保している。しかし、急結剤添加量の増加は、長期強度増進の阻害要因となることやコストの増大につながるものが課題となっている。

そこで、戸田建設㈱と名岐エンジニアリング㈱は、独自の加温設備と温度管理手法を用いて、吹付けコンクリートの練上り温度を一定に保つことにより、品質確保とコスト削減が可能な温度管理工法を共同で開発した。



図—1 コンクリート製造設備および吹付けコンクリート施工状況

特徴

本工法は練混ぜ水の加温とミキサ本体、および、ミキサ内を加温することにより、コンクリートの温度を一定（20℃程度）に保つことで、急結剤を大量添加することなく吹付けコンクリートの初期強度確保が可能となる。

本工法の特徴は以下の通りである（図—2）。

①練混ぜ水の温度制御

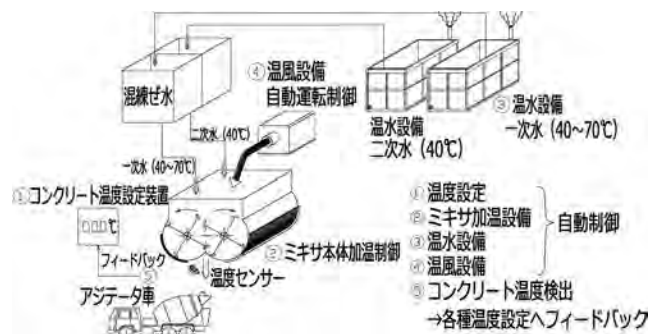
分割練混ぜ方式におけるコンクリートの練混ぜ水（一次水）を灯油式ボイラー（60,000 kcal × 2 台）により 40～70℃の温度に任意に加温。

②ミキサ本体の温度制御

ミキサ本体を電熱線（150 W × 28 本）により 40～70℃程度の温度に任意に加温。

③ミキサ内部の温度制御

電気式の温風ヒーター（10 kW × 1 台）により任意に加温。

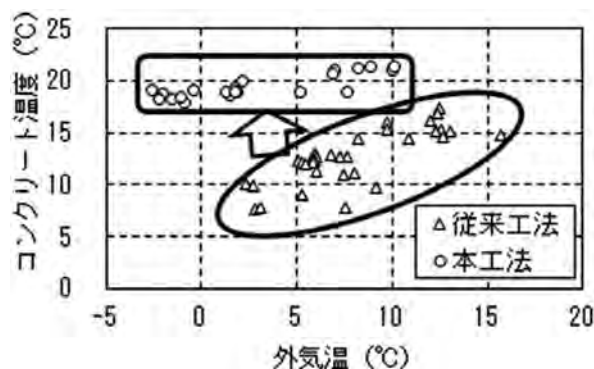


図—2 コンクリート製造フロー図

効果

以下に本工法と従来工法（練混ぜ水のみ 40 度に加温）の比較を示す。

- ①本工法の適用により、外気温が氷点下の環境においても、コンクリート温度を 20℃程度に保つことが可能となる（図—3）。
- ②コンクリート温度を 20℃程度に保つことで、吹付けコンクリートの初期強度を確保することができる。また、急結剤添加量の増加による長期強度発現への影響を抑制できる。
- ③急結剤のコストは、従来工法と比較すると、2 割程度削減することが可能となる（当社試算、設備投資費を除く）。



図—3 コンクリート温度測定結果

用途

・吹付けコンクリート

実績

・冬期寒冷地のトンネル工事

問合せ先

戸田建設㈱ 技術開発センター 社会基盤再生ユニット
〒108-0031 東京都中央区京橋 1-18-1
TEL：03-3535-2641

04-417	エレファントノズル 自動配管システム	西松建設 岐阜工業
--------	-----------------------	--------------

▶ 概 要

山岳トンネルの覆工コンクリート施工は、通常5、6名ほどの作業員で行っている。しかし、作業員の高齢化や新規入職者の減少などを背景に、作業の機械化が求められている。また昨今のトンネル大断面化や長距離化に伴い、作業を効率化する自動化技術へのニーズも高まっている。

通常、覆工コンクリートの打込み作業は、移動式型枠（セントル）を使用し、狭隘なスペースで長時間作業を行うため、特に自動化が望まれる工種であった。そこで、これまで人力で行っていたコンクリートの圧送用配管の切替え作業に注目し、タブレット端末を用いた遠隔操作で簡単に切替えを行える「エレファントノズル自動配管システム」を開発した（写真—1）。

本システムでは自走式マニピュレータを採用し、1人の作業員からの操作指示で所定の配管孔（全12カ所）までマニピュレータが移動した後、自動で配管接続してコンクリートの打込みを開始することができる（写真—2）。また、セントルに取り付けたコンクリートの打ち上がり高さを検知するセンサーやコンクリートポンプなどとの連動により、コンクリートが所定の高さまで打ち上がるとポンプからの輸送を停止し、配管を自動で切り替えて次の箇所へコンクリートを打ち込む自動化施工が可能である。

▶ 特 徴

①配管切替作業の効率化

人力による配管切替作業がなく、自走式マニピュレータが所定の配管孔まで移動して自動接続し、直ちにコンクリートの圧送ができるため、安全で効率的な施工が可能

②作業員の負担軽減

配管の切替作業に要する作業員の労力負担を軽減

③コンクリートの高品質化

配管切替作業に伴うコンクリート打込み作業の中断を最小限に抑えられるため、打ち重ね時間を短縮でき、より高品質なコンクリートの施工を実現

④自動化施工への展開

各種センサー（コンクリートセンサー、圧力計など）やコンクリートポンプなどとの連動により、覆工コンクリート打込み作業の自動化を実現



写真—1 システム操作状況



写真—2 タブレット操作画面例

▶ 用 途

・山岳トンネルの覆工コンクリート施工

▶ 実 績

・国道294号（仮称）五郎窪トンネル工事

▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 広報課

〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネスタワー

TEL：03-3502-7601

岐阜工業(株) 営業部管理課

〒501-0305 岐阜県瑞穂市宮田三舞越199番地

TEL：058-257-1001

新工法紹介

04-420	TBM と NATM の 優れた機能を兼ね備えた NATBM 掘削機	鹿島建設
--------	--	------

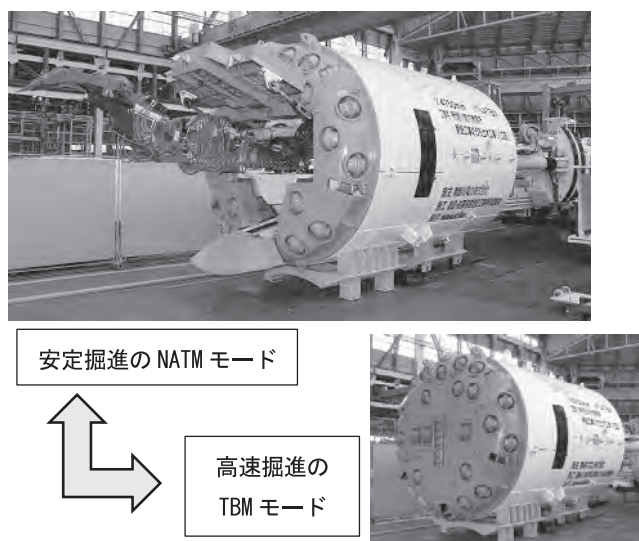
概要

硬質な地山において高速掘進を可能とする TBM は、1990 年代に数多くのトンネル工事に適用されたが、近年の工事数は減少傾向にある。この理由として、欧米のように均質な地層を掘削する際には安定した高速掘進が可能なもの、日本の地質は複雑で、不良地山出現のたびに補助工法の施工により掘削を停止することが多く、TBM の高速掘進のメリットを十分に活かしきれなかったことが挙げられる。このため、国内において TBM の活用を促進するためには、不良地山の掘削方法を改善し、稼働率を向上させる必要がある。

