

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



Vol.72 No.9 September 2020 (通巻847号)

特集

## コンクリート工 コンクリート構造



ICT技術導入により生産性向上に取り組んだ高尾野橋梁

### 巻頭言 作業用ロボットの夢

行政情報 コンクリートの生産性向上検討協議会の動向

すいそう Kamiokaの地下から探る宇宙

部会報告 ISO/TC 82/SC 8/JWG  
2020年2月東京国際作業グループ会議報告

#### 技術報文

- 働き方を変える打継ぎ目処理剤の開発
- RC橋上部工における汎用プレキャスト工法の開発
- パイロット孔が不要な押し切り式ワイヤーソー装置の開発
- N式凝結テスターによる打重ね管理の提案
- 防潮堤工事の型枠・コンクリートの施工実績 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# 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

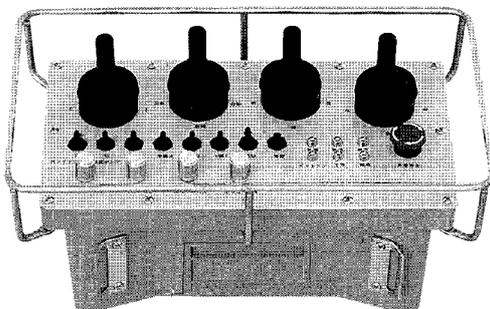
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

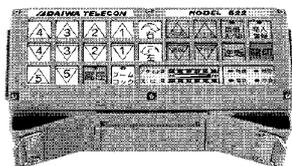
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



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)又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式(一△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](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)

営業所 東京、大阪、他

# 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 PC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. PC橋編
  - ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
  - ・PC橋片持架設工、架設支保工工法、外ケーブルPC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、PCB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



● A4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

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

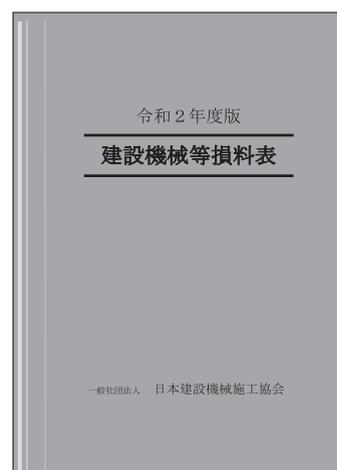
■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■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

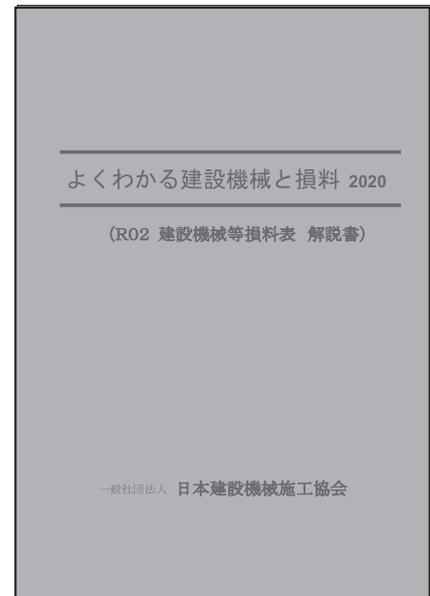
## 「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（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](mailto:suzuki@jcmanet.or.jp)

# 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	印	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 太陽生命仙台北町ビル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](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

当協会機関誌へ掲載します。

★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処にあたります。(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。

**【個人情報の取扱いについて】**

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.jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧ください。

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	<h1>コンクリート工, コンクリート構造</h1>
巻頭言	4 作業用ロボットの夢 綾野 克紀 岡山大学大学院 環境生命科学研究所 教授
行政情報	5 コンクリートの生産性向上検討協議会の動向 全体最適の導入 (コンクリートの規格の標準化等) 栗原 和彦 国土交通省 大臣官房技術調査課 建設システム管理企画室 工事監視官 清 憲三 国土交通省 大臣官房技術調査課 建設システム管理企画室 技術管理係長
特集・ 技術報文	14 働き方を変える打継ぎ目処理剤の開発 すぐ撒けて良く見える材料が現場を変える 御領園悠司 清水建設㈱ 土木技術本部 基盤技術部 コンクリートグループ 根本 浩史 清水建設㈱ 土木技術本部 バックエンド技術部 主査 尾田 健太 日本シーカ㈱ 技術研究所 コンクリートシステム 副主任研究員
	20 超高強度吹付けコンクリート「T-HPSC <sup>®</sup> 100」を開発 脆弱な地山条件下におけるトンネル支保工の施工を効率化 川口 哲生 大成建設㈱ 技術センター 生産技術開発部 都市再生技術開発室 UFC チーム 課長 武田 均 大成建設㈱ 技術センター 生産技術開発部 都市再生技術開発室 UFC チーム チームリーダー 佐藤 圭 ボゾリスソリューションズ㈱ 混和剤営業部
	27 RC 栈橋上部工における汎用プレキャスト工法の開発 オールプレキャスト施工の実現 池野 勝哉 五洋建設㈱ 技術研究所 土木技術開発部 担当部長 齊藤 創太 五洋建設㈱ 土木部門 土木設計部
	33 ポリウレア樹脂を用いたコンクリート構造物の機能保持・向上技術 タフネスコート工法 久保 昌史 清水建設㈱ 土木技術本部 基盤技術部 コンクリートグループ 興石 正己 日本工営㈱ 交通運輸事業本部 道路事業部 道路橋梁部 橋梁サブグループ 部長補佐 井出 一直 三井化学産資㈱ 環境資材事業部 建築資材部 建設・コーティング資材グループ 新製品チームリーダー
	40 Fc300 N/mm <sup>2</sup> クラスの超高強度・高性能コンクリートの開発と適用 本間 大輔 ㈱竹中工務店 技術研究所 建設材料部 構造材料グループ 田邊 裕介 ㈱竹中工務店 技術本部 技術プロデュース部 小島 正朗 ㈱竹中工務店 技術研究所 建設材料部 構造材料グループ グループリーダー
	49 パイロット孔が不要な押し切り式ワイヤーソー装置の開発 ディープノンループカッター 小河原暁彦 ㈱大林組 ロボティクス生産本部 技術開発部 主任 大下 貴史 コンセック㈱ 技術製造部 開発グループ チーフ
	53 N 式凝結テスターによる打重ね管理の提案 白岩 誠史 安藤ハザマ 建設本部 土木設計部 齋藤 智行 安藤ハザマ イノベーション部 赤池 考起 安藤ハザマ 建設本部 土木設計部
	59 コンクリート工事を見える化する データプラットフォーム「CONCRETE@i」を構成する各種要素技術 松本 修治 鹿島建設㈱ 技術研究所土木材料グループ 主任研究員 柳井 修司 鹿島建設㈱ 本社土木管理本部技術部 担当部長 渡邊 賢三 鹿島建設㈱ 技術研究所土木材料グループ グループ長
	65 山岳トンネルにおける覆工コンクリートの急速打設システムの開発 ひび割れ誘発目地の形成機構を有するセントルを用いた実大施工実験 齋藤 隆弘 ㈱奥村組 技術研究所 施工・材料チームリーダー 浜田 元 ㈱奥村組 技術研究所 地盤調査・計測チームリーダー 張 志瑄 ㈱奥村組 東日本支社 土木技術部
	70 橋梁現場の生産性を向上させる技術開発 大野 俊平 鉄建建設㈱ 土木本部 橋梁技術部 コンクリート・PC グループ 課長代理 石田 靖 鉄建建設㈱ 土木本部 i-Con 推進部 部長 山田 倫大 鉄建建設㈱ 九州支店 土木部 主任

	75	防潮堤工事の型枠・コンクリートの施工実績 場所打ち擁壁工（堅壁部）の施工における CF（Compsite Form Method）工法の採用 宇佐美克則 東亜建設工業㈱ 陸前高田脇之沢工事事務所 所長
	80	覆工コンクリート施工目地部の一体化防止材料の適用効果に関する研究 宇野洋志城 佐藤工業㈱ 技術センター技術研究所 所長 弘光 太郎 佐藤工業㈱ 技術センター技術研究所 土木研究部員
	84	輝度を利用したコンクリートひび割れ画像測定に関する精度検証 野間 康隆 安藤ハザマ 建設本部技術研究所 土木研究部 研究員 渡辺 健 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 主任研究員
	89	トンネル壁面画像からのクラック自動検出 和田 智之 理化学研究所 光子工学研究センター 光子制御技術開発チーム 村上 武晴 理化学研究所 光子工学研究センター 光子制御技術開発チーム 斎藤 徳人 理化学研究所 光子工学研究センター 光子制御技術開発チーム 重田 将宏 理化学研究所 光子工学研究センター 光子制御技術開発チーム Zaixing Mao 理化学研究所 光子工学研究センター 光子制御技術開発チーム
交流のひろば	94	女性専用仮設トイレが気付かせてくれたもの フラワートイレプロジェクトから快適トイレへ 熊本 好美 日野興業㈱ 営業企画部 営業企画課
ずいそう	99	Kamioka の地下から探る宇宙 池田 一得 東京大学 宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設 助教
	101	家族の生き様が大切な事を伝えてくれた 植松 努 ㈱植松電機 代表取締役
	103	変化 齋藤斗志郎 日立建機日本㈱ 北海道支社 支社長
部会報告	105	ISO/TC 82/SC 8/JWG 2020 年 2 月東京 国際作業グループ会議報告 標準部会
	111	新工法紹介 機関誌編集委員会
	114	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 7 月)
	120	編集後記 (副島・赤坂)

◇表紙写真説明◇

ICT 技術導入により生産性向上に取り組んだ高尾野橋梁

写真提供：鉄建建設㈱

平成 28 年熊本地震で通行不能となっている国道 57 号の災害復旧事業の北側復旧ルートの一環として、熊本県大津町平川地先にて架設した高尾野橋梁。

高尾野橋梁は PC2 径間連続ラーメン箱桁橋。ワーゲンによる張出し架設工法により左右 12 ブロック (全 24 ブロック)、橋長 113 m の施工を行った。

## 巻頭言

# 作業用ロボットの夢

綾野 克紀



体重が10kg増えた。スタイルは気にしないにしても、人間ドックに行くには気が引ける。どんなわがままな生活をしていても、きっと助けてもらえる医療技術や、日々の豊かな生活に、日本に生まれて幸せだと感じる。

助手の時代は何を研究して良いか分からず辛かった。そんなときに、学内の古本屋で村田二郎先生が書かれたコンクリート茶話館を手にした。とくに惹かれたのは締固め作業ロボットである。コンクリートが振動により受ける運動エネルギーの総和と、締固め度との間には、一定の関係がある。コンクリートの運動エネルギーは、振動エネルギーと振動時間の積である。振動エネルギーは、振動締固めによるコンクリートの応答振幅と振動数の積で求められる。応答振幅と振動数を感知できるセンサーとコンピュータ、それに振動機を組合せた作業用ロボットが開発されれば、刻々と変化する各部でのコンクリートの締固め度を判断しながら、施工が進められ、締固め不足のない均質なコンクリートを全自動で確実に施工できるようになる。と、精度の良いセンサーや処理スピードの早いコンピュータなど無い頃に、実用化の課題や理論が既に整理されていた。すごいお宝を見つけたように思えた。

JCIで調査研究委員会の委員長を初めて任されたときは、迷わず、確実な施工が実施できていることを確認するための試験方法や、センサー技術によって、施工の合理化、機械化が図れる技術を調査研究することに決めた。同じスランブのコンクリートでも、粘性等によりコンクリートの施工性は大きく相違する。スランブ試験や空気量試験だけでは判定できないフレッシュコンクリートの品質を把握するために提案されている試験方法を用い、配合選定試験でその適用性を確認した。それらの試験結果に基づき、適切な施工を行った場合と、そうでない場合で、硬化後の構造体コンクリートの品質にどの程度の違いがでるかも確認した。施工時に“もう一工夫”といえる試験を実施すれば、確実な施工につながる事例は示せたが、ロボット化に

直ぐにつながるところまでは至らなかった。結局、「経験を積まれた技術者の存在は、とても貴重である。」というのが結論だったかもしれないが、今でも、作業用ロボットの夢は捨てきれないでいる。

2017年制定の土木学会コンクリート標準示方書の改訂でのポイントは、生コンクリートを用いた施工を確実にを行うために、コンクリートの標準スランブを8cmに限らないとすることと、設計において、ポンプの筒先やパイプレータの挿入位置にスペースを確保することであった。スランブの大きなコンクリートを用いることは、値段の高い生コンクリートの使用につながる。それが、実現を阻んだ。しかしこの示方書の発刊後、いつの間にか、多くの地域でスランブ8cmと12cmのコンクリートで値段に差がなくなっている。コンクリートの値段が、スランブで変わらないのなら、土木用コンクリートの標準スランブに対する考え方はもっと早く変わっていたかもしれない。2022年制定の土木学会コンクリート標準示方書の改訂では、プレキャスト製品を用いた施工を施工標準に入れることが議論されている。施工標準に入るのはJISのⅠ類製品で、JISのⅡ類製品やサイトプレキャストは特殊コンクリートに入れられる予定である。標準化されたプレキャスト製品を機械化施工する体系を目指して準備が行われている。

全産業で、製造工程のシステム化、ロボット化は進んでいる。コンクリート工事においても、施工の作業状況の適否を機械装置自身が判断しながら作業を進めることが可能になる日がきっと訪れるはずである。先日人間ドックのエコー検査では、検査技師に「太ってますね」と言われた。そんなこと、エコー使わなくても、見たら分かるでしょと言いたくなる。医療技術でも、最後の判断は人である。施工技術も、経験を積んだ技術者とのコラボからでも、始めることが重要なように思う。

## 行政情報

# コンクリートの生産性向上検討協議会の動向

## 全体最適の導入（コンクリートの規格の標準化等）

栗原和彦・清 憲三

国土交通省では、生産性の向上や担い手確保等のため、2016年から「i-Construction」を推進しているところである。中でも「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」についてはi-Constructionの3つのトップランナー施策のうちの一つに位置づけられており、コンクリート生産性向上検討協議会を中心に検討を進め、各種ガイドラインの策定等を進めてきたところである。これらの取組については、「建設機械施工 Vol.70 NO.4 April 2018」において紹介したところであるが、本稿においては前回掲載時以降の取組及び今後の取組を中心に、コンクリート生産施工上検討の取り組みを紹介する。

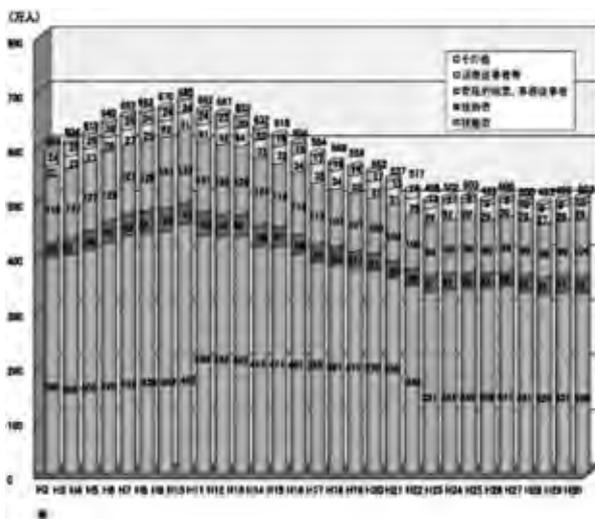
キーワード：i-Construction, 生産性向上, コンクリート工, プレキャストコンクリート

### 1. はじめに

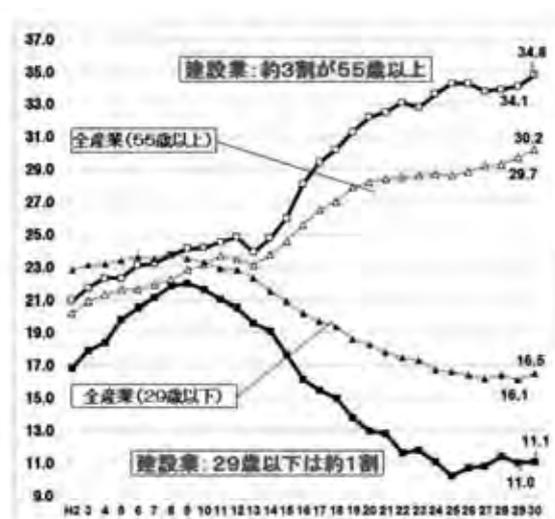
我が国は、2010年の1億2806万人をピークに人口減少が始まっており、加えて極めて速いスピードで高齢化が進みつつある。また、我が国の生産年齢人口は1995年をピークに減少局面に突入しており、建設業就業者数もピーク時（1997年）より約28%減少している。年齢構成別では、55歳以上が約34%を占め、29歳以下が約11%にとどまるなど、全産業の中でも就業者の高齢化が著しく進行している（図-1）。今後10年間に、60歳以上の高齢者（約25%、83万人）の大量離職が見込まれており、それを補う若手入職者

の確保、次世代への技術の承継が喫緊の課題である。このような状況の中、潜在的な成長力を高めるとともに、新たな需要を掘り起こしていくため、働き手の減少を上回る生産性の向上等が求められている。また、産業の中長期的な担い手確保・育成等に向けて、働き方改革を進めることも重要であり、この点からも生産性の向上が求められている。

こうした観点から、国土交通省では、2016年より、生産性の向上に向け取り組んでいるところであり、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本的に生産性を向上させるために「i-Construction」を推進している。



出典：国土交通省資料



出典：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出

図-1 建設業就業者の推移と年齢構成の変化

i-Constructionにおいては、衛星測位技術やIoTの急速な発展を踏まえ、「建設現場を最先端の工場へ」、「建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入」及び「建設現場の2つの「キセイ」の打破と継続的な「カイゼン」」をi-Constructionを進めるための3つの視点として整理した。さらに3つの視点のトップランナー施策として、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」、「施工時期の平準化」を設定し、それぞれについて取り組むべき事項を整理した。

本稿では、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」について、これまでに策定した各種ガイドライン等の取組について紹介する。なお、コンクリート工の生産性向上については、「建設機械施工 Vol.70 NO.4 April 2018」において紹介していることから、本稿においては、2018年4月以降の取組を中心に紹介するものとする。

## 2. i-Construction

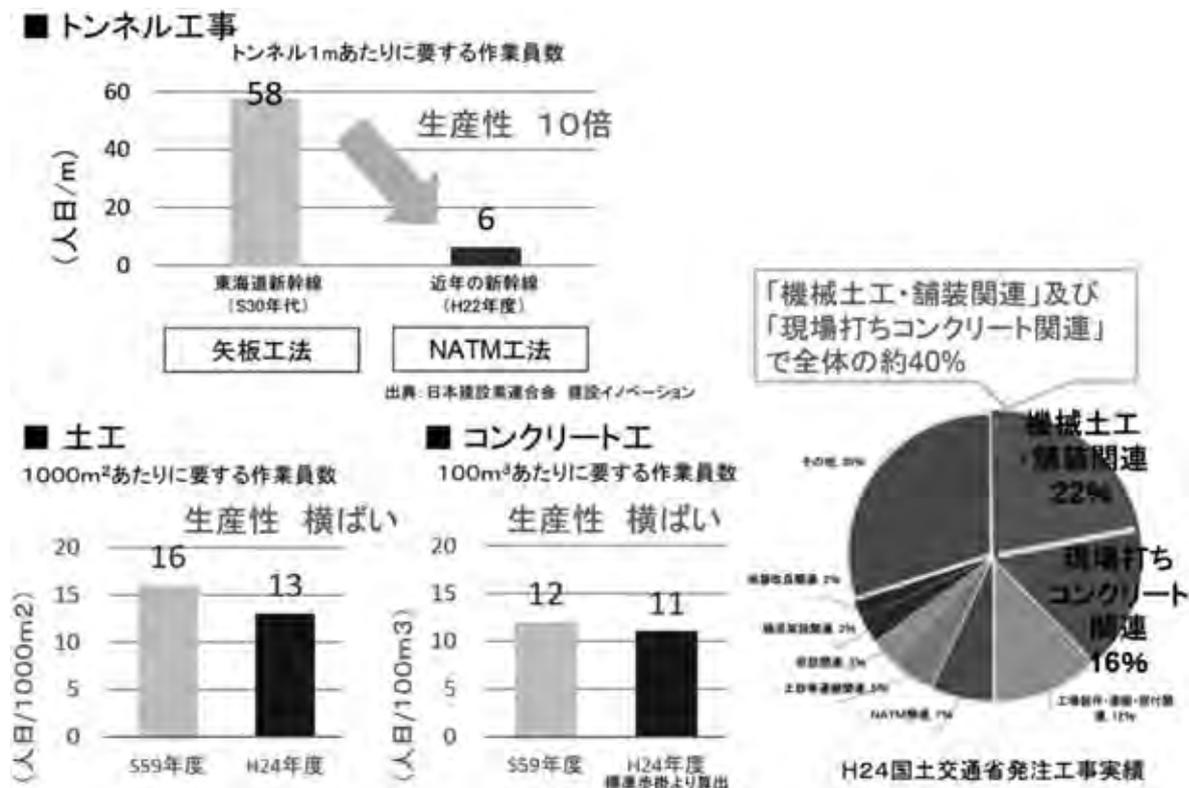
我が国では、人口減少が進むとともに、極めて早いスピードで高齢化も進みつつある。2030年までの20年間、貴重な労働力である生産年齢人口は毎年1%近く減少していくと見込まれており、経済成長を継続させるためには、生産性を向上させていく必要があると

考えられる。

かつての高度経済成長期の実質GDP成長率は1956年～1970年までの間の年平均で9.6%であったが、その間の労働力人口の伸び率は年平均1.4%程度であり、高度成長の大部分は生産性の向上がもたらしたものであるとすることができるが、近年は生産性が低下しており、生産性向上こそが、これからの成長のキーワードと言える。

このような状況を踏まえ、「国土交通省生産性革命本部」を設置し、総力を挙げ生産性の向上に向け取り組んでいるところであり、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本的に生産性を向上させるi-Constructionはその重要な施策の一つである。

i-Constructionを進める上でのポイントは、衛星測位技術やIoTの急速な発展を踏まえ、i-Constructionを進めるための視点等について、「建設現場を最先端の工場へ」、「建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入」及び「建設現場の2つの「キセイ」」の打破と継続的な「カイゼン」」の3つに整理した。また、3つの視点のトップランナー施策として、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」、「施工時期の平準化」を設定し、それぞれについて取り組むべき事項を整理した。さらに、i-Constructionを推進していくた



図一 生産性向上の状況

めの仕組みとして、国における推進体制の整備、官民連携コンソーシアムの設立、ビッグデータの活用、他の屋外産業との連携、海外展開について提案した。

労働力不足は、ピンチのように見えるが、危機的な状況を解決するためのイノベーションを喚起し、建設現場を変えるチャンスでもある。

建設現場の抜本的な生産性向上のためには、3つのトップランナー施策から取組を始め、対象工種の拡大や継続的な「カイゼン」を進め、建設現場の全てにわたってi-Constructionを浸透させることにより、建設現場の生産性革命を実現しなければならない。

今後、ICT、IoTの更なる進展により、想像を超えるイノベーションが起き、建設現場での働き方が大きく変わり、女性や高齢者等といった方々にとって、活躍する機会が大幅に拡大することが期待されるとともに、建設現場で働く人々の労働環境改善や、若い世代の建設業への入職増加が期待される。

i-Constructionにおいては、上記の様に生産性向上に取り組んでいるものであるが、中でもトップランナー施策に位置付けられている土工とコンクリート工の生産性について他工種と比較すると、例えばトンネル工事の生産性は約50年間で10倍程度向上していることがわかるが、土工及びコンクリート工の生産性は30年前からほとんど向上が見られていないことがわかる。一方で、土工とコンクリート工は直轄工事の全技能労働者の約4割を占めており、改善による効果が大きいと考えられ、積極的に取り組むべき課題である(図—2)。

### 3. コンクリート生産性向上の課題

「全体最適の導入(コンクリート工の規格の標準化等)」における課題は以下の通りである。

#### (1) コンクリート工の特性に由来する課題

コンクリート工は以下のような特性・課題を有していることから、建設現場毎には部分最適化が図られていたが、生産性の飛躍的な向上は進みにくかったと考えられる。

##### (a) 屋外作業における課題

建設現場は屋外生産が基本であり、気象条件により作業が影響を受けやすく、特に現場打ちコンクリートは気温が4℃～25℃の環境で打設することが標準とされ、夏季、冬季における作業に制限がかかるとともに、降雨によっても影響を受けることもあり、計画的な施工が困難な特徴を有する。さらに、橋梁等の構造物によっては、高所作業が必要となり、危険が伴う労

働環境での作業となる。また、型枠の設置、鉄筋の組立などが建設現場毎に異なり、作業が複雑となることから、これに従事する技能労働者も一定程度のスキルが必要となる。

##### (b) 工場製作における課題

プレキャスト製品を活用する場合でも、同サイズの製品を大量に使用する機会は限定的であり、スケールメリットが生じにくい特徴がある。工場の稼働状況の平準化のために受注を先読みして製品を工場で作製することが考えられるが、同規格の製品が発注されなければデッドストックとなるリスクがあることから、受注を受けてから生産するという工程にならざるを得ず、安定的な生産によるコストダウンが難しい環境にある。

#### (2) 優れた新工法、新技術に関する基準が未整備

コンクリート工において施工性、工期、安全性、品質等の観点で優れる様々な工法、技術が存在するが、基準が未整備であり、また、従来工法より割高な場合が多いことから、設計時に採用されにくく、普及が進まない状況にある。このことは、企業等の新技術の開発意欲を低下させる要因のひとつになっていると考えられる。

### 4. コンクリート生産性向上に向けた検討

上記の課題を踏まえ、コンクリート工全体の生産性向上を図るため、全体最適の導入、現場打ちコンクリート、プレキャスト製品それぞれの特性に応じた要素技術の一般化及びサプライチェーンマネジメントの導入に向けた検討を進めている。

#### (1) 全体最適の導入に向けた検討

コンクリート工の生産性向上のため、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセス全体の最適化を図る。このため施工、メンテナンス、更新の効率性や安全性を設計段階から追求できるよう、下流プロセスを踏まえた設計、施工や維持管理に知見を有する者が設計の段階から関わる仕組みなどフロントローディングの考えを導入することが必要である。

さらに、生産性を飛躍的に向上させるためには革新的な技術開発や全体最適の本格的な導入を促す仕組みが必要と考えられる。この手段として、具体的な事業において工期や省力化等に関して大胆な目標を設定し、技術コンペ(技術提案・交渉方式等)を行うなど、

従来の発想にはない技術開発や、フロントローディングの考え方を実現できる仕組みへの転換を促し、これを全国的に普及させることも有効と考えられる。

また、工期短縮や安全性、品質の向上など、コスト以外の観点で優れ、生産性の向上に資する技術、工法の採用を進めるため、これらの性能を総合的に評価する手法を開発することが必要である。

(2) 規格の標準化、要素技術の一般化に向けた検討

全体最適化を後押しするための手段として、規格の標準化を図り、可能な限り部材の工場製作化を進める必要がある。

この規格の標準化に当たっては、新技術の導入や施工の自由度を確保するために、仕様規定ではなく、創意工夫が活用できる性能規定型の規格とする必要がある。また、性能規定型の規格の考え方を全国に普及させるためには、性能規定に対する性能評価や検査手法の標準化を図る必要がある。

さらに、現在、開発されている生産性を向上させる技術・工法を一般化する取組を進めることが重要である。

また、品質を担保するための必要な合理的な検査を前提として、建設現場における施工の自由度を高めるため仕様の見直し等の措置を図る。

このため、以下の要素技術の普及に向けたガイドライン、設計マニュアル等の整備を行うべきである。

1) 部材の規格（サイズ等）の標準化

- ・ 橋脚、桁、ボックスカルバート等の部材のサイズや仕様を標準化し、定型部材を組み合わせた施工へ
- ・ プレキャストの大型構造物への適用拡大

2) 工場製作による屋内作業化

- ・ 建設現場における鉄筋組立て作業から鉄筋のプレハブ化へ
- ・ 型枠を構造物の一部として使用する埋設型枠の活用

3) 新技術の導入

- ・ 鉄筋の継手・定着方法の改善（機械式継手、機械式定着工法）
- ・ コンクリート打設の改善（高流動コンクリート、連続打設工法）

4) 品質規定の見直し

- ・ 施工の自由度を高めるための仕様の見直し
- ・ 工場製品等における品質検査項目の合理化

(3) サプライチェーンマネジメントの導入に向けた検討

コンクリート工において、工事受注者、専門工事会社、工場（プレキャスト製品製作、鉄筋加工）等、建設現場関係者を含む協議の場を設置し、コンカレントエンジニアリングの考え方を導入し、調達、製作、運搬、組立等の各工程の改善、より効率的なサプライチェーンマネジメントを導入することを検討していく必要がある。

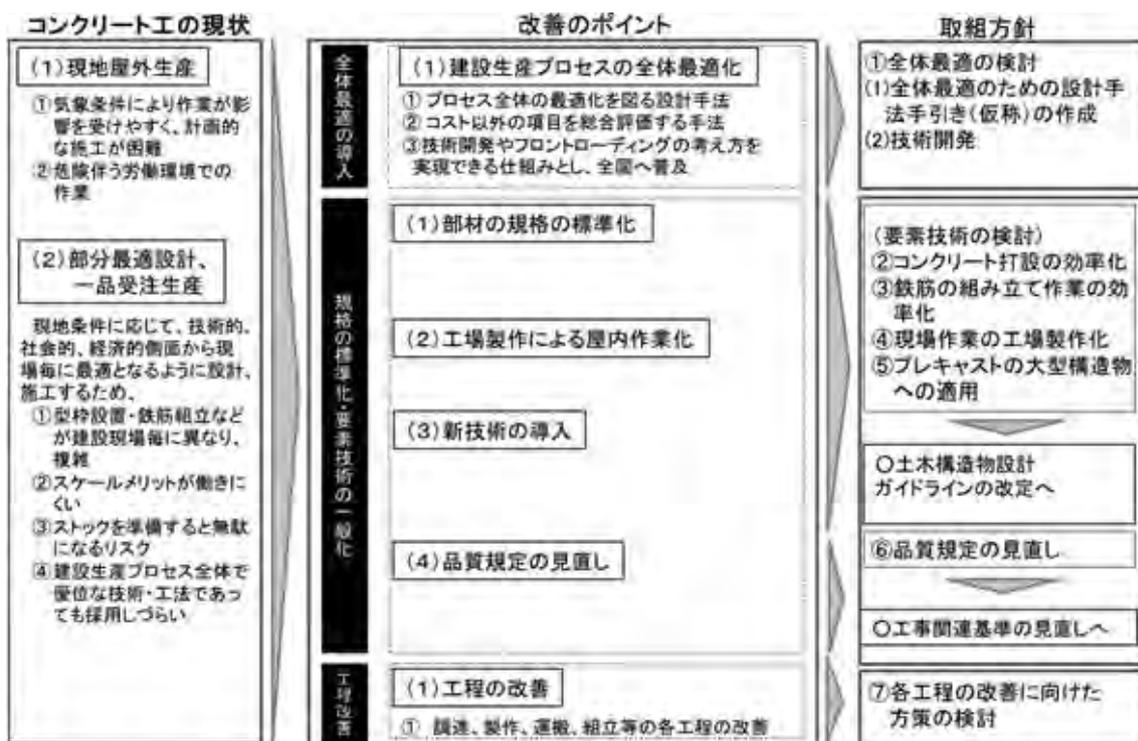


図-3 コンクリート生産性向上に向けた検討事項

構造物の設計にあたっては、技術的、社会的、経済的な側面から複数の工法や工種を比較設計し、建設現場毎に最適化を図る、部分最適の考え方に基づく設計が基本となっている。しかしながら、建設現場毎の一品受注生産であることから、1つ1つの建設現場で完結しており、その生産工程における待ち時間などのロスの発生に対して改善を図るインセンティブが働きにくい状況にあった。また、構造物毎に最適化が図られているため、サイズが多少変わっても改めて設計が必要となり、同種のものを使用することで得られるスケールメリットが働きにくい。さらに形式が標準化されていないと、維持管理・点検でも個別対応が必要となり、非効率で割高となる等、その建設現場では最適でも、一連の事業区間や全国レベル等で考えると必ずしも経済的に最適なものとなっていない場合がある。

そこで、土木構造物の代表的な工種であるコンクリート工において全体最適の考え方を導入し、構造物の設計、発注、材料の調達、加工、組立等の一連の生産工程や、さらには維持管理を含めたプロセス全体の最適化を目指し、サプライチェーンの効率化、生産性向上を図る。

また、部材の規格（サイズ等）の標準化を行うことにより、プレキャスト製品やユニット鉄筋などの工場製作化を進め資機材の転用等によるコスト削減、生産性の向上が見込まれる。この検討に当たっては、構造、材料配合、施工計画のシームレスな全体最適設計（品質、コスト、時間）を可能とする仕組みとすることに留意する（図—3）。

### 5. コンクリート生産性向上に向けた取組

コンクリート生産性向上に向けた具体的な取組やガイドライン等を紹介する。

#### (1) コンクリート生産性向上検討協議会

コンクリート工の生産性向上を進めるための課題及び取組方針や、全体最適のための規格の標準化や設計手法のあり方を検討することを目的に、表—1の有識者、関係団体、研究機関、発注機関からなるコンクリート生産性向上検討協議会（以下、協議会）を2016年3月に設置し、検討を進めている。直近では令和2年7月31日に第9回協議会を開催しており、

表—1 コンクリート生産性向上検討委員会（委員と検討内容）

委員	協議会の内容
<p>■有識者（〇会長）</p> <p>綾野 克紀 岡山大学大学院環境生命科学研究科 教授                      石橋 忠良 JR 東日本コンサルタンツ(株) 技術統括                      小澤 一雅 東京大学大学院工学系研究科 教授                      橋本 親典 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 教授                      久田 真 東北大学大学院工学研究科 教授                      〇前川 宏一 横浜国立大学都市イノベーション研究院 教授</p> <p>■関係団体</p> <p>（一社）日本建設業連合会 コンクリート技術部会                      （一社）全国建設業協会 土木専門委員会                      （一社）日本建設躯体工事業団体連合会・東京建設躯体工業協同組合                      （一社）全国基礎工事業団体連合会                      （一社）建設コンサルタンツ協会                      全国生コンクリート工業組合連合会                      コンクリート用化学混和剤協会                      （一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会                      （一社）全国コンクリート製品協会                      （公社）全国土木コンクリートブロック協会                      （一社）道路プレキャストコンクリート製品技術協会</p> <p>■研究機関・発注機関</p> <p>国土技術政策総合研究所                      （国研）土木研究所                      （国研）港湾空港技術研究所                      東日本高速道路(株)                      (独)水資源機構</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1回（H28.3.3）：協議会の設置</li> <li>・第2回（H28.3.31）：今後の取組み方針と検討体制・項目について議論</li> <li>・第3回（H28.9.28）：新技術の導入方策等について議論</li> <li>・第4回（H29.3.17）：スランプ規定やサプライチェーンマネジメント等について議論</li> <li>・第5回（H29.10.10）：全体最適の導入、今後の検討方針等</li> <li>・第6回（H30.3.15）：要素技術の一般化、全体最適を図る方法の検討等</li> <li>・第7回（H30.9.21）：これまでの取組の整理、全体最適を図る方法の検討等</li> <li>・第8回（H31.3.14）：全体最適を図る方法の検討等</li> <li>・第9回（R2.7.31）：規格の標準化の検討等</li> </ul>

引き続き生産性向上に向けた検討を進めている。

(2) 生産性を高める技術・工法の普及

本協議会における議論を踏まえ、現場打ち、プレキャストそれぞれの生産性を向上させる技術・工法の普及のため、生産性向上に資する技術のガイドラインについてとりまとめた。今回は前回紹介した3ガイドライン(機械式鉄筋定着工法の配筋設計、現場打コンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法、流動性を高めた現場打コンクリート)を除く3ガイドラインを紹介する。また、これらの要素技術のガイドライン策定を受け、フロントローディングの考え方を取り入れて「土木構造物の設計ガイドライン(表-2)」を改定したため、併せて紹介する。

1) コンクリート構造物における埋設型枠・プレハブ鉄筋に関するガイドライン

これまではコンクリート構造物を施工するにあたり、コンクリート構造物の目的・性能を確保するよう関係基準に基づき設計し、現場において型枠を設置し鉄筋を組立て、その後、コンクリートを打設して一定の養生後に型枠を撤去する施工方法が用いられている。

しかしながら、膨大な鉄筋の組み立てや型枠の設置・撤去作業にあたっては専門的技術を要し、多大な労力

を要することとなっている。また、現場において必然的に行っていた鉄筋の組み立て作業や型枠の設置・撤去作業において、可能な範囲で現場作業を効率化することにより、作業時間の短縮や省人化等の生産性向上が図られるが、埋設型枠およびプレハブ鉄筋の設計・施工時の留意事項が整理されていなかった。

そのため、当ガイドラインでは、コンクリート構造物の施工における要素技術(埋設型枠・プレハブ鉄筋)の普及と活用の促進を図るものとし、これまでの先進的な施工事例を踏まえて、それぞれの技術における特性や留意事項をとりまとめている。

それぞれの技術を活用することによる効果としては、埋設型枠使用については、材料費によりコストは増となるが、型枠の撤去作業や、場合によっては足場設置が不要となることから、工期短縮、省力化・省人化、安全性の向上がみられる。また、プレハブ鉄筋についても、加工費や輸送費のコスト増とはなるが、工期短縮や省力化・省人化、安全性の向上がみられることにより、コスト換算できない効果が図られるものとされている(図-4)。

2) コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン

コンクリート橋は、その規模や架橋条件により、全て現場打ちコンクリート部材とするよりも、その一部または全部をプレキャスト部材とすることで、所要の

表-2 各ガイドラインの策定状況

技術	策定	委員
機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン	H28.7	委員長：久田 真(東北大学)
流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン	H29.3	委員長：橋本親典(徳島大学)
現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン	H29.3	委員長：久田 真(東北大学)
コンクリート構造物における埋設型枠・プレハブ鉄筋に関するガイドライン	H30.6	委員長：陸好宏史(埼玉大学) 副委員長：綾野克紀(岡山大学)
コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン	H30.6	委員長：陸好宏史(埼玉大学) 副委員長：綾野克紀(岡山大学)
プレキャストコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン	H31.1	委員長：宮川豊章(京都大学)



図-4 コンクリート構造物における埋設型枠・プレハブ鉄筋による生産性向上効果

性能や工事の安全性などを満足しつつ、省力化や工期の短縮が図られ、生産性向上に寄与する場合がある。ただし、プレキャスト化の適用や、その方法を比較検討するためには、形式選定等の予備設計段階においてプレキャスト部材を用いた橋梁の構造的特性に加えプレキャスト化に附帯する様々な技術的事項や輸送・架設・維持管理までを含む留意点についても正しく理解した上で適切に比較検討がなされる必要がある。

当ガイドラインはそれらの課題に対して形式選定などの予備設計段階において適切な比較検討に必要と考えられる技術的的特性や留意点等を体系的にとりまとめている（図－5）。

### 3) プレキャストコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン

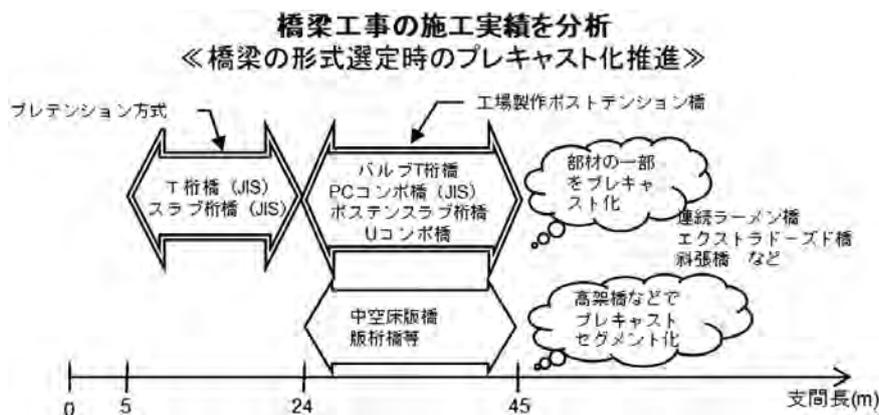
一定以上の大きさを持つコンクリート構造物を、プレキャスト部材を用いて構築する場合、建設現場においてそれらを接合する必要があるが、一般的な構造物の設計では、鉄筋継手に弱点がある場合に部材の安全性が劣ったり、鉄筋継手の種類によってはコンクリートのゆきわたりが悪くなったりするため、相互にずらして鉄筋継手を設けるのが原則である。しかし、プレキャスト部材の接合の場合、一般的な構造物で実施しているように、機械式鉄筋継手が集中しないように位置をずらすことは必ずしも容易ではない。機械式鉄筋継手の位置をずらした場合、プレキャスト部材が

ら露出する鉄筋が運搬時の障害になったり、施工性が悪くなったりすることが考えられるため、生産性向上の観点からは鉄筋継手を同一断面に配置することが望ましい。このためには同一断面に鉄筋継手を配置しても、プレキャスト部材を接合して構築された構造物が所要の性能を発揮するとともに、対象構造物の一般的に用いられている設計照査方法が適用可能となる前提条件を満たしていることを確認しなければならない。

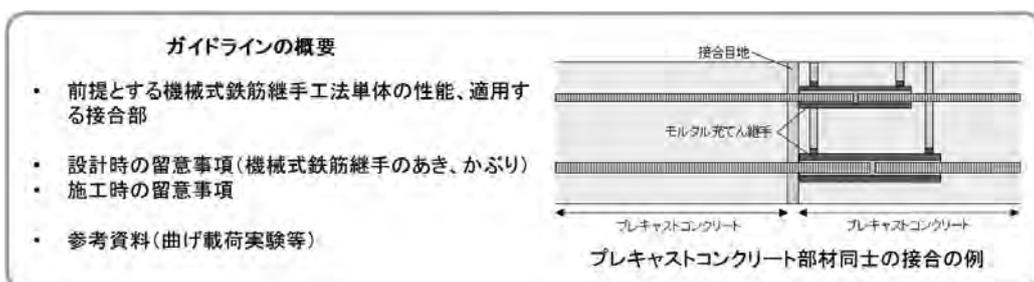
このような背景に基づき、当ガイドラインでは、同一断面に鉄筋継手を配置してプレキャスト部材を接合した構造部材について、鉄筋継手がなく単一の鉄筋を一体的に配置して構築された部材と同等の静的曲げ強度曲げ剛性の確保およびひび割れ幅、制御を通じた耐久性の確保ができるように機械式鉄筋継手の設計、施工及び検査に関する留意事項を示した（図－6）。

### 4) 土木構造物設計ガイドラインの改定

「土木構造物設計ガイドライン」は、土木構造物の設計において、資材材料ミニマムによる建設費の縮減から、構造物のライフサイクル全体の省力化・低コスト化による建設費の縮減を図るという設計思想への転換を目的に平成8年6月に策定されたものである。近年、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの建設生産プロセス全体において、生産性の向上が求められており、また、建設現場毎に最適化を図る考え方に基づく設計が基本となっているため、事業区間



図－5 コンクリート橋のプレキャスト化の概要



図－6 プレキャストコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法の概要

全体において生産性向上に資する新技術・工法等を採用する設計が行いにくくなっていることから、生産性を飛躍的に向上させるためには、フロントローディングの考え方を導入した、建設生産プロセス全体及び一連の事業区間にわたる全体最適を図った設計が必要である。

そこで、本ガイドラインは、飛躍的な生産性向上を図るため、全体最適の考え方に基づいた設計となるよう改定した。設計における基本的な考え方として、構造物の異本的な設計条件を決定する場合は、全体最適化に努めることを基本としており、設計にあたって配慮し、検討する事項として、以下の5項目を定めている(図一7)。

- (a) 構造物形状の単純化
- (b) 使用材料および主要部材の標準化

- (c) 部材のプレキャスト化
- (d) 新技術・工法の活用
- (e) 設計段階に応じた検討項目の設定

(3) 国土交通省土木工事におけるプレキャスト工法の活用事例集

プレキャストコンクリートの活用を促進するため、全国の国交省直轄工事におけるプレキャスト工法を活用した事例について、具体的な活用効果とコスト比較や活用の根拠についてとりまとめた。対象とした事例は、プレキャスト工法の導入が遅れている大型プレキャスト、フルプレキャスト、サイトプレキャスト、ハーフプレキャストとしており、事例集を参考に設計から施工までの各段階におけるプレキャスト工法の活用促進を目的としている(図一8)。

旧	新
1. ガイドラインの位置づけ	1. ガイドラインの位置づけ
2. 適用の範囲 ※「標準化」を念頭に	2. 適用の範囲 ※「生産性向上」を念頭に
3. 設計の基本	3. 設計の基本
3.1 計画における配慮	3.1 計画における配慮
①単純な線形	①単純な線形
②標準化・集約化	②全体最適化
3.2 設計における配慮	3.2 設計における配慮
3.2.1 構造物形状の単純化	3.2.1 構造物形状の単純化
3.2.2 使用材料及び主要部材の標準化・規格化	3.2.2 使用材料及び主要部材の標準化
①構図における柱寸法の標準化	①構図における柱寸法の標準化
②形鋼使用種類数の制約・規格化	②形鋼使用種類の少数化
③配筋仕様の標準化	③配筋仕様の標準化
④ユニット鉄筋の採用	④流動性を高めた現場打ちコンクリートの標準化
3.2.3 構造物のプレキャスト化	3.2.3 部材のプレキャスト化
	3.2.4 新技術・工法の活用
	①橋橋式鉄筋定着工法
	②橋橋式鉄筋継手工法
	③埋設加棒
	④プレハブ鉄筋
	3.2.5 設計段階に応じた検討項目の設定

図一7 木構造物設計ガイドラインの改定内容

構造物	工法	件数
ボックスカルバート	大型化	2
擁壁	フルプレキャスト	1
橋梁下部工	ハーフプレキャスト	2
	サイトプレキャスト	1
橋梁上部工	フルプレキャスト	1
	フルプレキャスト	2
その他	フルプレキャスト	3
	ハーフプレキャスト	1
合計	大型化	2
	ハーフプレキャスト	4
	サイトプレキャスト	1
	フルプレキャスト	7
計		14

図一8 プレキャスト工法活用事例集

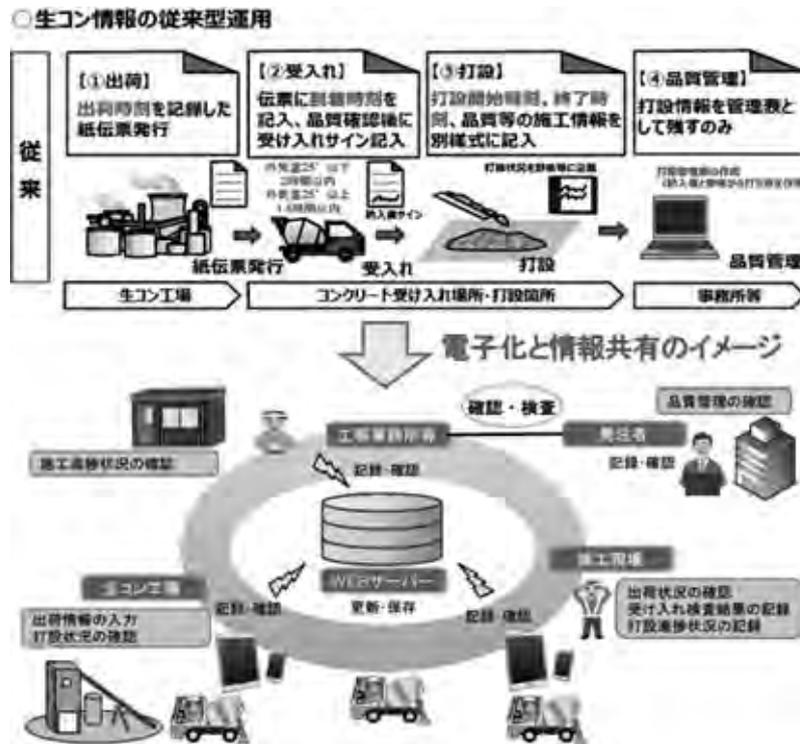


図-9 生コン情報電子化の概要

(4) サプライチェーンマネジメントの導入

生コンの生産性向上のため、PRISM（革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト）を活用し、建設業団体と協力して「生コン情報の電子化」によるサプライチェーンマネジメントの導入についての検討を進めている。

生コン情報の電子化においては、施工関連情報の電子化、クラウド化により工程の進捗状況等を生コンの供給者と施工者間で共有することにより、生産性の向上やロス削減を図るものであるが、現時点では施工者側のメリットは確認できたものの、供給者側に明確なメリットが見いだせずにいる。

一方で、生コンの電子化においては、映像解析等の最新の技術を駆使し、スランプ試験等の従来の品質試験等を簡素化し、工事書類の削減や生産性向上を検討している。

今後も更なる検討を進めるとともに、生コンの使用の約6割を占める建築分野との調整を進める等、継続して取り組んでいく（図-9）。

6. 今後の予定

コンクリートの生産性向上のためには、引き続き現場打の生産性向上とプレキャストの導入促進を進めていく必要がある。国土交通省では、今後もコンクリート生産性向上委員会を中心に、産官学の連携を取りつつ検討を進めるとともに、これまでの取組のフォローアップを進めていきたいと考えている。

コンクリートの生産性向上とともに i-Construction の取組により、建設業界全体の発展と課題解決を進めていきたいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】  
 栗原 和彦（くりばら かずひこ）  
 国土交通省  
 大臣官房技術調査課 建設システム企画室  
 工事監視官

清 憲三（せい けんぞう）  
 国土交通省  
 大臣官房技術調査課 建設システム企画室  
 技術管理係長

# 働き方を変える打継ぎ目処理剤の開発

## すぐ撒けて良く見える材料が現場を変える

御領園 悠 司・根 本 浩 史・尾 田 健 太

コンクリートを打継ぐ際に用いる打継ぎ目処理剤は打込み直後から発生する余剰水によって有効成分が流される為、余剰水の発生収束までの1～3時間程度以上待ち、散布することが標準であるが、散布時期の判断は管理者の経験に依存しており、タイミングを誤ると、打継ぎ処理が不十分となる。また、打継ぎ目処理剤は散布した際に視認性が悪く、散布量にムラが出ることで、処理効果に偏りが出る。これらの課題を解決する為、コンクリートのアルカリ性に反応して増粘し、余剰水や勾配の影響により流されること無く効果を発揮する上、起泡させることで視認性が高く、ムラ無く散布することができる打継ぎ目処理剤を開発した。本稿ではその開発の経緯と実証実験について紹介する。

キーワード：打継ぎ目処理剤、アルカリ増粘、泡状噴霧、視認性、品質向上、生産性向上

### 1. はじめに

コンクリート構造物を構築するにあたり、施工上の理由で柱部材や壁部材に打継ぎ目を設ける場合がある。打継ぎ目は構造上の弱点になりやすいだけでなく、コンクリート劣化因子の浸入経路になり得ることから、適切な処理を行った上で、新しいコンクリートを打ち継がなければならない。

2017年制定土木学会コンクリート標準示方書[施工編]によると、十分な強度、耐久性および水密性を有する打継ぎ目を造るためには、既に打ち込まれた下層コンクリート上部に生成する脆弱部分であるレイタンスや、緩んだ骨材等は取り除く必要があるとされている。

その処理方法のひとつとしてコンクリートの凝結が終了した後に、高圧の空気や水でコンクリートの表層の脆弱部分を除去する方法がある。しかしながら、処理の時期が遅れると、コンクリートと共に脆弱部分も硬化が進み、除去作業が困難となる。その為、コンクリートの打込み完了後に、グルコン酸ナトリウム等を主成分とする凝結遅延剤（以下、打継ぎ目処理剤）を打継ぎ面に散布し、表層の硬化を意図的に遅らせておき、表層以下のコンクリートが硬化した後（一般的には翌日）に高圧水で洗い流す工夫がされている（写真1～4）。

一方、打継ぎ目処理剤はコンクリート打込み直後から発生する余剰水によって有効成分が流されてしまうことを避ける為、余剰水の発生収束までの1～3時間



写真1 柱部材の打継ぎ目処理剤散布状況



写真2 壁部材の打継ぎ目処理剤散布状況



写真一3 柱部材の洗い出し



写真一4 壁部材の洗い出し

程度以上待ち、表面の状態を確認した上で、散布することが標準の使用方法とされている。

しかしながらその判断は管理者の経験に依存しており、散布時期が早すぎる場合、発生する余剰水により有効成分が流されてしまい、逆に遅ければコンクリートの硬化が始まっている為、脆弱部分が除去できず打継ぎ処理が不十分となってしまう。

また、打継ぎ目処理剤は一般的には薄褐色の液体である為、コンクリート打込み面に散布した際に、目視では判別しにくく、ムラが出てしまうことで、処理効果に偏りが出てしまう。

これらの課題を解決するために、打設直後に散布可能で、且つ視認性の高い打継ぎ目処理剤を開発した。

これにより、作業者はコンクリート打込み直後という一律の時期に打継ぎ目処理剤を散布でき、余剰水の発生が収束する間、現場で待機することも無くなる上、高い視認性により、ムラなく散布できることで、打継ぎ目処理の品質を向上することが出来る。

以上の様に品質向上に加え、待ち時間を無くすことで生産性向上にも貢献できる。

## 2. 新規打継ぎ目処理剤の開発における要求性能と開発方針

一般的に打継ぎ目処理剤は、コンクリートの打込み完了後に余剰水の収束を待ち、作業員がじょうろや噴霧器を用いて、コンクリート表面に適量を散布している。

開発に当たり、散布時期や場所の影響により、打継ぎ目処理剤が流されてしまうことや、散布量にムラが発生することを解決する為、下記の要求性能を定めた。

- ①打継ぎ目処理剤の基本的性能である凝結遅延性能を有すること。
- ②一般的な噴霧器で散布出来るよう、散布時は溶液の粘度が低く、効率的に散布を行えること。
- ③余剰水の発生や、傾斜面に散布することによって凝結遅延成分が流されてしまうことを抑制するため、散布後は高粘度となること。
- ④打継ぎ目処理剤の散布箇所が目視によって確認できること。

以上の要求性能を満足する様、開発した打継ぎ目処理剤は、散布するとコンクリートのアルカリ性に反応して増粘し、余剰水や勾配の影響によって流されることが無く、遅延効果を発揮する上、開発品の起泡効果により専用の噴霧器を用いることで泡状に噴霧が可能となり、生成された泡によって噴霧箇所の視認性を高めることができる。着色剤等を使用していないので、コンクリートへ色移りする心配もない。

## 3. 室内実証試験

開発した打継ぎ目処理剤が①～③の要求性能を満足しているかを確認する為、下記の(1)～(3)に示す室内試験を行った。④に関しては現場での適用性を確認する為、4. 現場実証試験で評価を行った。

### (1) 打継ぎ目処理剤の凝結遅延性能評価

①に示す通り、打継ぎ目処理剤に求められる要求性能は凝結遅延性能である。性能を評価する為、従来品と開発品をそれぞれモルタルに同一量添加し、20℃環境下においてその凝結時間を測定した。また、比較として無添加も試験を行った。結果を図一1に示す。この試験の結果から、開発品は従来品と同等の凝結遅延性能を有することを示している。

### (2) 打継ぎ目処理剤の粘度特性評価

②および③より、開発品には、コンクリートのアルカリに反応し増粘する特性を持たせた。pHの変化に

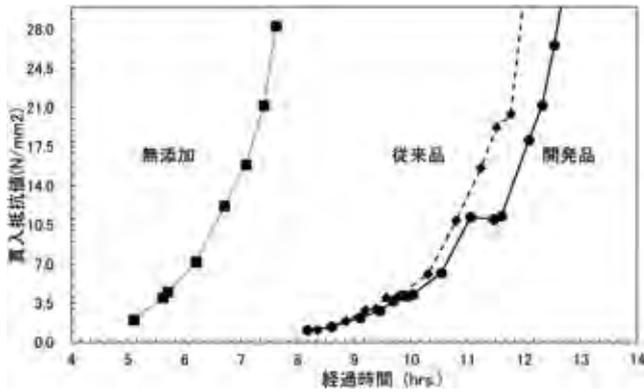


図-1 グラフ

表-1 粘度特性

種類	pH	粘度 (mPa・s)	温度 (℃)
従来品	5.2 (酸性)	3.9	22
	12.3 (アルカリ性)	3.8	22
開発品	5.2 (酸性)	3.3	23
	12.3 (アルカリ性)	710	22

よって打継ぎ目処理剤の粘度特性がどのように変化するかを確認した。

打継ぎ目処理剤の粘度と pH の関係を表-1 に示す。従来品は pH の変化によらず常に低粘度である。開発品は酸性領域 (pH < 6) では低粘度であるのに対し、アルカリ性領域 (pH > 12) では高粘度を示す。開発品の元々の pH は約 5 であるため溶液は低粘度である。そのため、散布時にはじょうろや噴霧器などによる散布が可能であり、従来通りの散布手法を用いることができる。一方、アルカリ性環境下では粘度が増加する特徴を有しており、コンクリート表面に散布された際に増粘して、余剰水や勾配によって流されずその場で留まることで本来の遅延効果を発揮する。