一方、NATM は TBM に比べると掘削速度は劣るものの、トンネル切羽を直接目視確認しながら地山の性状に合わせて支保パターン（鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルト）や補助工法（鏡吹付け、フォアパイリング等）を選定することで、不良地山に対して柔軟に対応できる工法である。

そこで、TBM における不良地山の稼働率向上を目指して、高速掘進可能な TBM の機能と、脆弱な地山にも柔軟に対応できる NATM の機能を併せ持つ新型の掘削機（NATBM 掘削機）を開発し、実工事に導入した。

NATBM 掘削機は、硬質な地山を掘削する際には TBM モードによって高速掘進を行い、不良地山に遭遇した際には NATM モードに切り替えて安定的に掘進できるハイブリッド型掘削機である（図—1）。

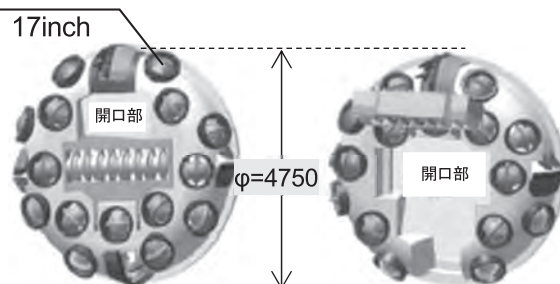


図—1 NATBM 掘削機

特徴

- ① TBM モードから NATM モードへの速やかな切替え
地質の変化に応じて、TBM モードから NATM モードへの切替えが 1.5 日で完了できる。
- ② 用途に合わせたカッタヘッドの段階的な開口
前方探査や軽微な切羽補強時にはカッタヘッド上部を小さく開口させ、NATM モードへ切り替える際にはカッタヘッド中央部を大きく開口することができる（図—2）。

ディスクカッタ



図—2 カッタヘッドの段階的な開口

- ③ 脆弱な地山における安全・確実な掘削

脆弱な地山においては、TBM のカッタヘッドを開口し、内部に装備したバケット式掘削機を前面に出して地山を掘削した後、速やかに支保工を構築して、地山の緩みや崩壊を防止できる（図—3）。



図—3 脆弱な地山における掘削イメージ

用途

- ・山岳トンネルにおける TBM 工事

実績

- ・新姫川第六発電所新設工事のうち土木工事（Ⅱ工区）
（発注者：黒部川電力㈱）

問合せ先

鹿島建設㈱ 土木管理本部

〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11

TEL：03-5544-0996

05-72	Gi-CIM	五洋建設
-------	--------	------

▶ 概 要

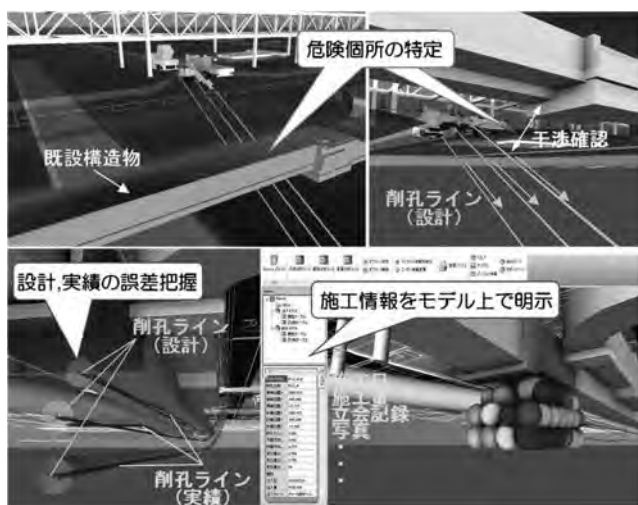
地盤改良工は、不可視領域である地中を施工対象とするため、地中構造物との干渉や出来形、品質を直接確認することができない、という工種特有の課題を持つ。このような課題を解決するために、土層構成や地中構造物を3次元でモデル化、いわゆる「見える化」を行うことは有効である。また、国土交通省のBIM/CIM推進委員会において、2023年（令和5年）までに全事業のBIM/CIMの原則化が目標とされていることから、「見える化（＝3次元化）」はこれからの土木工事において必要不可欠であるといえる。

これに対し、五洋建設は、地盤改良工事の「調査・測量～設計～施工～出来形・品質管理～維持管理」までの一連の工程の中で得られる情報を3次的に統合、管理して“地中見える化”できる、Gi-CIM（Ground Improvement-Construction Information Modeling）を開発した。

Gi-CIMを薬液注入工に適用した場合、以下のような効果が期待できる（図－1）。

①削孔

設計段階において危険箇所（削孔と地中構造物の干渉）を3次元化し、それを工事関係者間で共有することによってトラブル回避が可能になる。また、挿入式管路計測装置により計測した削孔出来形をモデル化することにより、後工程の薬液注入計画（順序や量）の最適化が可能である。



図－1 Gi-CIMの導入効果

②注入

実際の薬液注入量に応じた大きさの改良体を3Dモデル化することにより、各改良体の薬液注入の進捗や注入不良（不足）部を直観的に把握することが可能となる。

③データ管理および共有

一つ一つの改良体に注入量や施工日などの施工情報を属性として与えることにより、膨大なデータを3Dモデル上で一括管理することができ、効率化を図ることが可能である。また、情報共有システムを利用することで、3Dモデルを介した発注者との情報のやり取りも可能となる。

▶ 特 徴

Gi-CIMの特徴を以下に挙げる（図－2）。

- ① Excel への設計・施工情報の入力により地盤改良の3Dモデル化が可能
- ② サンドコンパクションパイル工法（SCP工法）、静的圧入締固め工法（CPG工法）、深層混合処理工法（CDM工法）等の多様な地盤改良工事へ適用可能
- ③ 施工時の地表面変位データを施工管理情報として表示可能
- ④ サウンディング試験（1D）や物理探査（2D）等の品質試験結果を3Dモデルに統合可能
- ⑤ 施工管理記録や品質管理記録等のあらゆる属性情報の統合管理が可能

▶ 用 途

・地盤改良工事

▶ 実 績

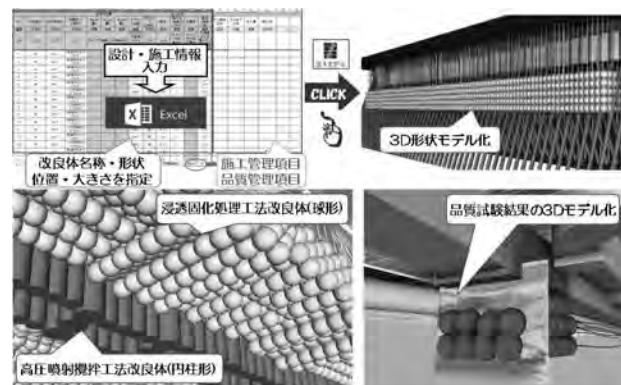
- ・浸透固化処理工法と高圧噴射攪拌工法による地盤改良工事
- ・曲がり削孔式浸透固化処理工法による地盤改良工事等