### (3) 洗い出し性能評価

余剰水および勾配の影響を受ける条件において、打継ぎ目処理剤を散布し、その処理の良否を室内試験により比較した。コンクリート練混ぜ直後に容量約 3 L の樹脂製バケツ (内径 150 mm、深さ 150 mm) に打込んで供試体を作製し (写真-5)、コンクリートの上面をバケツの上端に合わせてならした後、余剰水が自然にバケツから流れるように 5% 勾配を設けた傾斜面にバケツを静置し (写真-6)、打継ぎ目処理剤を標準使用量 (300 g/m<sup>2</sup>) 散布した。

打継ぎ目処理剤の散布時期はコンクリート打込み直後および 2 時間後の 2 回とし、供試体は 20℃ 環境下



写真-5 試験体

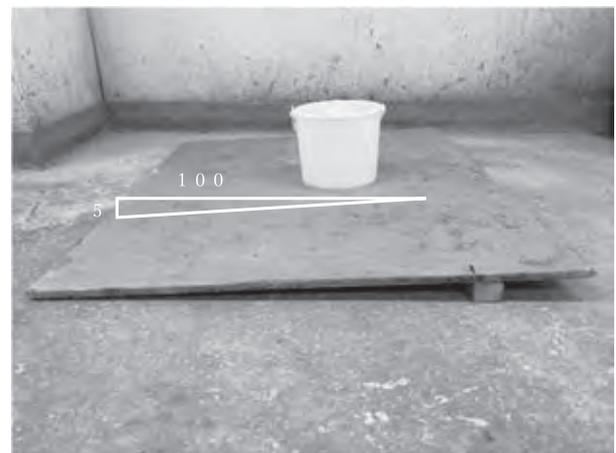


写真-6 5%の傾斜面

で 20 時間養生した。その後、コンクリート上面から 500 mm の高さより約 6.5 MPa の高圧水を 30 秒間噴射して洗い出し処理を行った。

洗い出し性能評価結果を表-2 にまとめる。まず、目視により供試体上面の凹凸を観察して洗い出し良否についての定性的な評価を行った。また、表層モルタルが削り出された深さ (以下、洗い出し深さと示す) を定量的に評価するため、任意に定めた 17 箇所をノギスにて測定し、洗い出し深さの平均値と変動係数 (ばらつきの程度) を算出した。コンクリート打込み 2 時間後に従来品を散布した供試体を基準とし、それぞれの条件と比較を行った。

従来品をコンクリート打ち込み直後に散布した場合、目視にて洗い出し不可と評価した。測定した洗い出し深さは非常に浅いことからほとんど洗い出しができておらず、測定の平均値は小さく、変動係数が大きいことから不均一な仕上がりになっていることが示された。これら定量的な評価は目視での評価結果と一致している。基準と比較しても大きな差があることから、散布時期の変更のみで洗い出し性能が大きく変化

表一 性能評価結果

	洗い出し前	洗い出し後 (洗い出し深さ)	
	散布直後	打込み直後散布	打込み2時間後散布
従来品	 余剰水により 流出あり	 洗い出し不可 (平均 0.3 mm)	 洗い出し良好 (平均 2.5 mm)
開発品	 増粘効果により 流出なし	 洗い出し良好 (平均 2.7 mm)	 洗い出し良好 (平均 2.6 mm)

することを示している。

一方、開発品を使用した場合、散布時期によらず目視評価において洗い出し可と判断した。洗い出し深さは基準と同等であり、変動係数はより小さい結果が得られた。散布時期によらず変動係数がより小さい結果が得られたため、従来品よりも洗い出しの品質を安定化することが可能であることが示唆された。

#### 4. 現場実証試験

現場実証試験では①～③の要求性能の確認に加え、④の視認性の確認を行った。

開発した打継ぎ目処理剤は、コンクリートのアルカリ性に反応して増粘する効果に加えて、起泡作用を持たせており、専用の噴霧器を用いる事で泡状に散布することが可能である為、視認性が高い。

従来通りの方法で散布した場合と、泡状に散布した場合とで、視認性の違いと打継ぎ目処理の効果の違いを確認した。ここでは、打継ぎ目処理剤を従来通り、液状で噴霧した場合を開発品（液状タイプ）、泡状で噴霧した場合を開発品（泡タイプ）とした。

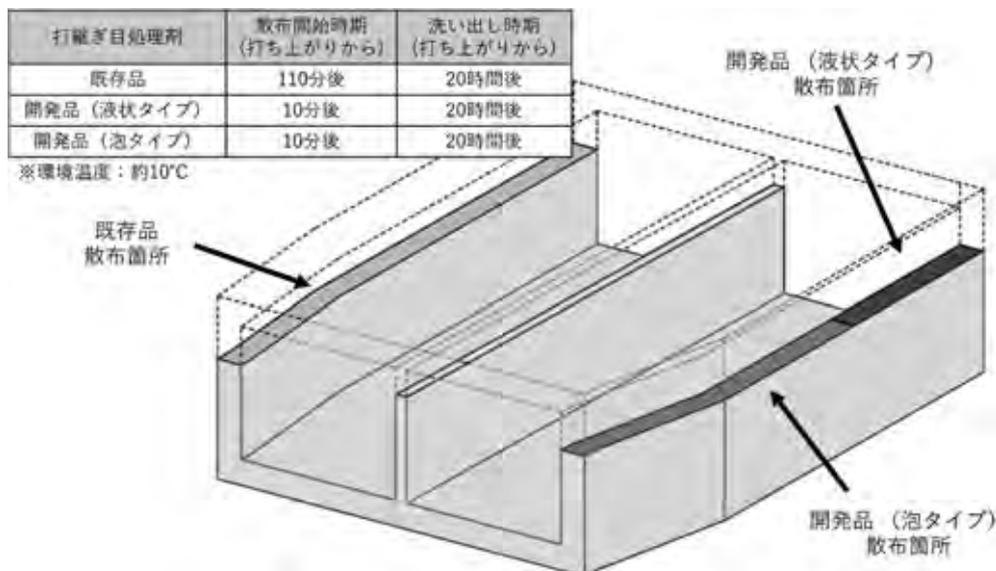
図一2に示すような2連ボックスカルバートの壁部材の打込み（コンクリート:27-15-20M）において、開発品（液状タイプ）と開発品（泡タイプ）の2種類を図一2に示す箇所に散布し、現場適用性の検証を行った。当日の外気温は約10.0℃であり、打上がりから1～2時間後のコンクリート表面には、多少の余剰水の発生が認められた。

開発品については、コンクリート表面の粗均しの後、打上がり直後（10分後）に散布し、およそ20時間後に打継ぎ処理面の洗い出しを行った。

また、比較の為、開発品とは異なる箇所で、既存品を用いて打継ぎ処理を行った。既存品は、従来通り余剰水の発生が落ち着いたことを確認した110分後、コンクリート表面を均した後に散布し、打上がりからおおよそ20時間後に洗い出しを行った。

開発品及び既存品の散布状況、散布直後の様子、及び洗い出し後の状況を写真一7～15に、現場適用性の検証結果を表一3に示す。

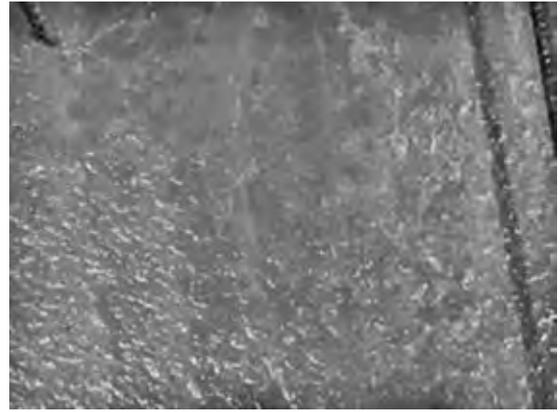
開発した打継ぎ目処理剤が①～④の要求性能を満足しているかを、下記の(1)～(3)によって評価した。



図一2 2連ボックスカルバート



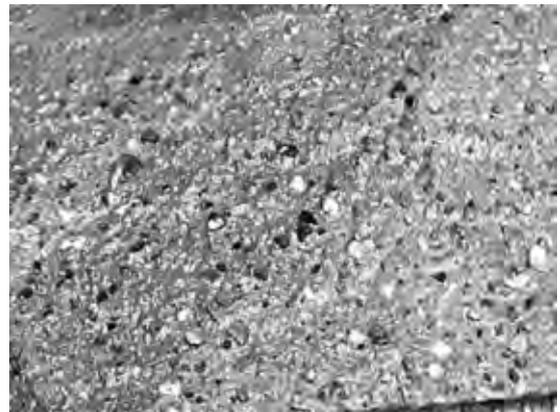
写真一七 既存品 散布状況



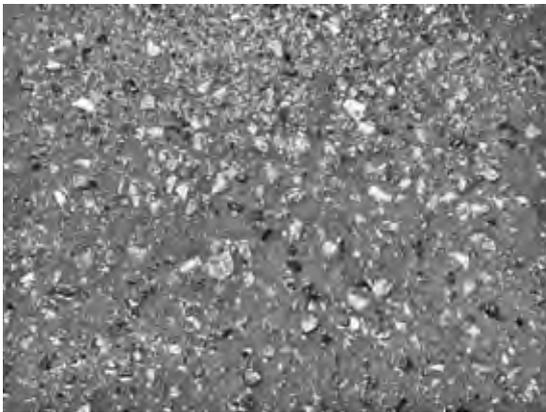
写真一八 開発品（液状タイプ） 散布直後



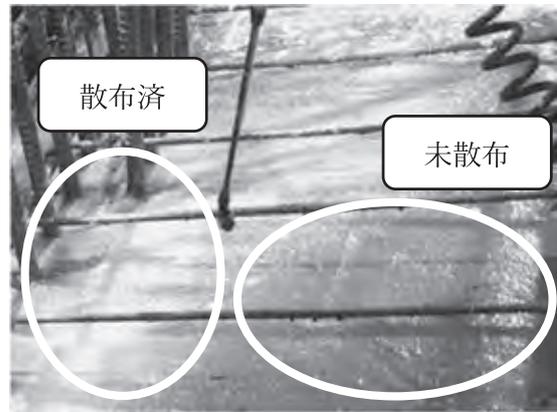
写真一八 既存品 散布直後



写真一九 開発品（液状タイプ） 洗い出し後



写真二〇 既存品 洗い出し後



写真二一 開発品（泡タイプ） 散布状況



写真二二 開発品（液状タイプ） 散布状況



写真二三 開発品（泡タイプ） 散布直後



写真一15 開発品（泡タイプ）洗い出し後

表一3 評価結果一覧

	洗い出し 状況	短縮時間	視認性	
			散布中	散布直後
既存品	○	0分	×	×
開発品 (液状タイプ)	○	100分	△	×
開発品 (泡タイプ)	○	100分	○	○

(1) 洗い出し性能評価

表一3の洗い出し後の結果より、既存品・開発品どちらを用いた場合においても、目視にて同等程度の処理効果を得ることができ、①の性能を満足している事が確認できた。

(2) 短縮時間の評価

開発品は従来の方法で散布出来る事が確認出来たうえ、コンクリートの打上がり直後に散布した場合でも、打込み後に発生する余剰水やコンクリート表面の傾斜によって流されず、従来の打継処理で生じていた待機時間を100分短縮することができたことから、②および③の性能を満足していることが確認できた。

(3) 視認性評価

既存品は散布中・散布直後ともに散布箇所視認性は低く、開発品（液状タイプ）は、コンクリートのアルカリ分に触れ粘性が増加する過程で一時的に白濁するものの視認性が低く、散布箇所の判別は難しい。一

方、開発品（泡タイプ）は、液状タイプの性能に加え、泡状で噴霧されることで、散布時から高い視認性が認められた為、④の性能を満足していることが確認できた。

5. おわりに

開発品は打継ぎ目処理剤の基本性能である凝結遅延性を有しており、散布時期に関わらず、打継処理が可能であることが確認された。また、コンクリートのアルカリ分に反応し増粘する性能によって、散布時は低粘性であるが、散布後には余剰水や勾配に流されことなくコンクリートの表面に留まることで打継処理が可能であることが確認された。

開発品（泡タイプ）は起泡作用により、高い視認性を示し、打継ぎ目処理剤の撒きムラや撒き損じを防ぎ、偏りのない安定した打継処理が可能であることが確認された。

上記より、開発した打継ぎ目処理剤により、作業者はコンクリート打込み直後という一律の時期に散布でき、生産性向上に繋がるうえ、品質向上に寄与できると考える。

【筆者紹介】



御領園 悠司（ごりょうぞの ゆうじ）  
清水建設(株) 土木技術本部 基盤技術部  
コンクリートグループ



根本 浩史（ねもと ひろし）  
清水建設(株) 土木技術本部 バックエンド技術部  
主査



尾田 健太（おだ けんた）  
日本シーカ(株) 技術研究所  
コンクリートシステム 副主任研究員

# 超高強度吹付けコンクリート「T-HPSC<sup>®</sup>100」を開発 脆弱な地山条件下におけるトンネル支保工の施工を効率化

川口 哲生・武田 均・佐藤 圭

山岳トンネル工事で用いる吹付けコンクリートは、掘削中のトンネル形状を維持するために施工する支保工の一部であり、普通強度として  $18 \text{ N/mm}^2$ 、高強度として  $36 \text{ N/mm}^2$  の吹付けコンクリートが用いられていた。そのため脆弱な地山や高い圧力が作用する地山など、条件が厳しい状況では、施工時の作業効率の低下や安全性の確保が重要な課題であった。そこで、 $100 \text{ N/mm}^2$  級の圧縮強度を有する超高強度吹付けコンクリート「T-HPSC<sup>®</sup>100」（以下「本吹付けコンクリート」という）を開発した。本稿では、本吹付けコンクリートの概要と、吹付け性状や圧縮強度等に関する検証結果について述べる。

キーワード：山岳トンネル, NATM, 吹付けコンクリート, 超高強度, 液体急結剤

## 1. はじめに

山岳トンネル工事で用いる吹付けコンクリートは、掘削中のトンネル形状を維持するために施工する支保工の一部として用いられ、掘削したトンネルの変形度合いに応じ、適切な強度の吹付けコンクリートが使用される。これまでは、普通強度として  $18 \text{ N/mm}^2$ 、高強度として  $36 \text{ N/mm}^2$  の吹付けコンクリートが用いられているのが現状である。そのため脆弱な地山や高い圧力が作用する地山など、条件が厳しい状況では、支保工を二重に用いる等の対策が必要となり、施工時の作業効率の低下や安全性の確保が重要な課題となっていた。その様な点を踏まえ、図-1に示す地山特性曲線の様に、吹付けコンクリートを超高強度化することができれば、より高い地圧などの厳しい地山条件下でも効率的な施工が可能になると考えられたため、 $100 \text{ N/mm}^2$  級の圧縮強度を有する本吹付けコンクリートの開発を行った<sup>1), 2)</sup>。ここでは、コンクリート

プラントや吹付け機など、従来の設備で練混ぜと吹付けが可能となるように、使用材料や配合の選定を行った。

一般に、コンクリートを超高強度化すると、セメントや混和材からなる単位粉体量が増大し、コンクリートの粘性が大きくなることが知られている。本開発においても、吹付けコンクリートを超高強度化すると、粘性が増大し、吹付け機内で閉塞する可能性が高くなる懸念された。そこで、使用するセメントと混和材に着目し、練上がったコンクリートの粘性を極力低減しつつ、超高強度を発現できる専用粉体を新たに開発した。

また、吹付けコンクリートを施工する場合、急結材の使用が必要となるが、これまでに使用されている急結材として、「粉体系」、「液体系」に大別される。ここで、粉体急結材を超高強度吹付けコンクリートに適用すると、均一に吹付けコンクリート中に混和されず、所定の急結性が得られないと予想されたため、液体急結剤を用いた。

本稿では、本吹付けコンクリートの概要と、これまでに実施した吹付け性状と圧縮強度等に関する検証結果について述べる。

## 2. 本吹付けコンクリートの配合

### (1) 使用材料

表-1に本吹付けコンクリートの使用材料を示す。本吹付けコンクリートは、水、専用粉体（HPSプレミクス粉体）、粗骨材、細骨材、高性能減水剤、短繊維、

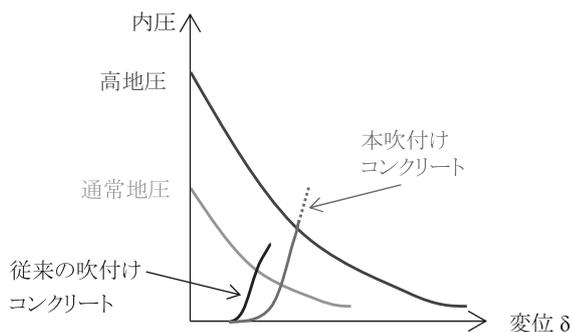


図-1 特性曲線の概念図

液体急結剤から構成されるものである。

(a) 専用粉体

超高強度吹付けコンクリート用の専用粉体は、プレミクス粉体であり、構成材料とその配合は、練上がったコンクリートの粘性を低減し、超高強度を発揮する様に新たに開発したものである。

(b) 骨材

細骨材、粗骨材は、従来のコンクリートで用いられているものである。細骨材は川砂であり、表乾密度は  $2.63 \text{ g/cm}^3$ 、粗粒率は 2.94 である。また、粗骨材は川砂利であり、表乾密度は  $2.66 \text{ g/cm}^3$  であり、粗粒率は 6.18 である。

(c) 高性能減水剤

使用している混和剤は、市販品であり、超高強度コンクリートに多く用いられているポリカルボン酸系の高性能減水剤を用いた。

(d) 短繊維

高強度特有の爆裂破壊の防止、施工安全性向上のために、短繊維を混入した。使用した短繊維は  $0.6 \times 1.2 \text{ mm}$  の断面を有し、長さ 65 mm のポリプロピレン繊維であり、繊維混入率は事前試験により 0.25 vol.% と定めた。

(e) 急結剤

急結剤は液体であり、アルカリフリーとされている急結剤を使用した。

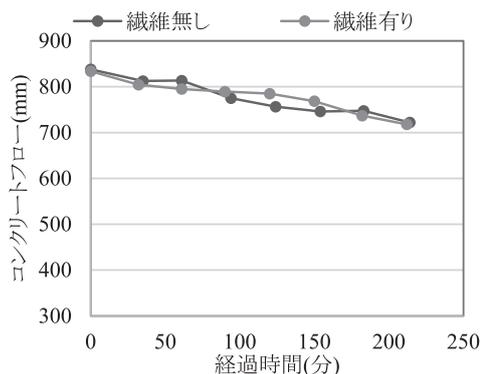
(2) 本吹付けコンクリートの配合

吹付け性状の検証に先立ち、実験室内で超高強度吹付けコンクリートの示方配合(表—2)を定めた。ここでは、コンクリートペーストマトリクスの粘性が極力小さく、超高強度を発現する様にコンクリートの W/P を定めた。

ここでは、表—2 に示す様に、吹付け前のコンクリート(以降、ベースコンクリートと表記)の圧縮強度が、材齢 28 日で  $140 \text{ N/mm}^2$  程度になるように W/P=18% とした。これは吹付けることにより、コンクリートの強度が低下することが予想されたためである。吹付け性状を確保するために、s/a=60% とした。これは、従来の吹付けコンクリートで多く用いられている s/a であることと、事前に実施した練混ぜ試験結果を踏まえて設定した。また、施工性を保持するために、ベースコンクリートのスランプフロー(JIS A 1150)が  $800 \pm 50 \text{ mm}$  になるように、高性能減水剤の添加量を定めた。実際のトンネルで使用するには、プラントからトンネル坑内で吹付けを実施する場所まで運搬する必要があり、その時間内はコンシステンシーを保持する必要がある。そこで、練上がりからの経時変化がコンシステンシーに及ぼす影響を確認するため、スランプフローの経時変化とスランプフローの 500 mm 到達時間の経時変化について検証を行った。図—2 にスランプフローの経時変化を示す。練上り後より時間が経過するにつれて、スランプフローが低下するものの、急激な低下とはなっておらず、150 分経過してもスランプフローは、750 mm 程度となっており、スランプ

表—1 使用材料

名称	記号	概要
専用粉体	P	プレミクス粉体, 密度: $3.08 \text{ g/cm}^3$
細骨材	S	川砂, 密度 $2.63 \text{ g/cm}^3$ , 粗粒率: 2.94
粗骨材	G	川砂利, 密度 $2.66 \text{ g/cm}^3$ , 粗粒率: 6.18
減水剤	SP	高性能減水剤, 主成分ポリカルボン酸系
急結剤	AC	アルカリフリー液体急結剤, 主成分: 水溶性アルミニウム塩, 密度 $1.95 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$ , pH: 2.3
短繊維	F	ポリプロピレン繊維, 断面形状: $0.6 \times 1.2 \text{ mm}$ 長さ 65 mm, 密度: $0.90 \text{ g/cm}^3$



図—2 コンクリートフローと経過時間の関係

表—2 超高強度吹付けコンクリートの暫定配合とコンシステンシー試験結果および圧縮強度

配合名	W/B (%)	S/B (%)	s/a (%)	単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )				F (vol.%)	SP (B × %)	スランプフロー (mm)	500 mm 到達時間 (秒)	空気量 (%)	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	
				W	B	S	G						7 日	28 日
繊維無し	18	66	60	194	1077	708	478	0	1.12	838	3.54	4.0	109	138
繊維有り								0.25					834	3.94

フローを確保できていることがわかった。また、図—3に500 mm 到達時間と経過時間の関係を示す。ここで、500 mm 到達時間は、コンクリートのペースト部の塑性粘度と強い関係があると考えられるが、150分が経過しても、若干の増加に留まっていることがわかった。

### 3. 吹付試験による吹付性状と強度特性の検証

実験室内での検討により設定した配合を基に、模擬トンネルを対象とした吹付試験を行った。その後、現場実トンネルにて、実機ミキサーによる練混ぜと吹付試験を行い、吹付性状と強度発現性について検証を行った。

#### (1) 模擬トンネルにおける吹付性状の検証

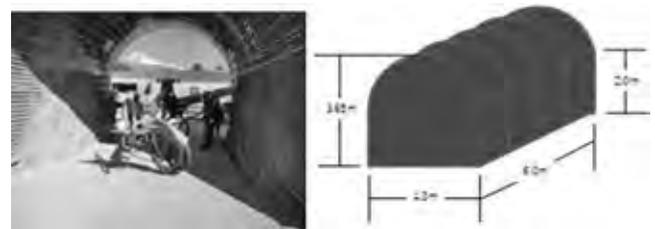
図—4に吹付試験で吹付け対象とした模擬トンネルの概要を示す。模擬トンネルの寸法は、幅4.8 m、高さ3.65 m、長さ6 mであり、屋外の試験ヤードに設置されたものである。コンクリートの吹付けは、図—5に示す吹付機を用いて行った。ここで使用した吹付機の吐出能力は30 m<sup>3</sup>/時間であり、17 m×30 m (高さ×幅)の範囲を吹付けることが可能である。また、コンクリートの練混ぜは、図—6に示す移動式ミキサーを用いて行った。本ミキサーは、トラックに搭載して運搬することが可能な移動式ミキサーであり、練混ぜ能力は1.0 m<sup>3</sup>/バッチ、5~10 m<sup>3</sup>/時間の性能を有する。ここでは、専用粉体、粗骨材、細骨

材をそれぞれ事前に計量しておき、現地で練混ぜを行った。

表—3に模擬トンネルでの吹付試験で用いたコンクリートの示方配合を示す。ここでは、W/P=17~19%の配合について吹付を行った。また、液体急結剤の添加量が吹付性状や圧縮強度に及ぼす影響を把握するため、表—3に示すように、W/P=19%の配合では、急結剤量を3.0と4.0(B×%)として吹付けを行った。

#### (a) コンシステンシー試験結果

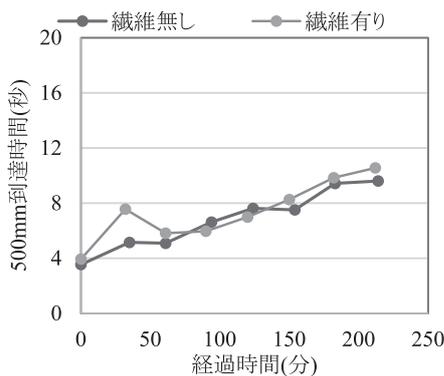
練上がったコンクリートのコンシステンシー試験として、スランプフロー、空気量の計測を行った。表—



図—4 模擬トンネルの概要



図—5 吹付機



図—3 500 mm 到達時間と経過時間の関係



図—6 移動式ミキサー

表—3 示方配合 (模擬トンネルでの検証)

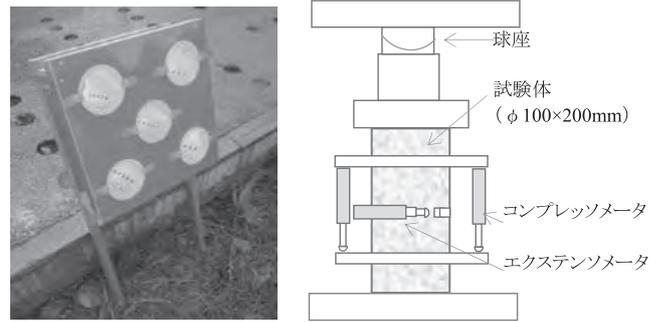
W/B (%)	S/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				SP (B×%)	AC (B×%)
			W	B	S	G		
17	62	60	189	1116	690	474	1.12	2.4
18	63		196	1094	691	478		2.8
19	66		201	1057	702	482		3.0, 4.0

表一四 コンシステンシー試験結果と圧縮強度試験結果

W/P (%)	AC (B × %)	スランプフロー (mm)	500 mm 到達時間 (秒)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )				圧縮強度の比 (吹付後/ベース)	
					ベース		吹付後		7日	28日
					7日	28日	7日	28日		
W/P=17	2.4	792	5.1	2.3	102	138	79.3	95	0.78	0.69
W/P=18	2.8	851	5.1	1.9	101	134	75.7	94	0.75	0.70
W/P=19	3.0	862	6.0	1.7	95.3	127	67.3	94	0.71	0.74
W/P=19	4.0				95.3	127	68.2	86	0.72	0.68



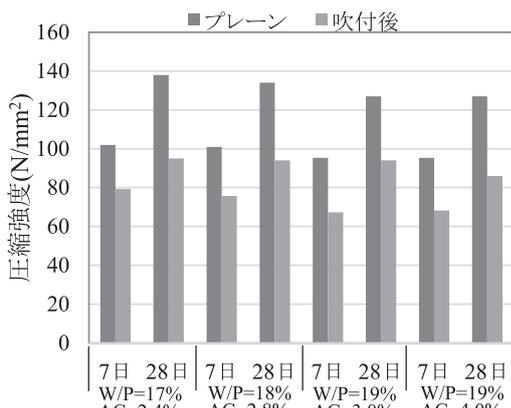
図一七 吹付状況 (模擬トンネルでの吹付試験)



(a)使用した型

(b)計測方法

図一九 極若材齢における圧縮強度試験方法



図一八 圧縮強度試験結果 (模擬トンネルでの吹付試験)

4に示すように、スランプフローは792～862mmとなっており、実験室での検討結果と同等となった。

(b) 吹付性状

図一七に吹付状況を示す。吹付性状について目視観察を行ったが、W/Pによらず、吹付機での脈動や配管内での閉塞は発生せず吹付けが可能であることを確認した。

(c) 強度試験結果

図一八に強度試験結果を示す。ここでは、JSCE-F 561に従い、型枠に吹付けたコンクリートブロックから、コア抜きを行って試験体を成型し、圧縮強度試験を行った。材齢7日ではベースコンクリートの圧縮強度は、95.3～102 N/mm<sup>2</sup>となった一方で、吹付後の圧縮強度は68.2～79.3 Nmm<sup>2</sup>となった。次に、材齢28日では、ベースコンクリートの圧縮強度は、127～

138 N/mm<sup>2</sup>となった。一方で、吹付後の圧縮強度は86～95 Nmm<sup>2</sup>となった。材齢28日で吹付を行ったコンクリートが超高強度を有しており、材齢によらず、吹付により圧縮強度が30%程度低下することが分かった。また、W/P=19%において、材齢7日では、急結剤添加量によらず、圧縮強度は同程度であったが、材齢28日では、急結剤添加量を4.0%とすると、圧縮強度が低下することがわかった。

(d) 極弱材齢の強度と剛性の発現

トンネルの支保構築において、吹付けコンクリートは地山と一体化して変形するため、吹付けたコンクリートの強度と弾性係数発現性を把握することは重要と考えられる。そこで、圧縮強度と弾性係数の発現性について検討を行った。図一九に試験方法の概要を示す。ここで、若材齢における圧縮強度は、谷の方法<sup>4)</sup>を参考に試験を行った。図一九(a)に示す様に、吹付け直後に脱型ができる様に、プラスチック製型枠を設置した木製型枠に吹付けを行って試験体を製作した。計測においては、図一九(b)に示すようにコンプレッソメータ、エクステンソメータを試験体に取り付け、材齢3時間、5時間、7時間で計測を行い、各材齢1体で試験を行った。一方で、材齢24時間以降では、JSCE-F 561に従って試験体を製作して、アムスラー型試験機を用いて載荷速度0.6±0.4 N/mm<sup>2</sup>/sで載荷を行った。試験体数は各材齢3体とした。

表一五に極若材齢における強度試験結果の一覧、

図一 10 に圧縮強度，弾性係数と材齢の関係を示す。材齢 1 日で，圧縮強度は 30 N/mm<sup>2</sup> となったが，材齢 7 時間までは殆ど強度発現せず，材齢 24 時間以降で急激に圧縮強度が増大することがわかった。

図一 11 に弾性係数と圧縮強度の関係を示す。ここでは，超高強度材の一例として，RPC の結果<sup>4)</sup>と，JSCE 式（クリープの影響を考慮するための低減係数：0.65)<sup>5)</sup>による計算結果を示す。RPC は材齢 1 週間まで 100 N/mm<sup>2</sup> の強度を発揮する材料である。同図より，本吹付けコンクリートは同様に，若材齢においては，土木学会式より算定される従来のコンクリートに対し，低い弾性係数を有していることがわかる。そこで，これらの特性より，本吹付けコンクリートは，吹付後

24 時間以内は，変形する地山に追従して変形する可能性があり，支保構築の合理化に有効と期待されるが，更なる検討が必要と考える。さらに，このような挙動を示す理由として，粗骨材量やマトリクスの構成材料（種類，量）が影響していると考えられるが，更なる検討が必要と考える。

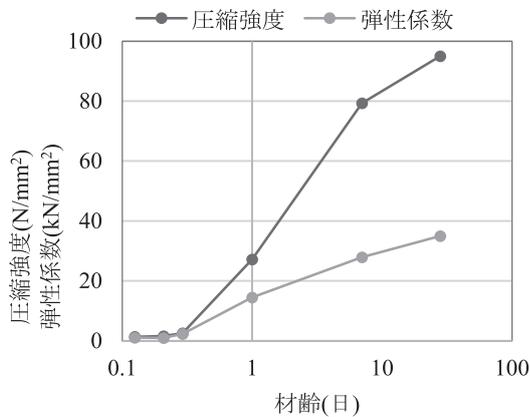
(2) 実トンネルにおける吹付性状の検証

模擬トンネルを対象とした吹付試験に続いて，実機プラントによる練混ぜと，現場実トンネルでの吹付試験を行い，練混ぜ性状と吹付性状及び圧縮強度について検証を行った。表一 6 に現場実トンネルで実施した吹付け試験に用いたコンクリートの示方配合を示す。ここでは，W/P=18%，s/a=60%として，短繊維を混入した配合，短繊維を混入しない配合について，吹付試験を行った。急結剤の添加量は，1.8～2.4 (B×%) の範囲で設定した。

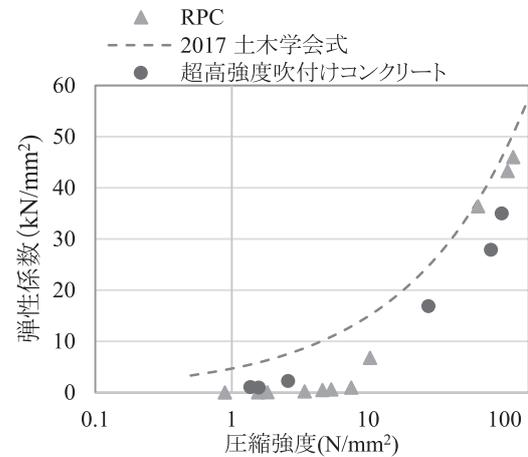
表一 7 に，練上り直後と坑内の吹付け実施場所まで運搬した後のコンシステンシー試験結果を示す。運搬によって，スランプフローは増加し，500 mm 到達時間は低下する傾向がみられ，吹付が可能な性状を保つ

表一 5 極若材齢における強度試験結果

材齢	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 E <sub>c</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
3 時間	1.37	1.07	0.01
5 時間	1.57	0.98	0.10
7 時間	2.58	2.28	0.15
24 時間	27.2	14.5	0.13
7 日	79.3	27.9	計測せず
28 日	95.0	35.0	計測せず



図一 10 圧縮強度，弾性係数と材齢の関係



図一 11 弾性係数と圧縮強度の関係

表一 6 示方配合（実トンネルでの吹付試験）

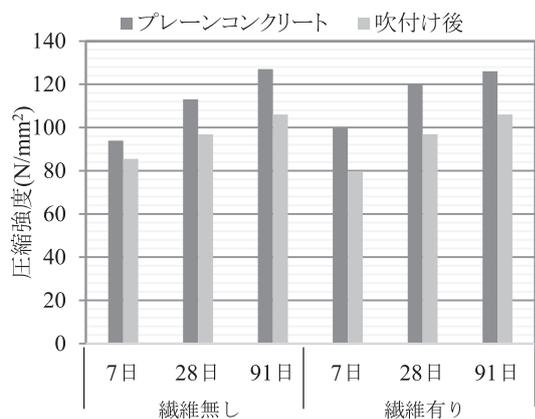
名称	W/B (%)	S/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					SP (B×%)	AC (B×%)
				W	B	S	G	F		
繊維有り	18	62	60	192	1064	722	485	2.25	1.2	1.8～2.4
繊維無し								0		

表一 7 コンシステンシー試験結果（実トンネルでの吹付試験）

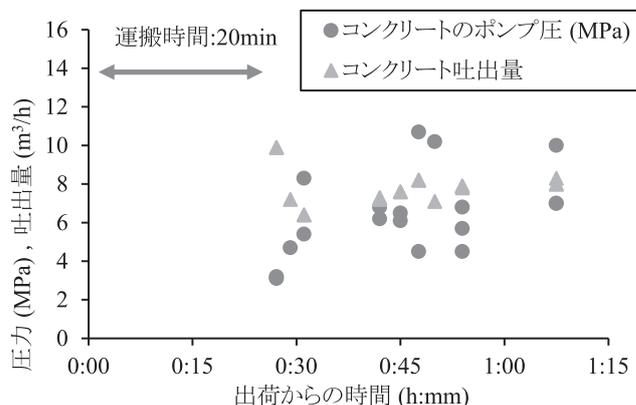
名称	スランプフロー (mm)		500 mm 到達時間 (秒)		空気量 (%) (練上り直後)	単位容積質量 (kg/L)
	練上り直後	運搬後	練上り直後	運搬後		
繊維有り	788	849	2.93	3.4	6.0	2.32
繊維無し	622	777	8.99	6.5	6.5	2.36

表一 8 強度試験結果 (実トンネルでの吹付試験)

配合	試験体採取時期	はね返り率 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )			ひび割れ発生強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
			7日	28日	91日	7日	28日	91日	7日	28日	91日
繊維有り	ベースコン	-	93.9	113	127	33.6	37.6	40.4	-	-	-
	吹付け	5.3	85.5	96.8	106	27.8	30.4	33.4	5.0	6.2	6.2
繊維無し	ベースコン	-	99.8	120	126	35.9	38.3	37.0	-	-	-
	吹付け	8.0	79.6	96.9	106	31.1	32.3	36.6	-	-	-



図一 12 圧縮強度試験結果



図一 13 ポンプ圧力, 吐出量と時間の関係

ていたことがわかる。その後、吹付け状況について目視観察を行った結果、「繊維有り」、「繊維無し」の両者において、脈動など不具合を起こすことなく、坑内に運搬を行っても、吹付けが可能であることが確認された。

表一 8 に強度試験結果とはね返り率の測定結果を示す。はね返り率は、JSCE-F 563 に従って算出した。ここで、はね返り率は、繊維有りで 5.3%、繊維無しで、8.0% となった。従来の吹付けコンクリートのはね返り率は 20 ~ 30% になること<sup>6)</sup> と比べると、極めて低いはね返り率となった。

図一 12 に圧縮強度試験結果を示す。同図より、「繊維有り」と「繊維無し」の圧縮強度について、両者に大きな差は見られず、繊維を混入しても圧縮強度は大きく低下しないことがわかった。また、吹付けを行った「繊維有り」の水準では、材齢 7 日で 79.6 N/mm<sup>2</sup>、材齢 28 日で 96.9 N/mm<sup>2</sup>、材齢 91 日で 106 N/mm<sup>2</sup> となっており、現場実トンネルにおいても、超高強度を発揮できることがわかった。

一方で、コンクリート超高強度化することで、粘性が向上するため、吹付け性は低下して、非効率的になると懸念されたが、新たに開発した専用粉体を用いる本吹付けコンクリートは、図一 13 に示す様に、コンクリートに発生する圧力の抑制が可能となり、高い吐出量を確保できることが分かった。さらに、図一 14 に吹付けノズルを定点に固定し、コンクリートを吹き



図一 14 定点吹付状況 (現場実トンネルでの吹付試験)

続けた状況を示す。ここでは、吹付け厚さが 650 mm 程度になるまでコンクリートは剥落せず、本吹付けコンクリートは、高い付着性を有していることが確認された。

#### 4. おわりに

新規に開発した専用粉体と液体急結剤からなる超高強度吹付けコンクリート「T-HPSC<sup>®</sup> 100」を開発した。そして、現場実トンネルで吹付けは可能であり、材齢 28 日の圧縮強度が 96.9 N/mm<sup>2</sup> となることがわかった。また、はね返り率は 5.3% であり、従来の吹付けコンクリートよりも高い付着性を有していることがわかった。

## 《参考文献》

- 1) H. Takeda, T. Kawaguchi, H. Yoshimoto, S. Fujiwara, K. Sato : Material properties and construction performance of ultra-high strength sprayed concrete, ITA WTC2019 Congress and 45th general assembly, pp.3162-3171, 2019.
- 2) 横畑 友幹, 大塚 勇, 板垣 賢, 蔭山 凌 : 超高強度吹付けコンクリートの大土被りへの適用性検討および解析手法に関する一考察, トンネル工学報告集, 第 29 巻, I-16, 2019.11
- 3) 谷 卓也 : 弱材齢時におけるトンネル吹付けコンクリートの力学特性に関する研究, 学位論文, pp.24-35.
- 4) 川口 哲生, 吉本 弘和, 武田 均 : 極若材齢における UFC の圧縮強度およびヤング係数の経時変化に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, vol.72, V-386, pp.771-772, 2017.
- 5) 土木学会 : 2017 年度制定, コンクリート標準示方書 [設計編], pp.334-335, 2017.
- 6) 土木学会 : 吹付けコンクリート指針 (案) [トンネル編], コンクリートライブラリー 121, 2005.6

## [筆者紹介]

川口 哲生 (かわぐち てつお)  
大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部  
都市再生技術開発室 UFC チーム  
課長



武田 均 (たけだ ひとし)  
大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部  
都市再生技術開発室 UFC チーム  
チームリーダー



佐藤 圭 (さとう けい)  
ポゾリスソリューションズ(株)  
混和剤営業部



# RC 栈橋上部工における汎用プレキャスト工法の開発 オールプレキャスト施工の実現

池野 勝 哉・齊藤 創 太

栈橋工事において、プレキャスト施工は生産性向上の有効な手段として期待されている。これまで、上部工のプレキャスト床版は実用化されているものの、より海水面に近い梁などの構造部材は、鋼管杭との有効な接合技術が確立されておらずプレキャスト化が進んでいない。そこで、プレキャスト施工における杭頭接合および部材同士の接合技術を確立し、新設・既設（更新）の区別なく、梁形式やスラブ形式などの多様な栈橋形式に適用できる汎用プレキャスト工法を開発した。本稿では今回開発した汎用プレキャスト工法を紹介する。

キーワード：栈橋上部工，オールプレキャスト，構造部材，鞘管方式，ダブルスクエア継手

## 1. はじめに

近年、建設現場の生産性向上を目的として、プレキャスト部材の活用が増えている。とりわけ、港湾の栈橋上部工は、潮位や波浪等の海象条件の影響を受けながら、足場・型枠支保工・鉄筋組立・コンクリート打設といった一連の海上作業を繰り返して構築されるため、工期短縮のみならずコンクリート品質の向上や安全性確保といった多くのメリットが期待される。栈橋上部工のプレキャスト施工では、鋼管杭と上部工の杭頭接合や部材同士の接合が技術的課題となる。これは、鋼管杭と上部工が剛接合されたラーメン構造として設計されているためであり、施工性を損なうことなく剛接合できる技術開発が求められている。

このような背景のもと、プレキャスト施工に適した杭頭接合「鞘管方式」<sup>1)</sup> および部材接合「ダブルスク

エア継手」<sup>2)</sup> を要素技術とする汎用プレキャスト工法を開発した（図-1）。本工法では、海上での鋼管杭打設と並行して、現地の陸上製作ヤードにおいてプレキャスト部材を製作し（サイトプレキャスト）、起重機船によってプレキャスト部材を鋼管杭に架設する。その際、プレキャスト部材の鞘管内に鋼管杭を所定の長さ挿入し、その間隙を無収縮グラウトで充填して杭頭部の一体化を図り、部材同士は架設時の鉄筋干渉や損傷の懸念が少ないダブルスクエア継手によって接合する。

## 2. 鞘管方式による杭頭接合

### (1) 鞘管方式の概要

鋼管杭に架設されるプレキャスト部材は、鋼管杭よりも径の大きな鞘管を埋設しておき、鞘管に溶接され

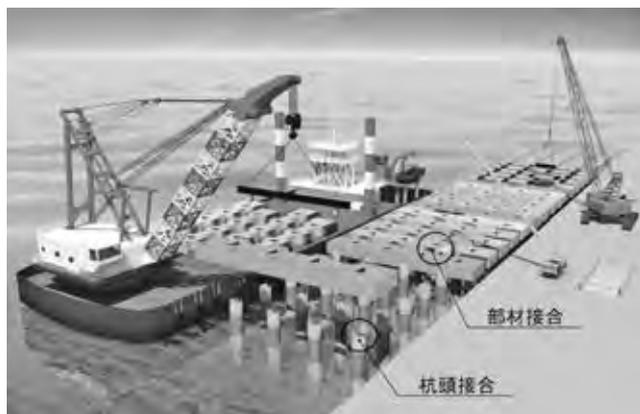


図-1 栈橋上部工の汎用プレキャスト工法

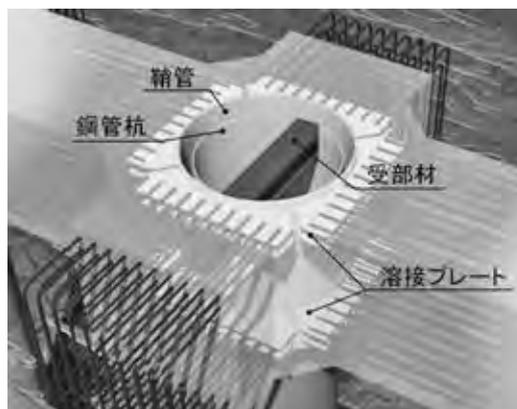


図-2 鞘管方式の概要図

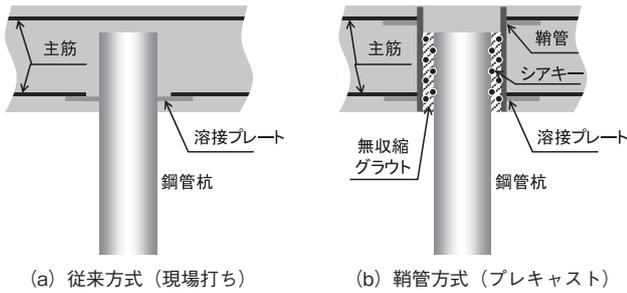


図-3 杭頭接合の模式図

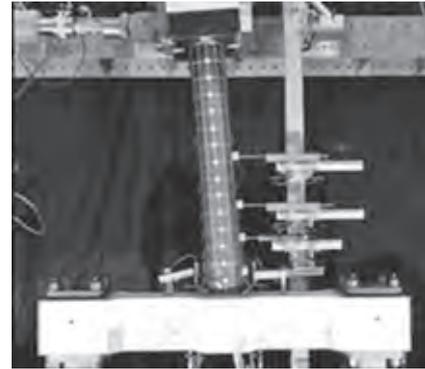


写真-1 実験の状況

たプレートを介して上下の梁主筋と接続されている(図-2)。鞘管径は鋼管杭の平面的な打設精度±100mmを考慮して、鋼管杭よりも200~300mm程度大きいものを選定し、架設後、鋼管杭との間隙に無収縮グラウトを充填して無溶接で杭頭部の一体化を図る。図-3に(a)従来方式(現場打ち)および(b)鞘管方式(プレキャスト)による杭頭接合について模式図を示す。従来方式は下側の主筋のみ鋼管杭と接続されているのに対し、鞘管方式は鞘管が上下の主筋に接続されているため、鋼管杭に作用する曲げモーメントが効率よく梁に伝達される。

(2) 杭頭接合部の構造性能

鞘管方式で接合された杭頭接合部の構造性能を確認するため、Case1を従来方式の現場打ち、Case2を鞘管方式のプレキャストとし(図-4)、逆T形模型の交番載荷実験を行った(写真-1)。各ケースの載荷点における荷重-変位関係を図-5に示すが、Case2(鞘管方式)は紡錘型の履歴ループを描いており、損傷は杭頭接合部ではなく鋼管杭に集中していた。また、履歴ループの面積はCase1(従来方式)の約2倍であり、優れたエネルギー吸収性能を発揮している。

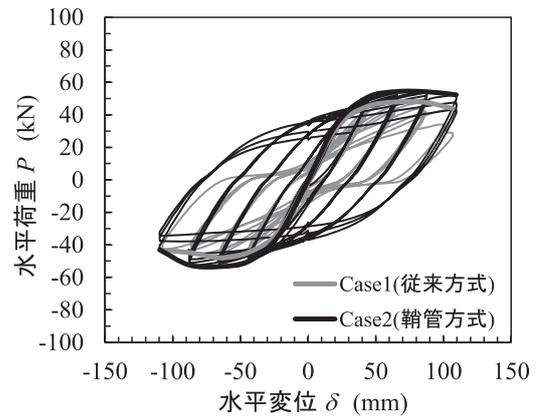


図-5 荷重-変位関係

杭頭接合部の固定度を確認するため、実験で計測された鋼管杭基部の相対回転角から杭頭固定度  $a$  を評価した。杭頭固定度  $a$  は、剛接合  $a=1.0$  からピン接合  $a=0.0$  までの範囲で示されるパラメータ<sup>1)</sup>であり、載荷ステップ毎の変化を図-6に示す。Case1(従来方式)は載荷ステップの増加に伴い、 $3\delta_y$  から  $5\delta_y$  にかけて固定度が顕著に低下しているが、Case2(鞘管方式)は  $5\delta_y$  まで  $a=0.8 \sim 0.95$  の高い固定度を維持してい

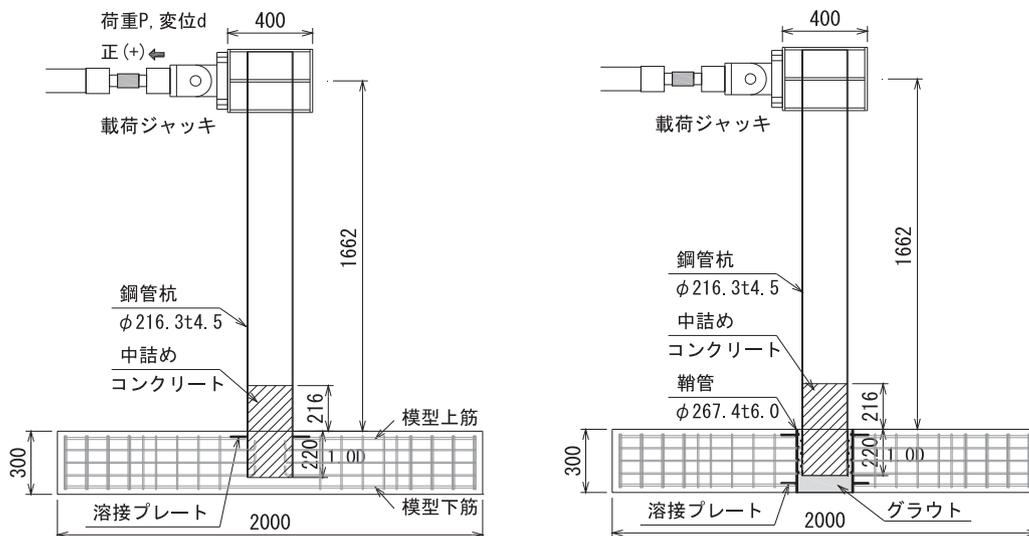
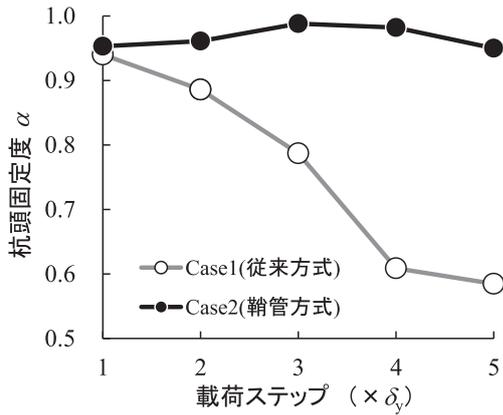
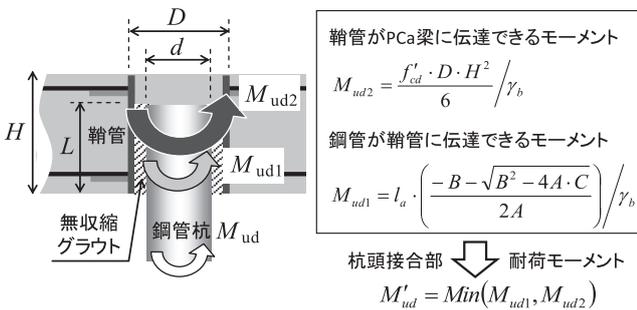


図-4 実験ケース (左: Case1, 右: Case2)



図一六 杭頭固定度の変化



図一七 鞘管方式のモーメント伝達機構

ることが分かる。図一七に鞘管方式のモーメント伝達機構を示すが、鋼管杭の設計曲げモーメント  $M_{ud}$  よりも接合部の耐荷モーメント  $M'_{ud} = \text{min}(M_{ud1}, M_{ud2})$  を大きく設定する必要がある。このように、鞘管方式は従来方式の現場打ちよりも、高い杭頭固定度と優れたエネルギー吸収性能を発揮する接合方法である。

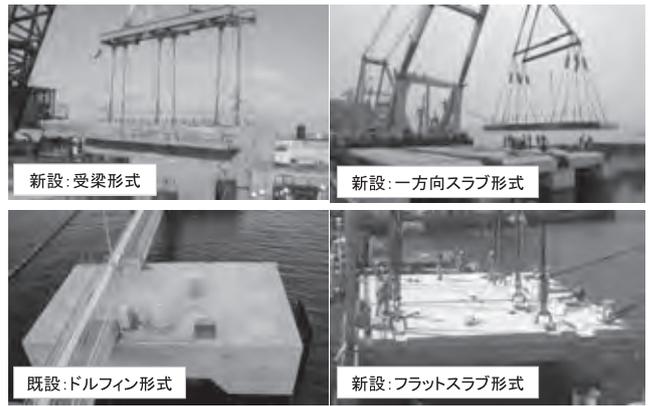
### (3) 鞘管方式による現場施工例

写真一2は鞘管方式による新設の受梁形式・一方向スラブ形式・フラットスラブ形式、既設(更新)のドルフィン形式への適用例を示している。鞘管方式による杭頭接合は、新設・既設(更新)の区別なく、多様な栈橋形式に適用できる汎用的な要素技術である。

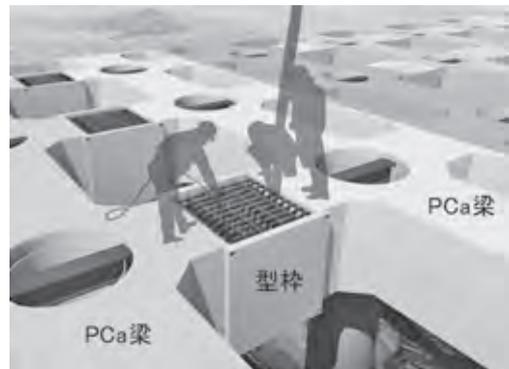
## 3. ダブルスクエア継手による部材接合

### (1) ダブルスクエア継手の概要

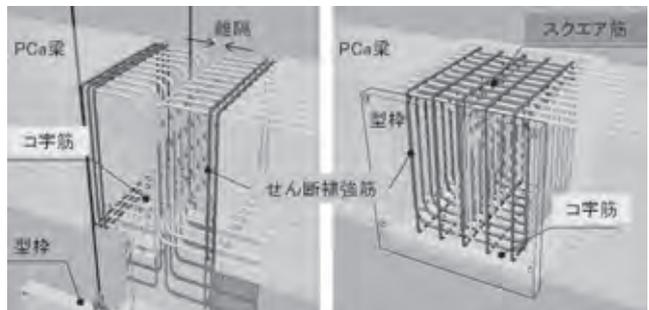
一般に、プレキャスト部材の接合には重ね継手や機械式継手による方法が広く用いられているが、栈橋上部工では波浪等による動揺下での接合作業となるため、鉄筋同士の接触損傷や施工精度の観点から適用には困難を伴う。プレキャスト床版では、現場打ち幅を縮小できる合理的な継手方法として「ループ継手」が実用化されているが、プレキャスト梁への適用に際し



写真一2 鞘管方式の適用例<sup>3)~5)</sup>



図一八 ダブルスクエア継手の概要図



図一九 施工イメージ

では、ループ筋同士の接触損傷や梁高程度のループ径が必要なことから現場打ち幅が大きくなるなどの懸念がある。本稿で紹介するダブルスクエア継手は、プレキャスト梁端面からコ字形状の鉄筋(コ字筋)を突出させ、コ字筋同士を対面させて架設した後、コ字筋と接する様にスクエア形状の鉄筋(スクエア筋)を挿入する。その後、コ字筋の端部に束ねておいたせん断補強筋を所定の位置に配置し、現場打ちコンクリートで一体化する(図一八、九)。ダブルスクエア継手はスクエア形状であるため、梁高の影響を受けにくく、互いにコ字筋を対面させて設置するため鉄筋同士の接触損傷を回避することができる。

(2) 現場打ち幅の縮小効果

一般的な重ね継手およびループ継手(以下, LP 継手)を比較対象として, プレキャスト梁の接合にダブルスクエア継手(以下, DS 継手)を適用した場合の現場打ち幅の縮小効果を示す。コンクリートの設計基準強度  $f'_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ , 鉄筋の設計引張降伏強度  $f_{yd} = 345 \text{ N/mm}^2$  として設定し, プレキャスト梁の梁高  $H$  (500 ~ 2000 mm) および主鉄筋径  $\phi$  (D13 ~ D35) をパラメトリックに変化させた。ここで, 重ね継手は基本定着長  $L$  の 1.3 倍, 同一断面内の継手集中を避けるため隣り合う継手同士の隔離を主鉄筋径の 25 倍, LP 継手の必要継手長は曲げ直径  $d_B$  の 1.5 倍以上とした。なお, 本検討では継手部とプレキャスト梁端部までの隔離, 主鉄筋の純かぶり, コ字筋同士の隔離をそれぞれ 100 mm と仮定した。図-10 に各継手の検討ケースを示す。