▶ 問 合 せ 先

五洋建設(株) 土木部門 土木企画部

〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8

TEL：03-3817-7567



図－2 Gi-CIMの特徴

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

20-〈01〉-01	キャタピラー・ジャパン ブルドーザ Cat D6/D6 XE	'19.10 発売 モデルチェンジ
------------	--------------------------------------	----------------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、i-Construction に対応した中型ブルドーザのモデルチェンジである。

1. Cat テクノロジ

- (1) Cat スロープアシストはブレードを目標勾配に自動でキープできるため、施工時間の短縮、オペレータの疲労低減に効果がある。
- (2) Cat グレード 3D は慣性センサの採用により施工スピードと精度を高めるように改良されている。新型タッチスクリーンディスプレイの採用により直感的な操作を可能とし、オペレータ操作の軽減も図っている。

2. 燃料生産性

- (1) パワートレインを選択することが可能。
 - ① D6 XE：ハイドライブ型電動駆動（エレクトリックドライブ）ブルドーザ。パワーを常に地面に伝えることにより継続的な押土作業が可能。
 - ② D6：ロックアップ機能付フルタイム自動変速パワートレイン（4 速）を採用。ロックアップ機能により、エンジンパワーをダイレクトにトランスミッションに伝達する。
- (2) マシンの重量バランスの改善やブレードの耐久性をアップ。
- (3) 新基準のキャブ、10 インチのタッチスクリーンディスプレイを採用し視認性を改善。

3. 安全性

- (1) リアビューカメラを標準装備。
- (2) シートベルトを未装着の場合はディスプレイに警告ランプが点灯。
- (3) マシン後方にメンテナンス用ラダー（はしご）を標準装備。メンテナンス時以外は折りたたんで収納することが可能。

4. 汎用性

- (1) ストレートチルトドーザ（プッシュアーム）に加えて、アングル操作が可能な VPAT（バリアブルパワーアングルチルト）ドーザも選択可能。D6 XE はストレートチルトドーザのみ選択可能。
- (2) VPAT ドーザには折り畳み式ブレードも選択可能。

標準販売価格（販売標準仕様、港裸渡し、税別）

〈湿地車〉

D6 LGP VPAT（折り畳みブレード）49,982,500 円

D6 LGP 48,691,500 円

D6 XE LGP 53,647,000 円

〈乾地車〉

D6 48,573,500 円

D6 XE 52,129,000 円



写真—1 キャタピラー・ジャパン Cat D6/D6 XE ブルドーザ

問合せ先：キャタピラー（同）GCI Marketing Innovation

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-7-1

▶ 〈02〉運搬機械

20-〈02〉-02	コマツ バッテリー駆動式ミニショベル PC30E-5	'20.3 レンタル市場導入 新機種
------------	----------------------------------	--------------------------

バッテリー駆動式ミニショベルである。エンジン駆動式と同等の掘削性能を発揮する上に、「排気ガスゼロ」や静粛性を特徴としており、屋内作業や夜間工事などでの活用が見込まれるという。

夜間等の休車時に長時間かけてバッテリーを満充電にする普通充電の他に、バッテリー容量の 80% まで短時間で充電する急速充電も可能である。

日本の現場で稼働試験を重ねる中で、「低騒音なので作業者への口頭指示がしやすく、静かで危険を察知しやすい。」「排気ガスが出ないことで生垣など車両周辺の樹木を枯らす心配がなく、作業環境が改善された。」「屋内作業では排気ガスや排熱による現場の影響を気にしなくてよい。」といった評価を得たという。

レンタル車として市場導入することで、バッテリー駆動式ミニショベルの環境性や安全性を実感してもらい、普及を図りたいという。

表—1 主な仕様

			PC30E-5
バケット容量	(m ³)		0.09
輸送時寸法	全長	(m)	4.950
	全幅	(m)	1.740
	全高	(m)	2.580
後端旋回半径	(m)		1.420
機械質量	(t)		4.73
モーター出力	(kW)		18.2
バッテリー容量	(kWh)		36

新機種紹介



写真一 2 コマツ PC30E-5 バッテリー駆動式ミニショベル

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈16〉高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、
横引き工法および新建築生産システム

20-〈16〉-01	レンタルのニッケン 次世代高所作業車 建トウン X45UX	'20.01 新機種
------------	-------------------------------------	---------------

建設現場における天井内作業において、多くはテーブル型高所作業車にて行っている。今回紹介する商品（写真一 1）は、耐火被覆工事、設備工事等の天井内作業の生産性向上の為、安全に荷台を上げたままでの走行を可能にした高所作業車である。具体的には、±25mmの段差を検知するセンサー、本体前後に障害物を検知するセンサー（写真一 2）、作業員の挟まれ防止策として上部の障害物を検知するセンサー（写真一 4）の3箇所のセンサーにより、荷台を上昇させた状態での安全走行を可能にしている。更に、付加機能として、作業員に分かりやすい操作を実現するため、機能表示板を新規設置し、操作可能な状態をLEDにて一覧表示している（写真一 5）。また荷台四隅に上部レーザー光を投射（写真一 3）することで荷台上昇位置の位置決めも可能にしている。

又高所作業車本体前後に取り付けられたセンサーフレームは、オムニホイールが上下に可動するダンパー式となっている。荷台を上げたまま走行させたい場合には、オムニホイールを地面に接地させる（センサーセット状態）ことで、機能が発揮される。逆にオムニホイールを浮かせた状態（センサーセット無）にすることで、従来の荷台を上げたまま走行できない高所作業車の機能となる。安全面を考慮してセンサーセット状態の有無によって走行速度を通常の1/6までに抑えている。更に、荷台を上げたままでの走行時には、旋回機能を不可とし、前後の直進走行のみとし、安全走行を確保している。



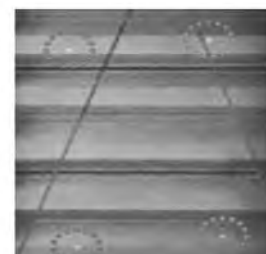
写真一 3 「建トウン」本体

項目	作業床最下部(センサーセット有)	作業床上昇中(センサーセット有)
建トウンの状態(外観)	建トウン最下部に接地している場合 オムニローラーが接地している	建トウン最下部に接地していない場合 オムニローラーが接地している
走行速度	0～3.0km/h	0～0.5km/h(通常時1/6の速度)
操舵角度	左右0～70度	左右0度規制(旋回不可)
登坂角度	8度(5度)	1.7度規制

図一 1 荷台上昇時における機能制限



写真一 4 段差、障害物検知センサー



写真一 5 上部レーザー光投射状況



写真一 6 上部障害物検知センサー



写真一 7 案内表示板

問合せ先：(株)レンタルのニッケン

営業本部 建築支援部

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 山王グランドビル

TEL：080-5358-2992

E-mail：ken5@rental.co.jp

新機種紹介

▶ 〈19〉建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

20-〈19〉-03	コマツ KomVision 人検知衝突軽減システム	'20.3 国内市場導入 新機種
------------	------------------------------	------------------------

機体の周囲に人を検知した場合、機体の発進を制御したり、機体を停止させる安全システムである。

自社の油圧ショベル（※1）に標準装備し国内市場へ導入を開始した。

当該システムは、従来標準装備されている機械周囲カメラシステム「KomVision」の機能向上により、走行起動時、低速走行時、旋回起動時に機体と人との衝突事故発生の抑制を図っている。

自社の従来型建機（※2）についても「KomVision」のソフト変更により当該システムのレトロフィット（後付け）を可能とする。

今後は、自社の他モデル（※3）への標準装備を順次展開するという。

KomVision の人検知構造

（1）4台のカメラとモニターで、周囲の状況を確認

4台の単眼カメラを用いて機体周囲をモニター上に表示する。また、機体の右側方、右前方、左側方、後方の画像に切り換えることが可能（図-1）。



写真-8 KomVision 人検知衝突軽減システムを搭載した PC200-11

（2）人を検知したら、ブザーで注意喚起／機体停止

検知エリアまたは停止制御エリアで人を検知すると、モニター上にマーカー（黄色い丸または赤い丸）を表示すると共に、ブザーを鳴らすことによってオペレータに注意を促す（図-2）。

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6



図-2

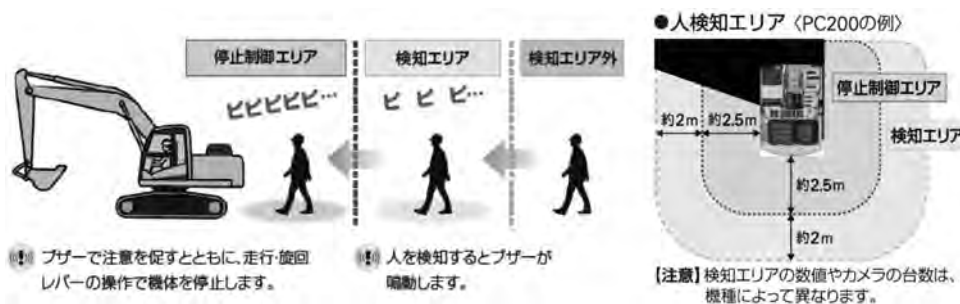


図-3

※1：油圧ショベル「PC200/200LC-11、PC210/210LC-11」に標準装備

※2：油圧ショベル用 KomVision の搭載車両のみソフト変更で対応。条件によってはカメラ交換とソフト変更を伴う場合もある。

※3：12t～40tの日本国内の油圧ショベル（油圧ショベル用 KomVision の搭載車両）に展開予定。

一部の特別仕様車（2ピースブーム、スーパーロングフロント、スライドアーム等）は未対応。

新機種紹介

▶ 〈19〉 建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

20-〈19〉-04	安藤ハザマ 自律走行式 ひび割れ検査ロボット	'20.04 発表 新機種 (開発中)
------------	------------------------------	---------------------------

建築物の床面におけるひび割れを自動検査するロボットである。

走行台車型の検査ロボットが自律走行、自動撮影を行い、同時にAI（人工知能）により撮影画像からひび割れを検出し、その結果を自動で図面に表示する。ロボットによる自動検査により、精度および検査効率の向上を図っている。

ロボットは、走行台車と撮影装置から構成され、PCを付属している。ロボットの重量は約35kgと軽量で、走行台車と撮影装置の分離も可能なため、持ち運びも容易である。

走行台車は、移動と撮影を制御するソフトウェアを搭載し、検査範囲を指定するだけで、SLAMによる自律走行を行い、床全面を一定間隔で撮影しながら、1,500m²を約6時間で走行する。さらに、柱やその他の障害物を自動で回避する機能も備えているため、大空間構造物における床面の一定範囲を一度に検査することが可能である。

撮影装置は、カメラと照明を搭載し、遮光カバーで覆われている。カメラと床面の距離やフラッシュライトによる照明の光量・角度が一定に保たれるため、外的要因に左右されず常に同条件での画像取得が可能となり、画像認識によるひび割れ検出が高精度で行える。

付属のPCには、ひび割れ検出AIと検出したひび割れを自動で図面化するソフトウェアを搭載する。ロボットで撮影した画像は、無線LANにより走行中もPCに随時転送され、AIにてひび割れを検出する。AIの検出速度は、画像1枚につき約1秒、検出幅は最小0.1mmまでであり、CADデータの平面図上に、ひび割れの状況を幅0.1mmごとに色分けし、その形状を表示することが可能である。

自社における実機試験において、検査ロボットで自動検出したひび割れ箇所と近接目視で実測したひび割れ箇所を比較したところ、幅0.1mm以上のひび割れに対し、適合率が90%以上（※1）となることを確認した。また、検査の自動化および記録書類作成作業の削減により、検査業務の時間短縮（約40%）（※1）を図っている。

今後は更なる改良・改造を行い、商品化も視野に入れている。

（※1）データは自社内実測結果によるものであり、条件により異なる。

表-2 主な仕様

幅×奥行×高さ	(mm)	818 × 1,040 × 1,197
重量	(kg)	35
バッテリー		LiFePO4（リン酸鉄リチウム）
動力		30WDC ブラシレスモーター
自動走行速度	(m/s)	0.06 ～ 0.15
価格		—