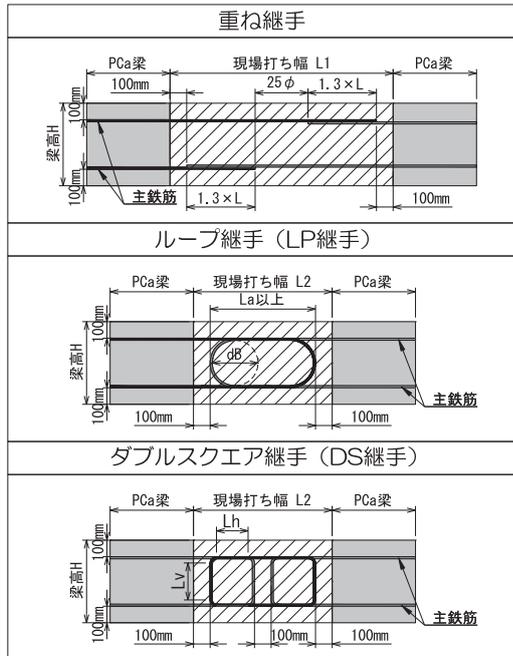


図-10 各継手の検討ケース

代表的な検討結果として, 梁高  $H = 500, 1000, 2000$  mm について, 縦軸に重ね継手の現場打ち幅  $L_1$ , 横軸に LP 継手および DS 継手の現場打ち幅  $L_2$  でプロットした関係図を図-11 に示す。図中, 同一鉄筋径では左側にプロットされている継手の方が, また破線より左上側にプロットされている継手の方が, 重ね継手と比較して現場打ち幅を縮小できることを表している。梁高が小さい場合には LP 継手, DS 継手ともに重ね継手より現場打ち幅が縮小されるが, 栈橋上部工のように  $H = 1000$  mm を超える梁高になると DS 継手が有利となる。

(3) ダブルスクエア継手を有するプレキャスト梁の曲げ耐荷性能

DS 継手で一体化されたプレキャスト梁の曲げ耐荷性能を確認するため, 2 点对称一方向の曲げ載荷実験を実施した。実験ケースおよび試験体の側面・断面図をそれぞれ表-1, 図-12 に示す。梁高の異なる 3 種類の断面 (S, M, L) に対し, 継手のない RC 梁および DS 継手のコ字筋とスクエア筋で形成される閉合域の縦横比 ( $l_h/l_v$ ) を変化させた計 12 ケースである。各試験体の純曲げ区間には 2 箇所の鉛直打継面を設け, 現場打ち部にプレキャスト梁と同配合の現場打ちコンクリート ( $f'_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ ) を打設した。DS 継手の配筋例を写真-3 に示す。

実験では, 全ケースで打継面のひび割れが先行したのち, DS 継手ではコ字筋とスクエア筋で形成される閉合域を避けるように曲げひび割れが分散した。代表断面として断面 M シリーズの荷重-変位関係を図-13, ひび割れ性状を図-14 に示す。図-13 を見ると, 主筋の降伏 (図中のマーク) を超えた辺りから荷重の伸びが緩やかとなり, 実際の材料強度を用いた曲げ終局荷重  $P_u$  を超える耐荷力を発揮している。一方, DS 継手の曲げひび割れ発生後の剛性に着目すると,

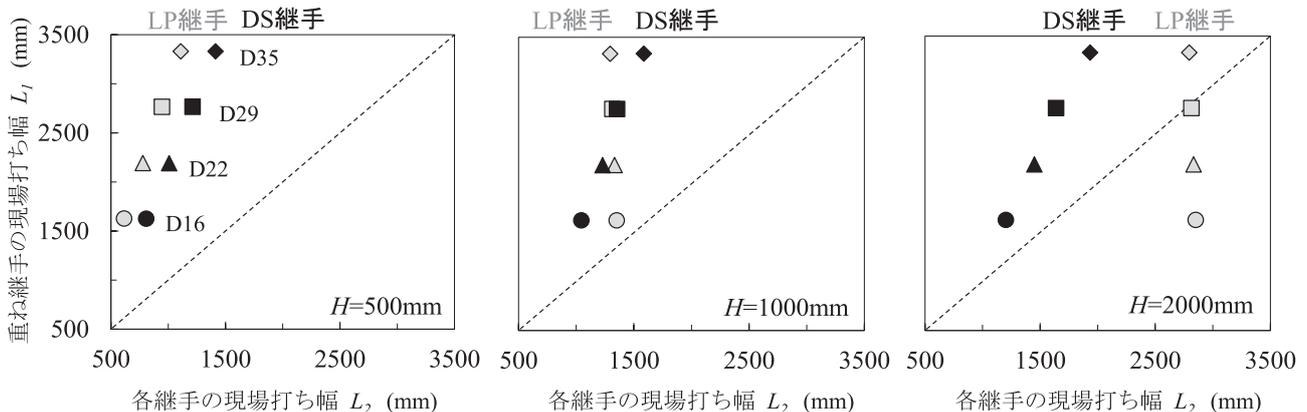
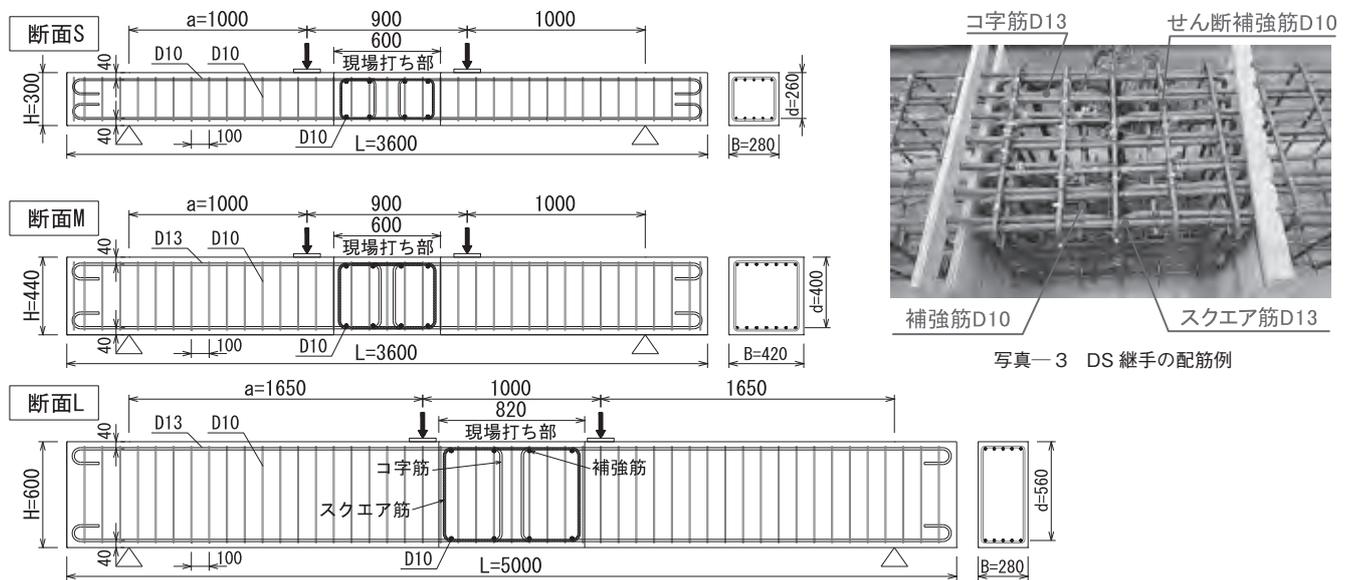


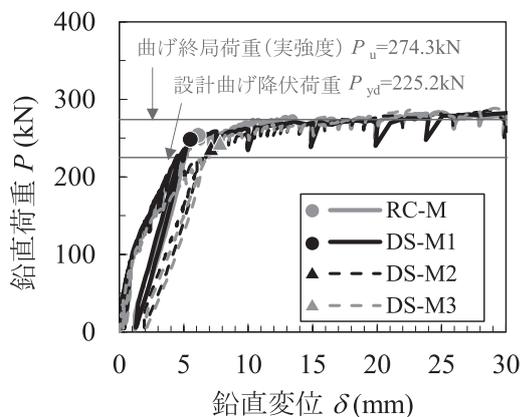
図-11 各継手の現場打ち幅の縮小効果

表一 実験ケースの一覧

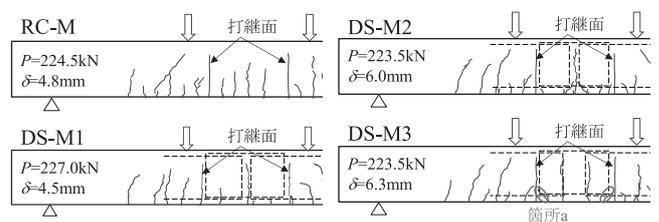
		軸方向鉄筋	梁高 $H$ (mm)	梁幅 $B$ (mm)	梁長 $L$ (mm)	有効高 $d$ (mm)	鉄筋比 $A_s/Bd$	せん断スパン比 $a/d$	基本定着長 $l$ (mm)	水平重ね長 $l_h$ (mm)	$l_h/l$	鉛直筋長 $l_v$ (mm)	$l_h/l_v$	備考
断面S	RC-S	5@D10	300	280	3600	260	0.005	3.8	255	-	-	-	-	継手無し
	DS-S1									130	0.51	160	0.81	
	DS-S2									100	0.39	160	0.63	
	DS-S3									60	0.24	160	0.38	
断面M	RC-M	7@D13	440	420	3600	400	0.005	2.5	332	-	-	-	-	継手無し
	DS-M1									200	0.60	282	0.71	
	DS-M2									150	0.45	282	0.53	
	DS-M3									100	0.30	282	0.35	
断面L	RC-L	5@D13	600	280	5000	560	0.004	2.9	332	-	-	-	-	継手無し
	DS-L1									280	0.84	442	0.63	
	DS-L2									240	0.72	442	0.54	
	DS-L3									200	0.60	442	0.45	



図一 12 試験体の側面・断面図 (単位: mm)



図一 13 断面 M の荷重-変位関係

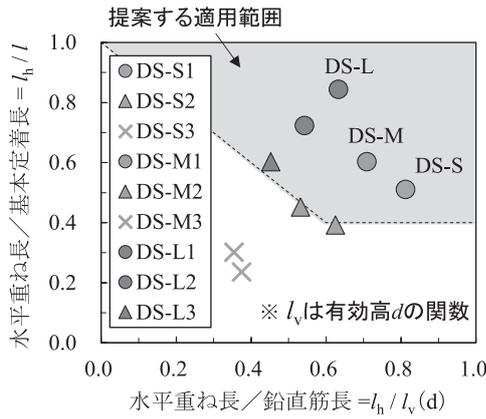


図一 14 断面 M のひび割れ性状

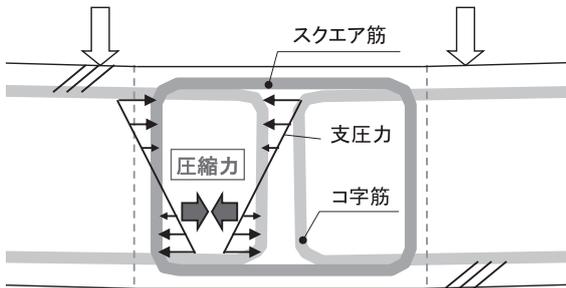
DS-M2 および DS-M3 が RC 梁よりも剛性が小さく、閉合域の縦横比 ( $l_h/l_v$ ) が小さくなるほど曲げ剛性が低下していることが分かる。このことから、継手のな

い RC 梁と同等の曲げ耐荷性能を発揮する DS 継手として、閉合域の縦横比 ( $l_h/l_v$ ) をパラメータとした図一 15 の適用範囲を提案している。

DS 継手では梁接合部に曲げが作用した際、コ字筋とスクエア筋で形成される閉合域内に支圧反力として圧縮力が作用し、引張領域の主鉄筋に作用する引張力が軽減されるため (図一 16)、DS 継手は重ね継手よりも現場打ち幅が縮小される。



図一15 DS継手の適用範囲



図一16 DS継手の曲げ耐力メカニズム

#### 4. おわりに

本稿では、栈橋の汎用プレキャスト工法に関する杭頭接合「鞘管方式」および部材接合「ダブルスクエア継手」の要素技術を紹介した。栈橋上部工は、新設・既設（更新）工事や、梁形式やスラブ形式など多様な工事形態・栈橋形式への対応が求められるが、これらの要素技術によって床版を含めた栈橋のオールプレキャスト施工が可能となった。なお、本工法は現場打ちで設計された栈橋上部工を、サイトプレキャストに変更して施工することを想定したものである。今後は

更なる生産性向上のため、設計段階からプレキャストの概念が導入され、工場製作による部材の合理化や規格の標準化が進み、より安価なプレキャスト施工が可能になるものと期待される。

#### 謝辞

最後になりますが本稿は東京工業大学ならびに海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所との共同研究による成果の一部を掲載したものである。ここに誌面を借りて関係者に謝意を表す。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 池野勝哉, 岩波光保, 川端雄一郎: 鞘管方式による栈橋鋼管杭の杭頭接合部に関する交番荷重実験, 構造工学論文集, Vol.64A, pp.724-733, 2018.
- 2) 池野勝哉, 岩波光保, 川端雄一郎, 加藤絵万: ダブルスクエア継手を有するPCa梁の曲げ耐荷特性に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.65A, pp.40-51, 2019.
- 3) 池野勝哉, 伊野同: プレキャストを利用した老朽化栈橋のリニューアル技術, 建設機械施工, Vol.70, No.9, 2018.
- 4) 池野勝哉, 伊野同, 岩波光保, 川端雄一郎, 加藤絵万: プレキャスト化による栈橋施工の生産性向上, 土木学会建設技術研究発表会, pp.79-85, 2018.
- 5) 川俣奨: 栈橋上部工受梁のプレキャスト化施工について, marine voice 21, Vol.302, pp.12-15, 2018.

#### 【筆者紹介】



池野 勝哉 (いけの かつや)  
五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部  
担当部長



齊藤 創太 (さいとう そうた)  
五洋建設(株) 土木部門 土木設計部

# ポリウレア樹脂を用いた コンクリート構造物の機能保持・向上技術 タフネスコート工法

久保昌史・興石正己・井出一直

コンクリート構造物の表面に専用のポリウレア樹脂を吹付けることにより、コンクリート構造物に対して4つの機能（効果）、すなわち剥落防止、保水性確保、耐久性向上および耐衝撃性向上を図る技術「タフネスコート工法」（以下「本工法」という）を開発した。ポリウレア樹脂は、酸・アルカリに対する化学的抵抗性、紫外線に対する耐候性が高い等の特徴がある。本工法は従来防水工法として多くの実績があるものの、十分に検証されていなかったポリウレア樹脂の力学特性に着目し、本稿ではその効果を実験及び解析により検証した結果を報告する。

キーワード：コンクリート構造物、ポリウレア樹脂、剥落防止、保水性確保、耐久性向上

## 1. はじめに

我が国の橋梁、トンネル、港湾岸壁、上下水道施設等の社会インフラ施設に用いられるコンクリート構造物は、建設された場所の環境条件によって、劣化が進行することが知られている。現在、高度経済成長期以降に建設されたこうした施設の多くは30年から50年が経過し材料の経年劣化や構造物としての機能低下が懸念されている。このような機能が低下したコンクリート構造物に対しては、補修・補強が行われている。

一般的に補修は、ひび割れ等の不具合が発生した後に行う事後保全が主体であり、補強は大規模地震後などに、部材の耐力を増加させることとなるが、これらの方法では補修工事は場当りのとなり、また補強工事は大がかりとなるため、維持管理コスト及び工期に課題がある。

今回、コンクリート構造物に専用のポリウレア樹脂タフネスコート（以下「本樹脂被覆」という）を吹き付けることによりこれらの課題を解決しうる技術本工法を開発した。これは、従来の発想を転換し、補修に関しては予防保全、補強に関しては部材の耐力を増加することなく直接的な機能保持を行う考え方に基づいている。

## 2. 本工法の概要

### (1) 開発の目的とコンセプト

本工法は、コンクリート構造物の表面に高ひずみ樹

脂である本樹脂被覆を吹付けることにより、構造物に本来必要な機能を保持し、合理的な維持管理並びに長寿命化を図ることを目的としている。具体的には、①道路及び鉄道における高架橋やトンネル覆工の剥落防止、②配水池や防火水槽の大規模地震時の保水性確保、③内陸寒冷地や沿岸部のコンクリート構造物の耐久性確保、④コンクリート構造物の衝撃性能向上および爆発に対するコンクリート片の飛散防止である。

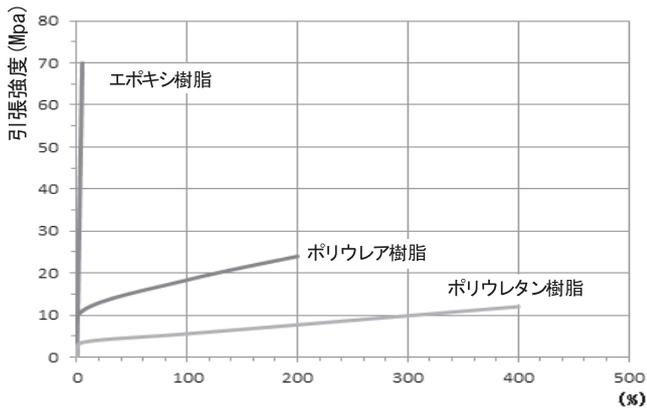
使用するライニング材料は、防水工法として多くの実績があり、酸・アルカリに対する化学的抵抗性、紫外線に対する耐候性が高いポリウレア樹脂である。

本技術は従来十分に検証されていなかったポリウレア樹脂の力学特性に着目し、その効果を実験及び解析により検証したものである。さらに、施工法としては専用の吹付装置を用いた吹付工法を採用した。これは非常にシステマチックで簡便な施工法であるとともに、塗布時には、速乾性で施工面でのダレがなく、早期に強度が発生すること、新設・既設を問わず施工が可能であること等、他の補修・補強工法にはない利点を有している。

### (2) ライニング材料の特性及び施工法

#### (a) ライニング材料の力学特性の比較

一般的に使用されるライニング材料は、ポリウレア樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂などがある。図一1にライニング材料の力学的特性を示す。この図より、ポリウレア樹脂は引張強度が24 MPaと大きく、破断時のひずみは200%程度である。エポキシ樹

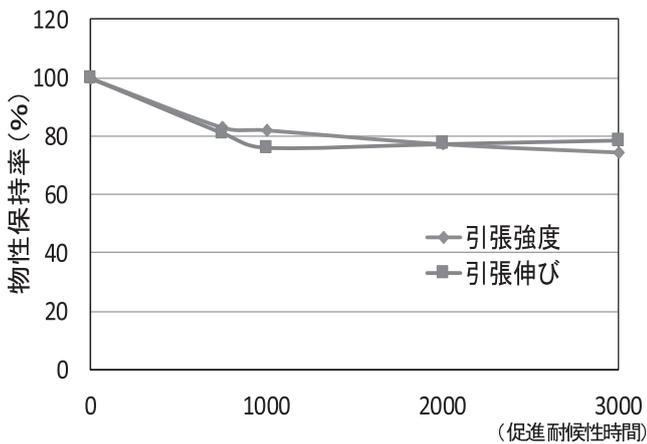


図一 樹脂材料の力学特性の比較

脂は引張強度が 70 MPa と非常に大きいですが、破断時のひずみは 5%程度と小さい。また、ポリウレタン樹脂は破断時のひずみは 400%程度と大きいですが、引張強度は 10 MPa 程度と小さい。以上より、引張強度と伸び性能の双方に優れたポリウレア樹脂に着目し本工法の開発を行った。

(b) 本樹脂被覆の耐久性

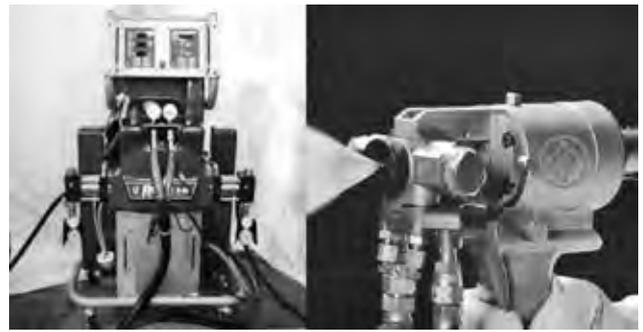
図一 2 に、本樹脂被覆の促進耐候性試験結果を示す。試験は JIS A 1415 のオープンフレームカーボンアークランプによる暴露試験方法によって行った。その結果、促進耐候性 3,000 時間 (15 年相当) までに引張強度および伸びのいずれも約 75% を保持しており、優れた耐候性が確認された。



図一 2 促進耐候性試験結果

(c) 施工法とその品質管理

本樹脂被覆は、ポリイソシアネート (R-NCO) とポリアミン (R-NH<sub>2</sub>) の 2 液を、専用の吹付装置によって加温・圧送し、圧送ホース先端に取付けたスプレーガンを使用して衝突混合させウレア結合を生成した状態で、構造物表面に塗布するものである。吹付装置及びスプレーガンの外観を写真一 1 に示す。



写真一 1 吹付装置及びスプレーガン

本樹脂被覆は現場で衝突混合により生成される材料であるため、その品質管理においては、施工環境や吹付装置の適切な運転が重要である。また、コンクリートへの付着力を確保するために下地の状態を確認し、適切な処理をすることが必要となる。そこで、本工法においては、雰囲気温度、下地処理の状況、表面含水率、材料温度、付着強度等の管理項目を定め、厳重な品質管理を実施している。

3. 剥落防止性能の検証

(1) 実験概要

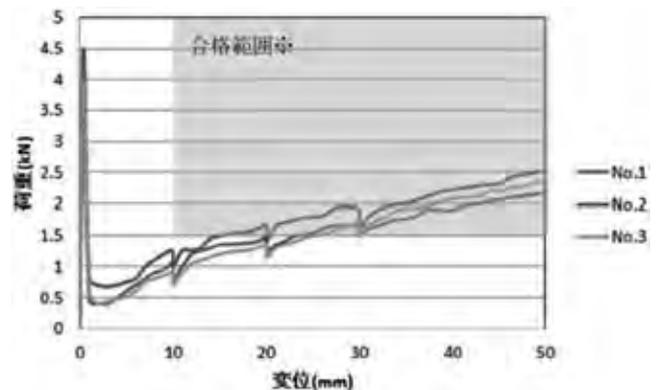
本樹脂被覆で表面被覆することにより、高架橋やトンネル覆工におけるコンクリートの剥落防止効果を確認するために実験を行った。

(2) 実験内容

(a) 押抜き試験

土木学会標準「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法(案) (JSCE-K533-2010)」に準拠して、本樹脂被覆 (膜厚: 1.5 mm) で表面を被覆した 3 体の試験体を用いて試験を実施した。

その結果、いずれの試験体も変位 10 mm から 50 mm の範囲で 1.5 kN 以上の荷重に到達することが確



図一 3 押抜き試験結果

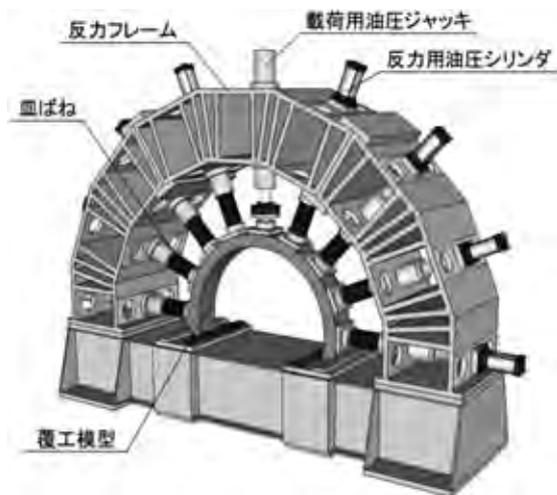


写真一2 変位 50 mm 時の試験体

認められた(図一3)。また、変位 50 mm においても本樹脂被覆は十分変形に追随し(写真一2)、破断することはなかった。

(b) トンネル覆工载荷実験

载荷試験は、反力フレーム、反力用油圧シリンダ、载荷用油圧ジャッキからなる試験装置(図一4)を用い、新幹線トンネルの1/5程度の覆工模型(外径 2,150 mm, 巻厚 150 mm)の試験体3体を対象として実施した。

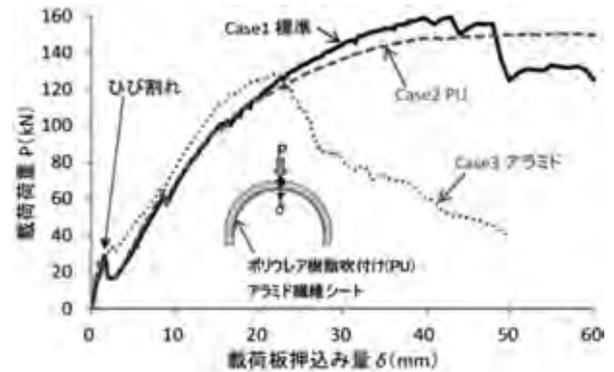


図一4 実験装置模式図

無被覆の場合(Case1)、本樹脂被覆にて被覆した場合(Case2)、アラミド繊維にて被覆した場合(Case3)の3ケースに対する実験結果を図一5に示す。Case1は変位 49 mm より荷重が急激に低下したが、Case2は変位 60 mm まで最大荷重を保持できた(写真一3)。またCase3は変位 23 mm にて覆工天端部において圧縮力が蓄積しせん断破壊が発生し耐力を失った。

(3) 効果のまとめ

- ①対象構造物を本樹脂被覆にて被覆(膜厚 1.5 mm)



図一5 荷重-変位曲線



写真一3 Case2 (変位 60 mm)

した場合、1.5 kN のかぶりコンクリートの剥落を防止できる。

- ②トンネル覆工では本樹脂被覆にて被覆した場合(膜厚 1.5 mm)、圧縮破壊しても覆工の有効巻厚を確保でき、大変形時まで最大荷重を保持可能である。

4. 保水性能の検証

(1) 実験概要

本樹脂被覆で内面被覆することにより、上水道用の貯水槽や防火水槽の大規模地震時における保水性効果を確認する実験を行った。

(2) 実験内容

貯水槽等の大規模地震時における保水性を確保するためには、構造物に発生する曲げひび割れ幅がポリウレタ樹脂のひび割れ追随性能以下である必要がある。そこで以下の2つの実験を実施した。

(a) 大規模地震時における曲げひび割れ幅の検証実験

貯水槽の底板を対象として曲げ実験を実施した。载荷方法としては、写真一4に示すように35トンジャッキを2台用いて等曲げ区間 1,000 mm、せん断スパン

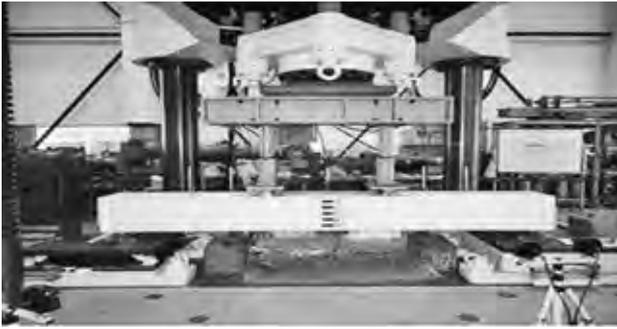


写真-4 実験装置

1,200 mm ( $a/d = 1200/340 = 3.5$ ) の中央 2 点荷重で実施した。鉛直変位は、試験体高さ方向中央 7カ所で、また曲げスパンの底部では 2 断面 24 箇所において  $\pi$  型変位計でひび割れ幅を計測した。

曲げスパン内に発生したひび割れの分布図（曲げスパン中央位置を X 軸のゼロと規定）を図-6 に示す。試験体のひび割れ発生強度は 43 kN であり、曲げスパン内のひび割れ本数は 3 本であった。

主となるひび割れは  $1\delta y$  時までに発生しその後、ひび割れ幅が増大し  $2\delta y$  時で最大 2.1 mm、 $5\delta y$  時で最大 3.21 mm であった。

(b) ひび割れ発生断面における保水性確認実験

樹脂材料の防水性確認試験（写真-5）に準じて、70 mm × 70 mm × 35 mm の試験体 2 体を突き合わせた後に本樹脂被覆で表面を被覆（膜厚 2.0 mm）し、突

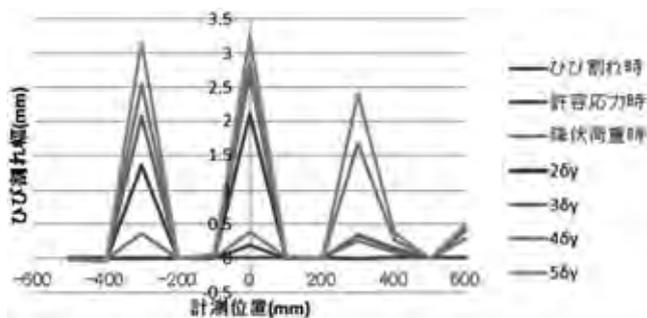


図-6 曲げひび割れ幅



写真-5 防水性確認実験

き合わせた試験体を引き離すことで 2 mm ~ 10 mm の疑似的なひび割れを発生させた。

塗膜厚 2.0 mm、ひび割れ幅 10 mm、水圧  $0.3 \text{ N/mm}^2$  を 7 日間連続して作用した結果、ひび割れ面からの漏水、本樹脂被覆の過大な変形、隅角部における亀裂などは観測されず、保水性を確保できることが確認された（写真-6）。

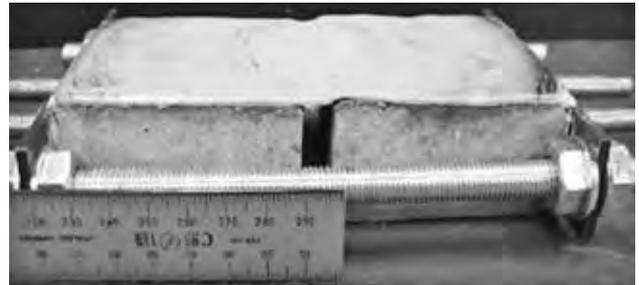


写真-6 実験終了時

### (3) 効果のまとめ

- ①大規模地震時における貯水槽のひび割れ幅は、過去の震災事例の調査より概ね 2.0 ~ 3.0 mm 程度であり、本実験より部材の塑性率は 2.0 ~ 5.0 程度と考えられる。
- ②本樹脂被覆で水槽内面を被覆する（膜厚:2.0 mm）ことにより、最大ひび割れ幅 10 mm、最大水圧 0.3 MPa までの条件で、保水性の確保が可能である。
- ③今回実施した 2 つの実験結果より、貯水槽等における大規模地震時の塑性率が 5.0 程度であれば、部材がせん断破壊する場合を除いて保水性を確保できることが確認された

## 5. 耐久性能の向上

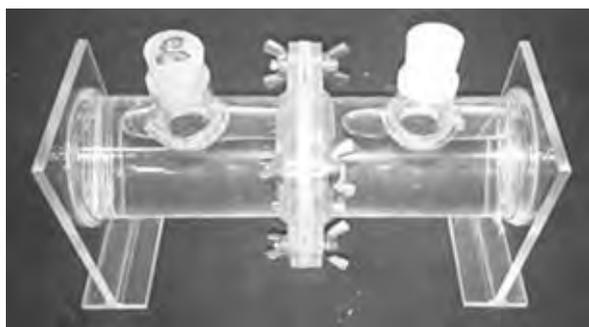
### (1) 実験概要

本樹脂被覆を表面被覆材料として用いたコンクリート構造物の塩害、凍害に対する耐久性能向上効果を確認するために実験を行った。

### (2) 実験内容

#### (a) 塩化物イオン透過試験

厚さ 1 mm の本樹脂被覆を用いて塩化物イオン透過試験を実施した。これは 3% の食塩水と蒸留水を分離し、20℃ の環境で、一定時間放置した後の透過塩分量をイオンクロマトグラフ法で計測（写真-7）する。試験期間は、塩分透過量が少なかったため 300 日まで延長した（通常は 30 ~ 120 日）。



写真一七 塩化物イオン浸透試験状況

表一 塩化物イオン透過度の一覧表

試験期間 (日)	塩化物イオン透過度 (mg/cm <sup>2</sup> ・日)	塩化物イオン濃度 (mg/l)
30	ND	ND
90	1.47 × 10 <sup>-5</sup>	0.13
120	1.01 × 10 <sup>-5</sup>	0.12
270	1.92 × 10 <sup>-5</sup>	0.51
300	0.23 × 10 <sup>-5</sup>	0.07

計測された塩化物イオン透過度は表一に示すように最大 0.23 ~ 1.92 × 10<sup>-5</sup> であり、一般環境の PC または RC 構造物に対する基準値 1.0 × 10<sup>-2</sup> の 1/500 以下、特に厳しい環境における基準値 1.0 × 10<sup>-3</sup> に対しても 1/50 以下であり、十分な遮塩効果が確認された。

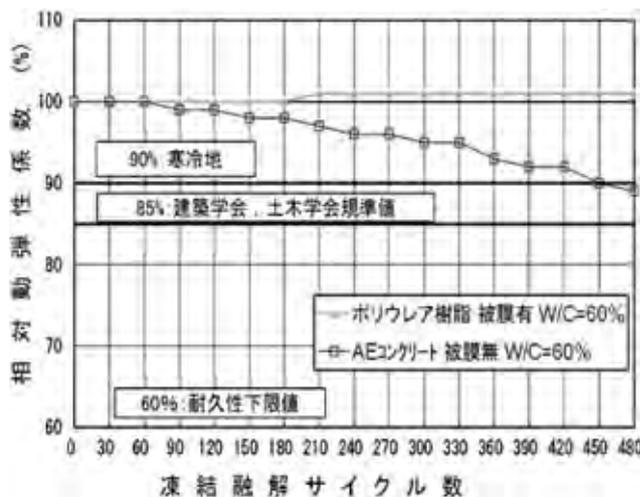
(b) 凍結融解試験

水セメント比 W/C を 60% とした AE コンクリート試験体に対して本樹脂被覆 (膜厚 2.0 mm) で被覆したもの、被覆していないものそれぞれについて、JIS A 1148 に準じたコンクリートの凍結融解試験を実施した (写真一八)。試験サイクルは AE コンクリートに対する効果を確認するため 480 サイクルとした (通常は 300 サイクル)。

凍結融解サイクルと相対動弾性係数の関係を図一七に示す。被覆した試験体はコンクリート表面に変色、剥離、膨れ等の劣化は見られず、相対動弾性係数の低



写真一八 相対動弾性係数の計測状況



図一七 凍結融解サイクルと相対動弾性係数の関係

下も発生しなかった。一方、被覆していない試験体は表面にスケリングがみられ、相対動弾性係数が 11% 低下した。

(3) 効果のまとめ

- ① 塩化物イオン透過試験 (膜厚 1.0 mm) の結果、塩化物イオン透過度は基準値に比べて十分小さく、塩害に対する抵抗性を大幅に向上できる。
- ② 凍結融解試験 (膜厚 2.0 mm) の結果より、本樹脂被覆の表面被覆によって、外部からの水分浸入を阻止でき、凍害に対する抵抗性を大幅に向上できる。

6. 衝撃性能の検証

(1) 実験概要

本樹脂被覆を表面被覆材料として用いたコンクリート構造物の衝撃力に対する性能向上効果を確認するために実験を行った。

(2) 実験内容

近年、コンビナート工場等では不慮の爆発の衝撃力に対する飛散防止対策が課題となっている。そこで版部材の衝突繰返し実験を行った。

(a) 版部材の衝突繰返し実験

衝突実験は、高速衝撃実験装置 (写真一九) を用いて実施した。飛翔体は、直径 50 mm、質量 3.0 kg で先端形状は平面となっており、衝突速度は中速度 (10 m/sec) 程度である。また試験体は 600 × 600 × 90 mm の RC 版であり、無被覆の場合、本樹脂被覆にて前面を被覆した場合 (膜厚 2.0 mm)、背面を被覆した場合 (膜厚 2.0 mm)、両面を被覆した場合 (膜厚 2.0 mm)

表一 2 衝突繰返し実験の結果一覧表

実験ケース	1.RC供試体B (無被覆)		2.前面被覆供試体 (タフネスコート)		3.背面被覆供試体 (タフネスコート)		4.両面被覆供試体 (タフネスコート)	
	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面
写真								
破壊形式	かぶり部の裏面剥離		コンクリートのコーン破壊		かぶり部の裏面剥離後、 裏面タフネスコートの亀裂破壊		コンクリートのコーン破壊後、 裏面タフネスコートの亀裂破壊	
破壊時の衝突回数	5		10		13		24	
破壊時の 外力エネルギー(J)	750		1500		1950		3600	
備考	破壊時の表面くぼみ:2mm 表面剥離面積:75000mm <sup>2</sup> 裏面剥離深さ:45mm		破壊時の表面くぼみ:7mm 裏面剥離面積:62500mm <sup>2</sup> 裏面剥離深さ:66mm		破壊時の表面くぼみ:57mm 裏面剥離面積:87500mm <sup>2</sup> 裏面盛り上がり:20mm		破壊時の表面くぼみ:59mm 裏面剥離面積:100000mm <sup>2</sup> 裏面盛り上がり高さ:15mm	



写真一 9 高速衝撃実験装置



写真一 10 上水道用配水池の施工例

の比較実験を実施した。

実験結果の一覧を表一 2 に示す。無被覆の試験体は 5 回目の衝突でかぶりコンクリートが裏面剥離した。前面を被覆した試験体は 10 回目の衝突で裏面にコーン破壊が発生した。背面を被覆した試験体は 6 回目の衝突で裏面剥離が生じた後に、13 回目で裏面に亀裂が生じた。また、両面を被覆した試験体では 10 回目の衝突でコーン破壊が発生した後に 24 回目で裏面に亀裂が生じた。4 試験体の破壊までのエネルギーを比較してみると、Case1:Case2:Case3:Case4 = 1:2:2.6:4.8 となっており、飛散防止効果が定量的に把握された。



写真一 11 高架橋の施工例

### 7. 施工実績及びその効果

本工法タフネスコート工法の施工実績としては、トンネル及び高架橋の剥落防止工事、上水道用の配水池、中間貯蔵施設集水ピット及び調圧水槽の保水性確保工事等である(写真一 10, 11)。高架橋工事は剥落防止を主目的としたものであるが、床版下面が防水されることによる耐久性向上も同時に図られている。また、上水道用の配水池工事は、大規模地震時の保水性

確保が主目的であるが、耐久性向上及び剥落防止も同時に図られている。このように、本技術は事業の主目的を達成するとともに、技術自体が持つ付加的な価値が追加される複合効果があり、これからのコンクリート構造物の維持管理、長寿命化に大きく貢献できると考えている。

《参考文献》

- 1) 輿石正己, 高ひずみ樹脂による構造物の機能保持技術 (タフネスコー  
ト), 建設機械, 第 623 号, pp.52-59, 2017.1
- 2) 嶋本他 4 名, トンネル覆工の剥落対策としてのポリウレタ樹脂吹付け  
の模型実験と試験施工, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学),  
Vol.73, No.3, I-21 ~ I-31, 2017

[筆者紹介]

久保 昌史 (くぼ まさふみ)  
清水建設㈱  
土木技術本部 基盤技術部 コンクリートグループ



輿石 正己 (こしいし まさみ)  
日本工営㈱  
交通運輸事業本部 道路事業部 道路橋梁部  
橋梁サブグループ  
部長補佐



井出 一直 (いで かずなお)  
三井化学産資㈱  
環境資材事業部 建築資材部  
建設・コーティング資材グループ  
新製品チームリーダー



# Fc300 N/mm<sup>2</sup> クラスの 超高強度・高性能コンクリートの開発と適用

本 間 大 輔・田 邊 裕 介・小 島 正 朗

コンクリートの高強度化は、建物の超高層化、柱のスリム化、大スパン化につながる。筆者らはこれまで 200 N/mm<sup>2</sup> クラスの超高強度コンクリートを開発してきた。今回新たに水結合剤 9.5% まで低減した設計基準強度 300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度・高性能コンクリートを開発した。本稿では開発したコンクリートの概要と開発したコンクリートを用いた極細柱を築 30 年経過した技術研究所のリノベーション工事に適用した事例について紹介する。

キーワード：超高強度・高性能コンクリート，超高強度グラウト，Fc300 N/mm<sup>2</sup>，加温養生，PCa 柱，目地部

## 1. はじめに

コンクリートの高強度化は、建物の超高層化、柱のスリム化、大スパン化につながる。コンクリートの圧縮強度を 2 倍に高めると、軸力だけ考えれば 2 倍の高さの建物を支えることができ、同じ階数で同じスパンであれば柱断面積を 50%，正方形断面として一辺が 70% にスレンダー化できる。また同じ階数で同じ柱断面であれば、鉛直荷重の負担床面積が 2 倍になり、1.4 倍に大スパン化が可能となる。実際にはこのような単重計算はできないが、建物の超高層化は市街地の有効活用につなげることができ、また柱のスリム化や大スパン化は広々とした解放感がある居心地の良い空間につながり建築の付加価値を高めることができる。

筆者らは 2000 年以降、Fc100 N/mm<sup>2</sup> 以上の超高強度コンクリートを開発し、2007 年には Fc 150 N/mm<sup>2</sup> の超高強度コンクリートを 59 階建ての RC 造超高層集合住宅に適用してきた<sup>1)</sup>。筆者らが開発したコンクリートは、超高強度／高流動性、高耐火性（火災時安全性）、高靱性（地震時安全性）をあわせもつことをコンセプトにしている。コンクリートの高強度化に対しては超微粒子のシリカフュームを用いるなど材料、調合、製造養生技術により実現し、高耐火性と高靱性に関しては合成繊維と鋼繊維を併用するハイブリッド型補強により実現してきた。しかしさらに高い強度の Fc300 N/mm<sup>2</sup> クラスの超高強度コンクリートでは従来技術の延長では目標とする性能を確保することは難しい。本稿では更に強度が高い Fc300 N/mm<sup>2</sup> クラス

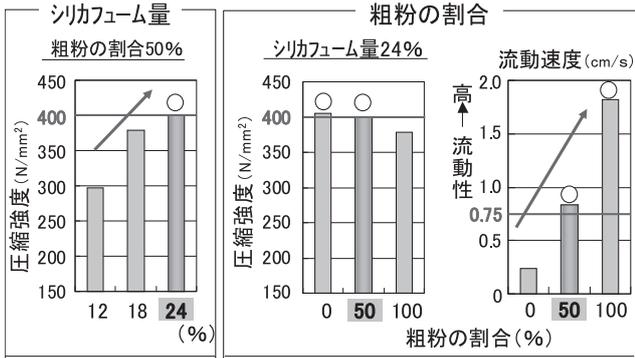
で超高強度／高流動性、高耐火性（火災時安全性）、高靱性（地震時安全性）をあわせもつ超高強度コンクリートを開発した内容と、これを用いた極細柱ペンカラムの開発、プレキャスト柱用目地グラウトの開発、実際の建物での適用事例について紹介する。

## 2. Fc300 N/mm<sup>2</sup> クラスの超高強度コンクリートの開発

### (1) Fc300 N/mm<sup>2</sup> 超高強度化の実現

コンクリートの高強度化には水結合材比を小さくすることが方策の一つとなる。一方、水結合材比を小さくすると流動性が低下する。低い水結合材比で流動性を保つため、結合材にはセメントの 100 分の 1 以下の大きさの従来から用いている微粉シリカフュームに加えて、それよりももっと径の大きな粗粉シリカフュームを組み合わせて、ベアリング効果による流動性改善および最密充填を図った。図 1 に微粉シリカフュームと粗粉シリカフュームの添加率をモルタルで試験した結果の例を示す。添加率を多くすることで強度が上昇し、微粉と粗粉の比率を 1 対 1 とすることで、流動性と強度を両立することができている。

また高強度コンクリートではセメント粒子を分散するために必須となっている化学混和剤に関しても、従来のものでは練り混ぜが不可能であった。そこで立体障害作用と電気的反発力により粒子同士の分散力を向上させ、かつ粒子間のすべりを良くする効果と収縮低減効果をもつ超高性能減水剤の開発を行った。

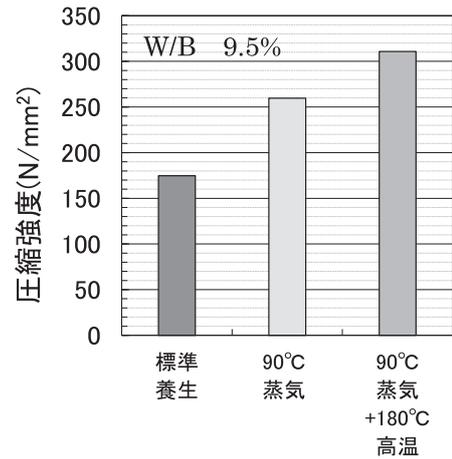


図一 モルタル実験による結合材（シリカフェーム）の選定

コンクリートの超高強度化の実現には、高強度用骨材の選定が必要である。粗骨材は、一般的な硬質砂岩系のものからより高い強度が得られる骨材を選定し、粒径は20mmよりも小さくし潜在欠陥が少ないものとした。細骨材については、小径でSiO<sub>2</sub>の純度が高い石英系の細骨材を選定し、コンクリートとして強度が向上するものを選定した。

練混ぜに関しては、流動性と強度発現性が得られる練り混ぜ方法・条件を検討し、通常の数倍の練混ぜ時間をかけて製造した(図-2)<sup>2)</sup>。

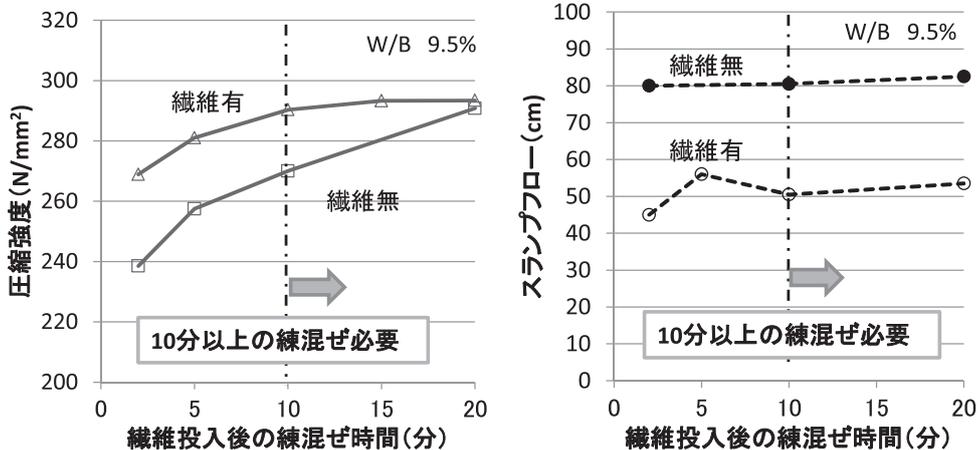
また養生に関しては、セメントとシリカフェームの反応を促進するため、養生時間と養生温度の最適化を行い、24～72時間の90℃水蒸気養生の後に180℃の高温高圧養生（オートクレーブ養生）を24時間実施することで強度が大きく向上することを確認した(図-3)。以上を組み合わせることにより、Fc150 N/mm<sup>2</sup>では15%程度であった水結合材比を、9.5%という低い水結合材比を実現し、スランプフロー65cmの流動性を併せ持った300 N/mm<sup>2</sup>の強度を発現するコンクリートを開発した。なお、300 N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートは高温養生を必要とするため、プレキャスト部材での利用を前提として開発している。



図三 養生方法と強度発現性

### (2) 高耐火性および高靱性の実現

コンクリートは圧縮強度が高くなるほど、組織が緻密になるため、火災時に内部で発生した水蒸気が表面から逃げられず爆裂が生じるようになる。またガラスのように脆性的な破壊性状になってくる。筆者らは、耐火性に関して、Fc200 N/mm<sup>2</sup>までの超高強度コンクリートでは、有機繊維を混入し火災時に内部で生じる水蒸気の抜け道を作り、また物理的に表面剥離を抑制するため太径フック型鋼繊維を混入することで火災時の爆裂を抑制し耐火性を実現してきた。更に強度レベルが高くなると従来の仕様では対策が不十分となるため、従来の有機繊維の繊維径を細径とし、また太径フック型鋼繊維の他に細径で高強度なストレート型鋼繊維を混入することで、火災時の爆裂を防止する技術を構築した<sup>3)</sup>(図-4)。靱性に関しては、耐火性同様、太径フック型鋼繊維の他に細径で高強度なストレート型鋼繊維を混入することで、流動性を確保しながら、靱性を従来と同等のものとする事ができる技術としている。以上の材料、製造技術の開発により、安定的にFc300 N/mm<sup>2</sup>が発現できる技術を確認した。



図二 練混ぜ時間の影響の検討<sup>2)</sup>

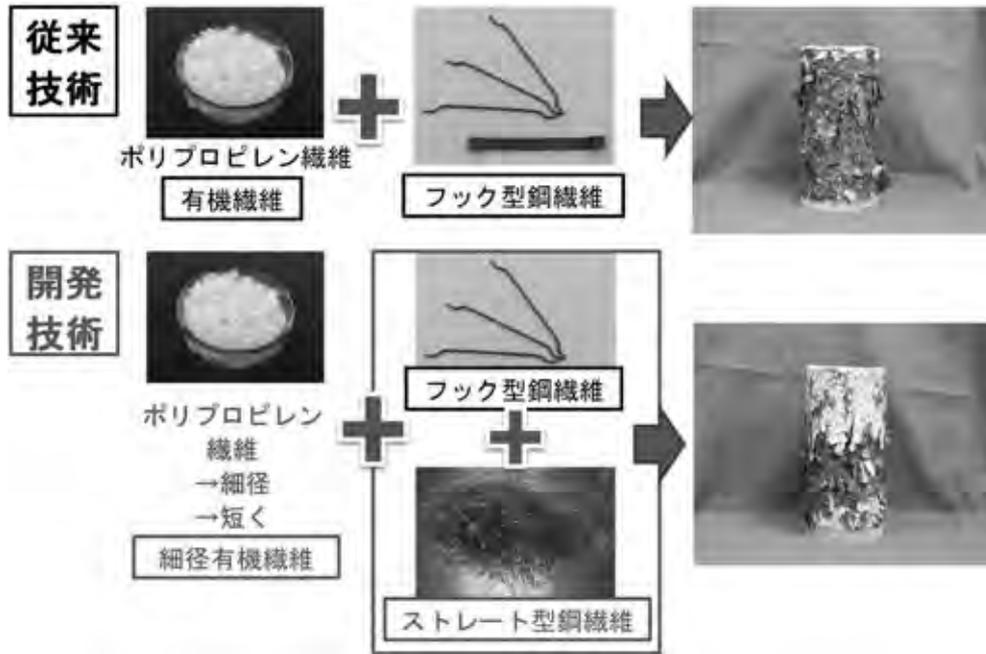


図-4 耐火性能の確保

### 3. Fc300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度・高性能コンクリートを使用したペンカラムの開発

Fc300 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを使うことで、建物の重量を支える柱断面は、従来のコンクリート強度を使った、例えば Fc30 N/mm<sup>2</sup> の柱断面と比較し、断面積を 1/10 とすることができる。ただし、地震力を負担する柱とした場合、剛性や曲げ・せん断耐力は部材断面に大きく影響されるため、開発したコンクリート強度を十分に活用できる柱とならない。そこで、Fc300 N/mm<sup>2</sup> の強度を十分活用した、極小径柱ペンカラムを開発した。これは、柱として軸力保持性能を確保しながら、非常に変形性能・損傷制御が高い柱である。本章では、実施したペンカラムの構造実験について示す。実験は、新築に適用するタイプ、および既存建物に適用する両タイプに対して実施したが、今回は、新築に適用するタイプの実験<sup>4)</sup> について示す。

表-1 に試験体一覧、図-5 に試験体図、図-6 に試験体端部の詳細を示す。試験体は、断面を直径 D = 195 mm の円形断面、内法高さ h = 3200 とし、実大を想定した。柱の高さ径比 h/D は 16.4 とした。製作方法はプレキャスト柱を想定しており、接合方法はスタブ部分に仕込んだシース管に鉄筋を差し込み、グラウトを充填し一体化した。極小径柱の用途は軸力支持柱を想定しており、地震時には変形追従性が求められる。よって層間変形に伴い柱端部に発生するモーメントを低減するために、柱端部の主筋の付着を絶縁テープにより除去している。併せて柱端の目地部は、断面

表-1 試験体一覧

試験体	主筋補強筋	軸力比 $\eta$	柱端部の主筋付着
S-1	4-D16	0.1	付着なし
S-2	(SD685)	0.2	
S-3	D6@50	0.4	
S-4	(SD785)	0.2	付着あり

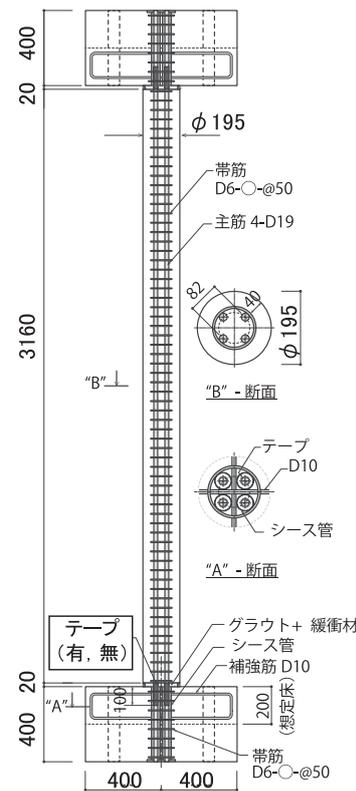


図-5 試験体図



鉄筋の付着除去



端部目地

図-6 試験体端部の詳細

を 175 mm に縮小し、柱端の回転しろを設けることで、柱圧縮縁の圧壊が発生しないようにした。実験のパラメーターは、軸力比  $\eta$ 、および柱端部の主筋付着の有無とした計 4 体を設定した。軸力比  $\eta$  は 0.1, 0.2, 0.4 とした。加力は、建研式荷重装置を使い、一定軸力下での漸増振幅正負交番の逆対称曲げ荷重を行った。

試験体のせん断力一部材角関係を図-7、破壊経過を図-8に示す。図-7には、 $P/\Delta$ 効果を補正した結果も併せて示す。破壊経過として、S-1 ( $\eta = 0.1$ )、S-2 ( $\eta = 0.2$ ) は部材角  $R = 10 \times 10^{-3} \text{ rad}$ . まで部材にほとんど損傷がなかった。さらに部材角を大きくすると、柱端の圧壊が伸展したが、最終部材角とした  $R = 30 \times 10^{-3} \text{ rad}$ . まで軸力は十分保持し、高い変形追従性を示した。柱頭および柱脚には曲げひび割れが発生したが、ひび割れ幅は鋼繊維のひび割れ分散効果も

あり、除荷時には 0.04 mm 以下となった。S-3 ( $\eta = 0.4$ ) は、 $R = 15 \times 10^{-3} \text{ rad}$ . までは S-1、S-2 とほぼ同様の挙動を示した。 $R = 20 \times 10^{-3} \text{ rad}$ . の 2 回目の繰り返し荷重で、大きな圧壊が発生した。鉄筋の付着を残した S-4 ( $\eta = 0.2$ ) は、 $R = 20 \sim 30 \times 10^{-3} \text{ rad}$ . の部材角で、S-2 には発生しなかった大きな縦ひび割れが発生して、せん断力が低下した。柱の限界部材角は、 $P/\Delta$ 補正前のせん断力一部材角関係において、最大耐力の 80% となった部材角として定義し、同図にプロットした。S-1 および S-2 では  $P/\Delta$ 補正後のグラフでみると、荷重が低下していない状況であるが、極小径柱ということを考慮し、限界部材角として設定した。S-3、S-4 試験体は、明確な大きなひび割れが発生した部材角を限界部材角とした。限界部材角は、軸力比  $\eta$  が大きくなるに従い、小さくなった。実験から、ペン

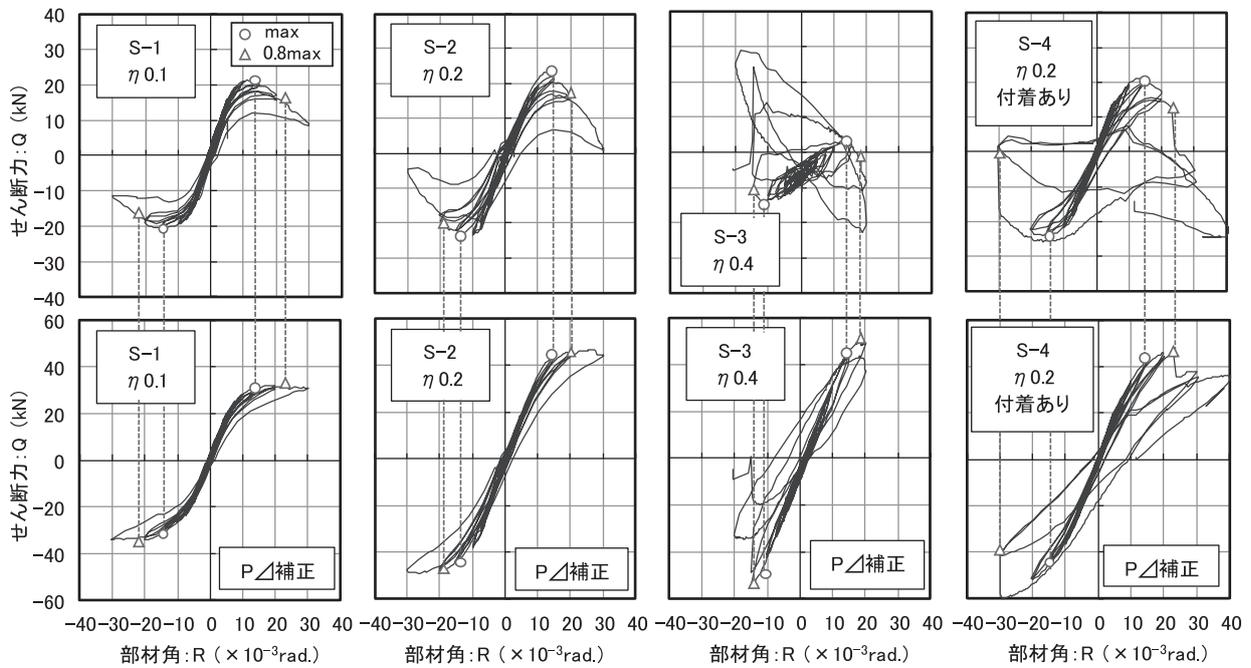


図-7 セン断力一部材角関係

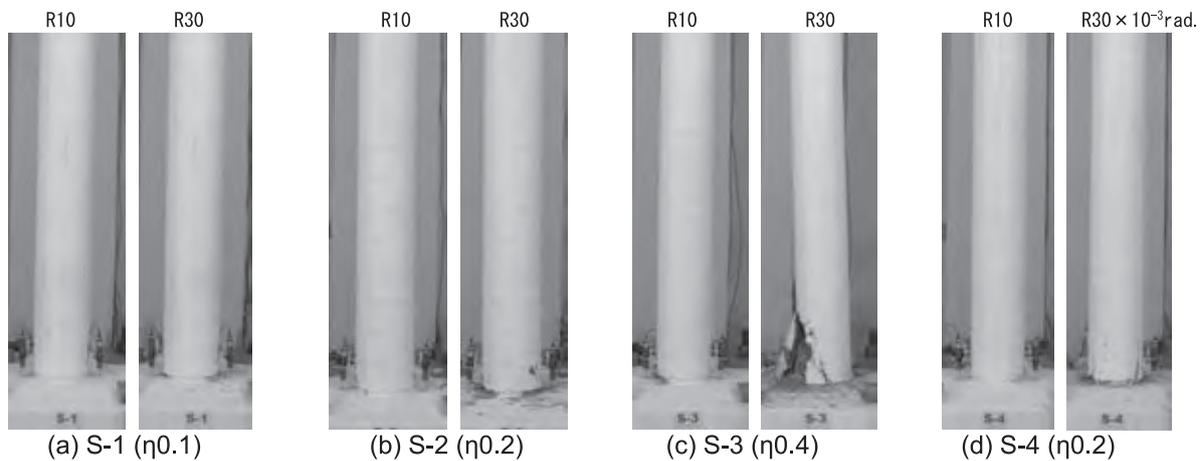


図-8 破壊経過

カラムは高い変形性能を有し、限界部材角の評価法を確立し、建物に適用可能とした。

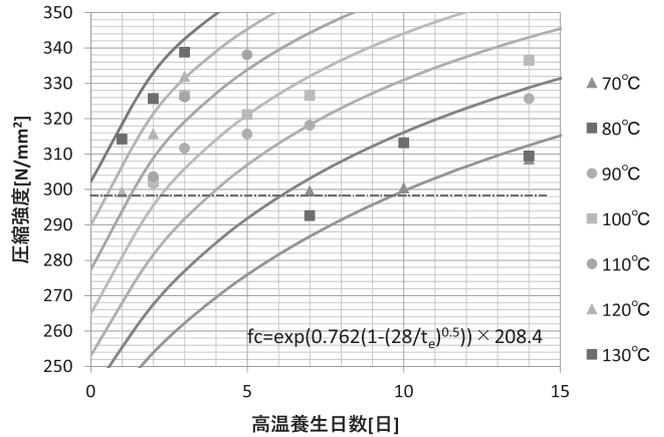
#### 4. Fc300 N/mm<sup>2</sup> のプレキャスト柱の目地部グラウトの加温工法の開発

コンクリートの場合と同様、目地部グラウトの場合も、Fc300 N/mm<sup>2</sup> の強度発現のためには高温養生が必要である。プレキャスト部材の場合は、養生槽に入れて養生すれば所定の強度を発現させることができるが、目地接合部は現地で充填するため、養生槽に入れて高温養生することができない。そこで筆者らは、現地で目地部を加温し強度を発現させる二通りの工法を開発した。図一9の(a)に内部加温工法の概要<sup>5)</sup>を、図一9(b)に外部加温工法の概要を示す。内部加温工法では、目地部には予め加熱線を設置し、グラウトを充填し硬化した後、目地全体を断熱材で覆い、加熱線に通電する。通電することで加熱線が発熱し、目地全体を加温し、グラウトの強度を発現させるものである。外部加温工法では、断面が小さい部材を想定し、グラウトを通常通り打設後、面状発熱体を目地部周囲に設置し断熱材を巻いて、部材表面から加温する工法である。

グラウトの材料は 300 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートの材料をベースに粗骨材、鋼繊維および有機繊維を除いたものである。グラウトの調合の概要を表一2に示す。グラウトの水結合材比は、粗骨材が無い場合と比べて圧縮強度が高くなることからコンクリートの水結合材比よりも若干高くしている。

表一2 グラウトの調合の概要

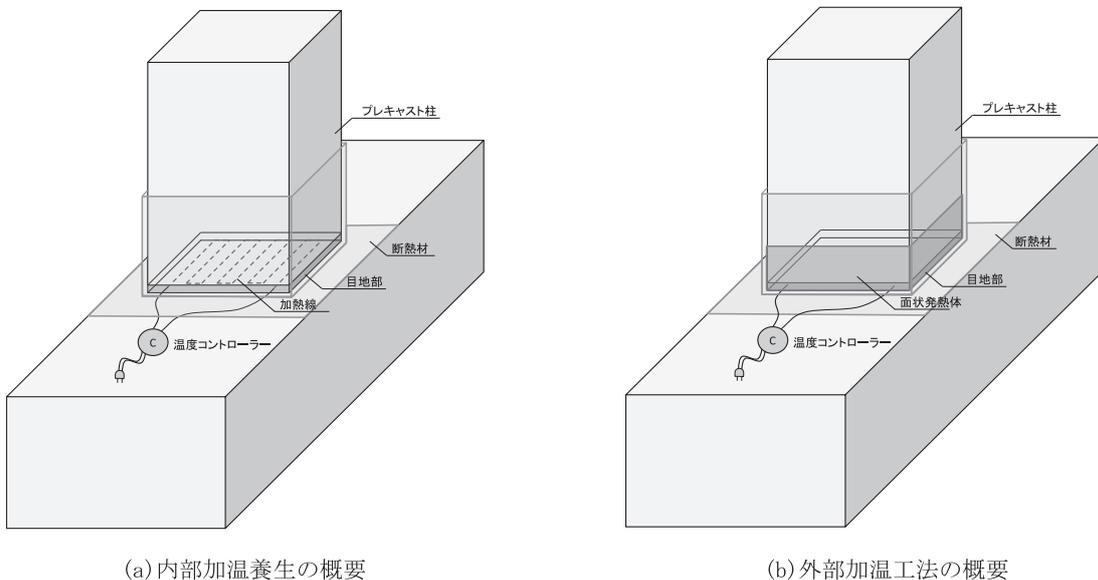
水結合材比 (%)	高性能減水剤 添加率 (%)	S/C
10.5 ~ 11.5	結合材量 × 3.5	0.35



(※ t<sub>c</sub> : 材齢 28 日での各養生を実施した際の有効材齢)

図一10 各加温温度での加温時間と圧縮強度の関係

グラウトの各加温温度での加温時間と圧縮強度の関係を図一10に示す。加温温度が高いほど圧縮強度が高くなる傾向が見られ、300 N/mm<sup>2</sup> の強度の発現には、高温で短時間加温をする、もしくは低温で長時間加温することにより実現することができる。内部加温工法では比較的均等に目地部を加熱することができるので、目標温度として 120 ~ 130 °C の 48 時間の加温養生を品質管理の基準とした。一方外部加温工法では、部材の表面と中心部で温度差が生じ温度応力が無視できなくなるため、90 °C 72 時間とできるだけ低めの温度で長時間加温を行うことを基準とした。

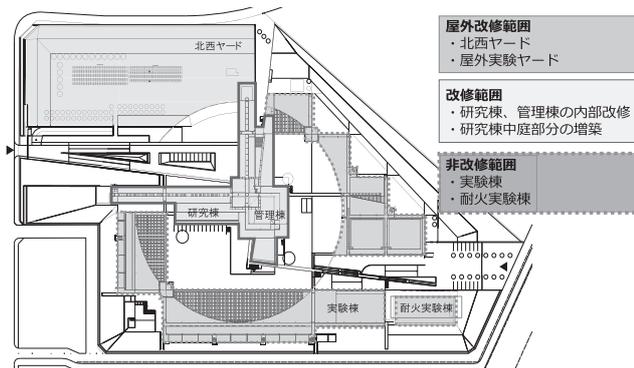


図一9 二つの加温工法

## 5. 築30年経過した研究所のリノベーション工事におけるペンカラムの適用

### (1) 施工物件の概要

一人ひとりの創造性が高まる環境，オープンイノベーションを促進する環境をコンセプトに建設会社の技術研究所の改修が実施された。改修工事の敷地図を図一11，建物の概要を表一3に示す。改修工事では，協業スペースの拡大のため中庭部を増床する他，最先端の開発技術を積極的に適用して実構造物で技術展示



図一11 改修工事の敷地図

表一3 建物の概要

建物名称	竹中技術研究所
建築主・設計・施工	竹中工務店
所在地	千葉県印西市大塚 1-5-1
用途	事務所（研究所）
建築面積・延床面積	19849.9 m <sup>2</sup> ， 39234 m <sup>2</sup>
階数	地下1階， 地上4階， 塔屋1階
竣工年	1993年

を行う展示棟としての整備を行った。コンクリートの最先端技術として，広々とした空間を実現することができる Fc300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度コンクリートの細柱が各所に施工された。本章では Fc300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度コンクリートの細柱の施工内容<sup>6)</sup> について紹介する。

改修工事で設置した柱の本数は，直径 195 mm の円柱が 15 本，一辺 300 mm の角柱が 8 本，一辺 400 mm の角柱が 1 本の合計 24 本である。図一12 に中庭の増床部の平面図及び空間構成を示す。増床箇所付近には地下1階から2階まで6本の柱が設置された。

### (2) 改修工事におけるプレキャスト柱の製造

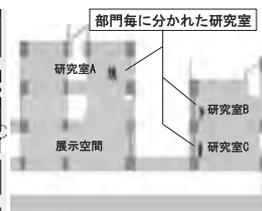
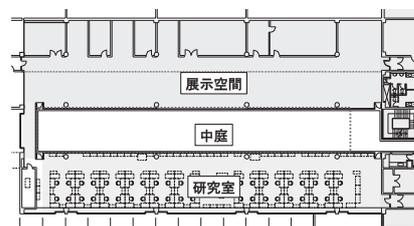
柱部材は本研究開発の成果を踏まえ第3者機関でプレキャスト部材の生産技術証明を取得し製造した。表一4，5に Fc300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度コンクリートの使用材料と調合を示す。練り混ぜは，容量 1.25 m<sup>3</sup> の

表一4 コンクリートの使用材料

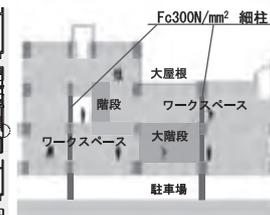
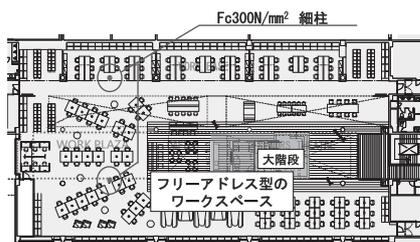
種類	材料
セメント	低熱型高強度コンクリート用セメント
混和材	2種類のシリカフューム
細骨材	石英系細骨材
粗骨材	高強度用粗骨材
混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤
繊維	PP 繊維， 鋼繊維

表一5 コンクリート調合の概要

水結合材比 (%)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材率 (%)	PP 繊維 (vol.%)	鋼繊維 (vol.%)
9.5	140	48.5	0.22	1.0



(a) 改修前の1階平面図および空間構成



(b) 改修後の1階平面図および空間構成

図一12 中庭部分の改修計画



写真-1 オートクレーブ養生状況

強制二軸ミキサーを使用し、混和材、細骨材、粗骨材、セメント、練り混ぜ水を300秒間練り混ぜた後、繊維および後添加分の化学混和剤を投入し600秒練り混ぜた。型枠は鋼製型枠を使用し、打込みはホッパーを用いて実施した。締固めは棒パイププレートを使用した。

養生は、脱型した後に最高温度90℃で72時間蒸気養生を行い、その後、最高温度180℃で8時間オートクレーブ(AC)養生を行った。写真-1に部材のAC養生時の状況を示す。AC養生は直径3m×長さ30mの窯で24本を纏めて実施した。部材のAC養生の昇温速度、保持時間および降温速度は、一辺400mmの角柱を基準に設定し、昇温は8℃/hでゆっくりと昇温させた。

圧縮強度試験は調合管理のための供試体およびプレキャスト部材と同一養生を行った構造体強度用供試体に関して実施した。試験結果を図-13に示す。すべての試験の平均値はそれぞれ323 N/mm<sup>2</sup>、324 N/mm<sup>2</sup>であり、標準偏差、変動係数も大きな差はなく、いずれも安定した圧縮強度を示した。

(3) 柱の建て方および目地部グラウトの実施工

図-14に柱の施工フローを示す。柱の増設は、最初に柱設置個所の既存仕上げを撤去し、その後柱設置

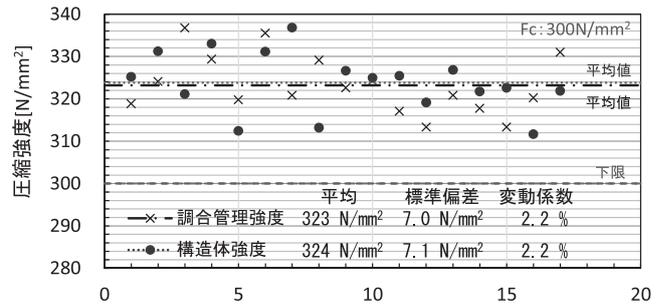


図-13 圧縮強度の試験結果

個所の墨だしを行った。その後PCa柱を入れ込むために既設梁を3cmはつり、軸力の仮受け材を設置し、仮受け材に油圧ジャッキによる軸力を導入した。軸力導入後、PCa柱を建て起こし、はつった個所に入れ込み、加熱線付ひび割れ防止筋をセットし、鋼製型枠をセットし、グラウトを注入した。グラウトが硬化して所定の強度が発現した後、型枠を脱型し、軸力除荷、仮受け材の撤去、この後、目地部の加温養生という流れで施工した。

本工事では内部加温工法を採用した。写真-2に、一辺300mmの角柱の目地部に挿入した加熱線付ひび割れ防止筋を示す。加熱線は結束線を用いてひび割れ防止筋にあらかじめ等間隔に設置した。ひび割れ防止筋の中央には温度記録用の熱電対を設置した。

グラウトの注入は現場での計量ミスを防止するため、粉体と溶液は予め工場でプレミックスしパッキングしたものを用意し、現場では粉体と溶液を練り混ぜるだけとした。柱の加温温度は管理温度+10℃の130~140℃管理し、15℃/hで昇温し、130~140℃を48時間保持し、降温速度10℃/hとなるように加温した。加温養生時の施工状況を写真-3に示す。加温養生時は目地部側面を厚さ50mmの断熱材で覆い放熱を抑えた。注入施工は計17回実施した。図-15に計17回の目地部グラウトのテストピースの圧縮試

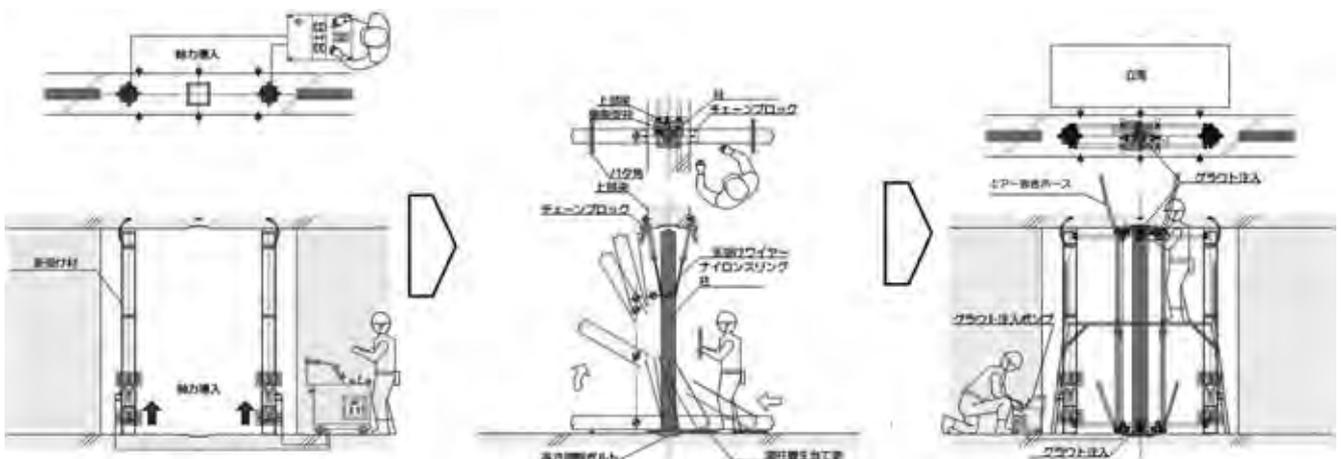
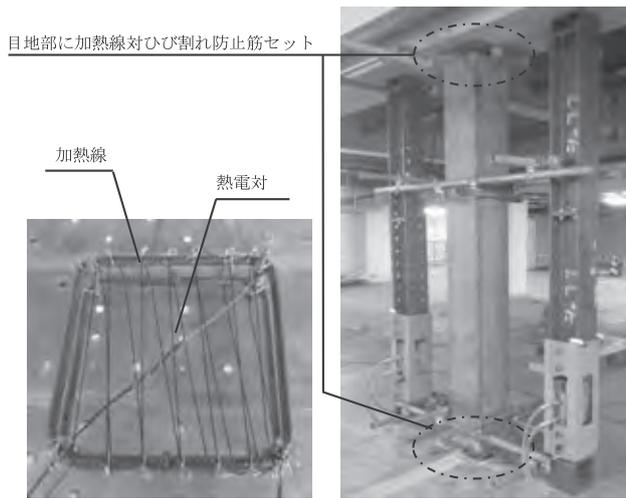
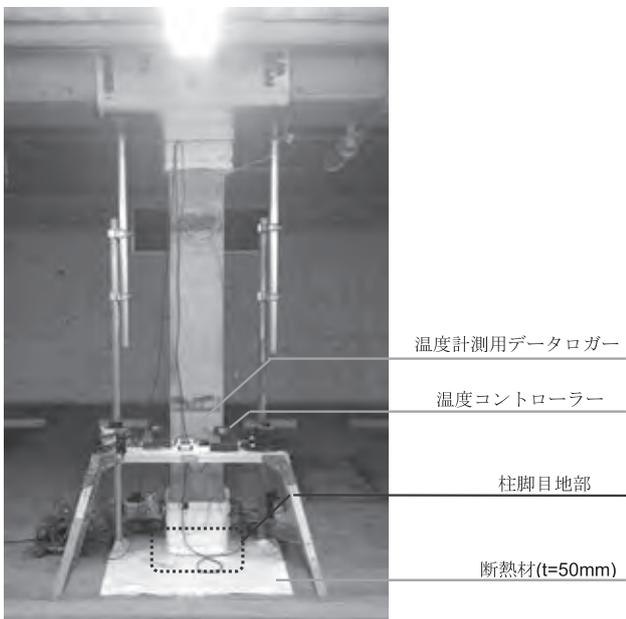


図-14 柱の施工フロー



写真—2 加熱線配線および設置目地部



写真—3 加温養生状況

験結果を示す。圧縮強度はコンクリート同様、安定して目標値  $300 \text{ N/mm}^2$  以上を発現していた。

写真—4 に施工後の現地の状況写真を示す。改修工事であり従来の強度の既存柱と設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  の細柱が比較できる位置に設置されている。地下の駐車場では、細柱を採用することで駐車スペース



(a) 断面が小さいため駐車スペースを継続利用可能



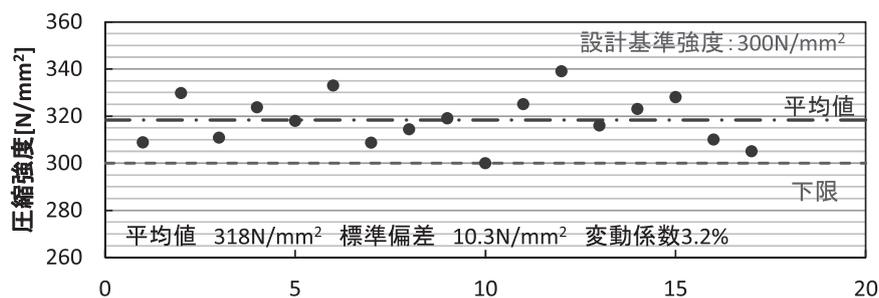
(b) 眺望が確保され見通しのよいエントランスホール

写真—4 施工後の現地状況

を継続して利用することが可能であり、エントランスホールにおいては柱を細くすることにより、圧迫感がなく広々とした見通しのよい空間を実現できている。目地部も含めて設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  の柱を施工することにより、より細い柱が実現でき、魅力的な空間作りに貢献できている。

## 6. おわりに

本稿では、設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  の超高強度・高性能コンクリートの開発の概要と、開発したコンクリートを用いた極細柱を築30年経過した技術研究所のリノベーション改修工事に適用した事例について紹



図—15 超高強度グラウトの圧縮試験結果

介した。目地部も含めて設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  の柱を使用することにより、より細い柱が実現でき、魅力的な空間作りに貢献できている。今後は  $80 \sim 100$  階クラスの鉄筋コンクリート造の更なる超高層建築の実現にも活用していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 鴉越元紀, 三井健郎, 和地正浩, 小島正朗, 佐藤敏之, 井上孝之:  $\text{Fc}150 \sim 200 \text{ N/mm}^2$  超高強度コンクリートの超高層集合住宅への適用, 日本建築学会学術講演梗概集 pp.41-46, 2007
- 2) 小島正朗, 原靖宗, 本間大輔, 麻生直木: 設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  超高強度・高性能コンクリートの実用化開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.813-814, 2018
- 3) 小島正朗, 小山智幸: 合成繊維と鋼繊維を併用した圧縮強度  $200 \sim 300 \text{ N/mm}^2$  級高強度コンクリートの火災時の爆裂抑制に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, vol.771, pp.673-682, 2020.05
- 4) 田邊裕介, 花井厚周, 飯田智裕, 中根一臣, 麻生直木, 小島正朗, 本間大輔: 超高強度 SFRC を使った極小径柱に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.301-302, 2018
- 5) 原靖宗, 畑信次, 佐々嘉宜, 本間大輔, 小島正朗: 設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  プレキャスト部材の接合工法の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.435-436, 2019
- 6) 本間大輔, 小島正朗, 石上哲也, 大林優: 設計基準強度  $300 \text{ N/mm}^2$  の超高強度・高性能コンクリートプレキャスト柱の製造および接合目地工法, コンクリート工学, pp.930-935, 2019

【筆者紹介】

本間 大輔 (ほんま だいすけ)  
 ㈱竹中工務店 技術研究所  
 建設材料部 構造材料グループ



田邊 裕介 (たなべ ゆうすけ)  
 ㈱竹中工務店 技術本部  
 技術プロデュース部



小島 正朗 (こじま まさろう)  
 ㈱竹中工務店 技術研究所  
 建設材料部 構造材料グループ  
 グループリーダー



# パイロット孔が不要な 押し切り式ワイヤーソー装置の開発

## ディープノンループカッター

小河原 暁彦・大下 貴史

都市土木工事や建築リニューアル工事では昼夜を問わず都市部の狭隘な場所での既設コンクリート構造物の解体作業が発生する。これらの作業の多くは低騒音・低振動の周辺環境に配慮したワイヤーソー工法が採用されている。本稿では、今回開発した、コンクリート躯体に対して前面から直接切断が可能なワイヤーソー装置、ディープノンループカッター（以下「本装置」という）について紹介する。

キーワード：リニューアル工事、コンクリート解体撤去、省力化、低騒音・低振動

### 1. はじめに

近年の解体作業では、打撃破壊等の工法に代わり、低騒音で振動を伴わないワイヤーソー工法、ウォールソー工法、連続コア工法などを採用するケースが増えている。中でもダイヤモンドワイヤーを対象構造物に環状に巻き付けて切断する引き切りワイヤーソー工法は、一度に大断面を切断でき、施工時間を短縮できるメリットがあるが、対象構造物の裏面や側面にワイヤーを巻き付けるためのスペースを確保することが必要となる（図-1）。構造物の裏面が利用できずダイヤモンドワイヤーを巻き付けられない箇所においては、対象物に2カ所のパイロット孔を設けて、ダイヤモンドワイヤーを巻き付けたガイドプーリーを孔内先

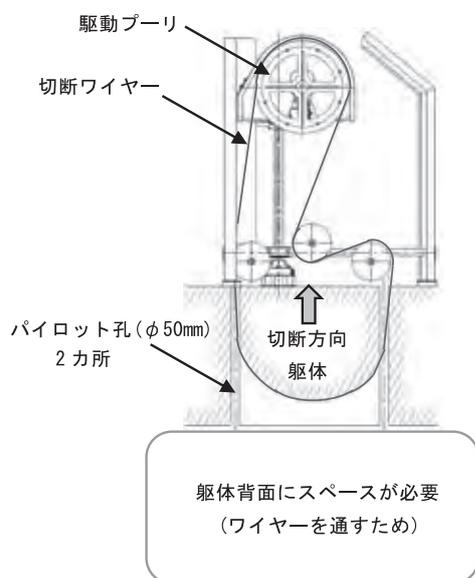


図-1 引き切りワイヤーソー工法

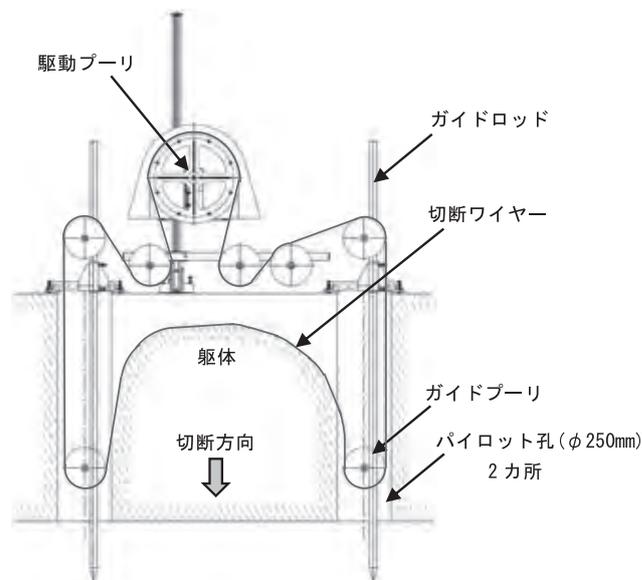


図-2 押し切りワイヤーソー工法

端部に設置し、ダイヤモンドワイヤーを押し付けることによって切断する押し切りワイヤーソー工法が適用されるが、事前に比較的大きな径のパイロット孔の削孔が必要であることや、引き切りに比べて切断効率が低下すること等が課題であった（図-2）。そこで今回、前面から直接対象構造物が切断できる本装置を開発し、土木工事現場での切断施工を実施した。

### 2. 本装置の概要

開発した本装置の概要を表-1、写真-1、図-3に示す。

本装置の特徴は以下の通りである。

(1) パイロット孔のコア削孔等の事前準備が不要。

表一 概略仕様

	概略仕様
機体外寸	W1,200mm×D720mm×H3,200mm
重量	520kg
駆動プーリ	φ500mm 油圧駆動
切断幅	800mm (一定)
切断ストローク	最大1,400mm
送り機構制御方法	電動モータによる速度制御
その他	・トルク調整機能付き ・スライドプレートに超々ジュラルミンを使用 ・切断ワイヤー径：φ16mm



写真一 本装置外観

(2) 躯体に対して前面の一方方向からの直接切断が可能。

これにより躯体に対して切断ワイヤーを巻き付けられない状況のときは特に優位性がある。

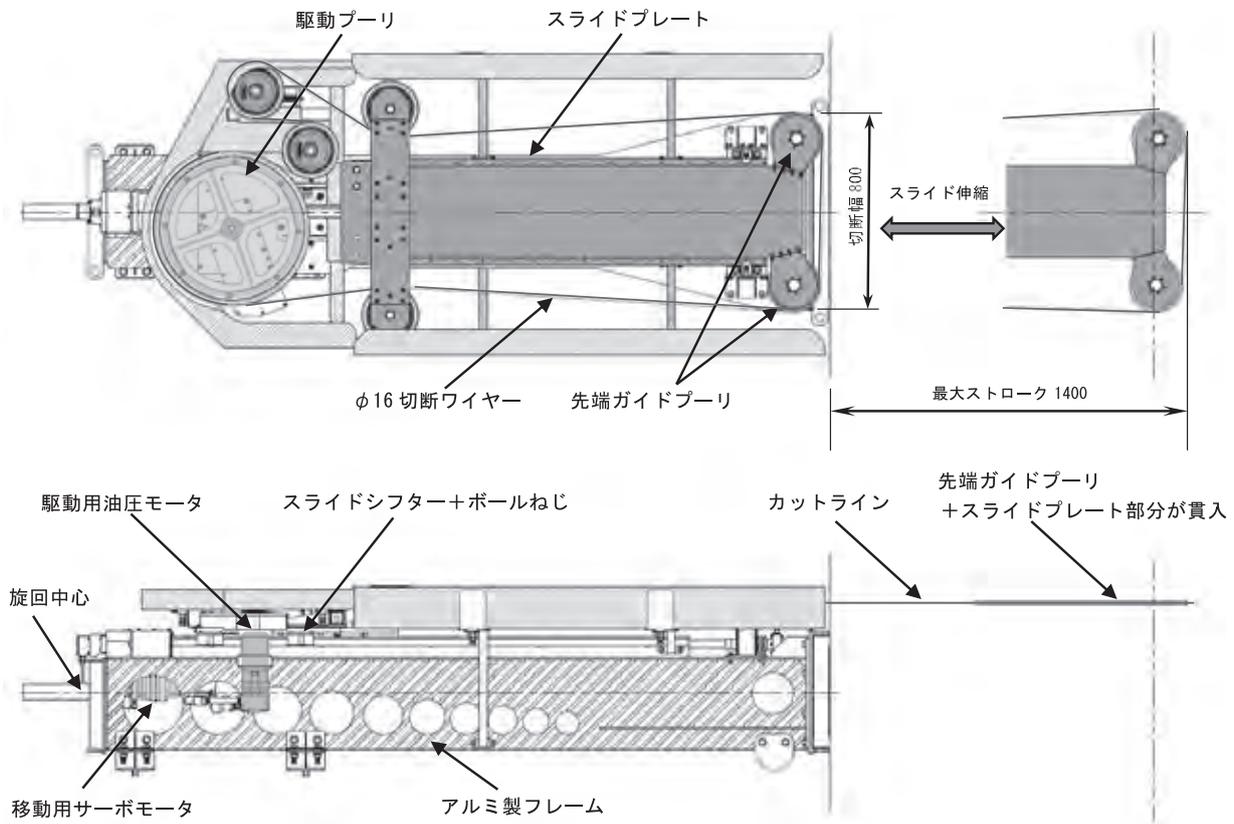
### 3. 適用現場紹介

本装置を使用し土木工事現場 2 件にて鉄筋コンクリート切断施工を行った。

#### (1) 某土木工事現場

道路橋の床版部を取り替える更新工事であるが橋梁の端部にある橋台部分においては新設床版の壁高欄との形状や通りの整合性を確保するために図一4に示すように橋台高欄部分のみの撤去が必要となる。従来の引き切りワイヤーソー工法ではダイヤモンドワイヤーを躯体全体に巻き付けるため橋梁の道路部分を一部掘削し、パイロット孔を削孔する作業が必要な状況であった。本装置の場合、躯体に対して前面からのアプローチのみで切断することが可能なためこれらの事前準備を省略して施工することが可能と判断した。

施工結果として、厚さ 700 mm では 23 分で切断を完了した。高欄躯体の縦方向に鉄筋 D13 が入りおり切断に時間を要する場面もあった。対象躯体に対し



図一 本装置外観図

てダイヤモンドワイヤーを巻き付けることなく前面からのアプローチのみで切断施工することが出来た。

今回の施工において、高欄内部の横方向鉄筋が本装

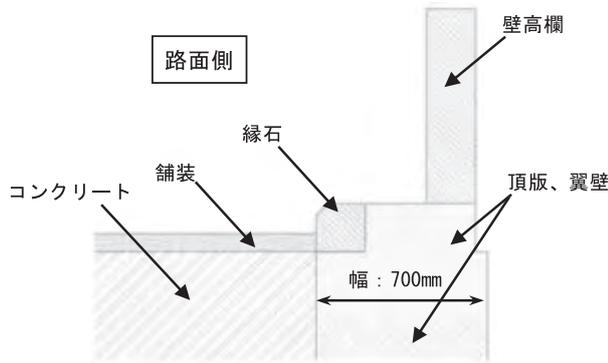


図-4 壁高欄部 構造概要図



写真-2 橋梁端部

置の切断ワイヤーと接触することで切断不能な状態になることがあった(図-6参照)。構造上、横方向鉄筋に接触すると切断ワイヤーは鉄筋部から逃げるように曲がって切断してしまい後続するスライドプレート部が躯体内部で競って直進出来なくなる。この場合はカッターラインを上下に移動させることで対応可能だが事前に横方向鉄筋の位置を鉄筋探査機で確認しておく必要がある。

本装置の使用によって路面側の事前掘削範囲の縮小化が図れ、床版取替作業への準備工の影響を低減する

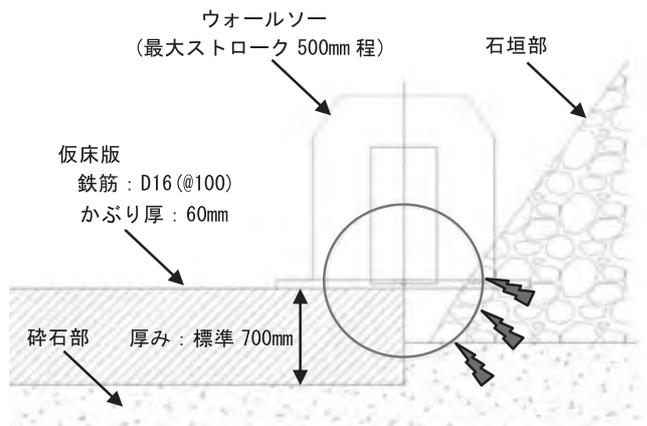


図-7 仮床版 構造概要図

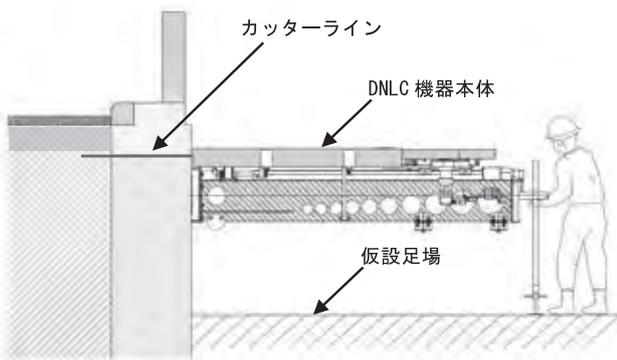


図-5 高欄切断 概要図

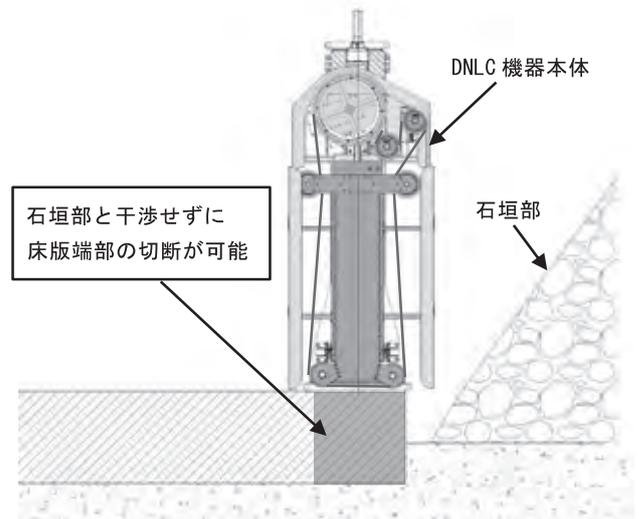


図-8 仮床版切断 概要図

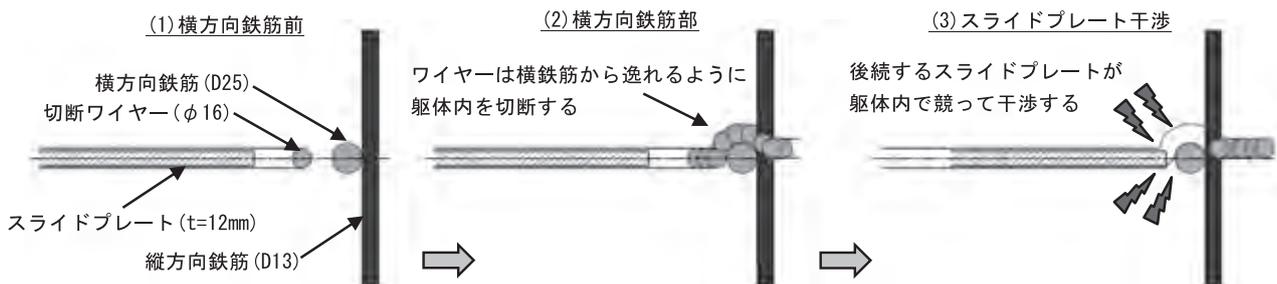


図-6 切断進捗に伴う横方向鉄筋部での干渉フロー

ことが出来た。

## (2) 熊本城飯田丸五階櫓石垣復旧工事（その5）

熊本地震にて被災した熊本城飯田丸五階櫓石垣の復旧工事であり、櫓解体のために構築した仮床版の解体搬出を行う必要があった。ダイヤモンドワイヤーを躯体に対して巻き付けられない状況であり（写真—3）、かつ、従来のウォールソーカッターでは切断ストローク不足かつ石垣と非常に近接した箇所があり干渉してしまう状況であった。本装置では従来工法と違い、切断対象範囲外への影響を極力抑えて施工することが可能なため近接する熊本城飯田丸五階櫓石垣を傷つけることなく施工することが出来ると判断した。

施工結果として、コンクリート構造物の下は碎石であったが特にトラブルなく仮床版の切断が可能なことを確認出来た。躯体には鉄筋が入っていたが（D16@100 mm）、スムーズに切断し、最大厚み 800 mm の箇所では 19 分で切断を完了した。当初、懸念されていた近接した石垣構造物に影響を及ぼさずに切断施工することが出来た。



写真—3 仮床版 切断前状況



写真—4 仮床版切断後状況

## 4. おわりに

切断対象の躯体に対して前面から切断するため、ワイヤーを躯体に対して巻き付けるための事前のパイロット孔削孔が不要になり、躯体背面にスペースがないような状況でも切断することが可能なカッター機器の開発に成功した。乾式切断も可能になったため効率良く粉塵を集塵しながら切断出来、環境にも配慮した施工が出来る装置となった。また、原子力発電所における廃炉作業案件等の危険作業区域での施工にも対応出来るように遠隔操作化、ロボット化に向けた開発を今後も推進していく。

JCM/A

### 【筆者紹介】

小河原 暁彦（おがはら あきひこ）  
 (株)大林組 ロボティクス生産本部 技術開発部  
 主任



大下 貴史（おおした たかふみ）  
 コンセック(株)  
 技術製造部 開発グループ  
 チーフ



# N式凝結テスターによる打重ね管理の提案

白 岩 誠 史・齋 藤 智 行・赤 池 考 起

コンクリートを層状に打込む場合、層境がコールドジョイントにならないように、下層のコンクリートを打込んでから、上層を打ち重ねるまでの打重ね時間間隔が、規定時間内になるように管理する。しかし、筆者らは、コンクリートの凝結の度合いを直接的に示す貫入抵抗値により管理することを目的として、N式凝結テスターを開発した。N式凝結テスターの基本原理は、N式貫入試験と同一である。試験器を型枠内に投入可能とし、更に、レーザー距離計およびスマートフォンを装置に組み込むことで、リアルタイムに計測値を記録、グラフ化できる装置である。

キーワード：N式貫入試験，貫入量，許容打重ね時間間隔，コールドジョイント，凝結

## 1. 現状と課題

コンクリート打込み時に、1回に打ち込む高さが高い場合、1層の厚さ50cm程度で層状にコンクリートを型枠内に打込む。下層のコンクリートの表面が十分にフレッシュな状態でないと、上層を打ち重ねた時に一体化せず、コールドジョイントとなってしまい、耐久性が低下する。そのため、通常、上層を打ち重ねるまでの時間「許容打重ね時間間隔」により管理する。コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>には、「許容打重ね時間は、外気温が25℃以下の時は2.5時間以内、25℃を超えるときは2時間以内」と規定されている。そのため、管理職員が、現場で目視により確認した管理ポイントの打込み時間を、平面図や帳票等に記入し、管理することが多い。底版等の打込み面積の広い箇所等は特に手間がかかり、管理職員の負担が大きい。

また、このような打重ね時間による管理は、外気温が35℃を超える夏期高温時は、コンクリートの凝結速度が速く、規定の「外気温が25℃を超える場合2時間以内」に打ち重ねた場合でもコールドジョイントになる可能性が高い。そのため、各層の打重ね部の品質管理を「時間」のみではなく、下層コンクリートの「凝結」の度合いによっても管理することが重要だと考える。

現場のコンクリートの凝結の度合いを判断する最も代表的な試験方法は、図-1に示すN式貫入試験<sup>2)</sup>である。現場でも容易に入手できるスランブ試験等に使用する突き棒を、コンクリート表面に75cmの高さから落下させ、突き棒のコンクリート中への貫入量に

よって、コンクリートの凝結の度合いを定量的に評価できる。図-2に示すように、室内実験で実施するプロクター貫入試験(JIS A 1147)により測定できるプロクター貫入抵抗値との相関も確認されており、コールドジョイントが発生すると考えられるプロクター貫入抵抗値1.0 N/mm<sup>2</sup>の時に貫入量5cmであることが示されている<sup>3)</sup>。しかし、写真-1に示すように、測定者が、塩ビパイプと突き棒を持って、コンクリート表面に近づく必要があるため、実際の打込み時には、実施可能箇所が限定されてしまう。N式貫入試験以外にも、現場に適用できるコンクリートの凝結過程を測定する方法として、超音波や電気伝導率を利用する方法<sup>4), 5)</sup>等が提案されているが、一般的に普及されるまでに至っていないのが現状である。

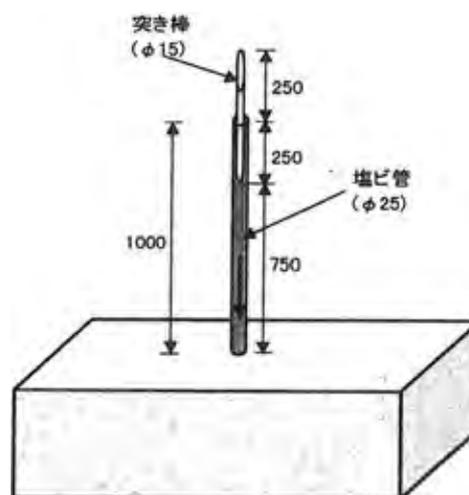
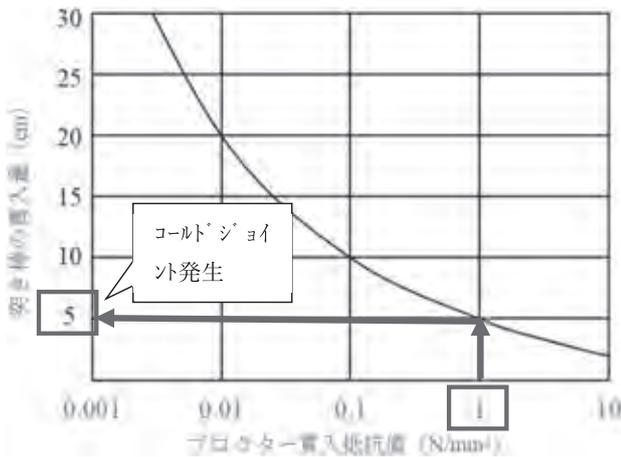


図-1 N式貫入試験



図一2 プロクター貫入抵抗値と貫入量の関係

## 2. 打重ね管理システムの概要

コンクリートの打重ね部の管理は、“① 打重ね時間による管理”と“② 打重ね時の凝結による管理”の2つにより実施することが理想である。そのため、①の管理を実施するために、筆者らは、図一3に示すように、管理地点に設置したレーザー距離計とタブレットによりコンクリートの打上り速度を測定し、自動で打重ね時間を計測するシステムを開発した<sup>6), 7)</sup>。計測データは、管理職員が携帯するデータ集計用タブレットに転送されるとともに、作業員が確認できるように現場にも明示される。管理箇所が限定されるが、管理職員の手間なく測定でき、許容打重ね時間間隔が迫ると自動でアラームを点灯させることができる。

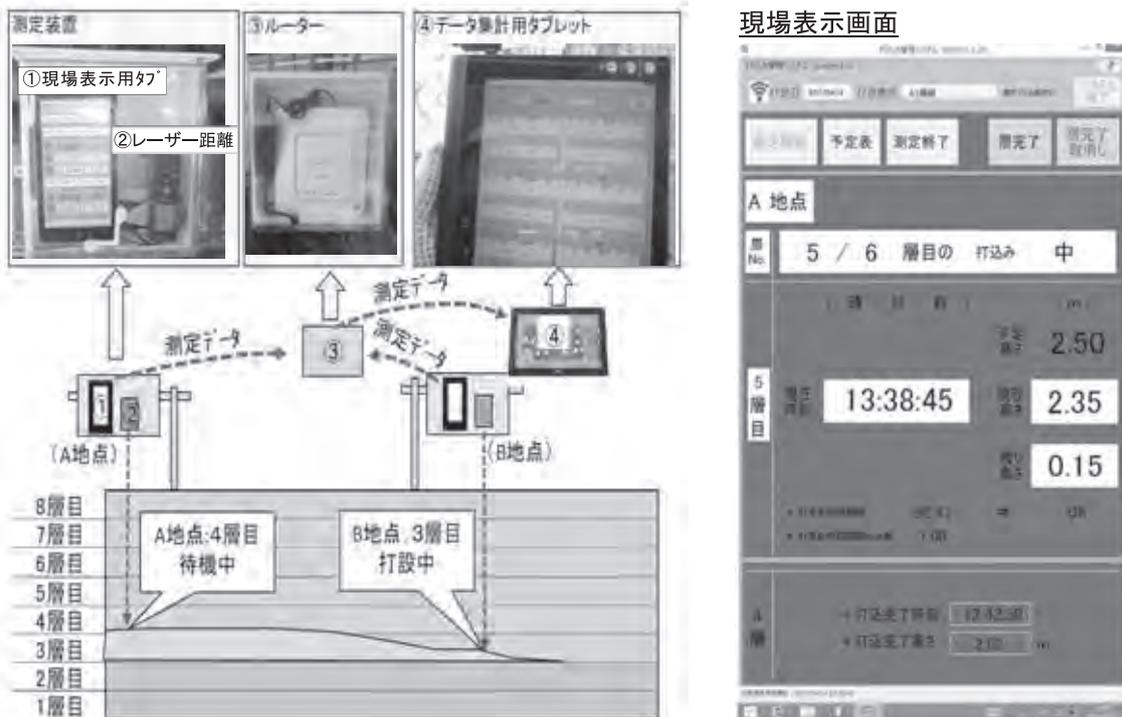


写真一1 N式貫入試験状況

## 3. N式凝結テストの開発

上記の“② 打重ね時の凝結による管理”を実現するために、N式凝結テスト<sup>8)</sup>を開発した。コンクリートの凝結を測定する原理は、N式貫入試験と同じであるが、型枠内でも容易に計測できること、データを自動で管理できること、の2点を実現できることを開発のコンセプトとした。

図一4および写真一2に、N式凝結テストを示す。レーザー距離計と一体となった突き棒に結んだ紐により、ガイド管となる透明なアクリル管全体を吊り下げ



図一3 レーザー距離計を使用した打込み管理システム

られる構造になっており、紐を緩めると、ガイド管内を突き棒が75 cm 落下する。レーザー距離計は、測定者の手元のスマートフォンと Bluetooth により接続されており、遠隔操作できる。以下のような手順で計測を実施する。

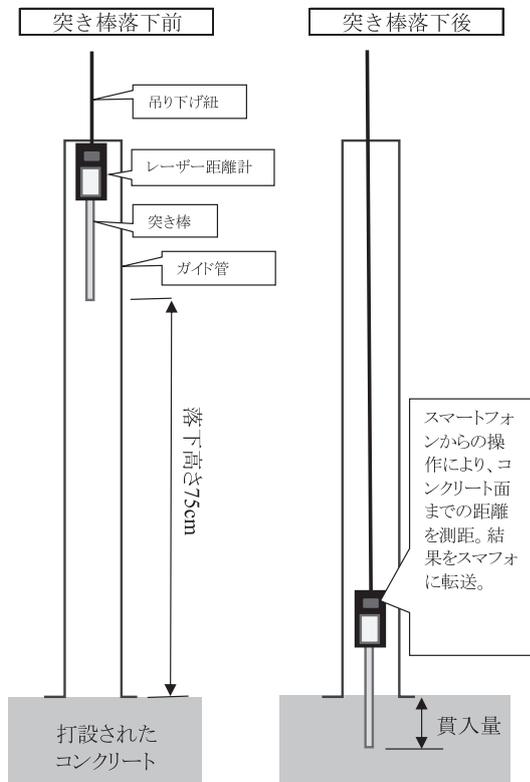


図-4 N式凝結テスターの仕組み

- (1) 管理地点（測定箇所）の真上から、紐で吊り下げた機器全体を型枠内に降ろす。
- (2) ガイド管の下端部が、コンクリート表面に達したら、機器がコンクリート表面に対し垂直になるように立ちを修正する。
- (3) 紐を緩めると、ガイド管内を突き棒とレーザー距離計がコンクリートに対して75 cm 落下し、突き棒がコンクリートに貫入する。
- (4) 突き棒とレーザー距離計が落下後、手元のスマートフォンのアプリにより、レーザー距離計からコンクリート面までの距離を測距する。
- (5) 貫入量を計算し、写真-3に示すように、スマートフォンに結果を表示する。自動でグラフ化もされ、コールドジョイント発生を目安となる貫入量5 cm までの残り時間が予測できる。



写真-3 N式凝結テスター画面

#### 4. N式凝結テスターの精度確認実験

N式凝結テスターの性能を確認するために、直径30 cm、高さ50 cmの円筒の容器にコンクリートを打ち込み、従来のN式貫入試験とN式凝結テスターにより試験を行い、打ち込み後30分、60分、90分、120分経過後の貫入量を比較した<sup>9)</sup>。その結果を表-1および図-5に示す。コンクリートの配合は呼び強度30 N/mm<sup>2</sup>、スランプ12 cm、粗骨材の最大寸法20 mm、セメントの種類は高炉セメントB種である。打ち込み時期は10月初旬、外気温は22～26℃であった。

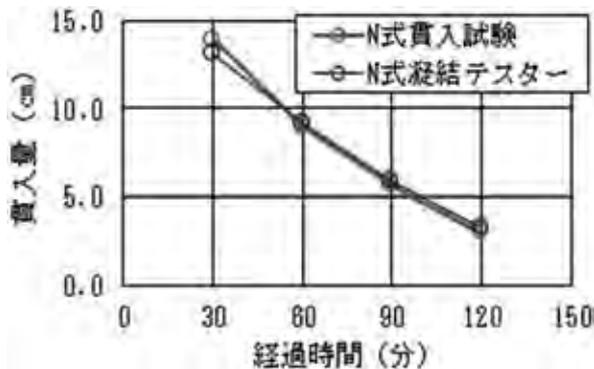
貫入量の平均値の差は最大0.8 cmと小さく、どちらの試験方法でも貫入量はほぼ変わらないことが確認できた。また、打ち込み後100分程度での貫入量がコールドジョイント発生を目安となる5 cmに達した。本条件での許容打重ね時間間隔は、100分程度であると考えられる。



写真-2 N式凝結テスター使用状況

表一 1 N式貫入試験との計測値の比較結果

試験器	貫入量 (cm)				
	経過時間	30分	60分	90分	120分
N式貫入試験	1	12.5	12.0	5.2	2.8
	2	13.3	7.8	5.2	3.0
	3	16.0	7.2	6.5	3.2
	平均	13.9	9.0	5.6	3.0
N式凝結テスター	1	11.9	9.1	5.6	4.0
	2	14.8	8.5	5.7	3.0
	3	12.7	10.0	6.3	2.6
	平均	13.1	9.2	5.9	3.2



図一 5 N式貫入試験との計測値の比較結果

コールドジョイントの発生を防ぐために、100分以内で打ち重ねることが目標となる。1～4層目において、打重ね時間を管理するとともに、上層を打ち重ねる前に、1回もしくは2回、貫入量を測定した。その結果、打重ね時間は最大105分、貫入量は5cm以上であることが確認できた。N式凝結テスターによる測定は、測定者1人が1箇所において3回測定し、その平均値を採用することとした。1箇所当たりの測定時間は、46秒から1分23秒の短時間であることが確認でき、実打込みにおいて適用可能であることが確認できた。

(2) 現場での管理結果

(a) 打込み状況

試行した現場は、写真一4に示すような高速道路ジャンクションの下部工の平面寸法16.8m×16.8m、高さ3.6mのフーチングである。

打込み数量1,016m<sup>3</sup>を8層に分け、ポンプ車3台を使用して打ち込む計画とした。打込み日は12月4日で外気温は最高13℃であった。

(b) 打重ね時間間隔の管理結果

各層の打込み時刻を記録することで、打重ね時間間隔を管理した。2層目および4層目の打重ね時間間隔

5. N式凝結テスターの現場適用

(1) 現場での使用性の確認

(a) 打込み状況

N式凝結テスターの精度確認実験と同日に、実際のコンクリート打込み箇所において、使用性の確認実験を合わせて実施した<sup>10)</sup>。コンクリートの配合および打込み時期、外気温等の条件は、前述のとおりである。

(b) 使用性の確認試験結果

確認試験結果を表一2に示す。許容打重ね時間間隔は、150分であるが、試験体による測定結果から、

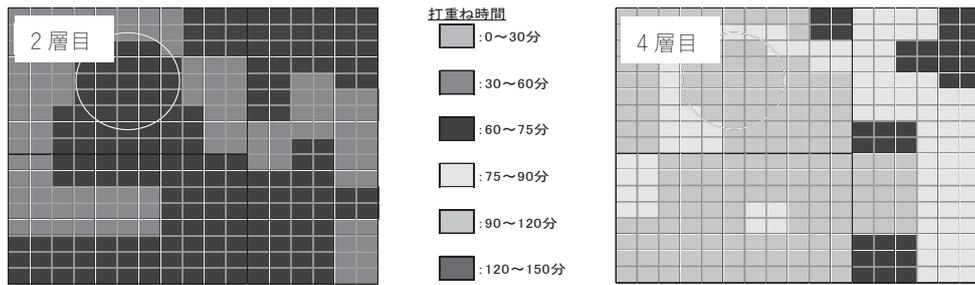


写真一4 現場状況

表一 2 現場使用性の確認結果

試験器	貫入量 (cm)															
	層	1層目				2層目				3層目		4層目				
	打設時刻	9:20 打込み				11:05 打込み				12:15 打込み		13:50 打込み				
	打重ね時間*2	105分				70分				95分		80分				
	測定時刻	10:55		11:03		11:50		12:00		13:25		14:35		14:55		
経過時間*3	95分		103分		45分		55分		70分		45分		65分			
測定項目	貫入 (cm)	測定時間*1 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)	貫入 (cm)	測定時間 (秒)		
N式凝結テスター	1	6.0	0:46	5.0	1:13	17.1	1:13	13.4	1:10	9.7	1:10	3.9	1:23	5.6	0:45	
	2	5.0		5.6		17.7		12.3		7.2		7.0		5.8		
	3	5.0		4.6		15.4		13.4		11.0		7.0		5.7		
	平均	5.3		-		5.1		-		16.7		-		13.0		-