写真-9 安藤ハザマ 自律走行式ひび割れ検査ロボット

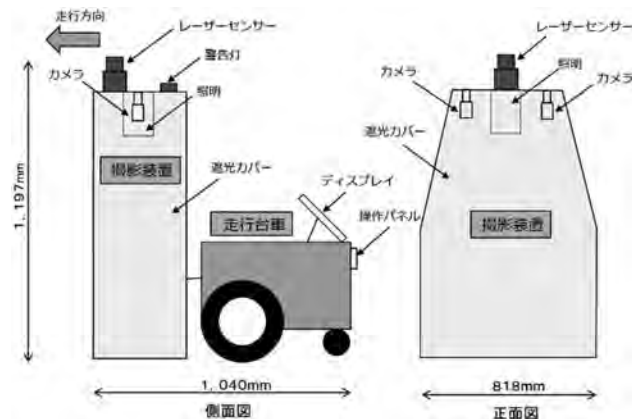


図-4 ロボットの構成

問合せ先：（株）安藤・間

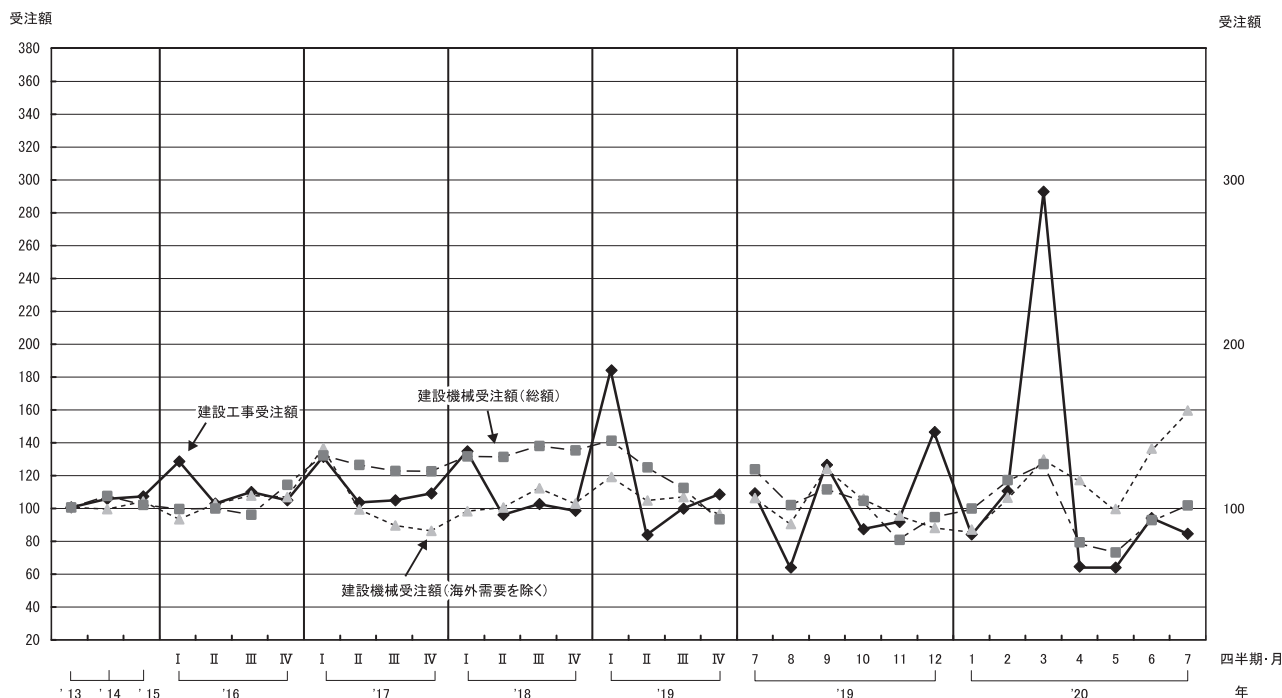
建設本部 先端技術開発部 建築技術開発グループ

〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20

TEL：03-6234-3786

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2013年平均=100)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2013年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019 年 7 月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8 月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9 月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10 月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11 月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1570	6,137	3,897	172,241	11,100
12 月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020 年 1 月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2 月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	171,571	12,006
3 月	32,354	22,796	3,515	19,282	6,807	506	2244	20,538	11,816	179,841	22,488
4 月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	177,186	8,282
5 月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	174,405	9,289
6 月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7 月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	19 年 7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	20 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035	1,318	1,446
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,193	965	920	920	633	873	954	1,097	1,111	629	534	733	859
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	570	484	666	567	512	471	466	571	697	495	501	585	587

(注) 2013～2015 年は年平均で、2016～2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2019 年 7 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覽

(2020年8月1日～31日)

機 械 部 会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：8月5日(水)

出席者：梶沢淳一委員長ほか17名

議 題：①日本ヒューム(株)の技術プレゼン：既製コンクリート杭の製造、設計、種類、継手方法、施工工法の紹介
②各社トピックス：住友重機械建機クレーン(株) テレスコクローラークレーン 650TLX の紹介、東洋建設(株) 海底山脈築造工事の紹介とポンプ浚渫工事の ICT 化の紹介 ③R2 年度活動計画の確認

■建築生産機械技術委員会(ラフテレーン作業燃費分科会)

月 日：8月20日(木)(web会議で開催)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議 題：①ラフテレーン作業燃費基準について：現行基準の変更内容(80t以上の枠等)について、次期燃費基準に対する対応検討 ②建設業部会クレーン安全情報 WG からの依頼事項についての討議

■トラクタ技術委員会

月 日：8月21日(金)

出席者：椎名徹委員長ほか6名(web会議で開催)

議 題：①次期燃費基準の件：進捗状況およびスケジュール確認 ②次期排出ガス規制対応部会の概要報告 ③「安全施工 WG」(7/9(木)開催)の概要報告 ④各社トピックス：キャタピラージャパン(同) 建設現場の生産性を向上させる次世代型ブルドーザ D6/D6 XE の紹介

■除雪機械技術委員会

月 日：8月24日(月)(web会議で開催)

出席者：太田正樹委員長ほか18名

議 題：①委員交代に関する報告等
②国交省からの状況説明：除雪に関する状況等 ③ロータリ分科会からの報告：ロータリ除雪車の安全性向上活動の進捗状況 ④本年度除雪現場見学会開催要否についての討議 ⑤HPの改訂の件 ⑥本年度の担当割の確認

■ダンプトラック技術委員会

月 日：8月27日(木)(web会議で開催)

出席者：渡辺浩行委員長ほか6名

議 題：①各社トピックス：(株)諸岡 横

投入式木材破砕機「MRC-3000」の紹介 ②安全装置／システム 輪講：コマツ「KomVision 人検知衝突軽減システム」の紹介 ③本年度活動計画に関する討議

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：8月28日(金)(web会議で開催)

出席者：橘伸一委員長ほか6名

議 題：①小断面トンネル工事における機械、設備調査に関する討議(「調査依頼」等の内容確認、調査依頼方法、スケジュールの確認) ②技術講演会の件(テーマ、講演者選定の状況報告) ③その他

標 準 部 会



■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 ISO 21815 衝突警報及び回避 国際 Web 会議

月 日：8月4日(火)～6日(木)

出席者：WG コンビナー岡ゆかり(コマツ)ほか海外19名、日本9名

■ ISO/TC 214/WG 1 米国との特設 Web 会議

月 日：8月5日(水)朝

出席者：WG 幹事 Daniel MOSS (The International Powered Access Federation (IPAF))ほか海外複数名、木村健(アイチ)ほか日本から2名

■ ISO/TC 214/WG 1 高所作業車 国際 Web 会議

月 日：8月19日(水)早朝

出席者：WG コンビナー Ian McGregor (Skyjack 社)ほか海外19名、日本1名

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 DTS 15143-4 米国による DTM 数値地形モデル特設チーム Web 会議

月 日：8月19日(水)深夜

出席者：チームリーダー Nicholas BOLLWEG (Deere 社)、ほか海外8名、日本 WG コンビナー山本茂(コマツ)ほか7名

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 エネルギー消費試験方法国際 Web 会議

月 日：8月20日(木)

出席者：WG コンビナー Charles CRWOELL (Caterpillar 社)ほか海外3名、日本プロジェクトリーダー正田明平(コマツ)ほか11名

■ ISO/TC 23/SC 19/JWG 10 ISO 23285 極低電圧電機駆動国際 Web 会議

月 日：8月24日(月)夜

出席者：WG コンビナー Rick WEIRES (Deere 社)ほか海外10名、日本 岡宮崇幸(コマツ)ほか1名

■ ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 高度自動化参照枠組み及び構成 国際 Web 会議

月 日：8月24日(月)深夜

出席者：WG コンビナー Hector Valenzuela Neumann (INTEROP)ほか海外13名、日本 岡ゆかり(コマツ)ほか3名

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 国際 Web 会議

月 日：8月25日(火)～26日(水)

出席者：WG コンビナー Greg KITTLE (Deere 社)ほか海外9名、日本 親 SC 国際議長 正田明平(コマツ)ほか6名

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO TS15143-4 施工現場地形データ編集会議

月 日：8月27日(木)

出席者：プロジェクトリーダー Nicholas BOLLWEG 氏 (Deere 社)、ほか海外7名、日本 親 SC 国際議長 正田明平(コマツ)ほか1名

建 設 業 部 会



■三役会

月 日：8月6日(木)

出席者：福田智之部会長ほか5名(内 WEB 参加3名)

議 題：①機電交流企画 WG 報告・第24回機電技術者意見交換会10/8の企画について・テーマ・講演会について・女性機電職の座談会等の検討 ②その他

■機電交流企画 WG

月 日：8月18日(火)

出席者：松本清志主査ほか11名(内 WEB 参加3名)