\* 1 : 連続した3回の計測時間 \* 2 : 5層目の打込み時刻は15:10 \* 3 : 打込み時刻から測定時刻までの経過時間



図一六 打重ね時間間隔の確認結果

の管理結果を図一六に示す。平面を1mのメッシュで区切り、打重ね時間によって色分けをして表示している。

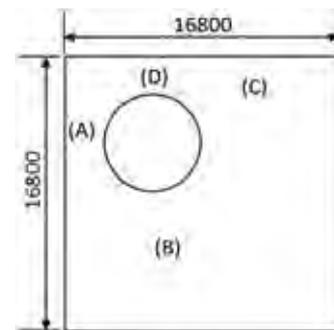
打込み開始から計画通り打ち重ねた2層目は、打重ね時間間隔が75分（管理目標120分）以内に収束しているが、作業員の昼食時間中打込みを中断した4層目の打重ね時間間隔は120分近くになる場合があった。

(c) 貫入量の管理結果

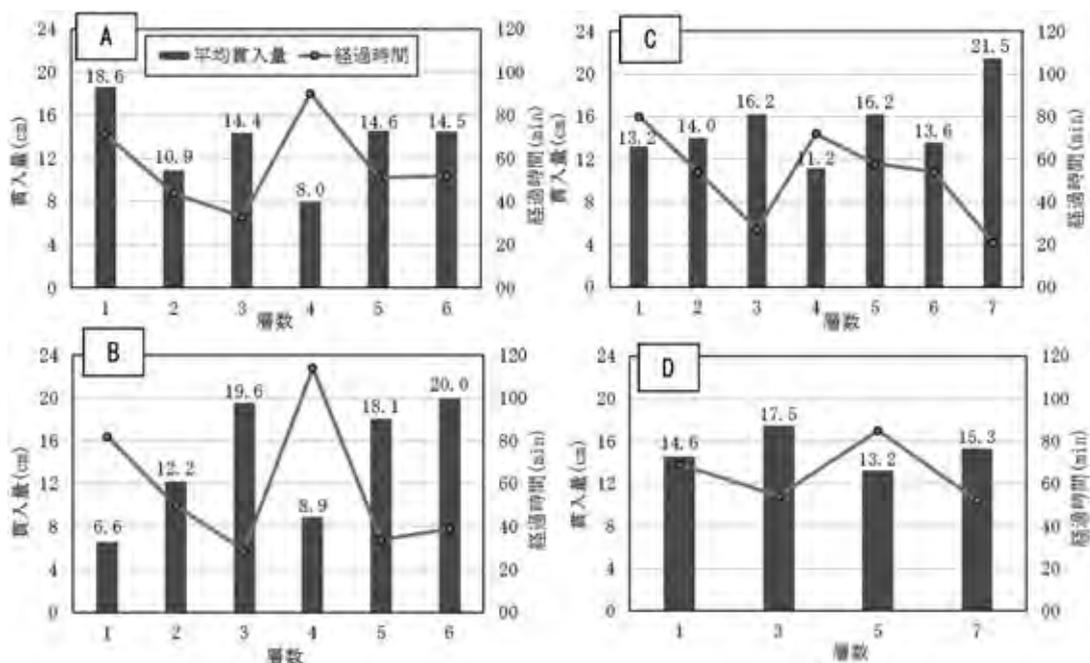
N式凝結テスターによる貫入量の管理を実施した。測定状況を写真一五に示す。測定位置は、各ポンプ車の打込み開始地点付近とし、図一七に示すA～Dの4箇所とした。貫入量の計測結果は図一八に示す。コールドジョイントの発生を防止するために、貫入量10cmを管理値とし、5cmを下回らないように管理した。全ての地点で貫入量は5cm以上で打ち重ねられた。打重ね時間間隔は、80分程度で管理できた。



写真一五 貫入量測定状況



図一七 貫入量測定位置平面図



図一八 各位置での貫入量の測定結果

## 6. おわりに

今回開発したN式凝結テストは、従来のN式貫入試験と同等の貫入量が測定できることが確認できた。また、実構造物の打込みへの適用実験からは、打重ね部の品質管理を貫入量によってできること、測定者1人で1箇所測定に要する時間が1分程度と、短時間でできることが検証できた。

N式凝結テストを打重ね部の品質管理に使用することで、以下の事項が可能となる。

- (1) 前日もしくは当日に、N式凝結試験を実施することで、コンクリート打込み時の外気温やコンクリートの性状に合わせた適切な打重ね時間間隔を把握できる。
- (2) 上層を打ち重ねる前の下層の凝結の度合を管理することにより、コールドジョイントの発生を防止できるため、打重ね時間間隔に縛られない。

今後、温暖化による外気温の上昇によりコンクリートの凝結速度が速くなること、生コン工場の減少によりコンクリートの運搬に時間を要するようになること等により、遅延剤等で凝結を遅延させるコンクリートの適用が広がることが予想される。このような将来的な需要に対し、N式凝結テストは、打重ね部の管理を打重ね時間間隔から凝結の度合に変えていく一端を担えると考えている。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 2017年制定コンクリート標準示方書施工編, 土木学会, p.118, 2017
- 2) 岡沢智・菅俣匠: 打重ね部の一体評価, コンクリート工学, Vol.39, No.5, 2001.05

- 3) コンクリートライブラリー 103 コンクリート構造物におけるコールドジョイント問題と対策, 土木学会, pp.25-27, 2000.07
- 4) 池上和司・鎌田敏郎・内田慎哉・六郷恵哲: セメントペーストの凝結硬化過程における超音波伝播特性, コンクリート工学年次論文集, -Vol.27, No.1, pp.1669-1674, 2005
- 5) 三坂岳広・太田真帆・伊与田岳史: まだ固まらないコンクリートの水和反応が直流四電極法で測定される電気抵抗に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.505-510, 2017.07
- 6) 白岩誠史・齊藤智行: 打込み管理システムによる打込み管理手法の提案, 土木学会第70回年次学術講演会, VI-380, pp.759-760, 2015.09
- 7) 中村康祐・政岡龍司・佐々木照夫・白岩誠史・齊藤智行・庄司彰: 橋梁下部工における品質向上および品質管理の効率化に関する報告, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-564, pp.1127-1128, 2017.09
- 8) 白岩誠史・赤池考起・齊藤智之・伊熊大喜: 実打設の打重ね管理に適用可能なN式貫入試験器の開発, コンクリート工学会, コンクリートの性能評価試験の合理化・省力化に関するシンポジウム, 2019.09
- 9) 岡村亮太郎・白岩誠史・赤池考起・齊藤智之・伊熊大喜: 実打設の打重ね管理に適用可能なN式貫入試験器の開発, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VI-444, pp.443-444, 2019.09
- 10) 竹中宏光・丸木敬一・西井優・赤池考起・齊藤智行: N式貫入試験による貫入量を導入した打重ね管理事例, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VI-443, pp.442-443, 2019.09

### 【筆者紹介】



白岩 誠史 (しらいわ せいし)  
安藤ハザマ 建設本部 土木設計部



齊藤 智行 (さいとう ともゆき)  
安藤ハザマ イノベーション部



赤池 考起 (あかいけ こうき)  
安藤ハザマ 建設本部 土木設計部

# コンクリート工事を見える化する

## データプラットフォーム「CONCRETE@i」を構成する各種要素技術

松本 修治・柳井 修司・渡邊 賢三

コンクリート構造物の品質確保を実践するためのデータプラットフォーム「CONCRETE@i」（以下「本プラットフォーム」という）の構築に取り組んでいる。コンクリート工事一連の工程である製造、運搬、受入れ、圧送、打込み・締固め、打継面の処理または仕上げ、養生、および検査において、コンクリートの“状態”や作業“時間”をデータとして見える化し、即時のPDCA活動とデータベースに基づく振り返りのPDCA活動を実現するものである。本稿では本プラットフォームの概要を紹介するとともに、生コンクリートの運搬、受入れ、打継ぎ処理および表層品質を見える化する要素技術について紹介する。

キーワード：運搬、受入れ、打継ぎ処理、表層品質、品質管理、PDCA

### 1. はじめに

我が国では、人口減少による労働者不足が問題視されつつある中で、労働者の減少を上回る生産性の向上を図ることで経済成長の実現を目指している<sup>1)</sup>。建設業では他産業に比べ、技能労働者の高齢化や若年入職者の減少が著しいため、特に建設施工の合理化、省人化とそれらによる生産性の向上が求められている。国土交通省では、全ての建設生産プロセスにおいてICT等を活用することで生産性向上を図り、魅力のある建設現場を目指す取組みである「i-Construction」<sup>1)</sup>を推進している。また、内閣府では、科学技術イノベーションの創出に向けた、官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)制度を設けている。この制度は、リアルタイムに取得した施工のデジタルデータを活用したAI、IoTをはじめとする新技術を試行することによって、建設現場の革新を目指した生産性を向上するための研究開発を促進している。その取組みの一環で、国土交通省主導のもと「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」が2018年度より開始されている。

このような背景のもと、筆者らは、土木のコンクリート工事の各工程において、コンクリートの“状態”や作業“時間”をリアルタイムにデータとして見える化し、即時のPDCA活動とデータベースに基づく振り返りのPDCA活動を行い、コンクリート構造物の品質確保を実践するための本プラットフォームの構築に取り組んでいる。本稿ではその概要を紹介するとともに、

生コンクリートの出荷から運搬、受入れ、打継ぎ処理および表層品質の要素技術について紹介する。

### 2. 本プラットフォーム

コンクリート工事を「見える化」する本プラットフォーム(図-1)は、施工中にリアルタイムの情報共有や、データに基づく品質管理に活用することができる。また、データプラットフォームに各工程の情報をデータベース化し、それぞれの工程との関連性を整理・分析することで、前工程の“状態”を受けて次工程をより適した内容に改善するなど、各工程のPDCAサイクルのスパイラルアップとして活用できる。さらに、データが集まると、同種の別の建設現場における、コンクリートの仕様(スランプ、強度など)、構造条件(配筋量など)および施工条件(打込み可能な方法など)を考慮して、最善のコンクリートの打込み計画の立案など提案が可能となり、コンクリート構造物の品質や生産性の向上に大きく寄与できるものと考えられる。なお、「コンクリート・アイ™(CONCRETE@i)」の“アイ”は、Information(情報)、Internet(インターネット)、i-Construction(国土交通省の政策)、ICT(情報通信技術)、AI(人工知能)、eye(熟練技術者の目、見える化)および愛(愛情、誠意、まごころ)といった様々な意味と意思を込めたものである。



図-1 本プラットフォーム

### 3. 各種要素技術

#### (1) 出荷から運搬までの管理『スマートアジテーター<sup>®</sup>』

コンクリートの施工管理は、構造物の品質を確実に確保する上で、出荷から打込みまでの間のできるだけ早い段階において、豆板や空洞などの初期欠陥を生じるリスクの高いコンクリートを識別し、それを排除する必要がある。しかし、コンクリートの出荷から運搬までの間に、コンクリートの状態を把握するのは難しく、アジテータ車が到着した後の受入れ検査で確認するのが一般的である。そこで、アジテータ車のドラム内に予め設置したプローブやセンサ（ひずみ計、温度計などを内蔵した計測装置）により、スランプ、コンクリート温度および積載量等が推定できる『スマートアジテーター<sup>®</sup>』（図-2）が開発され実用化<sup>2)</sup>されている。このシステムでは、ドラム部分に取り付けられ

たプローブやセンサが、回転するドラム内を移動するコンクリートと接触しながら、圧力、回転方向、温度などを測定する。硬いコンクリートに接触した場合、プローブやセンサにかかる圧力が大きくなり、軟らかいコンクリートでは低くなるという特性を活かし、スランプを推定することができる。また、センサ部が圧力を検知している角度から、積載量を把握することもできる。なお、給電はソーラパネルで行い、記録保存・表示装置としてレシーバを設置している。

アジテータ車にプローブやセンサを設置することで、出荷から運搬までコンクリート全量におけるアジテータ車内のフレッシュコンクリートの“状態”（スランプ、積載量）の見える化を実現できる。これにより、例えば、所要のスランプを有していないコンクリートが運搬中に確認できれば、そのアジテータ車を返却し、コンクリートの打込みが中断しないように即座に次の出荷を工場に指示することができる。また、当日の運搬におけるスランプの変化を定量化することで製造管理に反映し、荷卸し時のコンクリートの性状を安定させることも可能となる。さらには、GPS機能を搭載したタブレットを併用することにより、アジテータ車の位置を高い精度で正確に把握することもできる。運搬中、現場到着、荷卸し中等の作業状況をGPSにより自動で切替えることが可能で、その作業状況と“時間”を記録・管理することができる。なお、本技術は、プローブやセンサをアジテータ車のドラムに装着する必要があるが、全量検査として一般化させるためには、業界全体の取組みが望まれる。



図-2 スマートアジテーター<sup>2)</sup>

## (2) 受入れ時の管理①『施工性判定システム』

一般に、スランプ試験等のコンクリートの受入れ検査は、20～150 m<sup>3</sup>に1回の頻度<sup>3)</sup>でのみ行われている。検査対象外で、要求品質を満足しないコンクリートが打ち込まれてしまう場合があり、配管閉塞や充填不良を引き起こす可能性がある。しかし、受け入れるコンクリートを全数・全量にわたってスランプ試験によって確認することは多大な労力が生じ、現実的ではない。そのため、実際には、目視によって監視することになるが、熟練した「目：eye」を持つ技術者を常駐させる必要があり、生産性が高いとは言い難い。そこで、施工性の悪い（いわゆる、硬い）コンクリートを人手をかけず、自動的に排除することを目的に、アジテータ車のシュートを流れるコンクリートをビデオカメラで撮影して、スランプをリアルタイムで推定する『施工性判定システム』<sup>4)</sup>（図—3）を開発した。このシステムは、動画撮影のための市販のビデオカメラ、警告を発信するパトランプおよび分析システムを搭載したPCで構成され、動画分析で取得したアジテータ車のシュートを流れるコンクリートの勾配（図—4）からコンクリートのスランプを推定し、施工性を判定するものである。AIでアジテータ車とそのシュートの認識とシュートの形状特性を抽出し、コンクリートの性状の良否は、新たに着目した評価指標で判定している。この評価指標は、シュートを流れるコンクリートの勾配を時間で積分したものであり、積分値をPCで瞬時にスランプに換算し、あらかじめ設定



図—3 施工性判定システム<sup>4)</sup>



図—4 コンクリートの勾配<sup>4)</sup>

しておいた閾値をもとに、硬いコンクリートであればNG、その他についてはOKの判定をする。NGであればアラートが発信され、供給・圧送を中断し、スランプ試験等を実施して現場監督が最終判断するといった使用方法となる。このシステムを用いることで、硬いコンクリートを見逃すことなく確実に排除することができる。

## (3) 受入れ管理②『連続 RI 計測に基づく単位水量測定システム』

『連続 RI 計測に基づく単位水量測定システム』とは、写真—1に示すようにコンクリートポンプの圧送配管部に設置し、配管内を流れるフレッシュコンクリートの単位水量をリアルタイムで測定し、その結果を連続的に表示するものである<sup>5)</sup>。中性子が水素原子と衝突することによりエネルギーの低い熱中性子の状態になる性質を用いて、単位水量を推定することができる。測定した単位水量からコンクリートの硬化後の品質（圧縮強度）を間接的に判定することができる。



写真—1 連続 RI 計測に基づく単位水量測定システム<sup>5)</sup>

『施工性判定システム』と『連続 RI 計測に基づく単位水量測定システム』を併用<sup>6)</sup>すれば、前者でスランプが小さく施工性の悪いコンクリートを、後者で単位水量の多い（強度が小さい）コンクリートを判定・排除することで、品質に悪影響を及ぼすコンクリートを確実に排除することができる。

## (4) 打込み管理『コンクリートの打込み管理システム』

『コンクリートの打込み管理システム』NETIS (KT-160096-A)（図—5）は、打込み時刻と打上がり高さを管理できるシステムである。このシステムは、レーザ変位計とリモート制御用タブレット、各測定ポイントの集中管理用タブレットで構成される。コンクリート打込み時に、本システムにより、打重ね時間間隔を

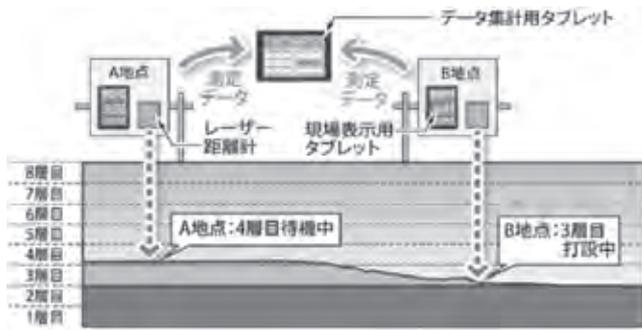


図-5 コンクリートの打込み管理システム

管理でき、コールドジョイントを防止するための指標となる。また、打込み時刻と打上がり高さが自動で表計算ソフトに入力されるため、記録の手間や誤記がなくなり、省力化が図れる。さらに、現場職員の全員がリアルタイムかつ簡易的に情報を共有することができ、打重ね時間間隔が長くなるように、打込み箇所を変更するなどの対応が可能となる。

(5) 締固め管理『圧力分布シートセンサ』

圧力を面的に検知できる『圧力分布シートセンサ』<sup>7)</sup>(図-6)は、コンクリートがセンサに触れた時点で圧力を検知するため、充填状況をリアルタイムに把握することができる。また、シートの構造は、コイルが直交するセル部と、金属シートを緩衝材で介した単純なもので、圧力に応じて可動する金属シートがセル部に近づくると電磁結合が変化し、その結合係数を検出することにより、各セルの圧力を独立してコンターで表示する機構となっている。緩衝材の種類を変更することで、セルと金属シート接触圧を調整することができるため、検知可能な圧力範囲を任意に変更できる特徴を有している。

圧力分布シートセンサのコンター図と脱型後の状態を図-7に示すが、未充填部分は圧力が検出されないことが確認できる。また、脱型後のコンクリート表

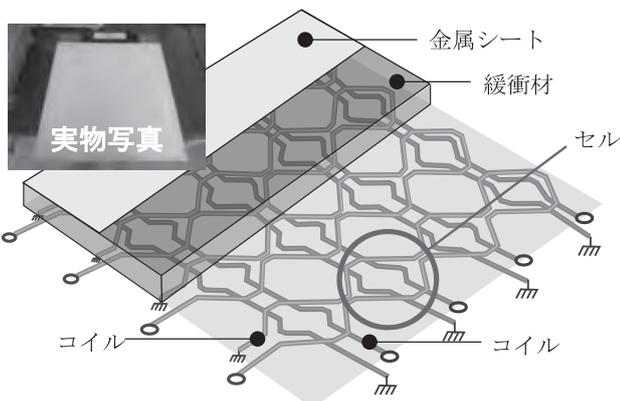


図-6 圧力分布シートセンサ<sup>7)</sup>

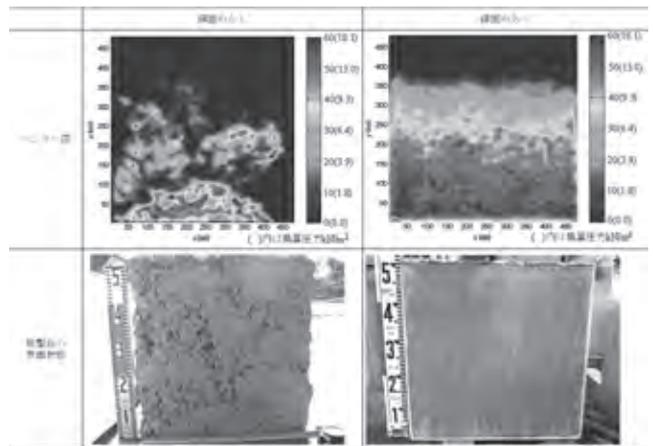


図-7 圧力分布シートセンサのコンター図と脱型後の状態

面状態とコンター図は良好な対応を示しており、未充填部分や、締固め不足がある場合には、これを確実にモニタリングできる。さらに、締固めを行った場合は全体的に圧力を検知していることが確認され、その場合、脱型後も確実に充填されていることが分かる。

センサに接触する圧力分布の変化をリアルタイムで出力することができるため、コンクリートの締固めにより変化する側圧も検知することができる。

(6) 打継ぎ処理の管理『打継面の評価システム』

『打継面の評価システム』<sup>8)</sup>(図-8)は、コンクリート打継面の処理状態を、現場で、広範囲に、簡便かつ定量的に評価するために開発したタブレット搭載のシステムである。

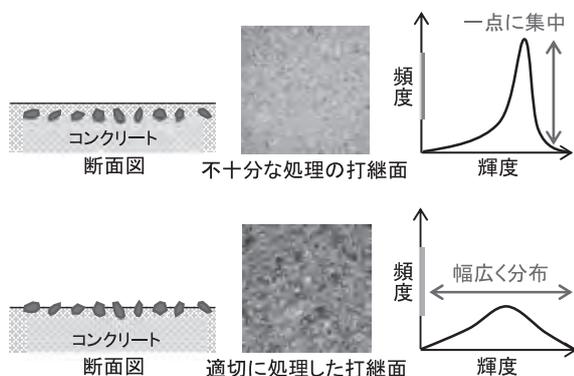
コンクリート構造物の打継面は、表面のレイタンスや緩んだ骨材などを高圧洗浄によって除去し、目荒しを行う必要がある。打継面が適切に処理されないと、一体性が失われ、漏水の原因となったり、かぶり部においては、水や酸素、二酸化炭素、塩分などの劣化因子がコンクリート内部に浸透して鉄筋を腐食させ、早



図-8 打継面の評価システム<sup>8)</sup>

期に劣化を引き起こす原因となったりする。このように、打継面の処理が構造物の機能・性能に大きな影響を与えるにも関わらず、これまで、処理状態の良否を定量的に判定する基準がなかった。

本システムは、打継面の凹凸の状態、粗骨材の露出状態によって変化する輝度分布に着目し、輝度の分布度合いから打継目の良否を定量的に判定するものである。例えば、**図—9**に示すように、不十分な処理の場合、凹凸が少なく輝度の変化が小さいため1点に集中した輝度分布となるが、その一方で、適切に処理された場合には幅広い輝度分布を示す。タブレットに専用のアプリをインストールし、現場で撮影した打継面の画像を取り込み、評価したい範囲を選択するとメッシュが表示され、処理が十分な箇所は「青」、不十分な箇所は「黄」「赤」の順に段階的に表示される。



図—9 輝度分布の違い

本システムによって、技術者の経験によらず、一定の判断基準で打継目の良否を判定でき、PDCAのうちC（チェック）のツールとして品質確保に活用することができる。

**(7) 検査『表層品質評価システム』**

コンクリート構造物の品質評価手法の一つに目視調査による表層品質評価<sup>9)</sup>（以下、目視評価）がある。これは、脱型後のコンクリートの表面に現れる「表面の色つや」、「沈みひび割れ」、「表面気泡」、「打重ね線」、「型枠継目のノロ漏れ」および「砂すじ」を目視調査し、サンプル標本写真と比較しながら採点・評価を行うものである。目視評価の課題として、技術者間で点数の乖離があることや、評価シートの点数入力に手間がかかることから、コンクリート構造物の写真からAIを用いて自動かつ一定の基準で点数付けを行う『表層品質評価システム』を開発した。現在、6つの項目のうち「表面の色つや」、「表面気泡」の評価のAI化を先行して進めており（**図—10**）、データを蓄積すること



図—10 表層品質評価システム<sup>9)</sup>

で、誰でも簡単に評価ができ、PDCAのツールとして表層品質の改善に活用することができる。また、撮影した写真がデータとして自動で一元管理され、ノウハウとして蓄積されるので、構造物の品質確保に向けた取組みの省人・省力化と管理の高度化に寄与できる。

**4. データの活用**

本プラットフォームは、上述の要素技術で取得したデータを集約するものである。各技術で取得した情報（データ）を、施工従事者がリアルタイムで共有することで、その場で、即時のアクション（改善活動）を起こすことができる。また、集約されたデータは、当該施工部位の施工管理と品質管理・検査結果を紐づけるものであり、データの分析・振り返りによって、次施工に向けた改善活動に反映させることができる。さらに、データを、管理・検査書類のフォーマットに準じて書き出せば、施工者の書類作成業務の省力化にもつながる。一方、このような取組みは、発注者の検査業務の効率化にも展開・活用できる。それぞれの工程で、各要素技術から取得される情報を、PCやタブレットを介してリアルタイムで共有することで、現地に赴くことなく状況を確認・検査する、いわゆる「遠隔臨場による立会い検査」を実現できる。遠隔臨場が実現できれば、検査のための待ち時間や作業の手戻りもなくなり、構造物品質を確保しつつ、より効率的な施工が実現する。

**5. おわりに**

建設業で生産される構造物は、ボックスカルバート、ダム、橋梁、トンネルなど多種多様の単品生産であり、生産される場所も異なる。また、建設業は生産活動がなされる自然環境や地理条件の影響を大きく受ける。他産業と性格・性質を異にすることは多々あるが、全ての生産プロセスにおいて、情報化、機械化

および自動化による省人・省力化、さらには無人化による生産性向上の実現が強く望まれている。コンクリート工事においては、コンクリート技術に長けた熟練技術者が持つ経験と勘および知識とそれを活用する技術者の五感（視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚）が、品質確保を実現してきた。品質を確保しつつ生産性を向上させるには、それらを活かすためにも、施工データを集積し、これを分析・活用した先端技術が必要である。今後、本稿で紹介したセンサ、ICT等を活用した技術などにより、コンクリート工事の見える化を実現させ、さらに技術を高次の状態へ高めていくことで、無人化に向けた検討を進めていく所存である。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 堂山修治, 竹下正一, 堤 英彰, 城澤道正: i-Construction (建設現場の生産性革命) の推進と建設現場の安全性の向上に向けて, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.73, No.2, pp.I-1-I-6, 2017
- 2) 廣藤義和, 毛利彰仁, 宮本充也, 山田雅裕: アジテータ車のドラム内に設置したプローブによるコンクリート品質の連続管理, コンクリート工学, Vol.54, No.4, pp.353-361, 2016.4
- 3) 2012年制定コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, 2012.3
- 4) 倉田和英, 松本修治, 橋本 学, 柳井修司: 動画像分析を活用したフレッシュコンクリートの性状判定手法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, 2020
- 5) 渡辺 健, 松本純一, 橋本親典, 吉田幸信: RI 水分・密度計によるコンクリートの単位水量測定に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, 2003
- 6) 倉田和英, 松本修治, 柳井修司, 六本木日菜子, 橋本 学: 動画像と

連続 RI 水分計を併用した全量受入れ管理, 土木学会第 75 回年次学術講演会, 投稿中

- 7) 小林 聖, 柳井修司, 坂田 昇, 細田 暁: 圧力分布シートセンサを用いたコンクリートの充填管理に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, 2018
- 8) 松本修治, 今井道男, 横関康祐, 林 大介, 曾我部直樹: 画像による打継面の処理状態の簡易評価方法の検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会, V-448, pp.895-896, 2015
- 9) 濱田那津子, 中村真人, 有坂壮平, 渡邊賢三: 機械学習を活用した目視評価による表層品質評価システムに関する一検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, 2020

#### 【筆者紹介】

松本 修治 (まつもと しゅうじ)  
鹿島建設㈱  
技術研究所土木材料グループ  
主任研究員



柳井 修司 (やない しゅうじ)  
鹿島建設㈱  
本社土木管理本部技術部  
担当部長



渡邊 賢三 (わたなべ けんぞう)  
鹿島建設㈱  
技術研究所土木材料グループ  
グループ長



# 山岳トンネルにおける覆工コンクリートの急速打設システムの開発

## ひび割れ誘発目地の形成機構を有するセントルを用いた実大施工実験

齋藤 隆弘・浜田 元・張 志瑄

山岳トンネルにおいて覆工コンクリートの急速施工を実現するため、通常と同程度の打設時間で、施工スパン長を18 m以上に延長する工法の開発に取り組んだ<sup>1), 2)</sup>。本工法は施工スパンが長くなるため、ひび割れ発生リスクが増加することが懸念された。このため、打設前にセントル中央部に金属製の目地板を設置し、打設後にこの板を引き抜くことで目地を形成して、ひび割れ発生リスクの低減を図る方法を採用した。この方法の適用性・有効性を確認するため、実大施工実験を行い、コンクリート硬化後に目地板の引抜きが容易に行えること、目地周辺のコンクリートを損傷しないこと、目地の形成によりひび割れを誘発できることを確認した。

キーワード：覆工コンクリート，ロングスパンセントル，ひび割れ誘発目地，実大施工実験

### 1. はじめに

覆工コンクリートの急速施工（月進200 m程度）を実現する方法として、従来の2日に1回の打設サイクルを確保しつつ、施工スパン長を通常の10.5 mから18 m以上に延長する工法の開発に取り組んだ。

本施工法では、1施工スパン長が通常よりも長くなるため、覆工コンクリートの温湿度変化に伴うひび割れ発生リスクが増加する。そこで、ひび割れ発生リスクを通常の施工と同等程度まで低減させるため、中間部にひび割れ誘発目地を設けることにした。具体的には、打設前にセントル中央部に目地板を設置し、コンクリートの打設・硬化後に温度低下が始まる前に目地板を引き抜くことで、トンネル周方向に連続した目地を形成する方法を考案した。

この方法では、①目地板を容易に引き抜くことができること、②目地周辺のコンクリートを損傷しないこと、③形成された目地によりひび割れが誘発できること、の3点が課題となる。今回、これらの課題の解決を目的として施工技術総合研究所の模擬トンネル（断面積78 m<sup>2</sup>、長さ80 m）にて実大施工実験を実施したので、その結果について報告する。

### 2. 実験概要

#### (1) 模擬トンネルおよび実験用セントル

模擬トンネルは2車線の道路トンネル相当の規模で

あり、巻厚50 cmのトンネル部と最小厚さ20 cmの底盤コンクリートからなる。

実験用セントルの概要を示す（図-1）。実験用セントルのスパン中央に目地板を配置する構造とした。目地板を設置する箇所には、あらかじめ鋼製面木（高さ50 mm）を設置し、その間に目地板を挿入する構造とした。実験用セントルの延長は、実験回数を確保するためロングスパンセントルで想定するスパン長の半分程度の延長である9.5 mとした。

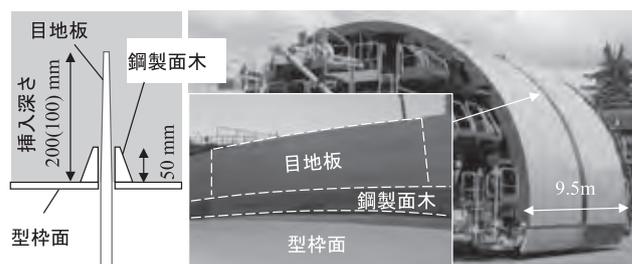
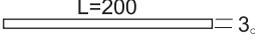
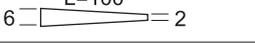


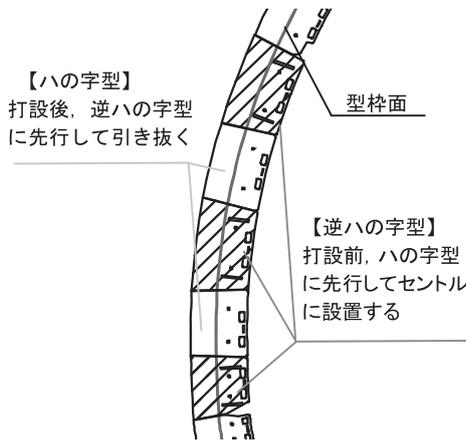
図-1 実験用セントル

#### (2) 目地板

一般的に、ひび割れ誘発目地の断面欠損率を50%程度以上とすることで、確実にひび割れを誘発できる場合が多いとされている<sup>3)</sup>。これに基づき、一般的な覆工の巻厚(30 cm～40 cm)を想定し、目地板のコンクリートへの最大挿入深さは200 mmとした。その上で断面欠損率の違いによるひび割れ誘発の違いを確認する目的で100 mmのケースを設定した。目地板の

表一 目地板の断面形状

目地板	断面形状 (単位: mm)	目地板 1 枚あたりの重量 (単位: kg)
200d-6t	6 ≡  ≡ 2	13.5 (鉄) 4.6 (アルミ)
200d-3t	3 ≡  ≡ 3	8.5 (鉄)
100d-6t	6 ≡  ≡ 2	11.1 (鉄)



図一 目地板の配置

材質は鉄あるいはアルミとし、断面形状はテーパ状と平板状とした(表一)。

目地板は、ハの字型と逆ハの字型を交互に配置することにより、隣り合う目地板同士の設置・引抜き時の干渉を回避した(図一)。また、作業性を考慮し、目地板の円周方向の延長を最大780mmとした。この結果、本実験では全周で33枚の目地板を使用し、連続した目地を形成できるようにした。

(3) 実験ケース

実験ケースを示す(表二)。Case1は、目地板を設置せず、鋼製面木(深さ50mm)のみが存在するケースである。Case2からCase6は、目地板を設置し、コンクリートの配合、目地板の種類を変えたケースである。

表二 実験ケース

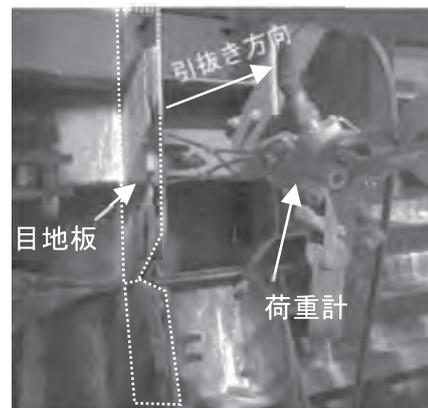
Case	コンクリート種	目地板	断面欠損率*%	目地板の材質
1	普通 21-15-40N	-	12.5	-
2	普通 21-15-40N	200d-6t	50	アルミ
3	普通 21-15-25N	100d-6t	25	鉄
4	繊維入り中流動 24-21-20N	200d-6t	50	アルミ
5	高流動 40-60-20N (自己充填ランクII)	200d-3t	50	鉄
6	繊維なし中流動 24-21-20N	200d-6t	50	アルミ

\*断面欠損率は、巻厚(400mm)に対する目地の深さの割合値

(4) 施工方法および測定方法

施工方法は次に示す手順とした。まず、目地板にコンクリートとの付着を低減する薬剤を事前に塗布し、セントルへ設置したのち、打設した。なお、薬剤はアクリル系樹脂を主剤とするものであり、目地板に塗布し数分すると硬化するが、打設中にコンクリートの水分と接触すると吸水膨張しゲル状になる。次に、打設完了後18時間経過を目安にコンクリート中から、人力あるいはレバブロックを用いて目地板を引き抜き(写真一)、目地を形成した。比較のためにCase5では、打設完了後6時間前後で数枚の目地板について引抜きを行った。なお、目地板の引抜きは、荷重計(許容値20kN)を介し行った。

脱型後には、形成した目地の品質を確認するため、目視観察、テストハンマー試験を行った。



写真一 目地板の引抜き状況

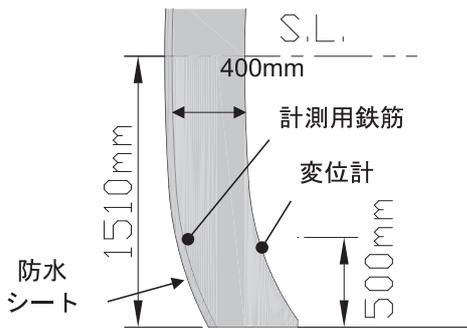


図-3 計測用鉄筋と変位計の配置

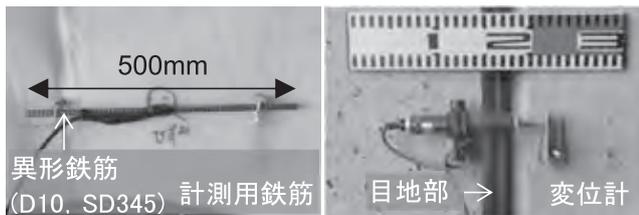


写真-2 測定機器の設置状況

目地部のひび割れ誘発の確認のため、底盤コンクリートから高さ 500 mm の目地部において、覆工背面のひずみと表面の変位を測定した(図-3, 写真-2)。覆工背面のひずみは、鉄筋 (D10, SD345) にひずみゲージを貼り付けた計測用鉄筋を防水シート面に設置し測定した。計測用鉄筋は、側壁部の目地背面に埋設されており、目地部にひび割れが誘発された場合、ひび割れ幅の拡大とともに、引張ひずみが増加すると考えられる。このため、計測用鉄筋のひずみを測定することにより、ひび割れの誘発時期の判定と進行状況を判断することができる。覆工表面の変位は、セントル脱型後に目地を挟んで変位計を取り付け測定した。目地によるひび割れの誘発を確認するため、材齢 80 ~ 120 日の時点で、底盤から高さ 500 mm 位置の目地部でコアを採取した。

### 3. 実験結果

#### (1) 目地板の引抜き

引抜き後の目地板には、前述の付着防止薬剤が吸水膨張し、ゲル化したものが付着している(写真-3)ことから、付着防止薬剤が機能し、コンクリートと目地板の付着を防止しているといえる。各ケースにおける目地板の引抜き荷重を示す(図-4)。Case4を除き、引抜き荷重は概ね 3 kN 以下であり、打設完了後から 20 時間程度までは、経過時間に依存しないことがわかる。また、Case4では、他のケースと比較して大きな荷重を要しているが、コンクリートへの繊維の混入

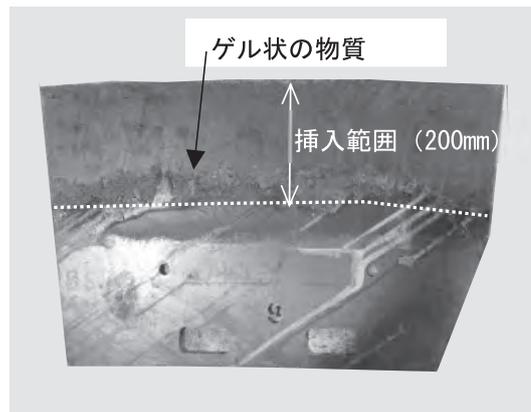


写真-3 引抜き後の目地板

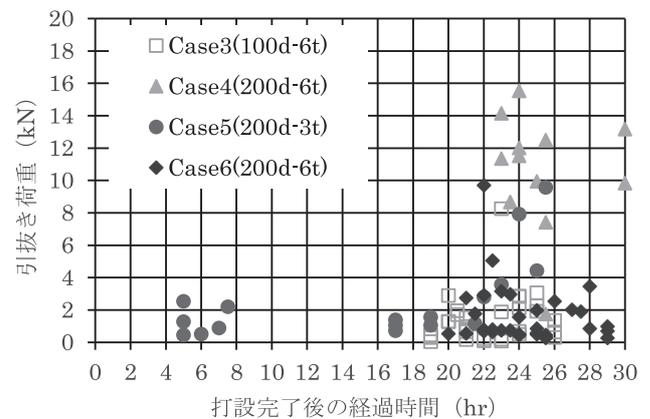
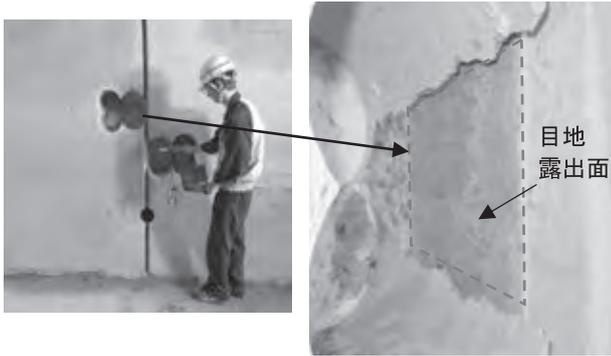


図-4 目地板の引抜き荷重

により目地板とコンクリートの摩擦抵抗が増大したことが要因と考えられる。また、目地板のテーパの有無による引抜き状況の違いとして、テーパがある場合は、目地板が少しでも動けばその後は簡単に引き抜けるのに対し、テーパがない場合は、目地板が動いた後も完全に引き抜けるまで、目地板とコンクリートの接触面積に応じた引抜き荷重を持續して与える必要があった。また、目地板の素材として、鉄、アルミを使用しているが、引抜き荷重において材質による違いは見られない。使用性においては素材がアルミの方が軽量でありハンドリングに優れるが、強度面で劣り変形しやすいため、実施工時における耐久性について、今後把握する必要がある。

#### (2) ひび割れ誘発目地周辺のコンクリートの品質

Case2 (目地深さ 200 mm, 普通コンクリート)において側壁部のひび割れ誘発目地をコア削孔により露出させた(写真-4)。目地露出面は平滑であり、ひび割れなどは見られない。この面においてテストハンマー試験を行った(表-3)。比較のために、目地付近の覆工コンクリート表面で測定した結果も併記す



写真一4 目地露出面

表一3 目地部のテストハンマー強度

目地露出面	覆工面 (目地周辺)
22.7	24.7

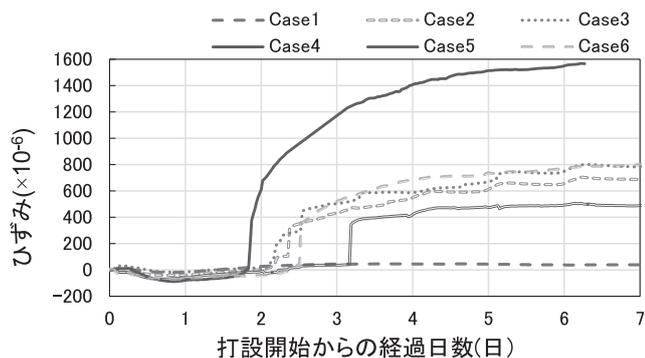
単位：N/mm<sup>2</sup>

る。目地の露出面でのテストハンマー強度は、付近のコンクリートにおける強度とほぼ同等である。このことから、目地露出面は、強度、ひび割れ、仕上がりの面において、型枠により形成された面と同等の品質であると考えられる。

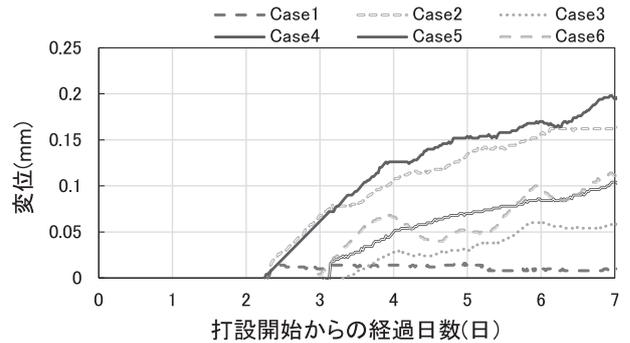
### (3) 目地によるひび割れ誘発

計測用鉄筋のひずみの経時変化を示す(図一5)。目地板を設置していないCase1ではひずみの急増が見られないのに対して、目地板を設置したCase2～Case6では、いずれも打設開始から2日程度から3日程度の範囲でひずみが急増しており、この時期に側壁下部において、ひび割れが誘発されたと考えられる。ここでCase3の目地板の挿入深さは100mmと他のケースの半分であるが、ほぼ同程度の材齢でひび割れが誘発されたことがわかる。

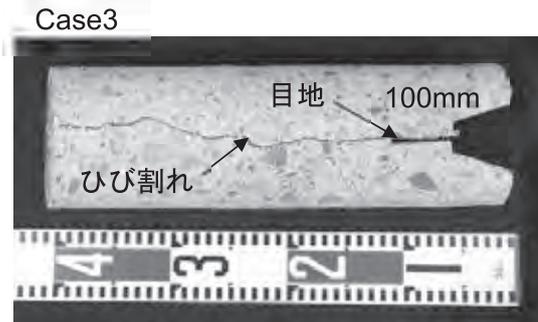
覆工表面における目地部の変位の経時変化を示す(図一6)。変位計は覆工コンクリート表面に設置する



図一5 計測用鉄筋のひずみの経時変化



図一6 目地部の変位の経時変化



写真一5 目地部のひび割れ進展状況

ことから、設置時期が打設終了から2日以降となる。このため初期値が把握できていない可能性があるが、ひび割れ幅の進展状況を把握できる。目地板を設置していないCase1では、大きな変位の増加が確認されない。これに対して、目地板を設置したCase2～5では、変位が大きくなり、コンクリート表面においてもひび割れの誘発を確認できたといえる。

目地部のコア(Case3)を示す(写真一5)。計測用鉄筋のひずみの結果や目地部の変位において示されるように、挿入深さが100mmの場合も含め、実際に目地の背面にひび割れが誘発されたことも確認できた。

## 4. おわりに

ひび割れ誘発目地の形成機構を有するセントルを用いた実大施工実験により、目地板を打設前に設置し、コンクリート硬化後に引き抜くことによる目地形成方法について、目地引抜きの施工性、目地周辺のコンクリートの品質確保、目地部のひび割れ誘発機能を確認できた。今後は、現場適用を進める中で、技術の深度化を図っていきたい。

JCMMA

### 《参考文献》

- 1) 齋藤隆弘, 浜田元, 小野緑, 張志瑄: 分岐配管を用いた圧入による覆工コンクリートの実大打設実験. 土木学会トンネル工学報告集, Vol128, 1-3, 2018

- 2) 齋藤隆弘, 浜田元, 小野緑, 張志瑄, 真下 英人: 覆工コンクリートにおけるひび割れ誘発目地の形成と効果に関する実大実験. 土木学会トンネル工学報告集, Vo129, I-8, 2019
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書「施工編」, pp136-137, 2017

[筆者紹介]

齋藤 隆弘 (さいとう たかひろ)  
株奥村組  
技術研究所 施工・材料チームリーダー



浜田 元 (はまだ はじめ)  
株奥村組  
技術研究所 地盤調査・計測チームリーダー



張 志瑄 (チョウ チセン)  
株奥村組  
東日本支社 土木技術部



# 橋梁現場の生産性を向上させる技術開発

大野 俊平・石田 靖・山田 倫大

昨今、生産年齢人口が減少する中、我が国の建設業界において「働き方改革」や「i-Construction」など生産性向上を目的とした取組みに焦点が当てられている。橋梁現場においても作業の効率化および省力化が求められ、ICT 技術導入などによる業務の省力化が推進されている。現場での施工管理業務において、日々尽きることがない施工管理およびそれに伴う調書作成などは省力化を推進するうえで改善すべき大きな課題である。今回生産性向上に取り組んだ橋梁は、PC 橋の架設工法の一つである張出し架設工法で施工される。

本稿では、各種 ICT 技術導入による橋梁現場の日常管理業務効率化・省力化について記述する。  
 キーワード：橋梁上部工、張出架設工法、省力化施工、ICT 技術、3次元モデル、自動計測

## 1. はじめに

昨今、生産年齢人口が減少する中、我が国の建設業界において「働き方改革」や「i-Construction」など生産性向上に焦点が当てられており、橋梁の現場においても ICT 技術導入などによる業務の効率化および省力化が推進されている。

今回、ICT 技術導入の対象とした現場は、張出し架設工法で施工される橋梁現場である。張出し架設工法は3～4mを1ブロックとし、バランスを取りながら左右に橋体を伸ばしていく架設工法である。1サイクルに10日前後の日数を要し、張出しブロックの多い長大橋ほど、管理断面が増加し、日々の施工管理に多くの労力が必要となる。

本稿では、各種 ICT 技術導入による橋梁現場の日常管理業務効率化・省力化について記述する。

## 2. 概要

### (1) 対象橋梁

今回、ICT 技術の導入を試験的に導入した橋梁は、国土交通省九州地方整備局発注の高尾野橋である。本橋梁は張出し架設工法により左右12ブロック（全24ブロック）、橋長113mのPC2径間連続ラーメン箱桁橋を施工するものである。図-1に橋梁概要図を示す。

### (2) 導入技術

本橋梁で導入するICT技術(5項目)を以下に示す。

- ① 3次元橋梁モデルによる鋼材干渉および鉄筋組み立て順序の事前チェックシステム
- ② PC鋼材の緊張作業における自動緊張管理システム
- ③ 自動追尾機能付きトータルステーションを用いた橋体計測システム
- ④ 3次元レーザースキャナを使用した鉄筋測定および出来形測定

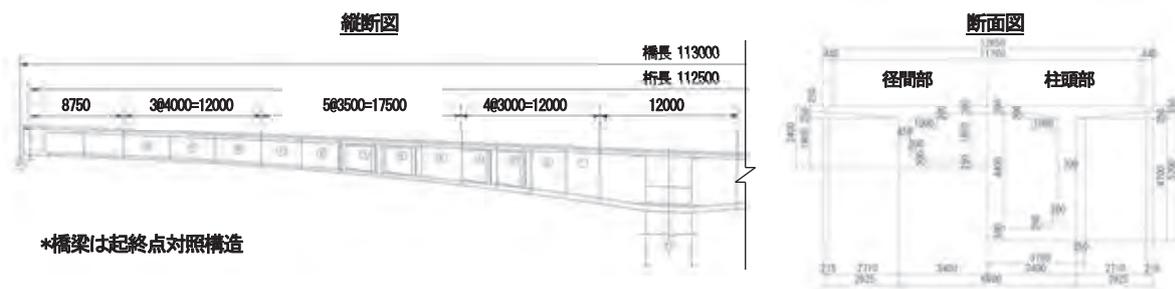


図-1 橋梁概要図

⑤ 3次元橋梁モデルを活用した帳票・施工図自動作成システム

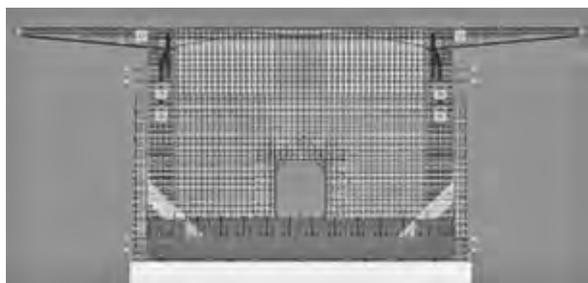
以上に示す ICT 技術を導入することで、日常管理業務の効率化・省力化を図るとともに、人為的ミスを排除することを目標とした。

3. ICT 技術導入による効果

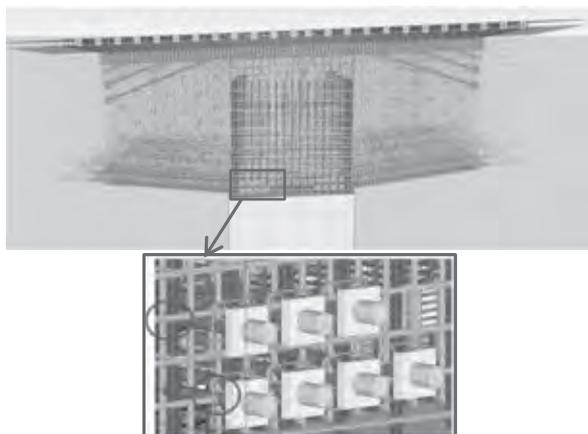
(1) 3次元橋梁モデルによる鋼材干渉および鉄筋組立て順序の事前チェックシステム

設計図面は柱、梁といった各部材の構造一般図、鉄筋配置図、PC 鋼材配置図が別々に作成される。そのため、鋼材同士の干渉や空きを確認するには、各図面を重ね合わせるという作業が必要であった。また、2次元データ図面のみの確認では、鋼材の干渉を見落とす可能性もあり、鋼材組立時に手戻り作業が発生する懸念があった。

3次元 CAD により鉄筋および PC 鋼材の配置を再現した 3次元モデルを作成することで、鋼材同士が干渉していないかを 3次元モデル上で確認し、干渉箇所については鋼材位置を移動するなど事前対策を行った。また、3次元モデル上において鋼材の組立て手順を再現・事前確認することで、組立て作業の手戻り防止を図った。作成した 3次元モデルを図一2に、干渉確認図を図一3に示す。



図一2 柱頭部 3D モデル

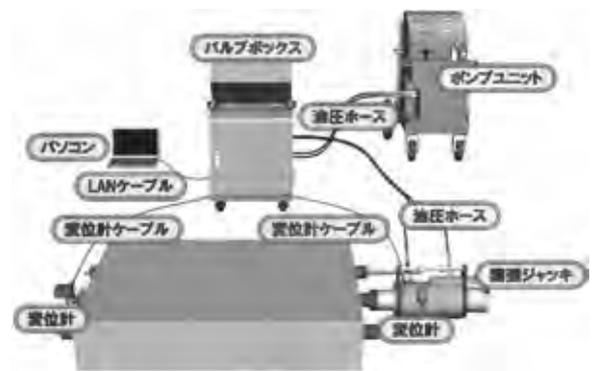


図一3 柱頭部 PC 鋼材と鉄筋の干渉

(2) PC 鋼材の緊張作業における自動緊張管理システム

通常の緊張作業は、作業指揮者 1 名、緊張グラフの管理者 1 名、ポンプ操作者 1 名、伸び・引込み量測定者 2 名、計 5 名程度の人員を要する作業である。また、緊張グラフ管理および伸び・引込み量の測定は各人により行われるため、緊張管理に人為的な誤差が生じ、緊張精度が低下する懸念があった。そのほか、緊張作業中の伸び・引込み量測定は、緊張ジャッキおよび固定側定着具後側面での作業となるため、安全についても注意を払う必要があった。

そこで、作業人員の削減、緊張精度および作業環境の改善を図る目的で自動緊張管理システムを導入した。システム導入により、ポンプ操作、伸び・引込み量測定は自動化され、作業指揮者は緊張グラフの管理を兼務することが可能となり、緊張作業を 2～3 名程度で実施することが可能となった。また、自動化により人為的な測定誤差が排除され、緊張精度の向上も図れた。さらに、緊張作業中の測定作業もなくなり安全性についても向上した。自動緊張管理システムの概要図を図一4に、自動緊張の施工状況を写真一1、変位計の取付け状況を写真一2、緊張管理画面を写真一3に示す。



図一4 自動緊張管理システムの概要図 (片引き)



写真一1 自動緊張施工状況



写真一2 変位計取付け状況（緊張側）



写真一3 緊張管理画面

(3) 自動追尾機能付きトータルステーションを用いた橋体計測システム

張出し架設工法の橋梁では、「コンクリート打設」「PC 鋼材緊張」「移動作業車の移動」といった施工サイクルの繰り返しのなかで、橋面高さがその都度変動する。そのため、橋面高さの管理精度を維持していく

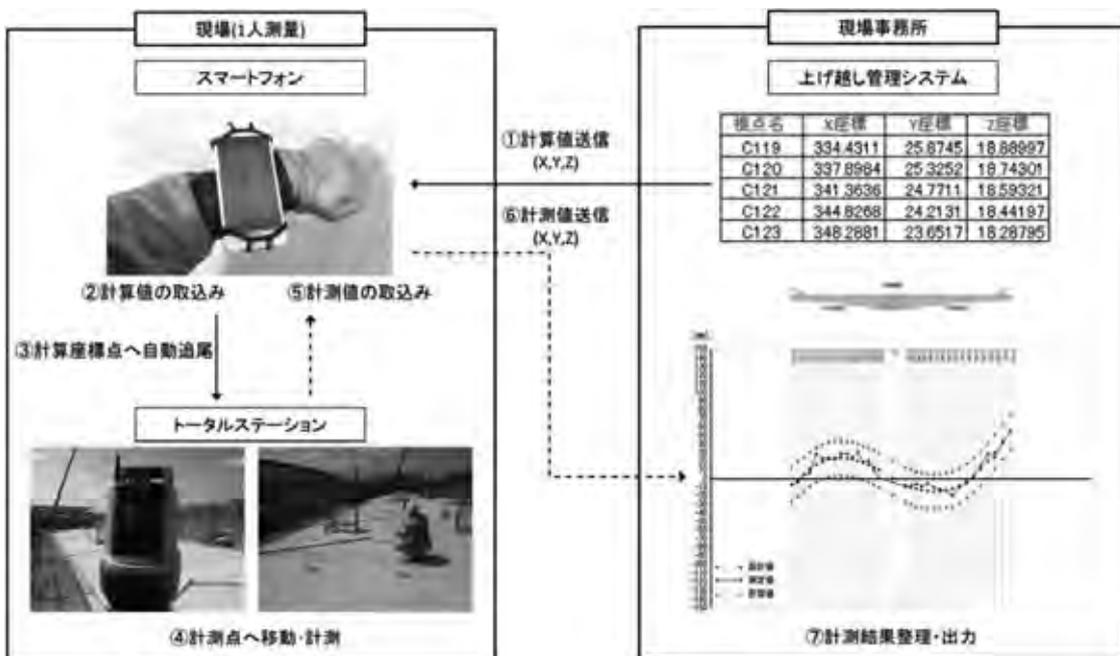
ためには、施工サイクルごとに橋面高さを測定し、設計値と比較・補正を行うことが重要となる。橋面高さは通常、レベルを使用して2名で測量する。橋長が長く、施工ブロック数が多い橋梁では、測定回数および測定点が多くなるため、測量業務に多くの時間を要しているのが現状である。