議 題：①令和2年度機電技術者意見交換会の企画再検討・第24回機電技術者意見交換会10/8の企画開催について・女性機電職座談会の企画について ②その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：8月26日(水)

出席者：久松栄一主査ほか8名(内 WEB 参加1名)

議 題：①ラフタークレーンの安全対策及び風荷重について(8/20開催の建築生産機械技術委員会討議予定) ②災害事例報告 ③その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：8月4日(火)

出席者：平清二郎部会長ほか11名(内 WEB 参加8名)

議 題：①レンタル基本約款改定(JCRA,

JCMA 共通), JCRA/JCMA 合同 WG 最終案の確認 ②約款リリース時期・方法の打ち合わせ ③今後のスケジュールの打ち合わせ・確認 ④7/9 開催 JCMA ICT 安全施工 WG 報告 ⑤各社からの報告事項・情報交換・各社からの報告事項等 ⑥R2 年度レンタル業部会現場見学会 (11/12 (木)~13 (金)) 候補について ⑦その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日: 8月5日 (水)
出席者: 見波潔委員長ほか29名
議 題: ①令和2年11月号 (第849号) 計画の審議・検討 ②令和2年12月号 (第850号) 素案の審議・検討 ③令和3年1月号 (第851号) 編集方針の審議・検討 ④令和2年8月号~令和2年10月号 (第846~848号) 進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■新工法調査分科会 WEB 開催

月 日: 8月17日 (月)
出席者: 石坂仁委員長ほか5名
議 題: ①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■第1回施工技術検定委員会

月 日: 8月21日 (金)
場 所: 支部会議室
出席者: 伊藤正樹技術部会副部長ほか9名
議 題: 建設機械施工技術検定実地試験の実施要領について

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日: 8月29日 (土)
場 所: 石狩市 (株)PEO 建機教習センター 北海道教習所
受検者: 実人数1級10名, 2級89名
延人数1級14名, 2級105名

東北支部



■「令和2年度 i-Construction 研修」講義運営

月 日: 8月5日 (水)~7日 (金)
場 所: 東北地方整備局 多賀城研修所
受講者: 東北地方整備局職員9名
内 容: ①テキスト作成 ②講義 (座学,

実習) 運営

講 師: 情報化施工技術委員会 鈴木勇
治委員長ほか11名

■建設機械施工技術検定実地試験の新規試験監督者講習

月 日: 8月21日 (金)
場 所: 東北支部会議室
出席者: 阿曾貢貴事務局長ほか5名
内 容: CMI 制作 DVD 視聴, 実地試験実施要領, 出題・採点基準の説明と打合せ

■建設機械施工技術検定実地試験の新規試験監督者講習

月 日: 8月24日 (月)
場 所: 宮城県仙台市 西尾レントオール(株) 東北テクノヤード
出席者: 阿曾貢貴事務局長ほか6名
内 容: 実地試験実施要領, 出題・採点基準の説明, 模擬採点

■建設機械施工技術検定実地試験の試験監督者事前打合せ

月 日: 8月25日 (火)
場 所: 宮城県仙台市 西尾レントオール(株) 東北テクノヤード
出席者: 阿曾貢貴事務局長ほか17名
内 容: CMI 制作 DVD 視聴, 実地試験実施要領, 出題・採点基準の説明と打合せ

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日: 8月26日 (水)~27日 (木)
場 所: 宮城県仙台市 西尾レントオール(株) 東北テクノヤード
受検者数: 種別 1級 2級 合計
1種 16 24 40
2種 14 127 141
3種 3 7 10
4種 10 10 20
計 43 168 211

北陸支部



■第1回道路除雪オペレータの手引等改定委員会

月 日: 8月20日 (木)
場 所: 興和ビル 10F 大会議室
出席者: 八橋義昭雪氷部会長ほか改定委員18名
議 題: ①「道路除雪オペレータの手引」の改定について ②現況オペレータの手引の目次比較 (北陸, 東北, 北海道) ③次回改定予定 (令和3年度版) の目次 (案) ④令和3年度版のオペレータの手引〔素案〕について

■ゆきみらい2021in 白山 第1回実行委員会事務局会議

月 日: 8月25日 (火)

場 所: 金沢河川国道事務所2階会議室
出席者: 堤雄生事務局長
議 題: ①ゆきみらい2021 in 白山 事業内容案9について ②実行委員会規約 (案), 会計処理要領 (案), 予算 (案) について ③今後のスケジュールについて ④除雪機械展示・実演会の確認事項について ⑤開催・延期に関する意見照会について

■令和2年度建設機械施工技術検定1級実地試験

月 日: 8月29日 (土)
場 所: 石川県小松市 コマツ教習所栗津センタ
受検者: 1級述べ41名
内 訳: 1種7名, 2種22名, 3種2名, 4種10名

中部支部



■建設機械施工技術検定実地試験

月 日: 8月29日 (土)
場 所: 愛知県刈谷市「住友建機販売(株) 愛知教習センター」
受検者: 1級述べ受検者21名, 2級述べ受検者78名

関西支部



■令和2年度1・2級建設機械施工技術検定試験 (実地) 試験監督者打合せ

月 日: 8月5日 (水)
場 所: 関西支部 会議室
出席者: 松本克英事務局長以下11名
議 題: ①実地試験実施要領について ②その他

■令和2年度1・2級建設機械施工技術検定試験 (実地) 試験監督者打合せ

月 日: 8月7日 (金)
場 所: 関西支部 会議室
出席者: 松本克英事務局長以下2名
議 題: ①実地試験実施要領について ②その他

中国支部



■第1回開発普及部会

月 日: 8月18日 (火)
場 所: 広島 YMCA 会議室
出席者: 松本治男部会長ほか6名
議 題: ①令和2年度部会事業活動の実施について ②今後の取組み計画について ③その他懸案事項

■1・2級建設機械施工技術検定実地試験

月 日: 8月29日 (土)~30日 (日)
場 所: 広島市南区出島地先

受検者：1級10名，2級71名（1種12，
2種60，4種9）

四 国 支 部



■令和2年度建設機械施工技術検定【実地】

試験監督打合せ会議

月 日：8月26日（水）

場 所：建設クリエイトビル（高松市）

参加者：小松修夫総括試験監督者ほか6名

議 題：R2実地試験の実施要領と注意事項について

九 州 支 部



■試験監督者説明会

月 日：8月19日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：試験監督者8名

議 題：試験実施要領等の確認

■企画委員会

月 日：8月20日（木）

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか13名

議 題：①令和2年度 i-Construction（活

用編）技術講習会の開催について

②令和2年度建設機械施工技術検定試験（実地試験）計画について ③建設行政講演会の開催について ④その他

■試験監督者説明会

月 日：8月24日（月）

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ

出席者：試験監督者10名

議 題：試験実施要領等の確認

■建設機械施工技術検定試験（実地試験）

月 日：8月25日（火）～27日（木）

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ

受験者：1級64名，2級149名



編集後記

今年の夏は、東京で過去最多となる猛暑日を記録しましたが、秋分の日を境にようやく秋らしくなってきました。10月号の特集テーマは「大規模災害、防災、災害復旧、復興特集」です。ここ数年を振り返っても、2018年の北海道胆振東部地震、2019年の台風15号の暴風雨、19号の河川氾濫、今年の令和2年7月豪雨など激甚な被害を伴う災害が後を絶たない状況です。災害復旧や災害復興等のキーワードを盛り込んだ特集も近年毎年取り上げられています。