自動追尾式トータルステーションによる計測を導入することで、通常2人で行っている測量を1人で行うことが可能となり、計測に必要な労力を半減することができた。

自動追尾式トータルステーションは、測定者が操作するスマートフォンにより一律制御される。データ管理についても、従来は計測結果（標高）を手計算し、当社の上げ越し管理システムに手入力する必要があったが、本計測の導入により、スマートフォンから計測結果（標高）を直接システムに取り込むことが可能と



写真一4 橋面計測状況



図一5 自動計測全体概要図

標点名	x座標	y座標	z座標
C119	334.4311	25.8745	18.68897
C120	337.8884	25.3252	18.74301
C121	341.3636	24.7711	18.58321
C122	344.8268	24.2131	18.44197
C123	348.2881	23.6517	18.28795

なり、手計算、手入力の人為的ミスを排除するとともに、作業の省力化を図ることができた。自動追尾式トータルステーションを用いた橋面計測の状況を写真—4、自動計測の全体概要図を図—5に示す。

#### (4) 3次元レーザースキャナを使用した鉄筋測定および出来形測定

主桁の鉄筋測定および出来形測定は、スチールテープやノギスなどを使用して2～3人で測定するのが通常であり、写真の撮影・整理なども含め、大きな労力を要する作業である。

3次元レーザースキャナを使用して鉄筋測定（径・配置間隔・本数）および出来形計測を行うことで、現場における作業の一部を省力化することができた。写真—5に3次元レーザースキャナによる鉄筋測定状況、図—6にその出力図を示す。

#### (5) 3次元橋梁モデルを活用した 帳票・施工図自動作成システム

出来形管理の調書は、設計図面の断面寸法、鋼材本数・位置などを確認し、各計測箇所の出来形データを各種調書に手入力して作成しているのが現状であり、日々の施工管理の中で多くの労力を要している業務の

一つである。

また、各ブロック打継部にはコンクリート打設時に小口型枠を設置するが、小口型枠の加工を行うために、小口型枠の寸法・鉄筋・PC鋼材位置が分かる図面を設計図以外に作成する必要があった。

出来形管理の調書作成および施工図の作成に掛かる業務を省力化するために、調書および施工図を一括出力する帳票・施工図自動作成システムを開発した。設計プログラム（PC-BOX II）の入力2次元データを基に橋梁躯体構造のほか、PC鋼材および主鉄筋位置を3次元モデル化し、全張出し施工ブロックの各種調書および施工図を自動作成するものである。

現時点では型枠検測簿、出来形検測簿、グラウト注入量管理表、PC鋼材検測簿および小口型枠施工図の作成までが可能となっており、出来形管理の調書作成の省力化が進められている。作成した3次元橋梁モデルを図—7、施工図・帳票自動作成システム概要を図—8に示す。

## 4. おわりに

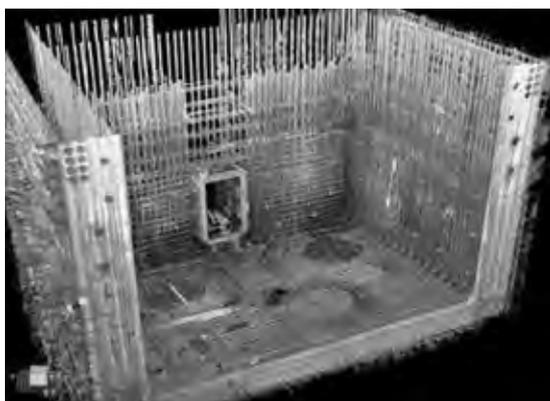
今回紹介した各種ICT技術の導入により、日常業務が効率化・省力化され、生産性の向上を図ることができた。また、作業の一部を機械化し、自動化することが可能となったことで、サイクル施工における人為的なミスを排除し、品質・出来形の向上も図ることができたと考える。

本橋梁は2020年7月時点において桁本体および地覆・高欄の施工まで完了している（現況の橋梁全景写真を写真—6に示す）。

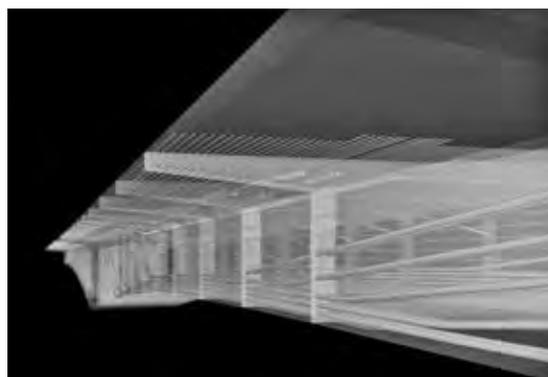
今後も橋梁現場においてICT技術の導入は急速に進んでいくと考えられる。今後、ICT技術を導入する現場への参考となるよう、当現場での実績を整理、精査していきたいと考えている。



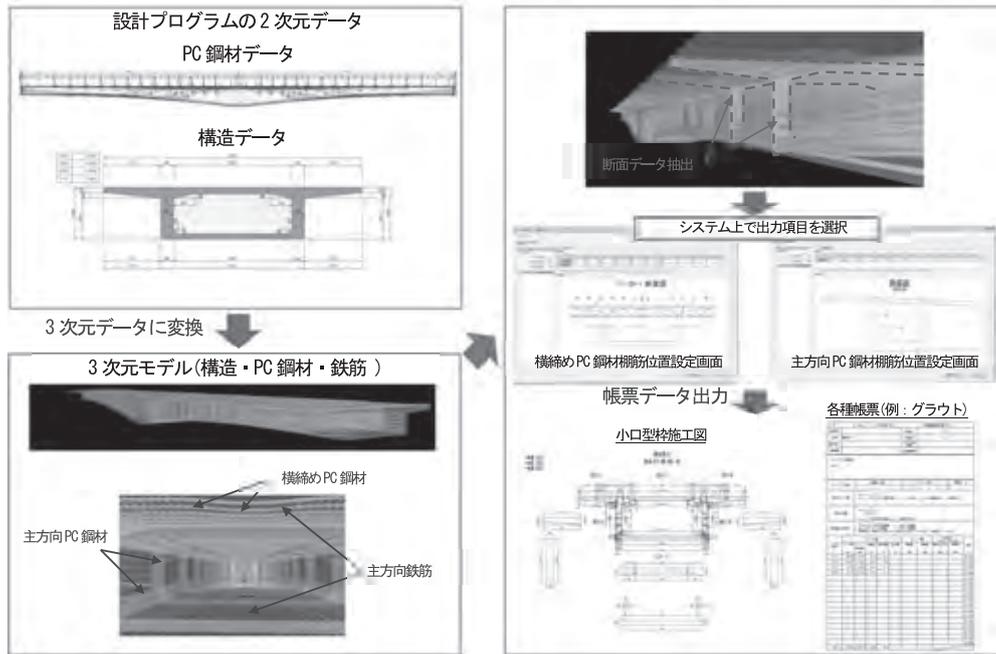
写真—5 鉄筋計測状況



図—6 3次元レーザースキャナ出力図



図—7 3次元橋梁モデル



図一 8 システム概要図



写真一 6 橋梁現況写真

JCMA

【筆者紹介】



大野 俊平 (おおの しゅんべい)  
鉄建建設(株) 土木本部 橋梁技術部  
コンクリート・PCグループ  
課長代理



石田 靖 (いしだ やすし)  
鉄建建設(株) 土木本部 i-Con 推進部  
部長



山田 倫大 (やまだ のりひろ)  
鉄建建設(株) 九州支店 土木部  
主任

# 防潮堤工事の型枠・コンクリートの施工実績

## 場所打ち擁壁工（堅壁部）の施工における CF（Compsite Form Method）工法の採用

宇佐美 克 則

東日本大震災により被災した防潮堤の復旧を行うため、延長約 1.8 km に及ぶ防潮堤の建設に CF（Compsite Form Method）工法（以下、本工法という）を採用した。本工法は、近年、橋脚等の鉛直方向に高さのある躯体工の型枠・コンクリートに採用されてきた実績があり、品質向上、工程短縮、コストダウンにつながるものとされてきた。防潮堤工事のように延長方向に長い連続する躯体工で本工法を採用するのは初めての試みである。本稿では、本工法の施工方法とその実施効果について報告する。

キーワード：防潮堤, 躯体工, 型枠, コンクリート, 品質向上, 工程短縮

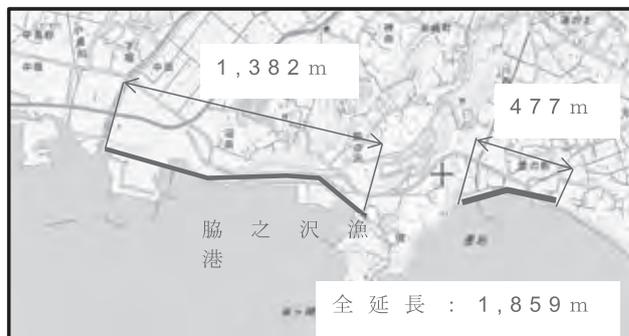
### 1. はじめに

陸前高田市は岩手県南東部、宮城県との県境に位置し、太平洋に面する町である。2011 年の東日本大震災が引き起こした大津波では市役所庁舎を含む市中心部が壊滅し、市の全世帯のうち 7 割以上が被害を受けた。本市の犠牲者数は、人口 24,246 人に対し 1,757 人（行方不明者含む。人口比で 7.2%）で石巻市に次いで 2 番目、岩手県では最大である。現在も津波の再来に備えた防潮堤建設や土地かさ上げに加えて、損壊した市庁舎や駅を含む施設の移転など都市機能の再建や産業復興が進められている。本稿では、東日本大震災により被災した脇之沢漁港海岸の防潮堤の場所打ち擁壁工（堅壁部）の施工にあたり工期の短縮と品質向上を目的として採用した本工法の施工方法と実施効果について報告する。

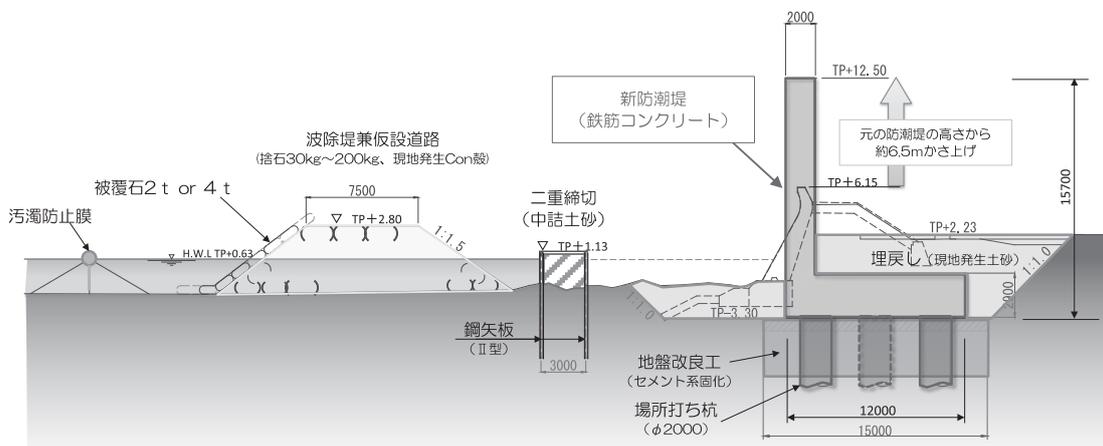
### 2. 工事概要および施工上の問題点

#### (1) 工事概要

防潮堤本体は、総延長 L=1,859 m（図—1）、天端高 TP+12.5 m の場所打ち擁壁となっており、その構造は大きく 2 つに分かれ、図—2 の L 型擁壁タイプ、



図—1 全体図



図—2 L 型擁壁タイプ

図一3の逆T擁壁タイプであり、被災した旧防潮堤より約6.5m高くなっている。基礎部は大部分が場所打ち杭(φ2,000)となっており、一部区間は液状化対策として地盤改良を施工している。復旧する防潮堤は、被災した防潮堤と同じ法線に構築することから、海象の影響を受けるため、防潮堤の海側に二重締切堤を設け、ドライアップした状態で施工を行った。

## (2) 施工上の問題点

### (a) 工程

当初の計画工程では、防潮堤175ブロックを30か月(5.9スパン/月)で完成させるものであった。通常、6ブロック完成まで3.5か月を要する。工期内に施工を行うために、工事全体を工区分けし、施工業者を分割させる必要があった。当時、震災復興工事は最盛期であり、人手不足に加えて人件費が高騰していたため、各施工業者とも工程通りに工事を完了させることに難色を示していた。

### (b) 品質

防潮堤のコンクリート(堅壁部:幅2.0m×延長10.0m×高さ12.8~13.4m)はマスコンクリートであり、セメント水和熱および自己収縮に起因した体積変化による温度ひび割れの発生が懸念された。温度応力解析を行った結果、L形擁壁タイプでは、換算平均ひび割れ指数が照査基準1.20を上回っていたが、逆T擁壁タイプでは照査基準1.20以下の結果であった。尚、防潮堤で使用するセメントの種類は、当初設計では普通ポルトランドセメントであったが、塩害に対する耐久性の照査を行った結果、普通ポルトランドセメントでは防潮堤施工後18~23年程度で鉄筋の腐食が始まるのに対し、高炉セメントB種は防潮堤施工後

55~70年程度で鉄筋の腐食が始まることから、高炉セメントB種に変更するものとした。

## (3) 問題点の解決策

問題点を解決するため、型枠・コンクリート打設の工程短縮及びコンクリートの品質向上に効果があるとされる本工法の事前検討を開始した。事前検討結果は、以下のとおりであった。

### (a) 工程

工程が6ヶ月短縮(7.6ブロック/月)可能と想定される。同時に工程短縮に伴う歩掛向上が見込まれる(従来工法であればH=12.8mの堅壁を3ロットに分けて施工するが、1ロットで行うため)。

### (b) 品質

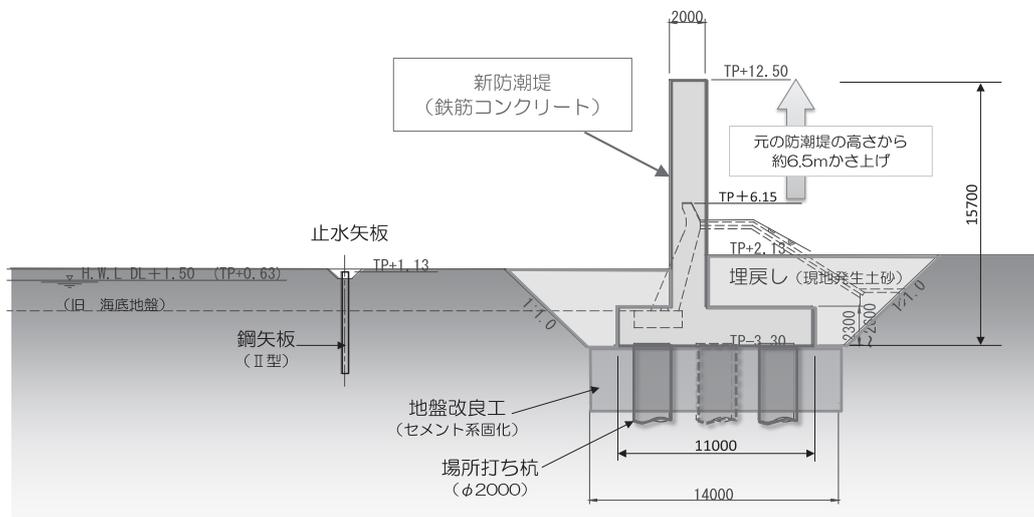
温度応力解析結果におけるひび割れ発生確率の低下(3層パネルによる高い断熱効果および打設回数の減少のため)が明らかとなった(表一1)。

以上の事前検討結果から本工法を採用するものとした。

## 3. 本工法の特徴及び施工方法

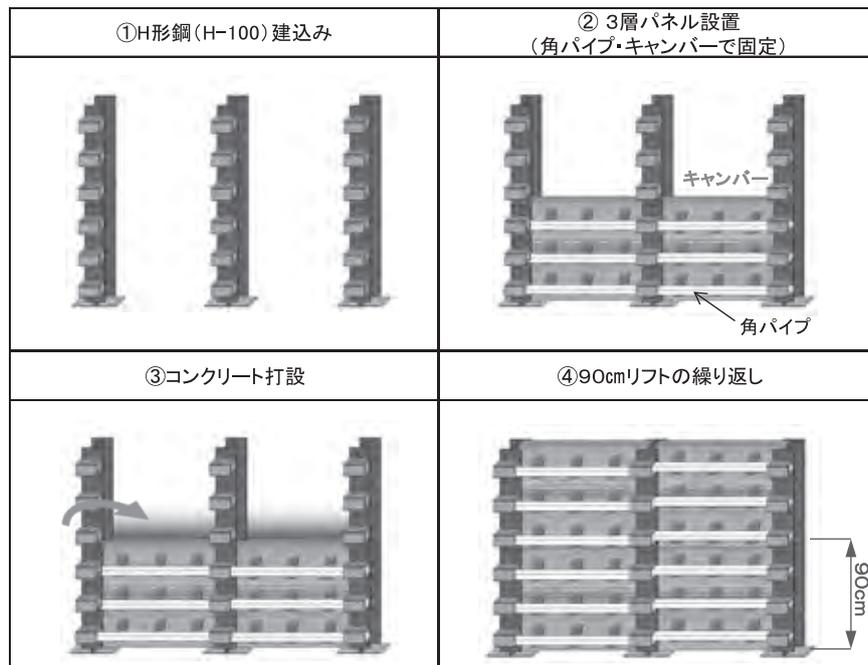
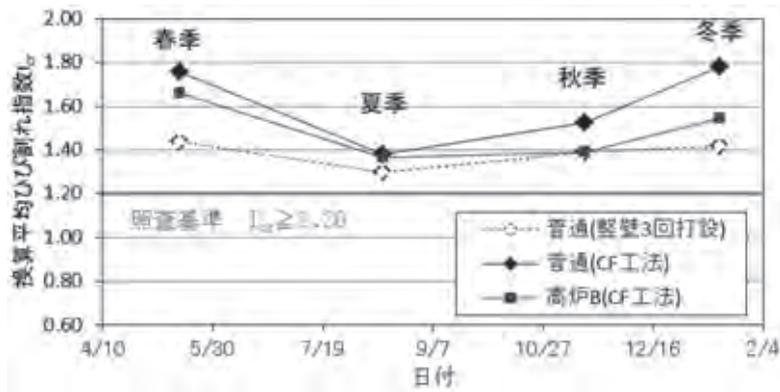
本工法とは、規格製品化された3層のベニヤパネルと定型のH形鋼を用いて、型枠を短時間に容易に組立・設置し、高リフトのコンクリート打設を1日で可能とする工法である。本工事の堅壁コンクリート(高さ12.8~13.4m)施工時、従来工法であれば鉄筋組立・型枠組立・コンクリート打設の1サイクルを3回程度に分けて施工しなければならないが、本工法では1サイクルを1回で施工が可能である。

本工法(型枠)の施工手順は、堅壁コンクリート外



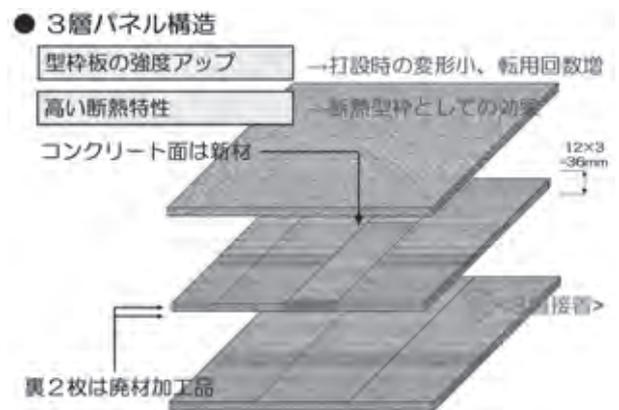
図一3 逆T擁壁タイプ

表一 L型擁壁タイプにおける換算平均ひび割れ指数比較表



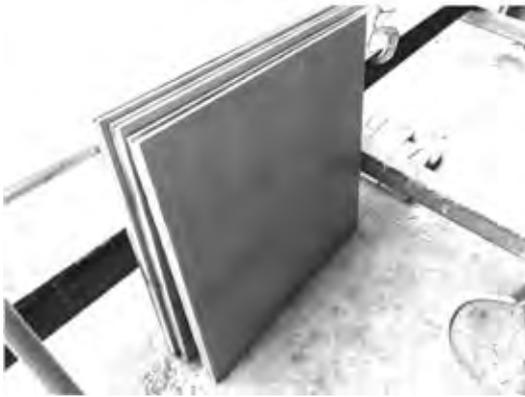
図一4 本工法施工フロー図

周にH形鋼を建込み後、型枠となる3層パネルをH形鋼間に設置し、3層パネルを横バタとなる角パイプと木製のくさび（キャンパー）で固定するだけである（図一4,5,写真一1）。また、コンクリート打設の際は、コンクリートポンプ車を使用しての施工となるが、従来工法の場合は、圧送ホースを型枠天端より鉛直方向に型枠内に挿入するが、本工法の場合は、水平方向から型枠内に挿入するため、生コンの落下高は、常に本工法パネルの1枚の高さである90cm以下となる。このことによりコンクリート落下による材料分離の低下を図れるものとなっている（図一6,写真一2）。コンクリート養生に関しては、3層パネルの高い断熱効果（熱伝導率は、発泡スチロール（厚さ20mm）相当である）で、コンクリート内部と表面の温度の差を抑えることができる。さらに、型枠設置期間をコント

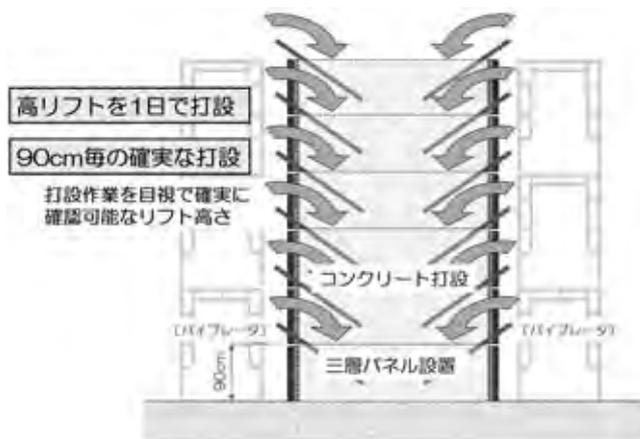


図一5 3層パネル構造

ロールすることで、ひび割れの発生確率を低減できる。また、本工法の特徴として、コンクリート表面に一定間隔でH形鋼の跡が残り、縦スリットの模様



写真一 本工法 型枠構造



図一六 コンクリート打設方法



写真二 コンクリート打設状況（圧送ホースの水平挿入）



写真三 コンクリート仕上がり面（縦スリット）

入る。従来の一般型枠の平坦な表面と比較し、景観的に連続性があり、飽きのこないデザインとなる（写真一3）。

#### 4. 本工法の実施効果検証

##### (1) 工程

全体工程としては、現在も施工中であるため確定はできないが、既に完了した1工区32ブロック施工の工程は当初21か月を想定したのに対し、本工法を採用したことにより、表一2に示す通り、約5.5か月の工程短縮をすることができた。第1期の12ブロックは従来工法とほぼ変わらない進捗であったが、この原因は、施工業者が初めて目にする工法であり、戸惑い・不慣れ・不安等があり、思うように進まなかったためである。しかし、第2期ブロックに移ってからは本工法に慣れ、戸惑いや不安が取り除かれるようになってからは、見違えるように進捗が向上し、余裕ができた分第3期と重複しながら施工できたことにより、工程の短縮を図れた。型枠工としての歩掛りに関しては各工区で施工業者によりバラツキはあったが、ある1工区を例にとりて比較する。表一3に示すとおり一人当たりの型枠施工量を従来工法（水門部施工時の歩掛）と比較すると効率よく施工でき、歩掛りが45%向上した。さらに、移動式クレーンやコンクリートポンプ車の移動回数・使用期間についても、当初配置計画よりも低減できたため、コストダウンにつながった。

##### (2) 品質

175ブロック中140ブロック完了時点で堅壁にひび割れが確認されたのは、3ブロックのみである。うち補修を必要とする0.2mm以上のひび割れは1ブロックのみであった。また、冬季の施工もあり、寒中コンクリートとしての給熱養生をしなければならなかった

表-2 実施工程表

		2018年												2019年											
月別	施工箇所	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
		第1期：12ブロック	[施工期間]																						
第2期：12ブロック													[施工期間]												
第3期：8ブロック													[施工期間]												
		[黒線] : 従来工法工程 (想定) [灰色線] : CF工法実施工程												← 約5.5か月の工期短縮 →											

表-3 型枠組立解体歩掛比較表

工法	位置	型枠面積 (m <sup>2</sup> )	人・日	m <sup>2</sup> /人・日 (平均)
CF工法	先行スパン	307	45.36	7.4
	後行スパン	256	30.52	
従来工法	水門部	390	76.40	5.1

が、本工法を採用した堅壁部に関しては、3層パネルの高い断熱効果もあり、コンクリート天端付近の給熱養生のみで対応できた。

**(3) 本工法における留意点**

**(a) コンクリート打設の長時間化**

堅壁コンクリート (256 m<sup>3</sup>/ブロック) を1日で打設する際、通常の堅壁であれば1.5 m/時間の打ち上げが可能であるが、本工法の場合は45分/90 cmと、打ち上げ速度に制限がある。さらに、コンクリート打設終了時間が遅くなるため、天端の均しが深夜になるため、作業員や職員の配置に配慮が必要である。

**(b) 足場上の資材仮置きによる安全上の課題**

3層パネルを建込みながらのコンクリート打設作業のため、作業終了時までパネルやキャンバー等の資材が足場上に仮置きされた状態となる。そのため足場通

路上の資材での躓き転倒や飛来落下等が懸念されるため、足場上の整理整頓、小物資材の袋収納等の工夫を必要とする。

**5. おわりに**

本稿では、防潮堤工事に採用した本工法 CF 工法の実施効果について報告した。本工法を大規模防潮堤工事に採用したのは、この現場が初めてであり、最初は期待より不安が大きかったが、進捗が増すごとに不安要素が取り除かれ、事前検討時の想定とほぼ同等の結果が得られた。本工事では、防潮堤陸閘や水門等の型枠支保工を必要とする構造物には採用しなかったが、今後さまざまなコンクリート構造物に応用できると考えている。

JICMA

【筆者紹介】  
 宇佐美 克則 (うさみ かつのり)  
 東亜建設工業(株)  
 陸前高田脇之沢工事事務所  
 所長



# 覆工コンクリート施工目地部の 一体化防止材料の適用効果に関する研究

宇野 洋志城・弘 光 太 郎

山岳トンネルを施工する際、隣接する覆工コンクリートが直接打ち継がれることにより施工目地部分に不規則なひび割れが発生する場合が少なくない。それは、新旧覆工コンクリートの縁切りが不完全なために施工目地部分が一体化することに起因するものである。

それら不具合を解消するためにトンネル覆工コンクリートの施工目地部分の一体化を防止する方法を模索した。試験室レベルでの試験を経て道路トンネル建設工事に適用し、実構造物レベルでの効果と適用性について検証した。その結果、品質、作業工程、それに要する手間、材料の面で優位性が認められたのは、製紙業界で実績のある塗布型縁切り材であった。

キーワード：覆工コンクリート、一体化、縁切り、ひび割れ、不具合

## 1. はじめに

山岳トンネルを施工する際、隣接する覆工コンクリートは直接打ち継がれることにより、施工目地部分に不規則なひび割れが発生する場合が少なくない。その大きな要因には新旧覆工コンクリートの縁切りが不完全なことが挙げられる。そのため、施工目地部分が一体化することで硬化後の覆工コンクリートに発生する引張応力に対抗できなかった脆弱部にひび割れが発生するものと考えられる。山岳トンネル施工の場合、一体化防止措置として覆工コンクリートの施工目地部分に鉄板などの縁切り材を設置した状態でコンクリートを打ち込み、硬化後に取り外したり、埋設する縁切り材としてビニルシートやゴムを存置したり、様々な工夫がなされているが、作業手間、コスト、品質などの面で物足りず、画一された方法は見当たらない。

そこで、トンネル覆工コンクリートの施工目地部分に塗布型の縁切り材を用いることで一体化を防止することを選択した。なお、「塗布型縁切り材」と称した材料は、製紙業界では写真集などにおいて頁との指離れが良くなるような潤滑剤として既に使用実績があり、今回新たに建設業界への適用を図ったものである。

## 2. 「塗布型縁切り材」の評価（試験室レベル）

「塗布型縁切り材」の特徴として、施工の容易さに加えて施工目地部分の縁切り効果が高い点が挙げられ

るが、その他にもトンネル坑内での使用を想定した場合において官能評価<sup>1)</sup>（塗布性、含浸性、乾燥性、剥離性、臭気）および付着強度といった点での評価を試験室レベルで行った。

### (1) 官能評価（各評価項目での特徴）

#### ①塗布性

刷毛あるいはローラーを使って硬化コンクリート表面に塗布することを想定した場合、「塗布型縁切り材」は、適度な粘性があるため伸びも良く液だれしにくく、鉛直面への塗布に対しても有効であった。

#### ②含浸性

「塗布型縁切り材」は、脱型直後のコンクリート面においても塗布後コンクリート界面に留まり乾燥後に塗膜を形成するため、多孔質なコンクリート内部へ含浸することなく塗布可能であった。

#### ③乾燥性

「塗布型縁切り材」は、塗布後、比較的素早く均一な塗膜を形成して乾燥した。

#### ④剥離性

「塗布型縁切り材」は、新旧コンクリートの打継ぎ面において、試験体打継ぎ面が手の力で簡単に剥がせる程度の付着力しかなく、良好な剥離性を確認した。

#### ⑤臭気

「塗布型縁切り材」は、トンネル坑内という閉鎖的空間においても、開封後の材料の暴露環境下でも不快感を持たない程度の臭気であり、有機溶剤系の化学薬

品と比較しても臭気は問題とならない程度であった。

(2) 「塗布型縁切り材」の付着性能評価

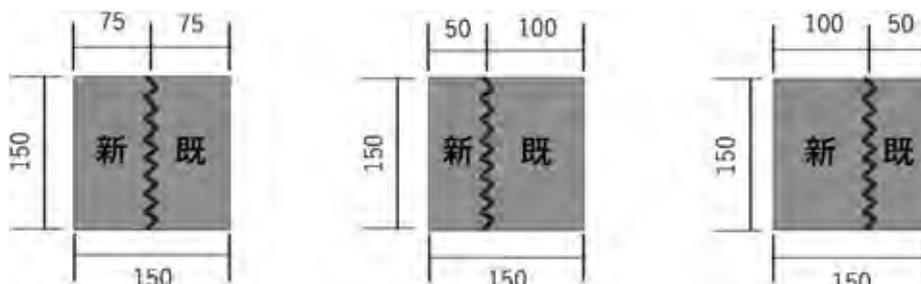
新旧モルタルを任意の箇所で行き交した全体寸法が 150 mm × 150 mm × 150 mm となるような試験体(図一 1 参照) を作製して付着強度試験を実施した。試験方法は以下のとおりである。

- 1) 水セメント比 55%のモルタル(表一 1 参照) を用意する。
- 2) 任意箇所で行き交り, 既設側モルタルを打ち込む(図一 1 参照)。
- 3) 打込み後, 気中養生する。
- 4) 約 24 時間後に脱型し, 打継ぎ面を無処理のまま「塗布型縁切り材」を 100 g/m<sup>2</sup> 塗布する。
- 5) 塗布後, 気中養生する。
- 6) 約 24 時間後に新設側モルタルを打ち継ぐ。
- 7) 打込み後, 気中養生する。
- 8) 約 24 時間後に脱型し, 衝撃を与えない様に新設側モルタルを下方にして鉛直方向にゆっくり持ち上げる。
- 9) 新設側モルタルが打継ぎ面から自重のみで剥離する状況を確認する(図一 2 参照)。
- 10) 新設側モルタルの質量を自重換算した数値を引張荷重とし, 引張荷重を断面積で除して付着強度を求める。

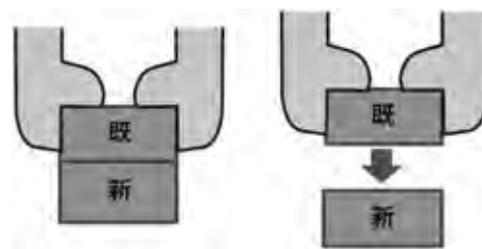
今回の試験方法により新設側モルタルが剥離する確率を剥離率と定義し, 付着強度と剥離率との関係は表一 2, 図一 3 の結果となった。これより, 付着強度は概ね  $1.54 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$  以下であることが確認できる<sup>2)</sup>。その数値は市販されているひび割れ防止材の 6 分の 1 程度であった。

表一 1 モルタルの配合条件

水セメント比 (%)		55	
単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
水	セメント	細骨材	
336	610	1120	



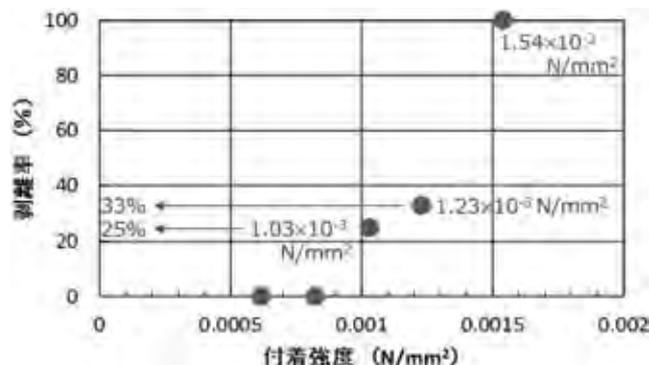
図一 1 試験体の寸法および新旧打継ぎ例 (単位: mm)



図一 2 自重で縁が切れる状況

表一 2 縁切り材の付着強度と剥離率との関係

付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	剥離率 (%)
$6.17 \times 10^{-4}$	0
$8.23 \times 10^{-4}$	0
$1.03 \times 10^{-3}$	25
$1.23 \times 10^{-3}$	33
$1.54 \times 10^{-3}$	100



図一 3 縁切り材の付着強度と剥離率との関係

3. 実際の道路トンネル建設工事における検証

試験室レベルにおいて「塗布型縁切り材」は各評価項目において有効であることが分かった。そこで, 実構造物レベルでの効果の検証に加え, 品質, 作業工程, それに要する手間などの適用性に関する検証が必要と考え, 表一 3 に示す 5 種類の縁切り材を道路トンネル建設工事へ試験的に適用し, 効果および適用性を検証した。

表一3 検証の対象とした縁切り材

1	水性塗料
2	油性塗料
3	ひび割れ防止材
4	増粘材
5	塗布型縁切り材

(1) 検証方法

覆工コンクリートに塗布する範囲を図一4および図一5に示す。

縁切り材の塗布にはローラーを使用し、その塗布量は100 g/m<sup>2</sup>とした。

検証方法は、まず連続した覆工コンクリート区間8 BLを対象に施工を行った。その段階で一旦効果および適用性の検証を行い、その後さらに連続した覆工コンクリート区間7 BLで追加施工を行った(計15 BLで実施)。

効果の評価は目視判定によって行い、不具合の有無による定量的評価とした。不具合の有無確認は両側の側壁部を対象に行い、施工目地部分のセンターで縁切りが目視確認された場合には「良好」(写真一1)、施工目地部分あるいは覆工コンクリート側に伸びるような不規則なひび割れが目視確認された場合には「不良」



写真一1 「良好」判定の例



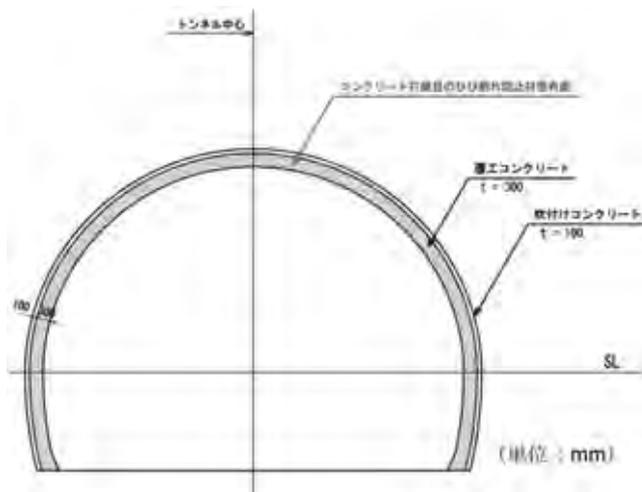
写真一2 「不良」判定の例

(写真一2)と判定した。

効果の評価については、比較対象として縁切り材を塗布していない施工目地部分も含めて行った。

(2) 効果の検証結果

縁切り材の効果を表一4に示す。「良好」の判定結果が得られたのは、縁切り材の塗布なしの場合に3 BL/15 BL (20%)であったのに対し、縁切り材を塗布した場合には明確な改善効果が認められた。例えば、水性塗料を塗布した場合には7 BL/15 BL (47%)、油性塗料を塗布した場合には7.5 BL/15 BL (50%:0.5 BL



図一4 覆工コンクリート目地部分塗布面 (正面図)



図一5 覆工コンクリート目地部分塗布面 (断面図)

表一4 縁切り材の効果

	条件	実績	『良好』	『不良』
0	塗布なし	3 BL/15 BL	20%	80%
1	水性塗料	7 BL/15 BL	47%	53%
2	油性塗料	7.5 BL/15 BL	50%	50%
3	ひび割れ防止材	3.5 BL/8 BL	44%	56%
4	増粘剤	8.5 BL/15 BL	57%	43%
5	塗布型縁切り材	12 BL/15 BL	80%	20%

は左右の側壁部で違う結果が認められたことを意味する), ひび割れ防止材を塗布した場合には 3.5 BL/8 BL (44%), 増粘材を塗布した場合には 8.5 BL/15 BL (57%) となった。しかし, 「塗布型縁切り材」を塗布した場合には 12 BL/15 BL (80%) と他材料を上回る効果が認められた。

これらの結果より, 縁切り材の適用にはいずれも効果が認められ, その中でも「塗布型縁切り材」が最も効果的であった。

そこで, 当該道路トンネル建設工事の残りの覆工コンクリート区間 (全 127 BL) に対しても「塗布型縁切り材」のみを本格適用することとした。

結果は, 残りの本格適用区間 127 BL でも 80%で「良好」の判定結果が得られたので, 総合的に評価しても全区間 142 BL の施工目地部分で 80%が「良好」という縁切り効果が得られる結果となった。

### (3) 適用性の検証結果

「塗布型縁切り材」については, 写真一3に示すように覆工コンクリートのつま面にローラーを使って塗布するだけの作業であるため, 塗布時間も短く, 塗布むらもなく施工でき, 塗布作業のタイミングについてはセントル脱型, 移動後のケレン作業時に並行して行うことができた。その結果, 次 BL 施工までの作業サイクルへ悪影響を及ぼすことはなく, 作業工程, 要する手間において「塗布型縁切り材」が優位性を示すことが分かった。



写真一3 「塗布型縁切り材」ローラー塗布後の状況

## 4. おわりに

今回, 「塗布型縁切り材」を道路トンネル建設工事に本格適用することで一体化防止効果の優位性を検証することができた。さらに, 作業工程, それに要する時間などの面でも優位性を検証することができた。

しかし, 20%は「不良」と判定されている点から, 今後の課題として 100%の確率で「良好」な縁切り効果を得るため, さらなる工夫が必要である。

なお, 「塗布型縁切り材」は, 他トンネル建設工事においても全区間で適用されており, その効果に関しても今後の調査が必要である。改善を繰り返すことによって, 将来的に覆工コンクリートの施工目地部分の不規則なひび割れ発生が減少し, 覆工コンクリート全般の品質向上につながる事が望まれる。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 的場栄次, 對馬太郎, 越坂誠一, 宇野洋志城: コンクリート打継面用縁切り材の開発および適用に関する考察, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI -110, 2019.9
- 2) 高橋榮, 森賢宇, 宇野洋志城, 伊達重之: コンクリート打継面用縁切り材の付着性能に関する考察, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI -109, 2019.9
- 3) 豆田憲章, 合歡垣誠司, 宇野洋志城, 阿部浩之: 覆工コンクリート打継面への塗布型縁切り材の適用効果に関する考察, 第 74 回土木学会年次学術講演会, VI -111, 2019.9

### 【筆者紹介】



宇野 洋志城 (うの よしき)  
佐藤工業(株) 技術センター技術研究所  
所長



弘光 太郎 (ひろみつ たろう)  
佐藤工業(株) 技術センター技術研究所  
土木研究部員

# 輝度を利用した コンクリートひび割れ画像測定に関する精度検証

野 間 康 隆・渡 辺 健

本研究では、コンクリート表面に発生したひび割れの抽出およびひび割れの幅推定が可能なひび割れ画像計測手法を開発した。本手法では、ひび割れの抽出を独自の幾何学的パラメータにて実施し、ひび割れ幅の推定はひび割れと背景の輝度の差分から推定する方法にて実施している。開発手法の精度を検証するため、ひび割れが発生している実構造物の調査・計測を実施し、近接目視との比較にて行った。画像抽出の結果、開発手法の使用により画像分解能に対して57%以上の幅のひび割れを確実に抽出した。また、ひび割れ幅の推定では、抽出されたひび割れの80%が、画像分解能に対して30%以下の幅の誤差であった。

キーワード：画像計測、輝度、幾何学的特性、ひび割れ抽出、ひび割れ幅推定

## 1. はじめに

限られた財政や技術者が不足するなかで経年劣化が進行した老朽化社会インフラの維持管理を効率的に実施する技術が求められている。維持更新のために実施されるインフラ点検業務では大規模な足場設置や高所作業車を用いた作業が伴い、墜落等の危険性が問題となる上、コスト、人手、手間がかかることが課題となっている。このような点検のうち法令点検となる近接目視と同等の点検方法として、画像解析による点検の開発を行った。本方法は、市販の一眼レフデジタルカメラを用いて点検対象構造物のひび割れを撮影し、撮影画像からひび割れ抽出やひび割れ幅の推定を行うものである。ひび割れ抽出は、画像の輝度値および幾何学的特性を利用した判定方法を元を実施し、ひび割れ幅

推定は、輝度の変化、ひび割れ角度等を考慮して分解能以下の精度で推定が可能な手法構築を目指した。これまでに、実際のRC桁での現地撮影を行い、画像計測手法を用いたひび割れ抽出や幅推定の精度を確認した<sup>1)</sup>。本稿では、撮影時の画像分解能と精度について着目し、分解能以下のひび割れ幅推定精度に関して検証を実施したので報告する。

## 2. 輝度と幾何学的特性を用いたひび割れ画像計測手法

### (1) ひび割れ画像計測手法の概要

図-1には、本稿で提案するひび割れ抽出と幅推定に関する画像解析計測手法の構成を示す。本画像解析計測手法は、3つの工程からなるひび割れ抽出手法

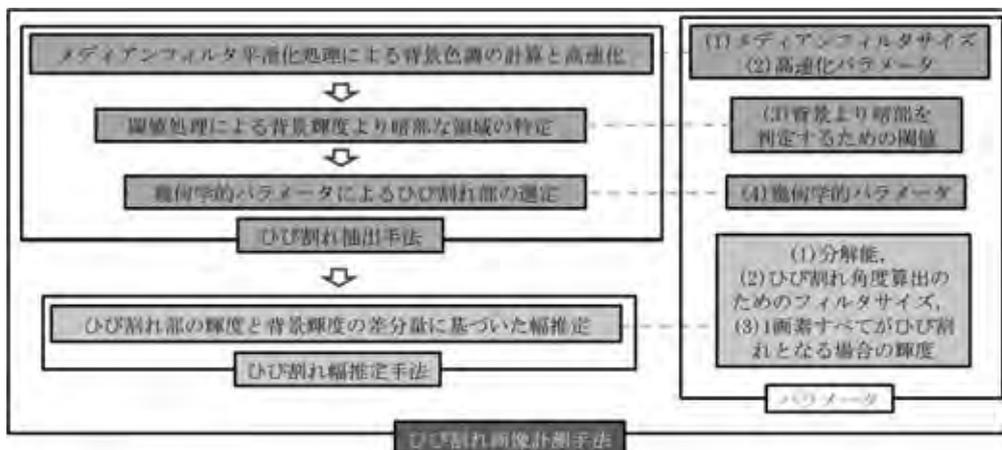


図-1 本稿で提案するひび割れ画像計測手法の構成

と1つの工程からなるひび割れ幅推定手法から構成されている。図-1には使用するパラメータ（図中、右欄）も示している。本手法では、抽出手法は4項目、幅推定手法は3項目のパラメータを設定することで、撮影画像からのひび割れ抽出と幅推定を行うことが可能となる。これらの詳細に関しては次節の2.(2),(3)にて説明を行う。

(2) ひび割れ抽出手法の詳細

図-2には、本ひび割れ画像処理手法の詳細を示す。

(a) メディアンフィルタ平滑化処理による背景輝度の計算

図-2(a)に示すように、ひび割れ部における輝度はひび割れのない部分の輝度（背景輝度）より暗く示されることに着目している。本手法では、背景輝度を藤田らの研究<sup>2)</sup>を参考にしてメディアンフィルタサイズをパラメータとしたメディアンフィルタ平滑化処理を行うことで計算した。ここで、メディアンフィルタサイズとは、対象画素を中心としたメディアン

フィルタで処理する正方形領域のサイズである。

(b) 平滑化処理による背景輝度算出の高速化

背景輝度算出のため画像全体の平滑化処理を実施すると計算時間が掛かるため、画像処理範囲を設定し、仮想グリッドを活用することにより短縮を行った。仮想グリッドは、輝度計算量を削減するために設定し、図-2(b)に示すように、グリッド交点の画素を活用して平滑化処理を実施している。また、グリッド内部の輝度は囲まれる4点の画素から内挿する処理により設定した。ここでは、画像の縦横分割数を決めるグリッド幅を高速化パラメータとして設定した。

(c) 閾値処理による暗部領域の特定

元画像の輝度と平滑化処理した背景輝度の任意の画素の比較により暗部領域を特定する。ここでは、平滑化処理した背景輝度より元画像の輝度が一定値以上小さい部分をひび割れが含まれる暗部領域とした。この際、暗部領域と判定する輝度値の閾値をパラメータとした。

(d) 幾何学的パラメータによるひび割れ部の選定  
次工程では、暗部領域からひび割れ部の抽出を行

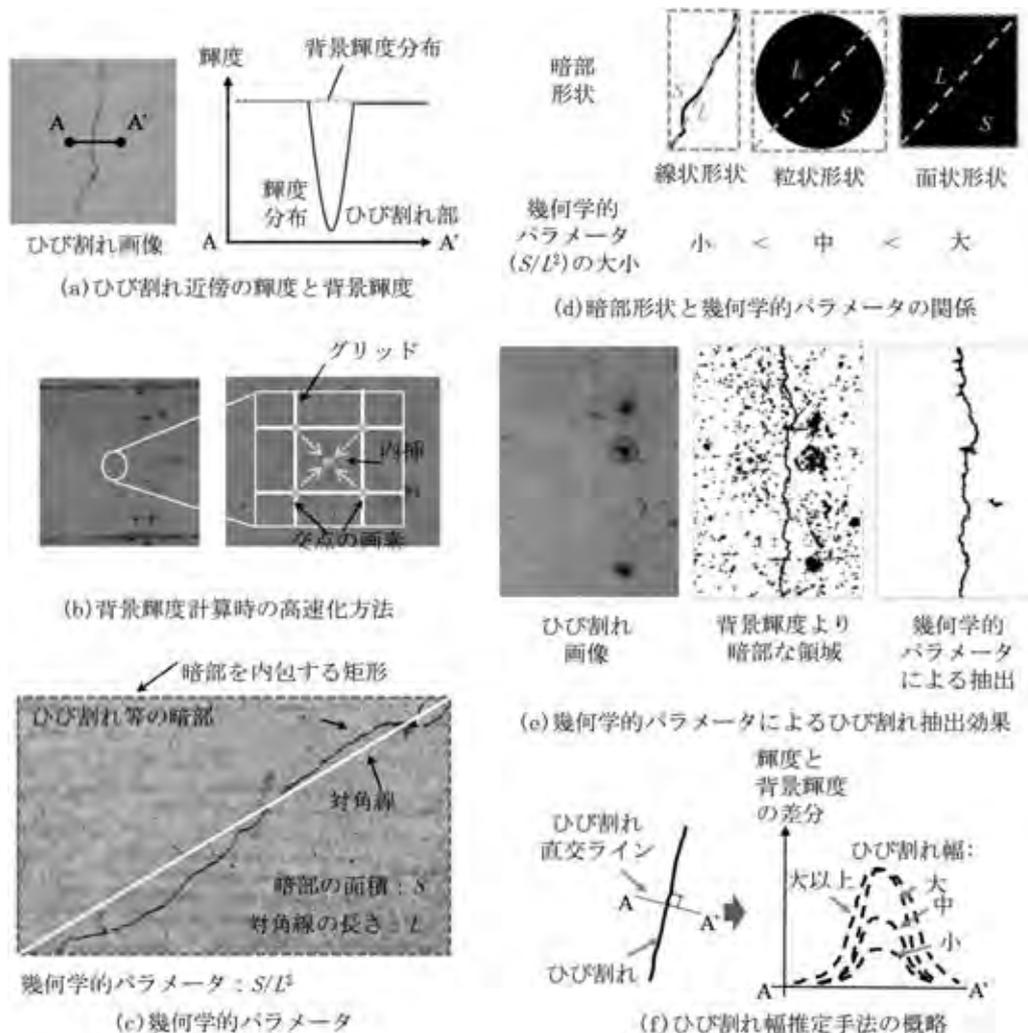


図-2 ひび割れ画像計測手法の詳細

う。全らの研究<sup>3)</sup>では、ひび割れ抽出に幾何学的特徴を使用しているが、本技術では、図一2(c)に示す幾何学的パラメータを考案し、暗部領域よりひび割れを抽出している。この幾何学的パラメータは、連続する暗部を囲む矩形の面積 $S$ 、その矩形の対角線の長さを $L$ とし、 $S/L^2$ で示される。この幾何学的パラメータは図一2(d)に示すように線状形状ほど値が小さくなる性質があり、この値を閾値に設定してひび割れを抽出する。図一2(e)に示すようにa), b), c)の処理を実施した後に、d)の処理を実施することで、線状構造のひび割れを高速かつ効率的に抽出することができる。

### (3) ひび割れ幅推定手法の詳細

図一2(f)に示すひび割れ幅推定の処理内容を詳細を以下に示す。

#### (a) ひび割れ角度の推定

ひび割れ角度の推定は測定したい抽出ひび割れに対して算出する。角度の算出は、幅を測定したいひび割れ画素を中心とした正方形領域内の画素にて計算し、領域内に分布するひび割れ画素の座標群を最小二乗法で直線近似することにより推定している。ここで、推定角度の誤差が小さくなるように、正方形領域の一边の長さをひび割れ角度算出用のフィルタサイズとして設定する。

(b) 輝度と背景輝度の差分を用いたひび割れ幅推定  
図一2(f)右図に示すように、ひび割れに直交方向の輝度と背景輝度の差分は凸状に分布し、ひび割れ幅が小さいほど凸状の面積が小さいことが分かる。これを利用し、ひび割れ幅が1画素の長さに相当する場合の輝度を設定し、測定したひび割れ輝度分布の面積との比較によりひび割れ幅の推定を行う。なお、ひび割れ幅は前述で推定した角度に対して直交方向の分布にて算出している。ここで、分解能とは画像上で1画素あたりの幅に相当する長さである。

## 3. 開発手法を用いたRC桁での現地実験

### (1) 検証実験

図一3に実験概要を示す。図一3(a)に示す高架橋構造物(建設後40年が経過)の一径間内の床版を使用して検証実験を実施した。床版と地上の距離は約7mで、約15m×5mの床版のうち、3.6m×3.6mの範囲を調査範囲とした(図一3(b))。検証のため、図一3(c)のように高所作業車を用いた近接目視による調査を行った。この調査では、ひび割れ分布取得のほか、等間隔に基準線を設け、この基準線とひび割れとの交点のひび割れ幅を計測し、画像解析結果と比較することとした(図一3(c))。基準線の間隔は200mmとするが、型枠跡を交差する部分は100mm



図一3 実験概要

とした。比較計測点数は316点であり、調査範囲のひび割れ幅は0.05未満～0.7mmであった。

撮影は、図-3(d)に示すように三脚に固定した一眼レフデジタルカメラ(Canon EOS 5D Mark III, 解像度5760×3840画素)を使用した。カメラの設定はISO感度100, プログラムオート機能を利用して行った。また、撮影範囲の調整方法はレンズのズームにより行い、撮影範囲を型枠跡(0.9m×1.8m)を基準として1枚分(分解能0.35mm), 4枚分(分解能0.70mm), 8枚分(分解能1.05mm)の床版の画像を撮影した。

(2) ひび割れ抽出精度

図-4には、画像解析のひび割れ抽出結果を示す。ひび割れ分布図より、分解能1.05mmとなる範囲においても画像処理により簡易的にひび割れ分布を取得できることが確認できた。

図-5には、ひび割れ幅とその抽出率との関係を示す。また、表-1には分解能毎の測定結果をまとめて示す。ここでひび割れの抽出率は、実際に計測したひび割れ数に対する画像処理によるひび割れ抽出数の割合とした(表-1参照)。図には、ひび割れ抽出率が100%に達する最小ひび割れ幅までのデータを示している。今回の画像処理による検証では、高分解能ほど抽出精度の向上が確認できた。補修の要否を判断する際使用される幅0.2mm<sup>4)</sup>のひび割れに着目すると、分解能0.35mmで100%、分解能0.70mmで96%、分解能1.05mmで81%の精度で抽出できることが確認できた。また、100%の抽出が可能となるひび割れ幅は、分解能0.35mmで0.20mm(分解能の57%)、分解能0.70mmで0.30mm(分解能43%)、分解能

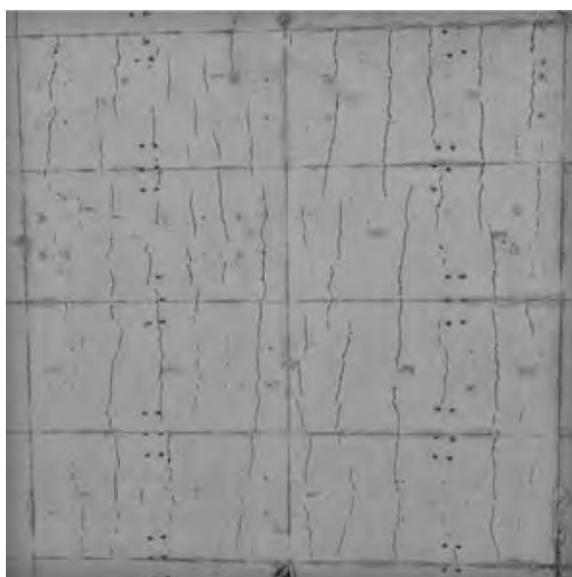


図-4 抽出したひび割れ分布図(分解能1.05mm)

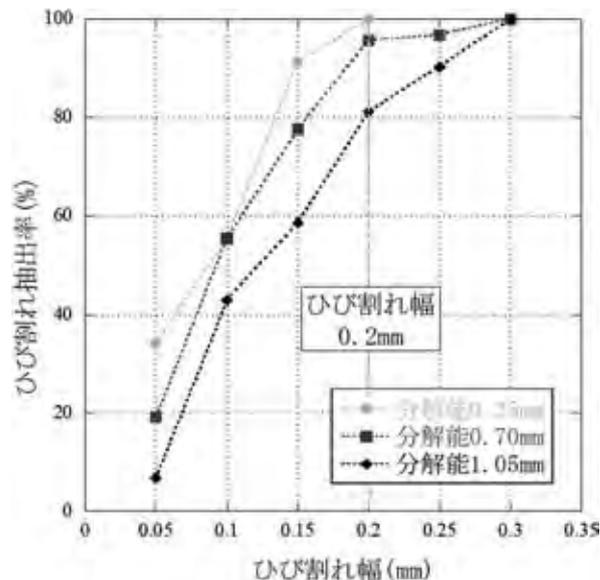


図-5 ひび割れ抽出率

表-1 各分解能での計測点数

ひび割れ幅 (mm)	計測点数 (点)	抽出できた計測点数 (点)		
		画像の分解能 (mm/画素)		
		0.35	0.70	1.05
0.05	73	25	14	5
0.1	56	31	31	24
0.15	58	53	45	34
0.20	69	69	66	56
0.25	31	-	30	28
0.30	12	-	12	12
0.30以上	17	-	-	-
全ひび割れ	316	209	196	144

1.05mmで0.30mm(分解能の29%)であった。これらの結果より、開発手法の使用により画像分解能に対して57%以上のひび割れは確実に抽出できることがわかった。

(3) ひび割れ幅推定精度

図-6には、抽出したひび割れ分布に対して実施したひび割れ幅推定結果の一例を示している。また、図-7には、実測ひび割れ幅と画像解析による推定

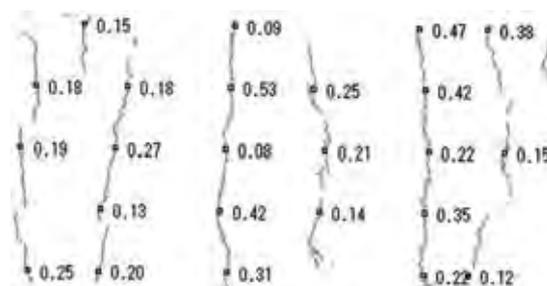
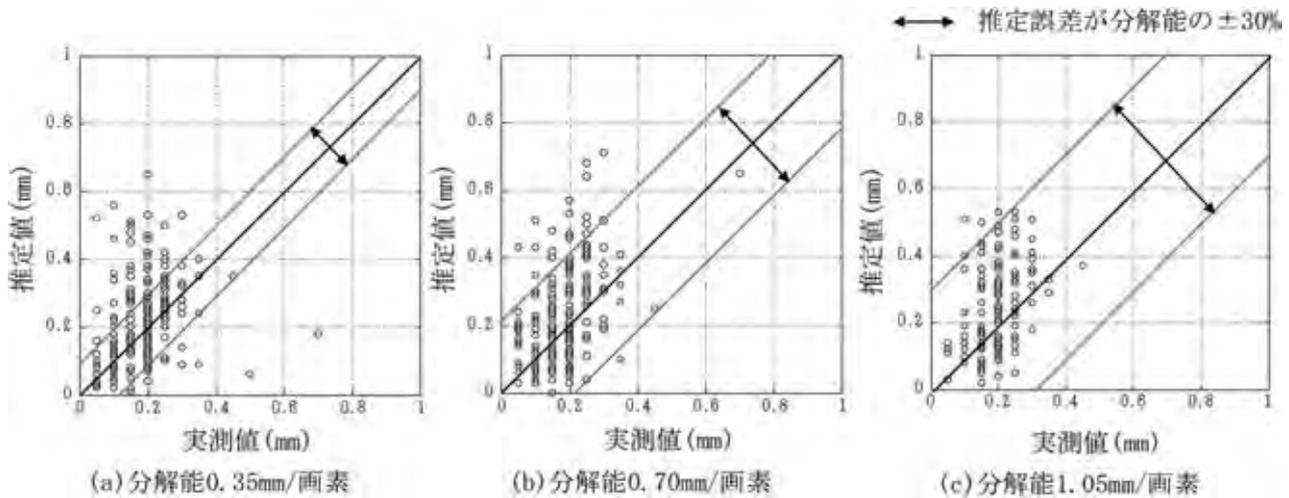


図-6 ひび割れ幅推定結果の例(単位:mm)



図一七 ひび割れ幅の実測値と推定値

ひび割れ幅との比較結果を示している。ひび割れの比較対象は、実測時に位置を特定したひび割れの316点とした。この際、角度算出時にひび割れと判定された画素の座標群と近似直線の相関係数を計算し、相関係数が小さく推定誤差が顕著に大きい推定値等は、考慮しないこととした。誤差が大きくなる原因として、画像解析にて2本のひび割れを1本とみなす、ノイズを含むひび割れから幅を算出する、局所的にひび割れ幅が拡縮していることが考えられ、適切な幅推定が行われていないと判断し、データから除外した。

図一七の比較図より、ひび割れ幅の推定結果は、いずれの分解能においても推定値のほうが大きくなる傾向が見られる。また、図中には分解能の±30%の範囲を示しているが、80%以上がその範囲に収まっている。これより、本手法では80%以上の確率で、画像分解能の30%以内の誤差にてひび割れ幅を推定可能であることが言える。

#### 4. おわりに

今回新たに幾何学的パラメータを使用したひび割れ抽出や輝度と背景輝度の差分から分解能以下のひび割れ幅の推定を試みるひび割れ幅推定手法を考案した。このひび割れ画像計測手法を使用し、ひび割れを有する実構造物での実証実験を行った。その結果、開発手法の使用により画像分解能に対して57%以上のひび割れを確実に抽出した。また、ひび割れ幅推定の結果、抽出したひび割れの80%が、画像分解能に対して

30%以内の誤差であった。

本稿で示したひび割れ画像解析技術は、ドローンにより撮影した画像に対しても適用可能と考えており、土木構造物を対象とした検証試験も別途実施している<sup>5)</sup>。

JICMA

#### 【参考文献】

- 1) 佐藤祐子, 渡辺健, 野間康隆, 西村毅, 澤田純之: 輝度と幾何学的特性を用いたRC桁のひび割れ画像計測手法の開発, 土木学会第73回年次学術講演会, Vol.73, V-611, 2018
- 2) 藤田悠介, 中村秀明, 浜本義彦: 画像処理によるコンクリート構造物の高精度なひび割れ自動抽出, 土木学会論文集F, Vol.66・No.3, pp.459-470, 2010
- 3) 全邦釘, 片岡望, 三輪知寛, 橋本和明, 大賀水田生: 統計的特徴および幾何学的特徴に着目したコンクリート表面ひび割れの画像解析による検出, 土木学会論文集F3, Vol.70・No.2, pp.I-1-I-8, 2014
- 4) 日本コンクリート工学協会: コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針, 2003, pp.61, 2003
- 5) 野間康隆, 早川健太郎, 黒台昌弘, 西村毅: UAVマルチコプタ撮影画像を用いたコンクリート構造物のひび割れ画像処理, リモートセンシング学会誌, Vol.38・No.3, pp.234-239, 2018

#### 【筆者紹介】

野間 康隆 (のま やすたか)  
安藤ハザマ  
建設本部技術研究所 土木研究部  
研究員



渡辺 健 (わたなべ けん)  
(公財) 鉄道総合技術研究所  
構造物技術研究部 コンクリート構造  
主任研究員



# トンネル壁面画像からのクラック自動検出

和田 智之・村上 武晴・斎藤 徳人・重田 将宏・Zaixing Mao

コンクリートを用いた建造物のメンテナンスが国内では大きな社会課題となることが予想される。本研究では、レーザーを利用した遠隔計測によりコンクリート表面の高速計測を実現するための装置開発を推進した。さらに、得られた結果を社会実装するための AI システムの開発を推進した。本稿では、取り組みの詳細を述べ、今後の可能性を議論する。

キーワード：インフラ自動計測, レーザー, 遠隔計測, AI, センサー

## 1. はじめに

高度経済成長期に建造された建築物, トンネル, 橋梁などのインフラは, すでに建造後 50 年が経過し, メンテナンスにかかる費用は, 今後大きく増大することが見込まれている。こうした中, 2012 年には笹子トンネルにおいて, 130 m に及ぶ天井の落下事故が起こり, その後も 2016 年には新東名神橋の落下, 2018 年旧上武橋の橋桁落下事故が起こるなど, トラブルは後を絶たない。インフラの事故は, 世界的にも発生しており, こうした建造物のメンテナンスは, 大きな社会課題となっている。本稿では, インフラ建造物の診断技術に関してわれわれが開発している新しいセンシング技術, および, AI を利用した診断技術に関して述べる。

これまで, 公的な道路にあるトンネルの検査は, 人が遠隔目視, 近接目視, ハンマーによる打音診断を公的な判断基準として検査が行われてきた。この検査過程では, 人がトンネルの壁面に接近し調査を行う必要があることから, 道路の片面の通行を止める必要があり, さらに検査スピードは, 一晩に数百メートルと限られてきた。検査にかかるコストも高く, 今後のインフラ計測には, あたらしい手法の導入が望まれていた。筆者らは, 政府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) による予算を得ることにより, 自動車から自動で, 表面の状態計測ができるシステムの開発を推進してきた。筆者らと同じグループで開発を行った量子科学技術研究開発機構, レーザー総合技術研究所は, パルスレーザーにより振動波を発生させる光のハンマーを開発することにより, ハンマーによる打音の

遠隔計測化を実現した。本稿では, 筆者らの開発した遠隔検知が可能なレーザーによる表面計測, さらに SIP 第 2 期で進められている AI の技術について紹介する。

現在理研では, トンネル壁面撮像装置を車両に搭載して移動しながらトンネル壁面を高精細に撮影する技術が開発されている。まず, 本計測技術を紹介し, その後, この装置で撮影されたトンネル壁面画像から機械学習によってクラックを自動的に検出するアルゴリズムの詳細を紹介する。

## 2. レーザーによる表面の計測

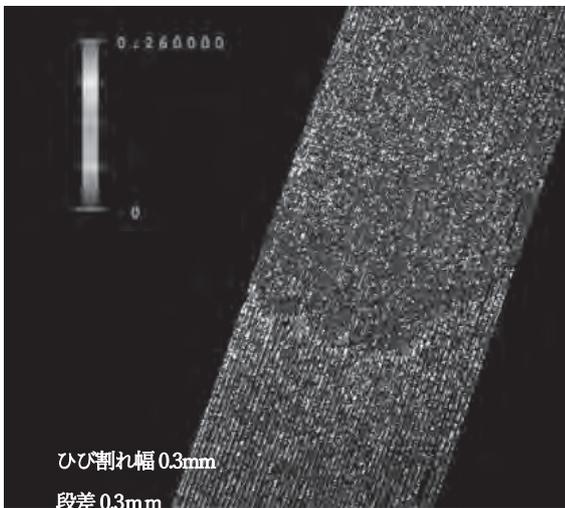
トンネル表面の計測に要求される仕様は, 交通を止めることなく計測することを目的として, 最低で時速 30 km の速度で, 現行のトンネル検査基準に対応した 0.2 mm の亀裂の計測を可能とすることである。

要求される高い分解能を達成するために筆者らはまず, STOP & GO 方式による可搬型レーザー遠隔計測システムを開発し「散乱計測」, 「干渉分析」, 「分光計測」を融合した, 新たな表面計測を提案, 実証した<sup>1)</sup>。

一般に市販されているレーザープロファイラ等の 3D 点群計測機は, その原理上太いレーザービームを使うため面内分解能が低く, 点群間隔も粗いため細かいひび割れを検出する目的には利用できない。筆者らは細く絞込まれたレーザービームを使用した上で高精度な距離計測を行うことができる周波数帰還形レーザーによる干渉計測を利用して, 地上から 5 m 離れたトンネル壁面から幅 0.2 mm のひび割れを 3D 形状として検出できるシステムを開発した (図 1, 2)。



図一 高分解能レーザー表面計測計測器



図二 高分解能レーザー計測により凹凸として検出された0.3mmのひび割れ

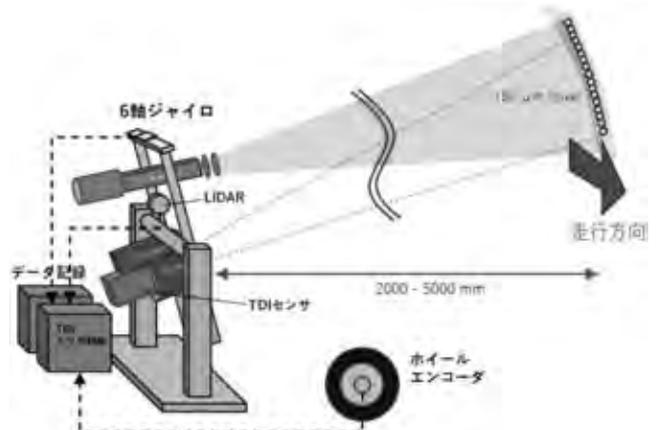
また複数の波長のレーザー光を用いる分光計測イメージングにより、壁面上の水分の検出や付着した苔などの異物を透過してその下のひび割れを検出できることを示した。

さらに道路トンネル内の自動診断では、トンネルを閉鎖することなく測定を実施できるように走行車両からの遠隔測定を実現することが不可欠である。国により基準は異なるが、日本国内では走行速度が30 km/h以上で、幅0.2 mmのひび割れを確実に検出できる速度と分解能が求められる。走行型画像計測の歴史は古く商業サービスも存在するが、十分な分解能を有する走行型トンネル計測技術は確立されていない。既存の車載計測システムの空間分解能は1 mmのオーダーである<sup>2)</sup>。筆者らはレーザー安全基準、交通規制を回避できる車両の最低速度、画素分解能150 μmでの許容露光時間などの各種制約下における信号強度を評価

し、1画素に対応する光エネルギーがわずかフォトン数個分であることを示した。この信号強度では、得られた画像はショットノイズにより白黒のランダムパターンになってしまう。

この問題を解決するためには、センサ感度の向上ではなく、絶対的な露光量を増やす必要がある。そこで筆者らは、移動体計測に限り有効なTime Delay Integration (TDI)方式をトンネル計測に導入した。TDIは、対象物の動きに同期して2次元イメージセンサアレイ上の電荷パターンをシフトさせることで、100倍から1000倍の多重露光を実現する技術である。TDI方式を導入するためには、多重露光の全段階において、移動する被写体とシフトする電荷パターンを正確に同期させなければならない。これを実現するには、走行中の車両のエアサスペンションのようなダンピング装置ではサイズや価格の面で実現が困難である。筆者らは剛体の振動6自由度を個別に検討した結果、車両の左右ローリング速度のみを機械的に抑制し、他の自由度をTDIのシフトトリガーを通して電子的に補正する方法が有効であることを発見した。外力のローリング軸方向モーメントを機械的に分離するスタビライザを開発し、シンプルな機構でローリング振動速度を1/10以下に低減させた<sup>3)</sup>。

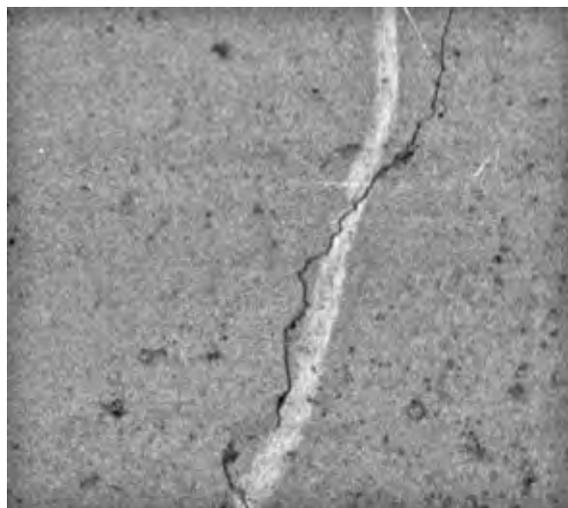
図一3, 4に示すように、本計測システムは、1Wのクラス2レーザー照明、TDIセンサアレイ、高速フォーカス制御機構、コントローラ、ローリング軸スタビライザを備えている。コントローラには、焦点距離測定用の市販LIDAR、車速エンコーダ、6軸ジャイロセンサを搭載し、全てのセンサからの信号をリアルタイムに処理しTDI駆動トリガを生成している。このシステムを用いて実際の道路トンネル壁面を計測し、図一5のように走行速度30 km/h以上で0.2 mmの分解能を達成した。我々のシステムは現時点で2D画像の



図一3 走行型レーザー表面計測装置概念図



図一4 走行型レーザー表面計測装置



図一5 走行型レーザー計測装置により取得した0.2mm幅のひび割れイメージ

みを取得するもので、距離情報を計測する能力は持っていない。しかし三次元計測においても計測の大前提は十分な数の光子が得られることであり、筆者らのシグナル強度に関する検討と解決手段は同様に適用可能である。

以上のように、筆者らは高分解能の車載レーザー計測を実現するための光子数を推定し、露光時間を長くするためにTDI計測を導入した。機械的・電氣的な補正技術を開発することで、車両走行中の動きの揺らぎを克服し、高速・高分解能のレーザー計測を確立した。この技術は測距や分光など他のLIDAR計測の空間分解能の向上にも利用できる。筆者らの次の計画は、このシステムにフォトメトリックステレオ技術を適用することである<sup>4)</sup>。これは複数の異なる光源からのピクセル同期された高解像度画像を用いて、表面のテクスチャの影響を排除し、微細な凹凸を検出するものである。

### 3. 機械学習によるクラック検出

#### (1) 深層学習

データの解析には①パブリックデータセットを用いた学習、②筆者らの撮影したトンネル壁面画像を用いた学習の2段階に分けて行った。

①では、先に大量のひび割れ画像を用いて学習することで、ひび割れの特徴を学習した識別器を生成した。使用した画像は260枚の舗装された道路のひび割れ画像である<sup>5)</sup>。既にひび割れにラベリングがされており、このラベリングデータを正解データとして使用した。この画像をそのまま学習しようとする、サイズが大きく今回使用するモデルに適さないため、5つに切り分けて学習させた。最終的に、512×512の画像1300枚を用いて道路のひび割れを識別可能な識別器を生成した。

②では、(1)で作成した識別器をファインチューニングすることで、トンネル壁面画像からひび割れが検出できるように適合させた。トンネル壁面画像はラベリングがなされていないため、(1)で作成した識別器を用いることによってラベリングの手間を軽減し、少ないデータでの精度の向上を試みた。このデータのラベリングは筆者らの手作業ですべて行い、このラベリングを正解データとして扱った。学習に使用した画像のサイズは512×464であった。また、枚数は120枚であり、そのうちひび割れが含まれているデータは60枚であった。

今回識別器の生成にはUNet<sup>6)</sup>を基にしたモデルを使用した。UNetはセマンティックセグメンテーションに特化したモデルの一つである。このUNetに残差ブロック<sup>7)</sup>を追加したモデルを今回使用した。そのままUNetを使用するよりも、残差ブロックが組み込まれたモデルの方が精度が向上することが見込まれる。

#### (2) 評価方法

今回定量的評価にはDice Scoreという指標を用いた。この指標は、ひび割れをひび割れでは無いと判断した場合、また、ひび割れではない部分をひび割れと判断した場合の両方が考慮されている指標である。ひび割れの評価のためには、ピクセル単位で正否を判断する必要がある。そのため、画像中の予測されたピクセル数と正解のピクセル数の合計を分母に、予測と正解が画像中で合致した領域のピクセル数を2倍した物を分子にとった結果を評価に使用した。

また、今回正解領域の付近が識別されているもの

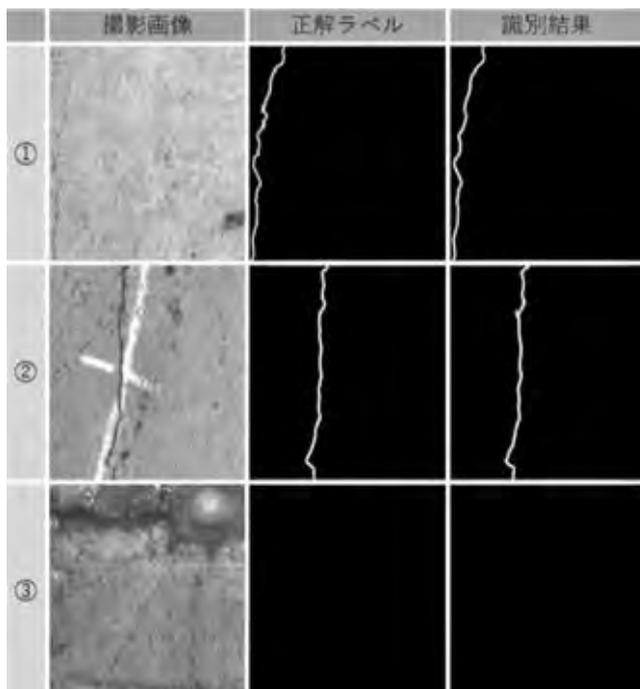
の、手作業によるずれによって正解領域と被っていないために未検出の扱いとされてしまう領域が発生した。そこで、ピクセル単位で比較した場合は未検出となってしまうが、正解領域と隣接しており検出できていると判断ができるような領域を正解とみなす処理を行った。具体的には、Dice Score の計算の際に、正解領域から2ピクセル離れている領域までは検出されているとみなすこととした。

学習の際に正解データとして用いた画像は二値画像であったが、識別結果はグレースケールで出力されるため、それぞれのピクセルは0～255の値を取る。そこで、閾値を設定して、閾値以上の数値を取ったピクセルを検出結果として二値化を行い評価を行った。今回精度評価用のテスト画像には、訓練画像と同じトンネルで撮影された、訓練画像と異なるひび割れ画像50枚を使用した。それぞれの画像のDice Score を算出して、その平均を取ることで最終的な評価を行った。

## 4. 結果

### (1) 検出の成功例

検出の成功例を図一6に示す。トンネル壁面にはひび割れのマーキングのためにつけられたチョークがあるが、ひび割れと同じように背景との境界がはっきりしており、外乱となり得る。①はチョークの無い画像で、②がチョークがある画像だが、それぞれ誤検出がなく正しく識別されていることがわかる。また、③



図一6 ひび割れ検出の成功例

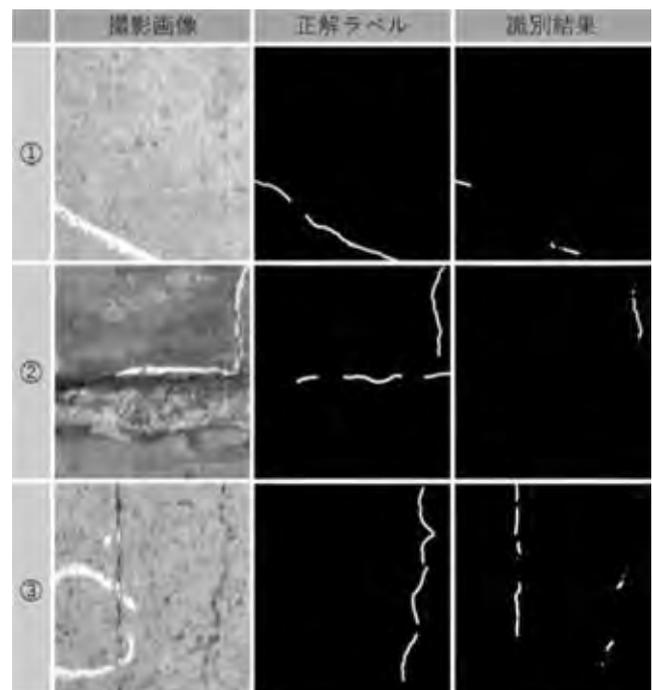
はひび割れと似ているが、実際はトンネル壁面に付着している虫の繭から伸びている糸であり、全くひび割れとは関係のない画像である。このような紛らわしい画像も正しくひび割れではないと判断されている。

### (2) 定量的評価

2.2項で述べたDice Scoreの算出を、1～255の閾値別に行った。今回、正解データとして用いた画像は二値画像のため、識別器を用いて出力された結果のピクセルの濃さはそのまま信頼度と考えることが可能である。その信頼度が90%に当たる、閾値230の部分のDice Scoreを確認した結果、83.8%であった。また、最もDice Scoreが高い部分では閾値88.9%となった。

### (3) 検出の失敗例

定量的評価では最大88.9%という高精度なモデルが生成できたことを述べたが、1割の誤検出の発生が課題となっている。ここで、検出の失敗例を図一7に示す。①はひび割れの幅が非常に狭い画像である。また、②はひび割れの幅が分かりにくい画像になっている。③は本来右がひび割れで、左の直線が壁面の境界となっているが、壁面の境界をひび割れと誤認識している。これらのような多岐にわたる種類の誤検出の例がまだ存在しており、更なる高精度化のためには、データの増量や画像の前処理、モデルの見直し等が必要であると考えられる。



図一7 ひび割れ検出の失敗例

## 5. おわりに

本稿では、これまでに開発した、トンネル壁面の計測装置および、深層学習を用いたトンネル壁面のクラック検出手法について述べ、実際の検出結果の評価を行った。今回紹介した手法では、まだ筆者らの撮影したトンネル壁面画像の数は少なく、画像にもほとんど処理を施すこともなかった。一般にはデータを増やせば精度が向上することが知られており、また画像にも前処理を加えることで精度が向上する可能性がある。これらの方法を活かして更に精度が向上するように努めていきたい。また、最大の問題はひび割れがある部分をひび割れではないと判断してしまうことであるため、今後はその対策に注力をしていきたいと考えている。



### 《参考文献》

- 1) T. Murakami, N. Saito, Y. Komachi, K. Okamura, T. Michikawa, M. Sakashita, S. Kogure, K. Kase, S. Wada, K. Midorikawa: "High spatial resolution survey using frequency-shifted feedback laser for transport infrastructure maintenance" *Journal of Disaster Research*, 12, 546-556 (2017).
- 2) Roberto Medina, José Llamas, Jaime Gómez-García-Bermejo, Eduardo Zalama and Miguel José Segarra. "Crack Detection in Concrete Tunnels Using a Gabor Filter Invariant to Rotation" *Sensors* 2017, 17, 1670 (2017).
- 3) T. Murakami et al., "Extending the Exposure Time in High-Resolution Mobile Tunnel LIDAR," *CLEO/Europe-EQEC* 2019,

Munich, Germany, 2019, doi: 10.1109/CLEO-EQEC.2019.8873221.

- 4) A. Landström, M. J. Thurley, H. Jonsson, "Sub-Millimeter Crack Detection in Casted Steel Using Color Photometric Stereo", *Digital Image Computing: Techniques and Applications*, pp. 1-7, 2013.
- 5) Zou, Q., Zhang, Z., Li, Q., Qi, X., Wang, Q. and Wang, S., Deepcrack: Learning hierarchical convolutional features for crack detection, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.28, No.3, pp.1498-1512, 2019.
- 6) Ronneberger, O., Fischer, P. and Brox, T., U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, pp.234-241, 2015.
- 7) He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., Deep residual learning for image recognition, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.770-778, 2015.

### 【筆者紹介】

和田 智之(わだ さとし)

理化学研究所

量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム

村上 武晴(むらかみ たけはる)

理化学研究所

量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム

斎藤 徳人(さいとう のりひと)

理化学研究所

量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム

重田 将宏(しげた まさひろ)

理化学研究所

量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム

Zaixing Mao (ザイシン マオ)

理化学研究所

量子工学研究センター 量子制御技術開発チーム



## 女性専用仮設トイレが気付かせてくれたもの フラワートイレプロジェクトから快適トイレへ

熊本 好美

建設現場で多く使われる仮設トイレ。現場で働く女性のために仮設トイレ業界で初めて開発された女性専用仮設トイレ開発プロジェクト「フラワートイレプロジェクト」の活動を通して、建設業界の環境改善についてどんな気づきがあったか、女性だけではなく男性も働きやすい環境作りとは何かを紹介する。  
キーワード：女性専用仮設トイレ、フラワートイレプロジェクト、快適トイレ

### 1. 「フラワートイレプロジェクト」発足のきっかけ

「フラワートイレプロジェクト」は、仮設トイレメーカー・日野興業(株)内に2014年に発足した女性専用仮設トイレを開発するためのプロジェクトである。日野興業は1952年に設立、仮設トイレやその周辺商品の製造・販売・レンタルを行っており、日本で最初に仮設トイレを開発した企業である。

プロジェクト発足までは、仮設トイレ業界では規模の大きな現場向けのユニットハウス型において女性専用仮設トイレは存在していたが、量産されている樹脂製の仮設トイレには「女性専用」は存在していなかった。「プロジェクト」と銘打ったは良いが、発足当時はメンバーが男性1名とのみという体制であった。

プロジェクト発足のきっかけはなんだったのか。一つは当時の政権による女性活躍推進である。これをきっかけに建設業界では女性活躍推進のためのアクションプランが発表され(図-1)、その中で「女性が安心して使用できるトイレの設置などの環境整備に最大限配慮する」と明確に女性専用トイレの重要性が謳われた。

もう一つは、プロジェクト担当者が建設会社による女性専用仮設トイレ設置プロジェクトに参画する機会を得たことにある。既に存在していた樹脂製・及びハウス型トイレに、建設会社の女性社員の意見をもとに洋式便器、擬音装置、鏡、手洗い設備、充実した収納等を設けて女性専用仮設トイレとし、これらは実際に九州・沖縄の現場で運用された(写真-1)。

これらの国としての動きやプロジェクト参画の経験から、女性技術者・技能者の方達が本来の力を発揮で

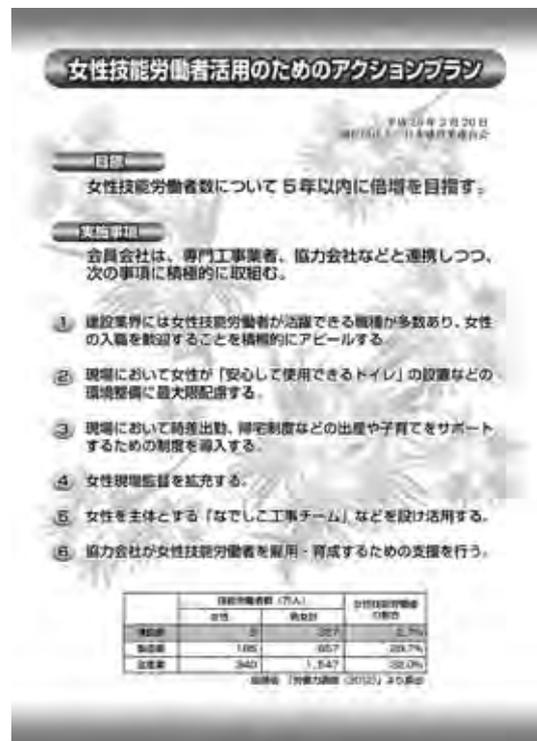


図-1 日本建設業連合会 女性技能者活用のためのアクションプラン



写真-1 実際に建設現場に設置された女性専用仮設トイレ

きる環境作りを目標に掲げ、女性に配慮した仮設トイレ開発を目指して「フラワートイレプロジェクト」は発足したのである。

## 2. ピンク色のトイレの開発

当プロジェクトがまず行ったのは、マーケティングである。多くの女性技術者・技能者の声を集めることが必要だと考えたプロジェクト担当者は、取引先企業等の女性技術者の方々にトイレへの要望を聞いて回った。しかし、さらに当プロジェクトを推進するには実際に商品を見て・触って・使っていたいただいた評価を活かしていきたいと考えるようになり、ピンク色のトイレの製造を思いつく。

なぜピンク色なのか。「女性はピンク色が好き」という固定概念にとらわれてはいないだろうか。これには、まずは女性専用仮設トイレを認知してもらう必要があるという考えがあった。建設業界の女性は増えてきているとはいえ少数派であり、トイレ設置の決定権を持つ立場の方の多くは男性であるという事実があった。その方達にインパクトのある色で女性専用仮設トイレの存在を知っていただき、それを設置することが女性技術者を大切にする、ひいては企業イメージアップにもつながるということを分かり易く伝えるためであった。

2014年10月に、樹脂製品ではロットの的にタブーとされていた小ロット生産でピンク色の樹脂製トイレを試作した(写真-2)。

なぜ樹脂製品の小ロット生産がタブーなのか。日野興業では委託先企業に依頼してブロー成形で主力商品である樹脂製仮設トイレを製造していたが、通常製造しているのはブルーの製品であり、ピンク色の製品を作るためにはブルーの生産ラインを一旦止めなければならない。また、色の変更には大量の原料のロスを発



写真-2 ピンク色の樹脂製仮設トイレ「フラワートイレ LXシリーズ」

生させる過程が必要となる。そのため一定数の需要の目処が立たなければ採算が合わないのだ。しかし、トイレ製造の委託先企業がこの試みを快諾してくれたため、ピンク色のトイレの試作が可能となった。また、フラワートイレには黄色のドアを使用しているが、これはたまたま取り扱った製品を活用してピンクと黄色の花、「フラワー」をイメージできると考えたことによる。

こうして「フラワートイレ」が誕生し、まずはいくつかの建設現場の協力を得てデモ設置を行った。また、東京ビッグサイトで初めて開催された「トイレ産業展」にも出展(写真-3)。キャラクター「はなちゃん」(図-2)も作成し、フラワートイレのイメージ作りに一役買った。仮設トイレ業界において品番ではなく商品名を付け、キャラクターを設けたのは初めてのことであった。これは後々、お客様に「フラワートイレ」を名指しで希望してもらう事につながった。



写真-3 トイレ産業展の様子



図-2 はなちゃん

また、トイレ産業展では取引先企業の女性社員にデザインを依頼した、多目的トイレをベースにしたハイグレードタイプのトイレも併せて展示を行った。これらは多くの注目を浴び、テレビやインターネットニュースに取り上げられた。このことがきっかけでレンタルを中心とした多くのお問合せがあり、札幌市建設局主催のイベントでのデモ設置につながる。余談で



写真—4 札幌市イベント

はあるが、このイベントの際には参加した子供たちが「フラワートイレ」にいたく喜び、記念撮影をする親子まで現れた。このような光景はこれまでの仮設トイレ設置現場に無いものであり、設置に携わった担当者は非常に感動したという（写真—4）。

トイレ産業展会中には100名以上の女性にアンケートにご協力いただき、女性がトイレに希望する設備等をうかがった（図—3）。当然の結果ではあるが86%の女性回答者が女性専用仮設トイレの設置が必要と答え、展示商品についても高い評価をいただいた。また、必要と思われる設備についてもお答えいただき、その後のフラワートイレ正式発売に向けての仕様について重要な資料となった。

これらの取り組みを経てフラワートイレの仕様をさらに精査し、2015年4月に発表された日建連「けんせつ小町が働きやすい現場環境マニュアル」に謳われ

た仕様も準拠した形で2015年6月に正式にフラワートイレLXシリーズの販売とレンタルを開始した。プロジェクト担当者はその後も建設会社の女性技術者を対象にした研修にフラワートイレを持ち込んでヒヤリングを行ったり、プロジェクトに女性社員を参加させる等フラワートイレプロジェクトを進めていった。

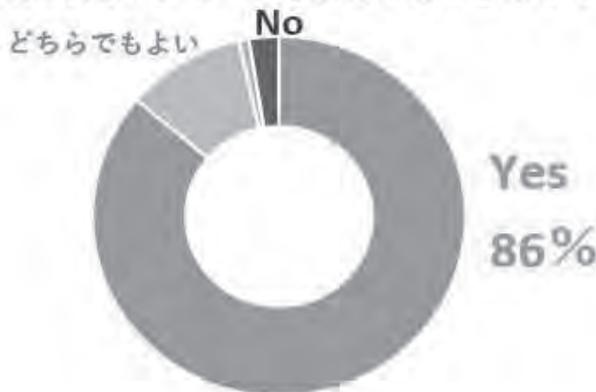
2016年には、住宅メーカーとの共同開発でハウス型女性専用仮設トイレ「フラワートイレ ブルーム」の販売・レンタルを開始した。設計は共同で行い、製造を住宅メーカー、運用を日野興業が行う。室内は広く、住宅向けの建材をふだんに使い棚や手洗器も備えている。ドアも集合住宅で使用されているものと同じもので、しっかりした作りと鍵で安心して使うことができる。この「ブルーム」はフラワートイレシリーズのハイグレードタイプとして位置付けられ、大規模現場の女性用トイレや分譲住宅地の来客用トイレとして使用された実績がある（写真—5）。



写真—5 フラワートイレ ブルーム

### 第1回トイレ産業展での日野興業ブースアンケート結果（抜粋）

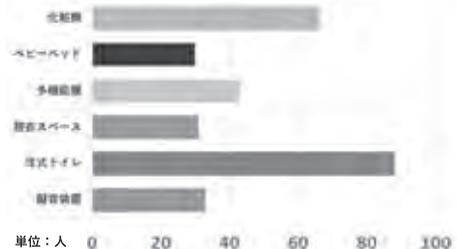
Q.女性専用のトイレは必要だと思いますか？



Q.展示している仮設トイレについてどのような印象を持ちましたか？



Q.女性専用仮設トイレに必要な設備は？



図—3 トイレ産業展アンケート結果

### 3. もっと多くの現場にフラワートイレを

さらにプロジェクトは歩みを進める。次は「より使いやすいトイレ」を目指し樹脂製でありながら広さと充実した設備を実現した「WLX シリーズ」の開発に着手した。

レンタルの女性専用仮設トイレとしては、「LX シリーズ」は比較的安価ではあるが課題としてその狭さが挙げられていた。「ブルーム」は高級感も広さもあるが価格が高額になってしまう。お客様からは、良い設備でありながら価格が手頃な商品を求められていた。

それに加えてレンタル商品として運用しやすいものでなければならない。運用しやすいとは、レンタル会社にとって丈夫で整備がやすく、現場での設置や保管ヤードでの移動に使われるクレーン車やフォークリフトの使用も可能な商品という事だ。また、レンタル価格に直結する重要な点として運搬費を抑えるということに着目した。現場に設置する際に通常使用しているパワーゲート車で運搬し、トイレ設置業者の人の手にとって積下ろし可能としなければならなかった。「WLX シリーズ」は「LX シリーズ」を2台繋げ、中央の壁を取り払うというもの。一見簡単なことと思えるが、構造的に中央部の接続部分がどうしても弱くなってしまふ。接続部分の部材は多くの試作や実験を通してようやく満足いくものを制作することができた。

広さを生かしてフックや棚の数を増やし、手洗器も設置。運用が開始されてすぐに弊社の主力商品となり、公共工事の現場にも多く使われた(写真一6)。

### 4. 「快適トイレ」の原則化

弊社が「フラワートイレプロジェクト」を進めていた頃、国交省が2016年10月から直轄現場において「快

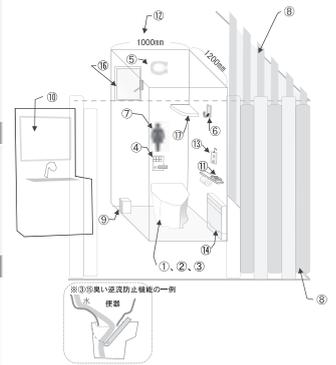


写真一6 WLX シリーズ設置事例

### 快適トイレの標準仕様イメージ



1. 快適トイレに求める機能
  - ①洋式便器
  - ②水洗及び簡易水洗機能(し尿処理装置を含む)
  - ③臭い逆流防止機能
  - ④容易に開かない施錠機能
  - ⑤照明設備
  - ⑥衣類掛け等のフック、又は荷物の置ける棚(耐荷重を5kg以上とする)
2. 付属品として備えるもの
  - ⑦現場に男女がいる場合に男女別の明確な表示
  - ⑧入口の目隠しの設置(男女別トイレ間も含め入口が直接見えないような配置等)
  - ⑨サニタリーボックス(女性用トイレに必ず設置)
  - ⑩鏡と手洗器
  - ⑪便座除菌クリーナー等の衛生用品
3. 推奨する仕様、付属品
  - ⑫便室内寸法900×900mm以上(面積ではない)
  - ⑬騒音装置(機能を含む)
  - ⑭着替え台
  - ⑮臭気対策機能の多量化
  - ⑯室内温度の調整が可能な設備
  - ⑰小物置き場(トイレットペーパー予備置き場等)



図一4 国交省「快適トイレ」仕様

適トイレ」を原則化した。これは男女共に良い仮設トイレを設置し、労働環境改善を行うことを通して建設業界の労働環境改善と担い手不足解消を行う取り組みである。全部で17項目の仕様が定められ、これらを満たした「快適トイレ」を設置した工事には予算がつくこととなる(図一4)。

男女共に、というキーワードは、「フラワートイレ」を設置した現場でのヒヤリングでも度々聞こえてきていた。設備が整い、新商品のためきれいな「フラワートイレ」を見た男性の技術者・技能者から「自分たちもこんないいトイレを使いたい」という意見が出てきたのだ。それまでは用を足すだけの、こだわりを持たれることも無いと考えられていた仮設トイレは、実は隠れた不満要素だった。このような意見を受けて、グレーを基調にしながら設備は「フラワートイレ WLX シリーズ」同等の設備を備えた男女兼用トイレ「WGX シリーズ」の開発につながった。

「WGX シリーズ」は国交省「快適トイレ」仕様を満たす商品として多くの現場に設置されることとなった。「フラワートイレプロジェクト」は現在では快適トイレ促進に形を変え、より良い仮設トイレを現場にお届けするための取組みを続けている。

### 5. 「フラワートイレプロジェクト」が問いかけた今後

国交省「快適トイレ」の取組みは全国の自治体や民間の建設会社、住宅業界にも広がり、多くの建設現場でその設置が進んでいる。しかし国交省直轄現場での設置率を見るとおよそ40%であり、さらなる設置率向上が望まれる。また、筆者自身が全国の展示会や女性活躍推進のイベント等で建設業関係者に話をうかが

うと、「快適トイレ」や「女性専用仮設トイレ」の存在を知らない方も一定数いる。これからも商品のPRや、安定した商品の供給が重要だと感じている。

また、良いトイレというハードは広がりつつあるが、夏の暑さや汲取式のトイレの臭いと虫の発生は大きな課題である。いくら良いトイレを導入してもこれらが快適さを損なってしまう。臭いと虫の防止については水洗式のトイレを導入することが根本的な解決策なのだが、インフラが整わない現場は数多い。今後は仮設トイレ用のクーラーや、臭いと虫の発生を防止する薬剤の開発に取り組んでいく方針だ。これらについても「フラワートイレプロジェクト」で学んだ、実際に現場の方に見て・触って・使っていただくという方法でより良いものを作っていく。

もう一つお伝えしたいことがある。建設現場のトイレはイコール災害現場のトイレであるという事実だ。災害時の避難所等に設置される仮設トイレは、普段建設現場で使用されている仮設トイレの余剰在庫である。避難所への設置要請があった際に建設現場に出て

いなかったものが運ばれていく。つまり、建設現場のトイレが「快適トイレ」になれば災害時に使われるトイレも自ずと「快適トイレ」になるのである。

避難所のトイレは、高齢者や子供にとって使い辛く、清潔でない等批判を浴びてしまうことが多くある。豪雨災害や地震が頻発する昨今では誰が被災者になってもおかしくない中、「快適トイレ」が広がることで避難所のトイレの改善が進む。このことは建設業界に携わる人だけではなく日本に住む全ての人に関わることを考えられるのではないかと。今後、多くの現場において、「快適トイレ」が広がることを望まれる。

JCMA

【筆者紹介】

熊本 好美 (くまもと よしみ)

日野興業(株)

営業企画部 営業企画課



ずいそう

## Kamioaka の地下から探る宇宙

池田 一 得



## 1. はじめに

本稿では、地下空間の利用方法の一つとして、宇宙の研究について紹介をしたいと思います。宇宙観測といえば空を見上げる望遠鏡がすぐに思い浮かぶかもしれませんが、地下に潜り、真っ暗闇の中で宇宙を見つめる研究も存在するのです。その一つとして世界をリードしているのがスーパーカミオカンデ実験です。どうして地下なのか？宇宙のなにを研究するのか？さらに、これから建設のはじまる新しい実験ハイパーカミオカンデの紹介もしたいと思います。

スーパーカミオカンデ検出器（SK：図-1）は岐阜県飛騨市神岡町の神岡鉱山内に存在します。池の山の山頂下 1,000 m に建設された総体積約 5 万 t の超純水を満たした検出器は、世界に存在する地下宇宙・素粒子実験装置のなかで最大級のものです。

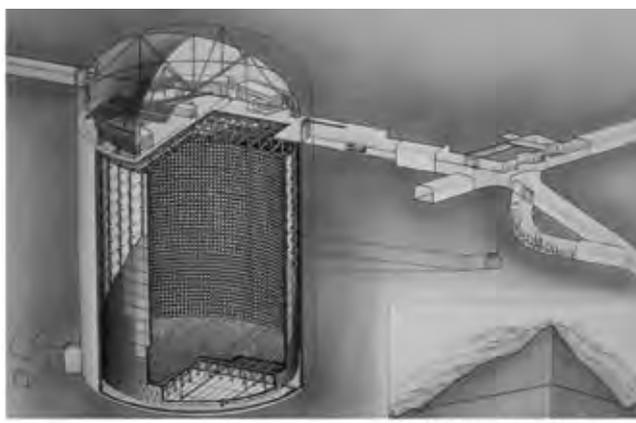


図-1 スーパーカミオカンデ検出器

## 2. なぜ地下に？

SK で主に観測しているのがニュートリノという、とても小さい粒子（電子質量の 100 万分の 1 以下という上限も得られています）です。そんな極微小なニュートリノは我々の世界を構成する素となる粒子である素粒子の一つです。SK でニュートリノをどのように観測しているかという、まず地下 1,000 m に 5 万 t の

水タンクを設置するための空洞を掘り、ニュートリノの標的として大量の水、それも不純物を極限まで取り除いた超純水をタンクに貯め、タンク壁面に高感度で大口径 50 cm の光センサーである光電子増倍管 11,000 本を配置します。そして、ニュートリノがごく稀に水と反応する際に発生する微弱な光であるチェレンコフ光をセンサーで捉えることでニュートリノを観測することができます（図-2 参照）。そもそもどうして地下なのでしょう。理由は、SK では光ではなくニュートリノで宇宙を観測しているためです。ニュートリノは物質とほとんど反応しません。例えば、太陽で作られたニュートリノの数は、太陽に手をかざすと 1 秒間に手のひらを約 100 兆個も貫通するのですが、そこで反応するニュートリノの数は一生待っても 1 回あるかないくらいです。一方で、地上ではニュートリノ以外の様々な粒子が存在し、特に宇宙から飛んできた陽子等の粒子が地球の大気と反応してできるミュー粒子と呼ばれる粒子は地上で手のひらを 1 秒間に 1 個貫通し、手の物質ともれなく反応します。つまり地上では、一生に一回のニュートリノに対して、1 秒に一回のミュー粒子が邪魔をしてしまうのです。地下 1,000 m では、ミュー粒子が岩盤で遮蔽されて 10 万分の 1 程度になります。ニュートリノの反応数に比べるとまだまだ邪魔者が多いのですが、それだけ減ってくるとニュートリノ観測がしやすくなるのです。

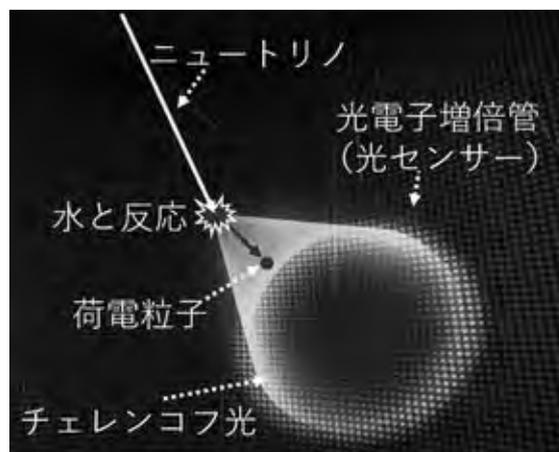


図-2 スーパーカミオカンデでの観測原理

### 3. 地下で宇宙を観る

地下に潜ってニュートリノ観測をしているSKですが、筆者が主に探しているのは宇宙から飛んでくるニュートリノです。中でも、星が一生の最後に起こす大爆発、超新星爆発で作られたニュートリノは重要な研究対象の一つです。超新星爆発の光による観測については、何千年も前の古文書にも記録が残っているほどで、実は人類とは長い付き合いになります。にもかかわらず、超新星爆発の仕組みを解明する決定的な観測ができていないのが現状です。超新星爆発の際に大量のニュートリノが生成され、ニュートリノは爆発エネルギーの99%を持ち去るといわれています。さらに、光とは違ってニュートリノは物をするする通り抜けるので、観測する我々に爆発している星内部の様子を実況中継してくれます。銀河中心で超新星爆発が起これば、爆発の約10秒間に5千から1万個のニュートリノがSKで観測されると予想され、理論の検証をすることができます。また、SKは観測されたニュートリノの方向から超新星爆発の方向を精度よく指し示すことができます（これができるのは世界でもSKだけ）。光が超新星爆発から放出されるのはニュートリノよりも遅いので、SKが超新星爆発ニュートリノを観測し、いち早く全世界の天文台にその方向を知らせ

ることができれば、我々がこれまで観測したことのない超新星爆発の瞬間の光をとらえることができます。その瞬間がいつやってきてもいいように、SKでは常時モニターを行い、超新星爆発を待ち構えています。

### 4. ハイパーカミオカンデ建設スタート！

ハイパーカミオカンデ実験は、SKの後継となる実験で、世界15カ国以上の参加による国際共同実験です。検出器の本体は、直径68m～、深さ71m～の円筒形の検出器で、体積は26万t、観測に用いる有効体積は19万tでSKの約10倍になります。今年度から建設を開始するための予算が成立し、正式にプロジェクトが開始しました。これまで神岡をはじめ、世界中で培ったニュートリノ実験技術を結集させ、2027年度に観測を開始する予定です。現在は来年度からいよいよ始まる掘削工事のための準備を行っています。観測開始まで数々のハードルを越えていく必要がありますが、まずは世界最大の地下空洞の掘削に挑戦です。今後も神岡から新しい発見が続くように、日々努力していきたいと思っておりますのでよろしくお願いいたします。

——いけだ もとやす 東京大学 宇宙線研究所  
神岡宇宙素粒子研究施設 助教——

ずいそう

## 家族の生き様が 大切な事を伝えてくれた



植松 努

僕は北海道の真ん中あたりにある、赤平市で会社を経営しています。

この町は、昔は石炭を掘っていました。特に、戦後は復員対策で沢山の人がやってきて、最大で6万人ほどの町になったそうです。でも、戦後復興が進むと共に、石炭も掘らなくなり、いまでは1万人を割り込んで、毎年、300人～400人も人が減る町になりました。

そんな町で、僕の父さんは会社をはじめました。炭鉱で使用される特殊な電動機の修理の仕事です。そのときにつくった会社が「植松電機」です。店を出すにしても、あまりよい土地を得ることができず、まずは、くぼんだ土地に石をいれて平らにするとところからを、父さんと母さんは助けあってやったそうです。

僕の父さんも母さんも、北海道の北にある樺太で生まれました。当時日本では、満州や樺太への入植を強化しており、多くの人々が日本を離れて満州や樺太に渡ったそうです。それは、半ば強制的なものだったそうです。

僕のじいちゃんは、入植団をまとめるような役目をしていたらしく、樺太でも新しい事業や仕事の立ち上げにずいぶん関わったようです。当時の樺太は、寒かった事と、海外との交流が多かった事もあり、東京よりも自動車が多かったそうです。そんな樺太で、じいちゃんは、バスとタクシーの会社を作ったそうです。僕の父さんは、そんな家庭で生まれ、自動車の修理の仕事を見ながら育ったそうです。

僕のばあちゃんは、樺太で鉄工所を営む旦那さんと一緒になったそうです。僕の母さんは、樺太の鉄工所で生まれ育ちました。

両方の家族は近所で暮らしていて、助けあって仕事をしていたそうです。何しろ、まだ宅急便など無い時代です。物流が悪いので、何か壊れても、部品を待たせられません。だから、「無ければ作れ」だったそうです。どんな部品も自分たちで作って修理したそうです。

商売は繁盛し、樺太での生活は豊かだったそうです。

しかし、1945年の8月。日ソ不可侵条約を破って、ソビエト軍が樺太に侵攻してきます。

日本軍は、最初こそ戦いましたが、まもなく住民を置いてどんどん後退していきます。

民間人が残された町にソビエト軍がやってきます。とても残念な事に、当時の日本人は国民服を着ていました。それが、軍隊の服装にとってもよく似ていたそうです。そのため、その誤解が解けるまでは、国民服を着ていた人達は問答無用で殺されていきます。

父さんの家族は、必死で南の港を目指したそうです。でも、港は避難民でごった返っていて、船の数は明らかに足りなかったそうです。そんなときに「船大工はいるか!？」との声がかかったそうです。僕のじいちゃんは、本当は大工でもないのに、ためらうこともなく「はい!」と手を挙げたそうです。どうにかして、船と縁を作って、家族だけでも乗せてもらおうと考えたのだそうです。その作戦はうまくいき、父さんの家族は船に乗ることができました。

船は、樺太を無事出発して、北海道最北端の稚内を経由して小樽を目指します。しかし、父さん達の船の前の船は、ソビエトの潜水艦の攻撃を受けて、2隻沈められ、1隻は大破で、合計1700名ほどの方が犠牲になってしまいました。父さん達が乗った船は、信濃丸という船だそうです。信濃丸は、1904年、日露戦争の時にバルチック艦隊を発見した船です。その信濃丸は、太平洋戦争を生き延びて、引き揚げ船として大勢を日本に運びます。そんな幸運な船に乗れたおかげで、父さん達は生き延び、僕が生まれたのかと思うと、信濃丸に本当に感謝です。

母さん達は、船に乗ることができませんでした。しょうがなく家にいると、ソビエト軍が侵攻してきたそうです。最初に来たのは、アジア系の顔をした兵士で、いろんなものを盗んでいったそうです。でもまもなく、カマンジーンという人達がやってくると、犯罪はなくなって過ごしやすくなったそうです。母さんの家は鉄工所だったので、ずいぶん沢山のストーブを作らされたそうですが、おかげで食事には困らなかったそうです。

その後、母さん達は船に乗せられ、北海道に送られます。そのときに、僕のばあちゃんは、なけなしのお金を必死で隠して持って行ったそうです。母さんは7人兄弟の末っ子です。大勢の子ども達を連れてばあちゃんは、船の中で、「このお金で、北海道に着いたら、リンゴを箱で買って、みんなでおなかいっぱい食べよ

う。」と、劣悪な船の中の環境でおなかを減らす子ども達を励ましたそうです。

しかし、北海道に着いてみたら、ばあちゃんが持っていたお金を全て使っても、リンゴが一個しか買えなかったそうです。ばあちゃんにとっては、子ども達があっさりしていることが、何よりもつらかったそうです。

やがて、父さんの家族と母さんの家族は、戦後の復興対策で大勢を受け入れていた北海道の炭鉱町で再会します。幸いにして、両家とも技術系の仕事をしていたので、坑内にはいることなく、様々な仕事をするようになります。やがて、父さんは母さんと結婚し、自分で会社を興します。そして、僕が生まれました。

そんな僕に、父さんは、「無ければ作れ」と教えてくれました。ばあちゃんは、「お金は価値が変わってしまうからくだらないよ。お金は貯金なんかしないで、智恵と経験になるように使ってしまいなさい。」と教えてくれました。母さんは、読書の大切さを教えてくれました。そして、じいちゃんは、僕に優しさを教えてくれました。

自営業で忙しかった父さんや母さんにかわって、じいちゃんはいつも僕と遊んでくれました。僕はじいちゃんが大好きでした。

僕が3歳の時に、アポロ11号が月に着陸しました。家族みんなでTVを見ていました。

でも僕は、TVの画面をおぼえちゃいないです。僕がおぼえているのは、じいちゃんのおぐらのぬくもりと、じいちゃんが見たこともないほど喜んでいる笑顔です。

「ほらみれ、ほらみれ、人が月を歩いているぞ！お前も月に行けるようになるぞ！」

僕は、そのじいちゃんの笑顔が、本当に嬉しかったです。だから、じいちゃんの笑顔が見たくて、本屋さんに行ったら、飛行機やロケットの本を手に取りました。飛行機やロケットの名前をおぼえました。そうしたら、じいちゃんが喜ぶんです。大きな手でなでてく

れるのです。それが僕の幸せでした。だから僕はそれを繰り返します。しらないうちに、僕は飛行機やロケットが大好きな子どもになりました。

そして、じいちゃんは、僕にいつも言ってくれました。「つとむは優しいねえ」。

だから僕は、もっと優しくになりたい。と思いました。

もしもじいちゃんが、「つとむは頭いいねえ」と言ったなら、僕は必死になって勉強したでしょう。でも、すぐに誰かと比べられて、身のほどを知り、努力をやめたかもしれません。

もしもじいちゃんが、「つとむは体が強いねえ」と言ったなら、僕は必死になって体を鍛えたでしょう。でも、すぐに誰かと比べられて、身のほどを知り、努力をやめたかもしれません。

でも、「優しいね」には、点数がありませんでした。比べるものもありませんでした。だから僕は、53歳の今も、「もうちょっと優しくになりたい」と思っています。その心が、世の中の悲しいことや、苦しいことや、不便なことを、なんとかしたいなあ、という気持ちになって、僕の仕事を支えてくれている気がするのです。

僕は、家族の生き様から、多くを学んできました。それは、教科書には書いていない、素晴らしいデータです。僕の人生に強い影響を与えています。

どうか、自分の大切なお子さんやお孫さんに、自分の生き様を伝えてあげてください。それは、その子を強くします。そして、お子さんやお孫さんの「優しさ」をほめてあげてください。それは、「比較されない取り柄」になり、やがては、誰かを救う発明になるかもしれません。そして何よりも、僕が大好きだったのは、じいちゃんの笑顔です。笑顔がみたくて頑張りました。だから、お子さんやお孫さんには、いい笑顔を見せてあげてくださいね。

ずいそう

## 変化

齋藤 斗志郎



こんなにも短期間で自分の意志とは関係がなく大きな変化を経験したことは、今までにそうそうなかったかのように思う。日頃から気がつけば変わっていた、振り返ると変化していたことは多々あるが、それとは大きく異なり、特に変化のスピードの違いを経験した。それはコロナ禍だ。

今回のコロナ禍で仕事・生活のスタイルが一変した。そのことは生活のモノ・コトを見直す機会にもなった。思い返すと今までの人生の中でも変化した場面は多々あり、そのときに決断したことや取組んだこと、取組まざるを得なかったことが思い出される。

私は今の会社に26歳の時に就職した。今の会社と言うのは中途採用で入社したからだ。まったくの異業種からの転職で、前職は主に住宅のクロス貼りを行う内装業だった。まだまだ一人前の職人になる前にやめてしまい、全くだめな青年だった。