10月号では巻頭言に名古屋大学大学院工学研究科 中村教授に社会インフラの将来に向けた配置計画についてご執筆頂きました。行政情報では、災害時の電力安定供給への取り組みと、港湾における高潮、高波等に対する防災・減災の施策の情報を頂きました。特集報文では、防災・減災に関して地山補強のPAN WALL工法、プレキャスト部材を用いた既設堤体嵩上げ防水壁、無動力自動で開閉できる樋門施設、既存

の吹付法面を撤去せず法面補強するニューレスプ工法、鉄道高架橋壁高欄の剥落対策補強ガレットサンド工法などハード面と、AIを採り入れたインフラ点検会社の設立、長時間アンサンブル降雨予測システムによる豪雨災害時のダムによる洪水調節効果の最大化等ソフト面の紹介と、また安全指標 GNS に関する報文2編の紹介を頂きました。災害対応・復旧・復興では、急傾斜で活躍する大型モノレール、二次災害に対策された小型電動遠隔解体ロボット、コンクリート重量物を搬送据付できるリフトローラー工法、古いレンガトンネルを修繕する T3 パネル工法等災害時に活躍する機械類や、ハイパースペクトルカメラによる災害調査が紹介されています。また、災害復旧の貴重な施工報告として、群馬県の国道144号鳴岩橋緊急復旧工事の短期間での復旧施工のご紹介を頂きました。

最後にご執筆頂いた皆様にはご多忙中にもかかわらず当誌に執筆頂き感謝とともに御礼申し上げます。
(宮川・宇野)

11月号「道路特集」予告

・道路分野における新技術導入促進の取組 ・道路維持管理の高度化・効率化に向けた取り組み
・移動式防護柵 ・ウォータービュー高速道路プロジェクト ・円形セグメントとパイプルーフを用いた非開削トンネル工事の高速化・省人化 ・円形セグメントとパイプルーフを用いた非開削トンネル工事の高速化・省人化 ・プレストレスジョイントを用いた道路橋床版更新技術の開発
・高速道路舗装の長寿命化に向けた高耐久路盤用混合物の開発と施工事例 ・みちびきの位置情報を付与した水糸下がり検測デジタル化技術の開発 ・アスファルト舗装の品質と安全性の向上を目指した取り組み ・生産性と安全性の向上を目指した締固め機械の特徴紹介

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえ FAX をお送りください。
詳しくは HP をご覧ください。

年間定期購読料 (12冊) 9,408 円 (税・送料込)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 誠治	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
小六 陽一	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

建設機械施工

第72巻第10号 (2020年10月号) (通巻848号)
Vol. 72 No. 10 October 2020
2020 (令和2) 年10月20日印刷
2020 (令和2) 年10月25日発行 (毎月1回25日発行)
編集兼発行人 田崎 忠行
印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内
電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>
施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 電話 (0545) 35-0212
北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8 電話 (011) 231-4428
東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18 電話 (022) 222-3915
北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 電話 (025) 280-0128
中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10 電話 (052) 962-2394
関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4 電話 (06) 6941-8845
中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 電話 (082) 221-6841
四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 電話 (087) 821-8074
九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30 電話 (092) 436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138
E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

N 微弱電波 U 429MHz帯特定小電力 G 1.2GHz帯特定小電力
M 315MHz帯特定小電力 S 920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円～



12操作
標準型
RC-5812N
17万円～



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円～

※ボタン配置自在

タフ 頑強 ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円～



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作
標準型
RC-3208N
12万円～



5操作
標準型
RC-3205M
11万円～



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円～

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円～



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円～

**ポケットサイズの
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押し追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーバ (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**

TX-6B00N/U型送信機例
(ボアバ6000)



TX-8B00N型送信機例
(ボアバ8000)



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機



TX-7B00N型送信機例
(ボアバ7000)

双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円～

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



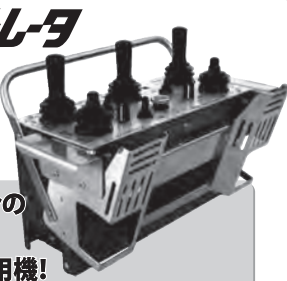
▼受信機



MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**

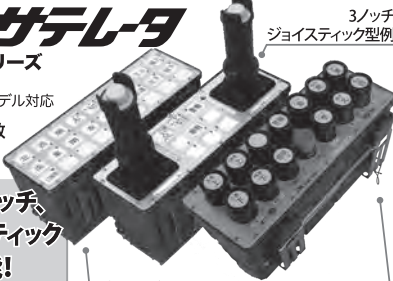


マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リソーサー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円～

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



* 価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索



ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

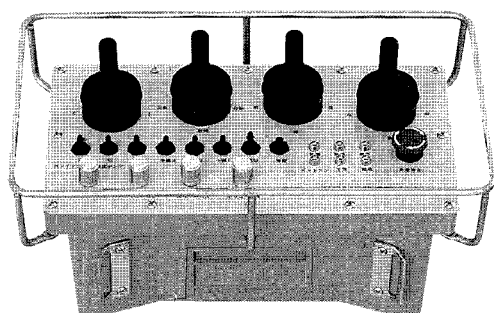
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

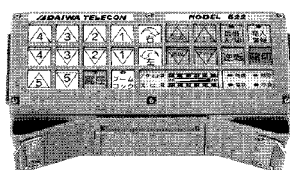
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（-△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171

TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005

ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>

e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他

大深度地下工事や大規模トンネル工事にも最適。 大水量・高揚程仕様のLH型ラインナップ。

『大水量・高揚程タイプ』の
LH10110 型 (110kW) と LH12185 型 (185kW) が
ラインナップしました。
新型 LH 型は、深化する大深度地下工事や大規模トンネル
工事で大いに貢献します。



大水量
高揚程
仕様

耐久性
の
向上

メンテナンス性
の
向上

水切構造

ケーブルメンテナンス蓋

モータ保護装置

オイルリフターを装備

オイルリフターは、メカニカルシール（軸封装置）のシール（密封）性能アップによる水中ポンプの品質・信頼性向上を目的にツルミが開発しました。

両吸込型羽根車

全面水路円筒形構造

解析状況（流線図）

浸水検出器装備

電極型

フロート型

底部から、羽根車・ケーシング・メカニカルシール・下部軸受等の部品交換ができます。

大水量・高揚程仕様

LH型 (110kW・185kW)