今の会社に就職したきっかけは、友人たちと草野球ならぬ草バスケットチームを作り、そのメンバーとの交流があったからだ。

当時、北の歓楽街『すすきの』でお店をやっていた居酒屋のマスターが主催している『すすきのリーグ』なる、私設リーグに参加させていただき、バスケットとお酒と友を愛する人たちが良い時間を過ごし楽しんでいた。

その時のチームメンバーが今の会社において、営業職を中途募集しているから、採用試験を受けてみないかと声をかけていただき、悩んだ末に応募をして今に至る。

内装業の時は朝から晩まで現場で黙々と作業をして、一日中あまり人と会話をする場面もなく、営業職とは全く違う世界で生きていたので、私としてはとても大きな変化であった。その草バスケットチームのメンバーもそれぞれが転職になるなど、札幌を離れる者も多くなり30代前半の時に解散した。就職してからは、多くの素晴らしい上司・先輩・同僚・部下と出会い、充実した時間を過ごしている。さらに人生のパートナーとも職場でめぐりあい、転職という変化はとても良い出来事になった。その変化を選択したのは最終的には自分の意志だが、良い仲間に出会えたおかげだ

と強く思っている。

仕事の方は札幌をスタートに、道内の職場を倶知安町・北広島市・釧路市・石狩市と転勤し、その間に仕事の厳しさや楽しさを経験し、多くのよいお客様に恵まれながら営業マンとして過ごしてきた。その中で大きな変化があったものがある。『体重の増加』である。これは自分の意志とは反するが、自分の行動がまねいた結果である。

ある雑誌でこんな説を読んだことがあった。アメリカのアリゾナ州にピマインディアンと言う種族がいて、彼らの実に90%程が高度な肥満だとのこと。原因はずばり『肥満遺伝子』なるものを持っている種族であるためだ。その『肥満遺伝子』は飢餓に備えて脂肪を体内に多く取り込もうとする作用が働く遺伝子である。しかし、飢餓時代はそれでよかったのだが、現代は高脂肪食・運動不足のせいで肥満になっているというのだ。当時はこれだ!と思い、私も肥満遺伝子を持っているに違いない、というか実はピマインディアンだったのではないかと、そうであればしょうがないと、特段対応策を取ることなく過ごしていた。

しかし、46歳の人間ドック受診時に健康を意識しなければならぬことがあった。『頭の中が真っ白になる』というフレーズがあるが、脳ドッグのMRI写真を見せられた時、頭の中に白いものが映っていた。脳腫瘍だった。どうにも気持ちの整理がつかない日々が続いた。いろいろと調べた末に訪ねた病院で診察をしてくださったS先生。フィーリングが合って信頼出来ると感じた。この先生との出会いは、私の病気や健康に対する考え方に大きな変化を与えてくれた。そして47歳の時に手術をする決心をした。

S先生は長時間手術場に立つために体を鍛えていてジョギング、水泳、自転車、要するにトライアスロンをやっている。還暦をすぎた今も長時間に及ぶ繊細で神経をすり減らし、体力のいる手術が行えるように体を鍛え脳外科の名医として活躍している。クリニックには全国から命を救われたたくさんのお子様たちからの感謝の手紙が飾ってあり、私にとって命について大きな変化を生む出会いであった。



2019年『札幌マラソン』にて

今の私は体力も回復し絶対にやらないと公言していたマラソンを少しだけかじりだしたのも、S先生の影響かもしれない。また、全く興味がなくなぜそんな疲れることをあえてするのか？理解が出来なかった登山を、数年前からある上司に誘われたのをきっかけに始めた。今も登山をたまにやり、雄大できれいな景色を見ながら、元気に活動できる時間に感謝している。

人生100年時代、今年50歳になったばかりの私はまだ折り返し地点をすぎたばかり。人生をふりかえるにはまだまだ若輩者ではあるが、自分の中で変化が生

まれた時には、すてきな方々との出会いがたくさんあった。そのことに感謝し、いつまでもこの気持を持ち続けたい。

昨年初めて参加した『札幌マラソン』の今年の開催は中止になってしまい、今年はハーフに挑戦と考え意気込んでいたのでとても残念である。

登山の方は、今年の山の日日は8月10日で、くしくも3年前にS先生に手術をもらった日だ。私の中では勝手に新誕生日として、北海道の最高峰である旭岳(2,291m)に登る事をたくらんでいる。去年は天候不順であきらめたが、今年は期待している。



2014年『旭岳』の山頂をめざして

最後に、コロナ禍があってあの時にいろいろと世の中変わったよねと、明るく話が出来よう平穏な日々にもどることを強く願っている。

——さいとう としお 日立建機日本(株) 北海道支社 支社長——

## 部 会 報 告

# ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 フリートマネージメントシステムインターフェース 2020年2月東京国際作業グループ会議報告 (1/3)

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82 (鉱山) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 (ISO 23725 フリートマネージメントシステムインターフェース) 会議が 2020 年 2 月に東京で開催され、前回に引き続き、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2020 年 2 月 12 日 (水)
- 2 開催地：東京都港区 機械振興会館
- 3 出席者：28 名 + Web 参加 6 名 (Zoom, オーストラリアからの参加多数)  
アメリカ 7 名, カナダ 3 名 (コンビナー含む), オーストラリア 4 名, ドイツ 2 名, 日本 8 名, チリ 2 名, フィンランド 1 名, スウェーデン 1 名

#### 4 会議概要：

2019 年 10 月のパースでの会議に引き続き第 3 回目。前回は主に米国専門家から標準化に対する反対意見が多く出されたことを踏まえ、今回は事前にコンビナーからワーキンググループ専門家に対しプロジェクト推進の是非をメールで問い合せるとともに推進の方針について了承を取り付けていたため、全体としてはプロジェクトを推進する方向で議論が展開された。

なお、COVID-19 の影響により会議自体の開催も危ぶまれていたが、オーストラリア (鉱山会社の) 専門家を除いてはまだ出張規制がかかっていない状態であったため非常に多数の専門家が出席した。ただ、その後の展開を見ると鉱山会社のリスク管理の素早さを改めて認識させられた次第で、今後の JWG 会議のあり方が問われることになると思う。

今回は 2020 年 11 月の TC 82 総会 (オーストラリア) に合わせて実施予定であったが、現在の COVID-19 の状況から流動的である。

#### 5 議事：

##### 1) Meeting Logistics

Zoom meeting のセットアップを行った。今回、オーストラリアからの Zoom 参加者は積極的に発言していたが、会議全体の議論を把握できてはいなかったと考

えられる。今後 Zoom での会議開催が増えていくことが考えられるため何等かの対応が必要。

ISO Code of Conduct (行動規範) を確認し、TC 82/SC 8 議長 Tim Skinner 氏が挨拶した。

##### 2) 2 年間の計画

2 つのマイルストーンを設定。1 つ目は NWIP 開始を 2020 年 5 月に開始、必要ならカナダ・カルガリーで会議を開催する。2 つ目は 2022 年 5 月に FDIS を提案する。参加者から特にコメントなし。ただ、2020 年 8 月時点で、NWIP に関する動きは伝わっていない。

##### 3) この標準のゴール

2 つのゴールを設定。最初のゴールはすでに FMS が動いている鉱山 (Brown Field) に AHS を Add on するためのもの。現在インストールされている FMS がそのまま使えるということが必要。2 つ目のゴールは鉱山会社が必要なコンポーネント (AHS や FMS) を Select & Connect できるようにするもの。各技術でベストのものが使えるようになるということ。

##### 4) 2020 年のアーキテクチャ

FMS と AHS のインターフェースについて実現する。FMS と AHS のスクリーンを共有することもあるが、2020 年のスコープからは除外する。(2 つのシステムにログインしなくてはならない等の機能制限が存在するが、初期のスコープとしては) Integration を最小限にする。

##### 5) 機能に対する前提

地図情報は AHS が正しいものとする。(地図情報は安全に関連する為、AHS がコントロールすべき)

オペレータをキャビンから降ろすことで FMS のオンボードの機能が不要でなくなる可能性もある。

オンボードのモニターは AHS のものを使うものとする。ただ、既にインストールされている FMS のモニターを使い続けるのは問題ないという意見あり。

##### 6) FMS Truck Dispatching

AHS が Dispatch された行先に対しての責任を持つ。FMS は AHS 状態を理解せずにアサイメントの変更をする可能性がある。

### 7) Intruder warning

AHS のエリアに侵入する機械があるため判断する必要ありというコメント。ただ、ここでも安全機能なのかという意見があった。

### 8) 時間の同期

AHS と FMS は時間を同期させる必要がある。原子時計と同期する必要があるという話にもなった。(そこまで必要かは疑問だが)

### 9) Time Usage model

各会社に応じて独自の Time Usage Model があり、それを理解するのが難しいというコメント。どのような定義があるかを Project Leader が示すこととなった。

### 10) Fuel

何故 AHS は Fuel の時間を送らなければならないのかという議論、そのまま次の議論に展開。

### 11) Production State

各システムに応じた Production State を送ればよいという議論。システムに応じて異なるレベルで実装されている可能性があるため。

### 12) Payload

すべてのシステムが carryback を検知するシステムを持っているわけではない。システムに応じたデータの送信ができれば問題ないとされた。

### 13) Overload

Overload はトラック側でマネジメントされるもの。そのため overload に関する要求は削除できるのではないかという議論。鉦山会社のポリシーによってコントロールできればよい。

### 14) Failure and Derating

トラックが遅くなるような機械の問題が起こっているとしたら failure のメッセージを FMS も理解しなければならないという議論。ただ、どのような情報が必要かを考慮する必要がある。細かすぎれば誰にも理解されないようなものになってしまう。



ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 会議風景

### 15) Stop

停止にはいろいろなものがある。全停止や Remote Stop 等が考慮されなければならない。再度、安全システムなのかという議論もあり。

### 16) 地図

Project Leader が推奨する地図は Open Street Map であり、そのデモを実施した。Open Street Map 自体はフリーのツールで商用利用も問題ないというように連絡を受けている。今後どのフォーマットの地図を使うべきか議論していく必要がある。ISO 15143 では情報化施工用のデータ交換基準が議論されている。また、地図情報の扱いに関して鉦山会社は非常に慎重になっている。地図情報で稼働状況がわかってしまうことが背景にあると推測する。

### 17) Must

プレゼンテーション全体的に“must”の表現が多い。“must”と書かれている項目に関しては1つ1つレビューしていく必要がある。

## 6 今後の予定：

次回 JWG 会議は 2020 年 11 月にオーストラリアで TC 82 総会とともに実施予定であったが、COVID-19 により流動的となった。その後、アップデートはなし。

以上

## 部 会 報 告

## ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 ISO/PWI 3502 先進自動化及び自律機械の参照フレームワーク及びアーキテクチャ 2020年2月東京国際作業グループ会議報告 (2/3)

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82 (鉱山) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 (ISO/PWI 3502 先進自動化及び自律機械の参照フレームワーク及びアーキテクチャ) 会議が 2020 年 2 月に東京で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2020 年 2 月 13 日 (木)
- 2 開催地：東京都港区 機械振興会館
- 3 出席者：26 名 + Web 参加 5 名 (Zoom, オーストラリアからの参加多数)  
アメリカ 7 名, カナダ 3 名, オーストラリア 2 名 (プロジェクトリーダー含む), ドイツ 2 名, 日本 8 名, チリ 2 名 (コンビナー含む), フィンランド 1 名, スウェーデン 1 名

#### 4 会議概要：

2019 年 9 月にストックホルムで開催された ISO/TC 82/SC 8 の総会で鉱山自動機械のためのフレームワーク設立がコンビナー・プロジェクトリーダーによって提案され、PWI 3502 として検討作業開始が承認された後、TC 127/SC 3 との JWG 会議が今回初めて開催された。

Industry 4.0 の Reference Architecture と同じコンセプトを使って Mining への適応を目指すものという理解であるが、どうしても抽象的な話となってしまう、各専門家からの意見も具体化していない印象。JWG 全体の雰囲気としては、各専門家はこの JWG が重要なものであるということは理解しているがどのように進めていったらよいかよくわからない、あるいは具体的に考えられていないということなのではないかと感じる。

なお、この会議に関しても COVID-19 の影響は出始めており、オーストラリア (鉱山会社の) 専門家は Zoom での参加となった。COVID-19 の流行前から ISO 中央事務局からは Zoom でのバーチャル会議開催

を推奨する通達が出ており、今後 Zoom での会議が増えていくことが予想される。

今回は 2020 年 11 月の TC 82 総会 (オーストラリア) に合わせて実施予定であったが、現在の COVID-19 の状況から流動的。また、11 月の会議に向けて use case を議論するための Zoom 会議が 2020 年 8 月に予定されているが同様である。

#### 5 議事：

##### 1) Welcome Speech, Meeting Logistics

Zoom meeting のセットアップなど。

##### 2) Project Leader 等による説明

目的：TC 82/SC 8 では様々な標準化作業が実施されているが、PWI 3502 の目的はそれらがどのように関連しているかを明確にする。つまり PWI 3502 で定義する Reference Architecture に既存の標準化作業がどのように対応しているかが判るようにすることである。

これにより Reference Architecture の中で考慮されていないところ (言うなれば「穴」) を見つけることができ、新たな標準化作業が必要かどうかを判断する材料にすることができる。

関連する動きについて：Interop-チリの鉱山関連会社によって設立された団体。チリにおける鉱山イノベーションのロードマップ策定を実施し鉱山業界としての Industry4.0 の設立を目指す (Mining 4.0 という表現も出てきている)。

OPC UA Companion Specification for Mining- スコープとしては鉱山プロセスの中の機械と機械のコミュニケーションをサポートし、制御、情報、診断を高いレベルで統合する。

Mining IoT Reference Architecture- 鉱山の IoT アーキテクチャからどのように Interoperability を実現するかを考慮する。

##### 3) Discussion

以降、各参加者が様々な意見を言う議論の場となった。専門家が自分の意見を主張し、特に意見の一致を

得るような努力がなかった印象。報告者が理解した限りでの意見は

- ・ PWI 3502 の目的がはっきりしていない。誰のための標準なのか。
- ・ 過去に同じような標準化の動きがあり失敗しているが、スコープを広げすぎた事や技術革新についていけなくなっていることが原因。それらの対処策を考えなくてはならない。
- ・ ISO 15143 はワークサイトのデータ交換のための data dictionary を標準化している。PWI 3502 は ISO 15143 のスコープと重複してはならない。
- ・ スコープを議論するにあたり、鉱山の Interoperability にはどのような reference architecture が必要なのかという観点から実施したらよいのではないか。
- ・ 業界の意見の一致が見られないのだとしたら、IS から TS (Technical Specification) とすることで素早く対応することができるのではないか。ただ、TS とした場合、効果は薄いと考えられる。

他にも意見多数あり。

#### 4) 次の WG に関する準備

鉱山の Use case を収集する (～ 2020 年 5 月まで)

鉱山業界の Use case

- ・ Interop
- ・ GMS
- ・ Australian Mining Houses

ISO 15143-4 の Use Case

など

他の業界の関連する Use case を収集する

- ・ 農業機械業界
- ・ 林業



ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 会議風景

- ・ ヘルスケア

など

Ad Hoc Team の編成

プロジェクトリーダー、コンビナー及び 2 名の専門家により構成する。

集められた Use Case のとりまとめを実施。

2020 年 8 月までに初期バージョンを作成し Zoom 会議に備える。

2020 年 10 月半ばまでに修正バージョンを作成、11 月に予定の次回 WG に備える。

#### 6 今後の予定：

2020 年 8 月下旬 Use Case のレビューを目的とした 2 時間の Zoom 会議を開催。(後記：8 月 24 日実施済)

2020 年 11 月 次回 WG はオーストラリアにて TC 82 の総会とともに開催予定であったが、COVID-19 により流動的。その後のアップデートはなし。

以上

## 部 会 報 告

## ISO/TC 82/SC 8/JWG 4 ISO/PWI 3510 遠隔操作、自律運転及び有人運転鉱山機械の相互接続性に関する仕様 2020年2月東京国際作業グループ会議報告 (3/3)

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82 (鉱山) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 82/SC 8/JWG 4 (ISO/PWI 3510 遠隔操作、自律運転及び有人運転鉱山機械の相互接続性に関する仕様) 会議が 2020 年 2 月に東京で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2020 年 2 月 14 日 (金)
- 2 開催地：東京都港区 機械振興会館
- 3 出席者：25 名 + Web 参加 3 名 (Zoom, オーストラリアからの参加多数)  
アメリカ 7 名 (プロジェクトリーダー含む), カナダ 3 名, オーストラリア 3 名, 日本 8 名 (コンビナー含む), チリ 2 名, フィンランド 1 名, スウェーデン 1 名

#### 4 会議概要：

2019 年 9 月にストックホルムで開催された ISO/TC 82/SC 8 の総会において前年に実施された総会で優先度の高いプロジェクトとされた「鉱山機械の自律運転、遠隔操作及び有人運転の相互接続性に関する仕様」設立の提案がコンビナー・プロジェクトリーダーによってなされ、PWI 3510 として検討作業開始が承認された後、TC 127/SC 3 との JWG 会議が今回初めて開催された。

すでに様々な OEM が地下鉱山や地上鉱山において自動化、自律化を検討、或いは実施しているため、各 OEM が各々の考え方に則した論点での議論になっているところはあった。

最終的にはこの標準化を進めるにあたりどのようなデータをやり取りする必要があるのかという議論になり、調査することが宿題事項となった。

なお、この会議に関しても COVID-19 の影響は出始めており、オーストラリア (鉱山会社の) 専門家は Zoom での参加となった。COVID-19 の流行前から ISO 中央事務局からは Zoom での会議開催を推奨する通達が出ており、今後 Zoom でのバーチャル会議開催

が増えていくことが予想される。

今回は 2020 年 11 月の TC 82 総会 (オーストラリア) に合わせて実施予定であったが、現在の COVID-19 の状況から流動的。

#### 5 議事：

##### 1) Welcome Speech, Meeting Logistics

Zoom meeting のセットアップなど。

##### 2) Project Leader 等による説明

背景：現在の鉱山機械自律システムは各 OEM の機器とのみ動くようにデザインされており、他の組み合わせが考慮されていない。鉱山会社は別の OEM の機械が同時に同じシステム上で自律して動くことを必要としている。現在それを実施するためには、自律システム用後付け装置を機械の上にインストールすることしか手段がない。しかしその方法ではコストがかかること、責任の所在が明確でないことから、改善するよう求められている。これらを解決するために Interoperability の仕様を制定し、異なる OEM の機械が 1 つのシステム上で互いに協調して動くことを実現する。

この標準の目的：本標準に準拠した管制セントラルシステムによって同標準の制定に参加した OEM の機器が統合される。外界センサーに対する共通の考え方を提案する。どんなデータがどのようなフォーマットでやり取りされるべきかを定める。開発と試験の共同作業を業界で達成する。後発の OEM 機器メーカーが業界に参入する際の障壁を少なくする。

スコープに関する議論：元々の提案では有人機械や遠隔操作に対する Interoperability もスコープに入っているが意図が不明確であるため、それらに対する考慮の優先度を下げ、自律機械に対する Interoperability を優先して実施するのが良いのではないかと。

鉱山機械にも地上用 (surface mining) と地下用 (underground mining) があり、まずは鉱山機械の大多数を占める地上用を優先して考慮するのがよいのではないかと。

Interoperability のレイヤー：以前実施された ISO

17757 の WG でも議論されており、また JWG 3 の PWI 3502 でも議論が出てくる可能性があると考えられるが、いろいろな切り口での Interoperability があり Project Leader が考える Interoperability が提案された。

### 3) Discussion

既に様々な OEM が多様な方法で自律システムを実現していることから多種多様な議論がなされた。例えば

- ・地下鉱山では遠隔操作がよく行われている。地下鉱山業界としては遠隔操作の優先度が高い。
- ・複数の管制システムがあることは考慮しなくてもよいのか。
- ・Collision Avoidance (ISO 21815) との関連性が深いと考えられ、PWI 3510 と ISO 21815 を切り離して考えることはできないのではないのか。
- ・Drill System に関する考慮はどうするのか。
- ・安全に関する考えかたはどうするのか。System Integrator が考えるのか。
- ・データをどのように扱うのか。

他にも意見多数あり。

### 4) 次の WG に関する準備

各業界のケースに関する情報を収集する。

- ・ On highway truck
- ・ Drill



ISO/TC 82/SC 8/JWG 4 会議風景

- ・ Under ground

データに関するまとめを実施。

どのようなデータをどのようにやり取りする必要があるか、次回 11 月の WG に向けて考慮する。

### 6 今後の予定：

2020 年 11 月までに得られた情報に基づき議論する。

2020 年 11 月 次回 WG はオーストラリアにて TC 82 総会とともに実施予定であったが、COVID-19 により流動的。

以上

10-44	ダム下流面はつりシステム	・西松建設 ・れんたま ・タグチ工業
-------	--------------	--------------------------

▶ 概 要

最近頻発している異常気象（集中豪雨やゲリラ豪雨など）による洪水被害が増加している。このような状況ではダムによる洪水調整機能は重要な役目を果たすが、既存のダムだけでは十分な対応が難しいのが現状である。そこで、既存のダムの貯水量増大を目的とした嵩上げ工事が計画・実施されている。嵩上げ工事とは、既設ダムの天端にコンクリートを増打ちして堤高を高くするものである。その場合、天端だけのコンクリート打設ではダムの安定性が確保できないため、既設ダムの下流面に新たにコンクリートを貼付けて安定性を確保する。この時、既設ダムコンクリートと新設コンクリートを一体化するために既設ダムコンクリート表面のはつり作業が発生する。

ダムコンクリートの下流面はつり作業は、足場を構築して人力により作業を行うことが一般的である。これをシステム化することによって安全性の確保と作業効率向上を目指した。

本はつりシステムは、先端に切削機を取付けた装置をダム天端に設置したアンカーからワイヤーで吊下げ、切削しながら昇降用巻上げ機で上昇するシステムである。切削・移動とも遠隔操作で行うため切削箇所は無人で作業できるように設計されている。

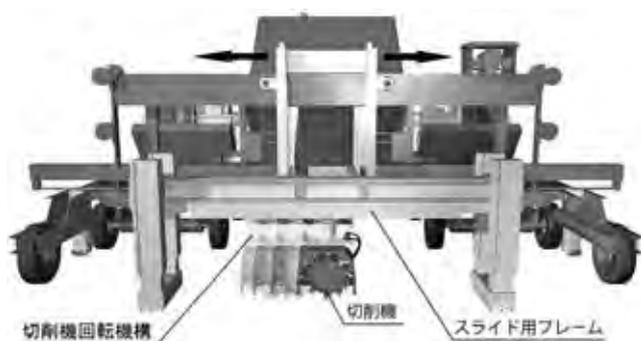
▶ 特 徴

①切削深さの調整が可能

取付けている切削機は、幅 300 mm で切削深さは 120 mm まで調整可能。

②一か所の切削範囲は 6 m × 0.6 m を確保

切削機は構造上一方向のみの切削であるため、切削機を 180°回転できる機構を用いて往復で切削幅 0.6 m のはつり作業ができるようにしている。スライド用フレーム内では切削機の 1 往



図一 1 はつりシステム正面図

復で 2 m 切削する。スライド用フレーム自体も左右に移動するようにさせて 1ヶ所での切削作業で切削長さ 6 m を確保した。これらの仕組みにより装置自体の横移動を極力少なくした。

③遠隔操作

切削作業および装置の移動は各種センサー、監視用カメラの情報に基づいてオペレータが遠隔操作で行うため安全性が確保されている。

図一 1 にはつりシステムの正面図、図一 2 にダム下流面はつり作業のイメージを示す。

本システムを適用した場合の効果を以下に示す。

1) 生産性向上

・人力でははつり作業に比べて、3 倍以上（当社実績）のはつり効率がある。

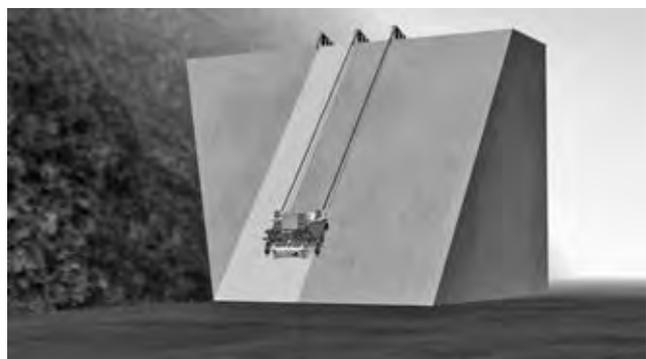
・機械でははつり作業なので、熟練工を必要としない。

2) 品質向上

・均一な深さで、浮きや剥離のない仕上げが可能。

3) 安全性向上

・遠隔操作のため、切削箇所に人が立入らず安全作業が可能。



図一 2 ダム下流面はつり作業イメージ

連続的なはつり面が一定以上確保できるダムを対象として活用を図ってゆく予定である。

▶ 用 途

・ダム下流面のはつり作業

▶ 実 績

・なし

▶ 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

## 新工法紹介

11-117	3眼カメラ配筋検査システム	清水建設 シャープ
--------	---------------	--------------

### 概要

配筋検査は、検査帳票作成や検査用具準備、自主検査および段階確認など複数人で多くの時間を要するため、検査の精度維持と省人化・省力化の両立が課題となっている。これらの課題解決のため、三角測量の原理を応用した3眼カメラ配筋検査システムを開発し、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を含む複数の現場で試行した（写真-1）。試行を通じ技術的課題の抽出・改善を重ね自主検査に適用し、システムによる生産性や安全性の向上効果を確認した。上記、国土交通省のプロジェクトでは、A（試行は十分な成果があり、技術の導入効果や社会実装の実現性について高く評価できる）と評価された。

### 特長

本システムの特長は以下のとおりである。

- ①セパレータや足場のプレースなどの鉄筋以外の異物を自動除去し、縦・横方向の鉄筋径や平均間隔、本数の計測が7秒程度で可能であること（写真-2）。

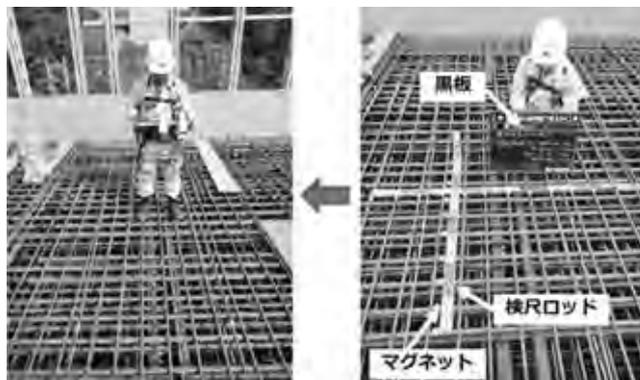


写真-1 配筋検査比較 (左:システム利用, 右:従来)



写真-2 結果表示例

- ②精度は鉄筋径で±1.0 mm、配筋の平均間隔で±5 mm と工事管理基準内に収まっていること。
- ③2段配筋への対応、重ね継手長さ、かぶり、スパーサー数の計測機能も有すること。
- ④CIM データとの比較、検査結果のクラウドでの共有も可能であること（図-1）。

### 効果

施工性に関して調査を行った結果、マグネットや検尺ロッドや黒板の準備・設置、スケールによる鉄筋間隔や鉄筋径の計測

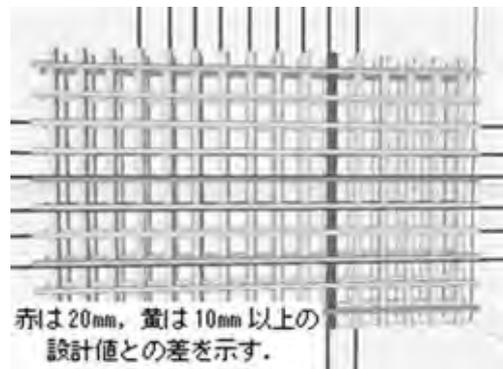


図-1 CIM 比較状況

表-1 生産性評価 (妙高大橋下部工事)

作業場所	作業時間	従来検査		作業内容	システム検査	
		人工	人工・時間		人工	人工・時間
事務所	1:00	1	1:00	・配筋調査ひな型作成	1	1:00
現場	4:00	2	8:00	・自主配筋検査	1	1:30
事務所	1:30	1	1:30	・自主配筋調査記入	1	1:00
現場	2:00	2	4:00	・検尺ロッド設置, 黒板記入	1	0:00
現場	1:00	3	3:00	・立会配筋検査, 写真撮影, 片付け	1	1:40
小計			17:30			5:10
低減率 (%)				30		

## 新工法紹介

が不要となり、複数人で実施している配筋検査を1人で実施可能になり、橋脚下部工である妙高大橋架替下部その4工事で70%の作業時間短縮に繋がるとの試算を得た(表-1)。また、配筋から離れた足場など安全な場所からの検査が可能のため安全性の向上に寄与することも確認した。

### ▶ 用 途

- ・鉄筋コンクリート構造物全般

### ▶ 実 績

- ・妙高大橋架替下部その4工事

- ・川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部(MP5・6)橋梁下部工事

- ・東根川橋上部工工事 など

### ▶ 問 合 せ 先

清水建設(株) 技術研究所

社会システム技術センター インフラ技術グループ

〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17

問合せ HP : <https://www.shimz.co.jp/inquiry/>



# 新機種紹介 機関連編集委員会

## ▶ 〈03〉 積込機械

20-〈03〉-01	コマツ ホイールローダー WA470-10	'20.2 発売 新機種
------------	-----------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合したホイールローダーである。

独自のコマツハイドロリックメカニカルトランスミッション (KHMT) コントロールシステムが、オペレーターの操作に対して、加速、牽引力、作業機力などが最適となるように、エンジンパワー制御および、走行系、作業機系等へのパワー配分制御を自動的に行う。さらに、バケット形状の変更による満杯率と作業機力アップした効果で、作業量 [ton/h] が 15% 向上した (※ 1) ことも加わり、燃費効率 [ton/L] を 30% 向上 (※ 1) している。

また作業機のスピードを操作レバーのみでコントロールする機能により、複雑な操作が必要だったダンプトラックへのアプローチ操作が大幅に簡略化され、オペレーターの疲労低減を図っている。

また、キャブは、前方と後方のガラス面積を合計で 21% 増加 (※ 2) し、全方向の良好な視界性により安全な運転に貢献している。さらに電動開閉式エンジンフードによりエンジンルーム内の整備・清掃の容易化を図っている。

なお、本機は公益財団法人日本デザイン振興会が運営する「2019

表一 主な仕様

	WA470-10
運転質量 (t)	24.830
エンジン定格出力 ネット (kW[PS]/rpm)	216 [294]/1,600
バケット容量 ストックパイル用 (B.O.C ※ 3 付き) (m <sup>3</sup> )	4.2
最小回転半径 (最外輪中心) (m)	6.630
最大掘起力 バケットシリンダ (kN[kgf])	197.2 [20,110]
全長/全幅 (バケット幅)/全高 (m)	9.010/3.185/3.540
ダンピングクリアランス (45° 前傾 B.O.C ※ 3 先端まで) (m)	3.075
ダンピングリーチ (45° 前傾 B.O.C ※ 3 先端まで) (m)	1.350
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	55

※ 3. B.O.C: ボルトオンカッティングエッジ



写真一 1 コマツ WA470-10 ホイールローダー

年度グッドデザイン賞」を受賞している。

- ※ 1. 同社旧型機 (WA470-8) 比 P モード、ロード&キャリー時
- ※ 2. 同社旧型機 (WA470-8) 比

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

## ▶ 〈10〉 環境保全およびリサイクル機械

20-〈10〉-01	コマツ 自走式木材破砕機リフォレ BR200T-3	'20.2 発売 新機種
------------	---------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合した自走式木材破砕機である。

木材破砕機は、建築廃材や間伐材、製材残材等をハンマーミルにより細かく破砕することにより、代替燃料や堆肥などに再利用可能な木質系チップを生産する。

エンジンルーム内への粉塵侵入を抑制するサイクロン方式集塵装置を備え、たまったダストは蓋を開けるだけで工具なしに簡単に排出できる。また、エンジンルーム清掃用ドアと清掃用プラットフォーム、ダストシュートの活用により、エンジンルームの清掃時間を同社旧型機に比べ 1/2 以下に低減させるなど整備性の向上を図った。(※ 1) さらに、バッテリーディスコネクトスイッチやセカンダリエンジン停止スイッチにより、電気回路整備時の作業者の安全性の向上を図った。加えて、7 インチ液晶ディスプレイ (LCD) モニター、KOMTRAX (機械稼働管理システム) のほか、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れたサービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」を新車購入時から付帯し、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働に貢献している。

※ 1. 同社規定の手順による比較

表二 主な仕様

	BR200T-3
機械質量 (t)	22.300
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW[PS]/rpm)	254/1,900 [345/1,900]
全長/全高/全幅 (数値は輸送時) (m)	10.775/3.390/2.995
タブ内径 (m)	2.620
ハンマーミル開口寸法 (m)	1.050 × 0.660
ハンマーミルビット種類 (STD)	コニカルビット
ハンマーミルビット数	18
スクリーン (STD サイズ) 丸穴径 (m)	Φ 0.065
搬送コンベアー幅 (m)	1.050
排出コンベアー幅 (m)	0.7
走行速度 (km/h)	Hi 3.0/Mi 2.1/Lo 0.7
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	53

新機種紹介



写真一2 コマツ 自走式木材破砕機リフォレ BR200T-3 (一部オプションが含まれる)

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

▶ 〈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〉-02	ライカジオシステムズ スキャナー搭載型トータルステーション  Leica Nova MS60	'2020年3月 新バージョン 発売開始
------------	---	----------------------------

2015年に発売を開始したスキャナー機能とトータルステーションの機能が合体したマルチステーションで、スキャン速度が大幅に向上したグレードアップ版である。

MS60は、トータルステーションで計測した座標点データと、スキャンした3次元点群データを、設計データと重ね合わせて機器のモニターで直接確認することが可能なため、現場で出来形評価を即座に行える。また、表面検査アプリにより、スキャンして取得した3次元点群データから面の凹凸分析や出来形確認を現場で直接行えるため、施工修正も速やかに進められる。

また、高性能カメラによるデジタル画像データを使った現場の記録機能により、従来の出来形管理で発生していた写真記録と画像整理の手間の削減を図っている。

グレードアップ版ではボタンを押すだけで器械高を自動的に測定する「オートハイト機能」が追加され、設置時間の短縮、および設定ミスによる時間ロスの防止を図っている。また、スキャン速度が毎秒最大30,000点まで向上したため、現場の3次元点群データを速やかに取得することが可能である。

【MS60の代表的な用途例】

- ・土工現場や鉱山における表面計測や土量の算出：コンクリート表面凹凸形状の計測、資材の厚さの計測、プラスチック面や地盤面の出来形確認
- ・工場や電力・ガス・水道などライフライン基盤の複雑な構造物の分析：寸法管理、出来形管理、計測記録

- ・建物や構造物の測量：トンネル、橋梁の現状調査、BIMと施工管理
- ・測量と地図作成用の地形測量：2Dから3Dモデルへの展開
- ・動態観測（GeoMoSソフト併用）：橋梁、ダム、ビル、陸地、氷、雪のリアルタイム計測または定期的な計測

表一3 Leica Nova MS60の主な仕様

測角精度	(秒)	1
測距範囲	(m)	プリズム 1.5～10,000 ノンプリズム 1.5～2,000
最大スキャン速度	(点/秒)	30,000
視準範囲/追尾範囲	(m)	1素子プリズム 1,500/1,000
動作温度	(℃)	-20～+50
防水防塵		IP65
価格		見積もり



写真一3 Leica Nova MS60

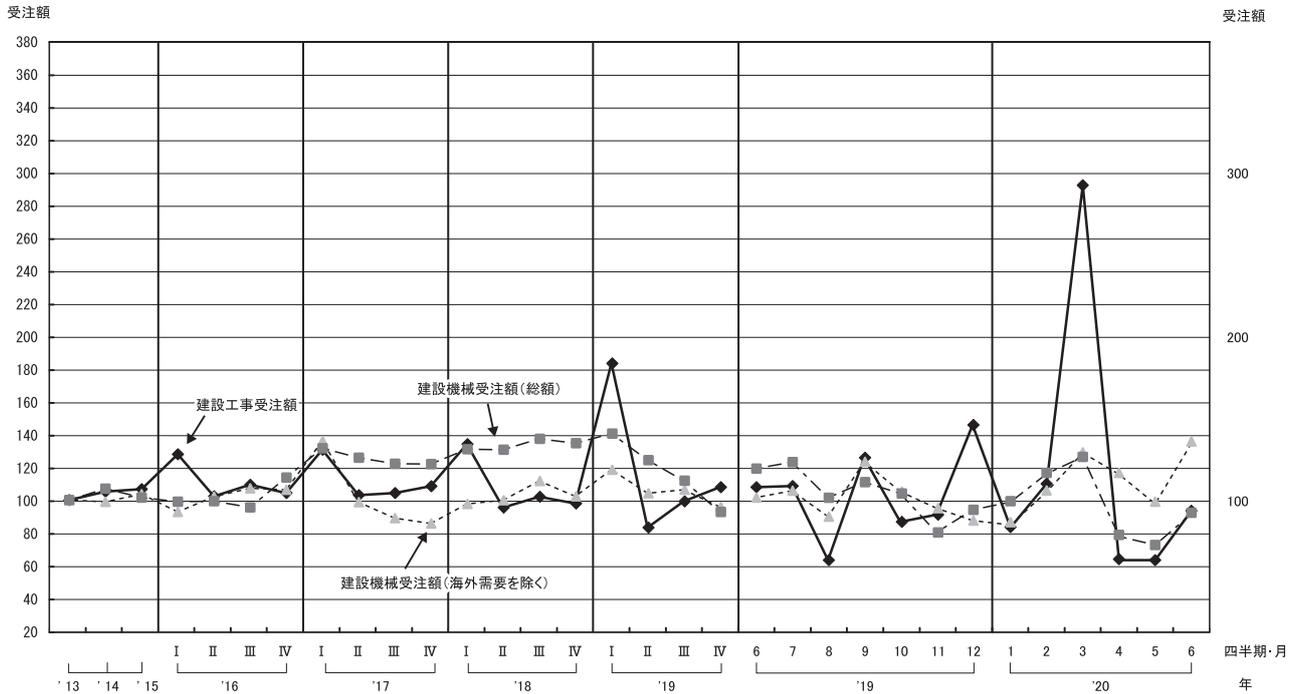


写真一4 出来形を計測して取得した点群データと3D設計データを面的(凹凸)に比較評価 (MS60の画面)

問合せ先：ライカジオシステムズ(株)  
〒108-0073 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 18F  
TEL：03-6809-3901

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	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
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	1,570	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	2,244	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	-	-

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 6月	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
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035	1,318
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,158	1,193	965	920	633	873	954	1,097	1,111	629	534	733	
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	547	570	484	666	567	512	471	466	571	697	495	501	585

(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6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7月1日～31日)

### 機械部会



#### ■コンクリート機械技術委員会

月日：7月2日(木)

出席者：清水弘之委員長ほか10名

議題：①各社技術紹介：日工(株)「コンクリートプラント各装置の説明及び組立工程の紹介」②今年度の見学会の対応について③ホームページ改訂の件

#### ■基礎工用機械技術委員会

月日：7月8日(水)

出席者：梶沢淳一委員長ほか18名

議題：①(株)不動テトラの技術プレゼン：地盤改良工法について(各種工法の紹介)②各社トピックス：三井住友建設(株)会社概要と新東名高速道路山北皆瀬川工事の紹介③R2年度活動計画の確認

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：7月15日(水)

出席者：山口達也委員長ほか10名(web会議で開催)

議題：①上期総会の発表内容と総会の進め方について討議②現場・工場見学会の対応について討議③その他

#### ■ショベル技術委員会

月日：7月17日(金)

出席者：西田利明委員長ほか10名

議題：①次期排出ガス規制の件：14次答申に関する情報共有②ショベルの最新情報の共有：住友建機(株)「衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置「FVM2+(プラス)」の紹介③次期燃費基準の件：基準値案及び認定開始時期についての意見等④日本クレーン協会規格改訂に関する情報共有

#### ■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月日：7月21日(火)

出席者：太田正樹委員長ほか5名(web会議で開催)

議題：①ロータリ除雪車安全装置について討議：各社における仕様・構造・作動条件等の確認、国交省報告を含む今後のスケジュール、8月開催除雪機械技術委員会への報告内容の確認・すり合せ

#### ■トンネル機械技術委員会

月日：7月27日(月)

出席者：橘伸一委員長ほか22名

議題：①委員長挨拶②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(調査の内容、方法について)③技術講演会の件(テーマ、講演者選定、開催時期について状況報告)④見学会は今年度開催は見合わせることの報告

#### ■情報化機器技術委員会

月日：7月31日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名(web会議で開催)

議題：①安全施工WG(7/9開催)の概要報告②規制・規格の最新情報の共有③(株)UL Japan 大型電波暗室オンライン見学会(6/26開催)の内容報告④ホームページの改訂の件

### 標準部会



#### ■ISO/TC 195/SC 1 (コンクリート機械)

2020年度第2回委員会

月日：7月2日(木)

出席者：川上晃一(日工(株))委員長ほか16名(Web参加6名含む)

場所：機械振興会館会議室/Web上(ISO Zoom)

議題：①SC 1/WG 8(新設)PWI 5342「コンクリート機械-施工現場情報交換」CIB投票結果②SC 1/WG 7 DIS 18650-1 DIS投票コメント検討③SC 1/WG 6 FDIS 21573-2 FDIS省略・最終文書作成④SC 1/WG 5 PWI 19720-2 コンビナー任期更新・年内廃案⑤SC 1/WG 4 PWI 19711-2 NWIP 準備⑥SC 1/WG 2 TC 108/SC 4 との協業⑦COVID-19対応 ISO事務総長レター他⑧TC 195 国際会議@鄭州の開催可否・2021年以降の見通し⑨参考：ISO/TC 127, CEN/TC 151/WG 8 他 COVID-19 対応状況⑩中国新業務提案「全断面トンネルボーリング機械の国際標準化」対応

#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会 国内総会

月日：7月28日(火)

出席者：間宮崇幸(コマツ)委員長ほか25名(Web参加)

場所：Web上

議題：①ISO/TC 127 国際総会(Web会議)の議事報告…6月16日, 17日, 18日, 22日, 24日に開催されたISO/TC 127 及び SC 1～SC 4 国際総会(Web)での決議内容確認②直近の投票案件…ISO 19014-5 機能安全 Part 5 (WG コンサルテーション)・ISO 11152 エネルギー消費試験方法

(WG コンサルテーション)・IEC CD 燃料電池の試験方法(CIB)

### 建設業部会



#### ■三役会

月日：7月2日(木)

出席者：藤内隆部会長ほか7名(内WEB参加4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クレーン安全情報WGの報告③その他

#### ■機電交流企画WG

月日：7月9日(木)

出席者：松本清志主査ほか8名(内WEB参加2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の企画について、テーマ、講演会、女性機電職の企画②その他

### 各種委員会等



#### ■機関誌編集委員会

月日：7月1日(水)

出席者：見波潔委員長ほか28名

議題：①令和2年10月号(第848号)計画の審議・検討②令和2年11月号(第849号)素案の審議・検討③令和2年12月号(第850号)編集方針の審議・検討④令和2年7号～令和2年9月号(第845～847号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

#### ■新機種調査分科会

月日：7月3日(金)

出席者：上田哲司委員ほか4名(内web参加1名)

議題：①新機種情報の持ち寄り検討②新機種紹介データまとめ③その他

### 支部行事一覽

#### 北海道支部



#### ■令和2年度除雪機械技術講習会第2回(メーカ)打合せ

月日：7月17日(金)

場所：北海道支部会議室

出席者：加藤信二施工技術検定技術委員会委員長ほか7名

内容：①令和2年度除雪機械技術講習会 ②講習会テキストの改定 ③その他

#### ■第2回広報部会広報委員会

月日：7月27日(月)  
場所：北海道支部会議室  
出席者：川崎博巳広報部会長ほか12名  
議題：①支部だよりNo.120号の編集について ②工事現場等見学会について ③支部講演会講師の選定について ④建設機械施工ずいそうについて ⑤その他

#### ■令和2年度除雪機械技術講習会第3回(講師)打合せ

月日：7月31日(金)  
場所：北海道建設会館9階大会議室  
出席者：服部健作技術部会長ほか29名  
内容：①令和2年度除雪機械技術講習会講習内容について ②その他

## 東北支部



#### ■令和2年度除雪講習委員会

月日：7月2日(木)  
場所：東北地方整備局会議室  
出席者：東北地方整備局及川輝浩機械施工管理官ほか13名  
内容：令和2年度除雪講習会実施計画について説明し了承を得た

#### ■令和2年度 i-Construction (ICT 活用工事) セミナーテキスト説明会

月日：7月7日(火)  
場所：東北支部会議室  
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか4名  
内容：セミナーテキストについての講師を対象とした説明会

#### ■令和2年度 i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

内容：①令和2年度の取り組み東北地方整備局の取組 ②ICT活用工事の県の取組 ③ICT活用工事の実践…その1)3次元計測の特徴、その2)3次元計測の効果的活用ICT建設機械施工、その3)施工計画の立案、その4)ソフトウェアの有効活用

主催：東北地方整備局、青森県・秋田県・岩手県・山形県・宮城県・福島県、東北建設業協会連合会、JCMA東北支部

講師：①東北地方整備局 ②各県担当者 ③JCMA東北支部情報化施工技術委員会メンバー

①秋田会場  
月日：7月8日(水)  
場所：秋田市 秋田県JAビル

受講者：46名  
②青森会場  
月日：7月10日(金)  
場所：青森市 青森県観光物産館アスパム  
受講者：50名  
③仙台会場  
月日：7月15日(水)  
場所：仙台市フォレスト仙台  
受講者：47名  
④山形会場  
月日：7月16日(木)  
場所：山形市 山形ビッグウイング  
受講者：47名  
⑤岩手会場  
月日：7月28日(火)  
場所：滝沢市岩手産業文化センターアピオ  
受講者：43名  
⑥福島会場  
月日：7月31日(金)  
場所：福島市 とうほう・みんなの文化センター  
受講者：44名

## 北陸支部



#### ■除雪機械整備技術検討会の開催報告

月日：7月16日(木)  
場所：北陸地方整備局5F会議室  
出席者：水澤和久技術検討会委員長ほか1名  
議題：①除雪機械整備技術検討会の実施計画について ②北陸管内の整備回送距離と会社数の実態について ③製造業及び整備業のアンケートについて

#### ■除雪講習会開催におけるメーカー講師打合せ会議

月日：7月17日(金)  
場所：北陸支部事務室  
出席者：普及部会委員4名(製造メーカー)

議題：①令和2年度除雪講習会の計画について ②令和元年度除雪講習会のアンケート結果について ③令和元年度除雪講習会の受講企業数について

#### ■除雪機械管理施工技術講習会あり方検討会(第3回普及部会)

月日：7月20日(月)  
場所：書面表決  
出席者：柴澤一嘉普及部会長ほか11名  
議題：①除雪講習会あり方検討会の報告書について ②除雪機械安全施工講習会実施要領について

## 中部支部



#### ■広報部会

月日：7月21日(火)  
出席者：濱地仁広報部会長ほか9名  
議題：「中部支部ニュース」第39号の校正等

#### ■技術・調査部会

月日：7月29日(水)  
出席者：青木保孝技術・調査部会長ほか12名  
議題：令和2年度技術講演会及び技術発表会の開催について等

## 関西支部



#### ■建設用電気設備特別専門委員会(第459回)

月日：7月9日(木)  
場所：中央電気倶楽部 会議室  
議題：①「JEM-TR121 改正案審議」 ②その他

#### ■「建設技術展2020近畿」主催・共催者会議(第2回)

月日：7月17日(金)  
場所：大阪マーチャングाइズ・マートビル  
出席者：桐野尚子

議題：①「建設技術展2020近畿」新型コロナウイルス対策について ②その他

#### ■広報部会

月日：7月22日(水)  
場所：関西支部会議室  
出席者：木村泰男広報部会長以下5名  
議題：①年間事業計画について ②「JCMA 関西」第117号について

## 中国支部



#### ■第1回施工技術部会

月日：7月2日(木)  
場所：広島YMCA会議室  
出席者：新宅清人部会長ほか7名  
議題：①令和2年度部会事業実施計画について ②i-Con(情報化施工)関係行事の推進とその体制について ③令和2年度道路除雪講習会(案)の企画について ④その他懸案事項

#### ■1・2級建設機械施工技術検定実地試験監督者事前説明会

月日：7月31日(水)  
場所：広島YMCA会議室  
出席者：新宅清人総括試験監督者ほか7名

議 題：建設機械施工技術検定実地試験  
実施要領説明

## 四 国 支 部



### ■第4回 四国 ICT 施工活用促進部会

月 日：7月17日（金）

場 所：高松サンポート合同庁舎 低層  
棟 2F アイホール（高松市）

出席者：部会を構成する20の団体・組  
織のうち16団体・組織から36名が出  
席。JCMA 四国支部からは山下事務  
局長が出席

内 容：①四国地方整備局の取り組み

②愛媛大学 i センシングセンターとの  
協定調印について ③地方自治体の取  
り組み事例の紹介 ④ i-Con 大賞の紹  
介 ⑤意見交換

## 九 州 支 部



### ■令和2年度 i-Construction 施工による九 州支部生産性向上推進会議 第2回幹事 会

月 日：7月6日（月）

場 所：はかた近代ビル 105 会議室

出席者：鈴木勇治幹事長ほか15名

議 題：①令和元年 i-Construction セミ

ナーにおける反省点、改善要求事項に  
ついて ②令和2年度 i-Construction  
セミナーについて ③宮崎県建設技術  
センター研修の対応について

### ■企画委員会

月 日：7月22日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか7名

議 題：①「i-Construction 施工による  
生産性向上推進会議」第2回幹事会  
の開催結果 ②令和2年度建設機械施  
工技術検定試験の延期について ③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 ④その他



## 編集後記

令和2年度も既に半ばですが、新型コロナウイルスとの闘いに明け暮れる日々はまだまだ続きそうです。不要・不急の外出を削った結果、季節感をあまり感じないうちに猛暑だけを体験し、気が付くと秋はそこまで来ています。

新型コロナウイルスにより生活に様々な制限がかかる中でも、自然災害が減少することは無く、インフラの維持更新が人々の生活に欠かせないことも変わりありません。しかしながら三密を避けた事業継続は非常に難しく、多くの現場で工事中断が発生していました。

一方で熊本県を中心とした九州豪雨による避難所生活では、感染対策が大きな課題となっていました。世界に目を向けると、米国ミシガン州でも豪雨影響による2つのダムの決壊で大規模な洪水が発生し、やはり避難所での感染対策が課題となったようです。

防災に対する建設業界の重要性を改めて感じると共に、建設業界も新たな社会の形に合わせた働き方変革

をしなければならないと強く思う次第です。

9月号は「コンクリート工・コンクリート構造特集」がテーマです。2年ぶりの特集テーマであり、コンクリートに関連したICT、材料などの技術開発についてご執筆いただきました。業界状況を反映し、省力化に繋がる技術開発に多く取り組まれている印象です。

行政情報では、i-Constructionの3本柱の一つであるコンクリート工の「規格の標準化」を目指し設置された「コンクリート生産性向上検討協議会」の動向についてご紹介いただきました。

巻頭言は、前述のコンクリート生産性向上検討協議会メンバーでもいらっしゃいます、岡山大学の綾野教授にご執筆いただきました。

交流のひろば・ずいそうでは、多くの皆様から幅広く興味深いお話をおうかがいすることができました。

最後になりますが、このようなコロナ渦の中、突然のお願いにも関わらず快くご引き受けいただいた執筆者の皆様には、改めて心より感謝申し上げます。(副島・赤坂)

## 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

### 10月号「大規模災害、防災、災害復旧、復興特集」予告

・電気事業法の改正のポイントや経緯等の解説 ・防災・減災の地山補強土工法 ・プレキャスト部材による既設堤体の嵩上げ構造の開発 ・プレキャスト部材による既設堤体の嵩上げ構造の開発 ・オートゲート(無動力自動開閉ゲート) ・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 ・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 ・災害復旧に際する二次災害の軽減に向けて ・インフラ点検の新会社設立、AI使って価格破壊を目指す ・ハイパースペクトルカメラの災害調査への適用 ・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 ・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 ・Tカッターの開発と現場適用 ・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 ・自然災害に対する安全性指標 GNSの市町村版別 GNSの開発 ・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

### 【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)

## 建設機械施工

第72巻第9号(2020年9月号)(通巻847号)

Vol.72 No.9 September 2020

2020(令和2)年9月20日印刷

2020(令和2)年9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	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	〒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

KOBELCO

90<sup>th</sup>  
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](http://www.kobelco-kenki.co.jp)

# VOLVO アスファルトフィニッシャー

**VOLVO** アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・究極な運動性能
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。
- ・力強さと正確さ
- ・優れた視界性



クローラフィニッシャー

## クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

## ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

## マシンケアテック 株式会社

〒361 - 0056 埼玉県行田市持田 1 - 6 - 23  
TEL 048 - 555 - 2881 FAX 048 - 555 - 2884  
<http://www.machinecaretech.co.jp/>

**VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT**



# GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



## Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



## RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



## マシンケアテック株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23  
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884  
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

Mikasa

http://www.mikasas.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

# 確かな技術で世界を結ぶ *Attachment Specialists*

## 可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

## 油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

## 自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

## ラウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

## マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

## ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



## マルマテクニカ株式会社

### ■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037  
電話 0568(77)3312  
FAX 0568(77)3719

### ■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031  
電話 042(751)3800  
FAX 042(756)4389

### ■ 東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
電話 03(3429)2141  
FAX 03(3420)3336

# 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

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力  
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz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!



## 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



## 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段階押しスイッチ追加可能  
(オプション)



## 防爆形無線機 ボーパー (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!**



## 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!

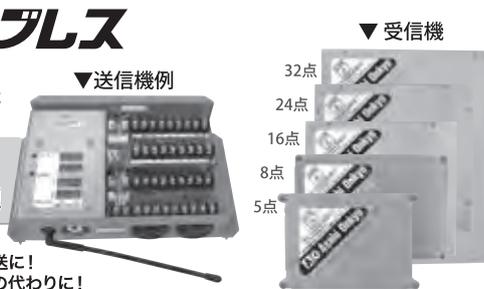


## データケーブルレス

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!



## MAX サテライト

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 サテライト

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!**



## リソー 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



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](http://www.bauma-china.com)

お問合せ:メッセ・ミュンヘン日本代表部, Tel: 03-6402-4593, [info@messe-muenchen.jp](mailto:info@messe-muenchen.jp)

bauma CHINA

**KOMATSU**

**KomVision 人検知衝突軽減システム 標準搭載**

**PC200-11**



※検知エリアについては周囲環境によって変化致します。

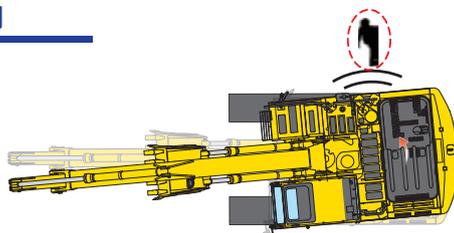
- 本システムは、あらゆる条件で衝突を軽減する装置ではありません。性能には限界があります。システムに頼った使い方や間違った使い方をを行った場合には、事故が発生する可能性があります。
- 本システムをお使いになる前には、必ず取扱説明書をお読み頂き、システムについて理解し、正しくお使い下さい。
- 本システムは、わき見操作や漫然な操作など、オペレータの不注意を防止するための装置ではありません。
- 高速または中速走行、旋回中や作業機の稼働に関しては、停止制御を行っていません。
- 前方や作業可動域、カメラで検知できる範囲外に対象物がある場合、機能は作動しません。
- 検知する対象物の状況（走ってくる、しゃがんでいる、周囲の色と明暗が少ない服装等）、カメラの状況（レンズ面の付着物、くもり等）、作業環境（悪天候、薄暗い、逆光、または夜間、水蒸気や煙が漂う等）によって、人を正しく検知できない可能性があります。
- 下記の条件の際、本システムにより機体が急停止して不安定になる可能性があるため、周囲の安全を確保して運転操作下さい。  
(つり荷走行、急斜面での作業、滑りやすい路面や地盤の柔らかい現場での作業)  
また、トレーラへの積み込み、積み下ろしの際に、本システムにより機体が急停止し不安定になるため、人検知衝突軽減システムを OFF にして下さい。

4台のカメラによる合成画面のモニターに加え、  
人を検知したら、ブザーで**注意喚起/機体停止**



停止状態から走行するとき、また走行中(低速のみ)でも、停止制御エリアで人を検知すると走行を停止します。

**機体停止制御**



停止状態から旋回するとき、停止制御エリアで人を検知すると旋回の発進を停止させます。

**コマツ 国内販売本部**

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3481-5512

PC200-11の  
カタログは  
こちらから



雑誌 03435-9



4910034350902  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)