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa 

<http://www.mikasa.com>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

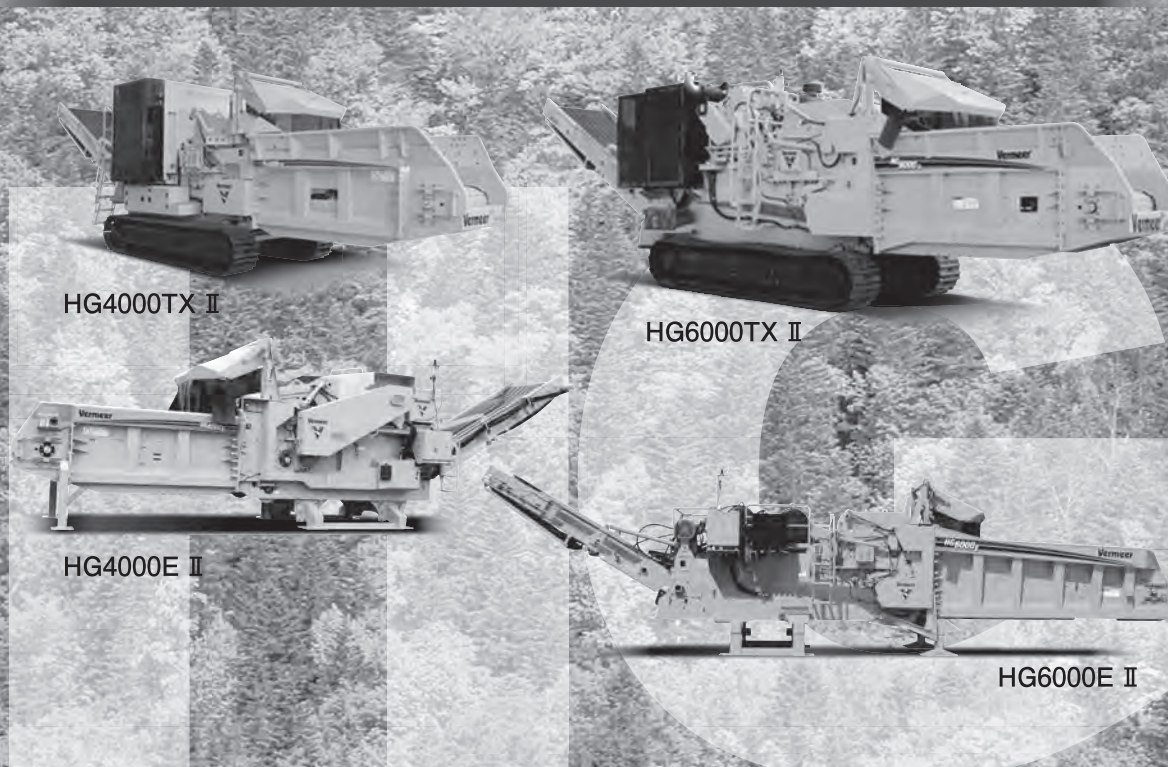
大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

マルマテクニカのホリゾントルグラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/ガウジン/手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: http://www.denyo.co.jp/

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも
青い空のために



★**光星**

DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE5W-30



★**新星**



★**彗星**



★**快星**

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。



COSMO コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<https://www.cosmo-lube.co.jp/>

カスタマーサポートセンター：0120-15-4899



Messe München
Connecting Global Competence

OUR COMPETENCE, YOUR INNOVATION.

bauma CHINA 上海開催
2020 年 11 月 24 日-27 日
中国・上海新国際見本市会場



オンラインで入場登録受付中!
<事前登録で入場無料>
→ [www.bauma-china.com/
register](http://www.bauma-china.com/register)

国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械・
建設車両専門見本市

www.bauma-china.com

お問合せ:メッセ・ミュンヘン日本代表部, Tel: 03-6402-4583, info@messe-muenchen.jp

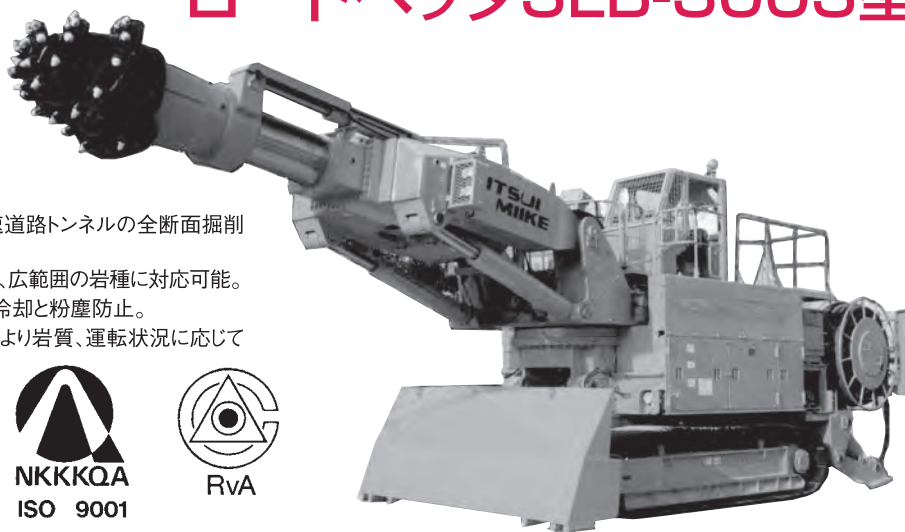
bauma CHINA

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

2機パック

万が一のトラブル・
事故に備えて!



1Day レンタル

ご利用予定日の前日にお届け!
※ご利用日翌日には返却(発送)をお願いします



点検特化ドローン「Skydio J2」オールインワンのレンタルサービスを開始



最大6時間飛行が可能

予備バッテリー12個
(レンタルパックと合計で20個)



未経験者も安心

1日実技講習付き

※オプションで各種法規則などの
座学講習もご用意。

橋梁をはじめとしたインフラ点検の未来を変える、ドローン。

2030年、全国にある道路橋(約73万本)の50%が、建設後50年を経過します。

点検需要の急増はいなめなくなるでしょう。

それに反して土木技術者の人手不足は加速し、その対応が困難となることは容易に想像できます。

2019年春、インフラ点検の基礎となる国土交通省「道路橋定期点検要領」と「道路トンネル定期点検要領」が改定され、

点検業務でのドローンの利用が進められています。

レンタルを活用いただく事で点検業務の効率化が実現され、現場で点検しているみなさまをサポートしています。

ジャパン・インフラ・ウェイマークでは、点検特化ドローン「Skydio J2」のレンタルを開始いたしました。

「Skydio J2」は、国交省 点検支援技術性能カタログ 画像計測技術(橋梁)にも選ばれた優れた機体です。

みなさまに使いやすい「Skydio J2」をオールインワンでレンタル可能にしました。

Skydio J2は操作も簡単! 初めてのでも安心してお使い頂けます。実技講習約8時間の受講のみで、「ドローン操縦者資格」が取得可能です。

近い未来、私たちの生活に欠かせない社会インフラは、ドローンにより守られているかもしれない。

株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク

〒104-0061 東京都中央区銀座1-6-5 銀座Bビル3F

<https://www.jiwm.co.jp/rental/>

※Skydio J2は、Skydio R2 for Japanese Inspectionの愛称です



JAPAN INFRA WAYMARK

SITECH®
YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

高性能 GNSS アンテナ
サンシェード
GNSS ステータス (衛星数、精度) 方向方位ステータス

マシンコントロール+拡張現実
Trimble EarthWorks AR

レイヤー表示
AR 対応 SmartPhone (推奨市販モデル)

2D / 3D ビューセクター
2D ビューと 3D ビューのワンタッチ切替で、現在位置を即座に把握

透明度スライダー
データを透過させることで、多彩なバーチャルとリアルを重ね合わせ表示が可能。

任意断面を表示

レーザー距離計搭載で、
・バーチャル⇄リアル
・バーチャル⇄バーチャル、
・リアル⇄リアルの距離測定、
画像とメモの送信。ポイント測定、
切盛測定、法長測定が可能。

軽量の携帯ユニットに、
長時間使用できる交換
可能な充電バッテリー搭載

拡張現実システム
Trimble SiteVision

拡張する 世界が変わる

SITECH®

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田 2-16-2 テクノポート大樹生命ビル
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

Trimble®
Authorized Dealer

雑誌 03435-10



4910034351008
00800

「建設機械施工」

定価 本体 八〇〇円 (税別)