

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2018

建設機械施工



Vol.70 No.4 April 2018（通巻818号）

特集

コンクリート工 コンクリート構造



PCaPC梁+S梁ハイブリッド架構の設計・施工

巻頭言 知識から知力に

技術情報

- コンクリートのこわばり低減技術「チキシリデュース」の開発
- 脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の新しい施工方法の開発
- 現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言
- 近赤外線を利用したインフラ構造物の非破壊塩害調査システム
- 光ファイバセンサを用いたコンクリート中における鉄筋の腐食膨張モニタリングの開発 他

行政情報

- コンクリート工の生産性向上
- 土木研究所版「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」

交流の広場

繊維強化プラスチックの非破壊試験

JCMA報告

i-Construction施工による生産性向上推進本部 活動報告

JCMA支部報告

道路除雪オペレータの実態調査報告

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT



「1レバー」操作だから、人を選ばず作業高速化。
ホルナビ+PLUS 3Dマシンコントロール

3D MACHINE CONTROL

ブーム・バケットの自動制御で設計面に沿った整地作業が可能なので、熟練オペレーター並のスピードで作業ができます。

AUTO スイッチ
↑押し引き
↓

「1レバー」操作で自動制御

作業効率を極める2つのマシンコントロール。



バケットの自動チルト動作で、作業効率大幅アップ。
ホルナビ+PLUS チルトコントロールシステム

TILT CONTROL SYSTEM

自動化されたチルト動作+回転するバケットだから、足回りを動かさずに広い範囲の整形ができ作業スピード大幅アップ。

±45°
チルト角度 ±45° 傾け

+ 360°
バケット 360° 回転

= 走行なしでの整形幅拡大



ホルナビ+PLUS 新登場!

ホルナビは、ICT 施工におけるコベルコのトータルソリューションです。新たにホルナビを進化させる、ホルナビ+PLUSが加わりました。測量機メーカーとの連携により、ホルナビで多様な現場のニーズをコベルコの窓口だけでワンストップでサポートします。現場のお悩みをご相談ください。

▶ 03-5789-2111

<図書紹介>

平成30年度版 建設機械等損料表

■発売日(予定) : 平成30年5月8日

■体 裁 : A4判 モノクロ 約475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

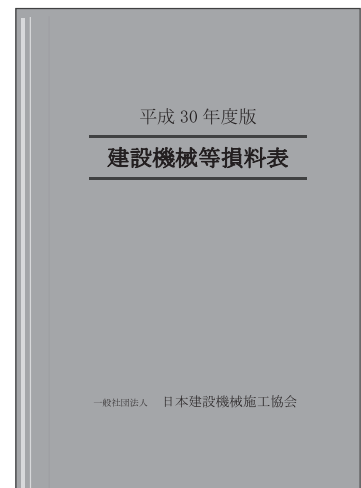
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載

■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2018」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

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

平成30年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成30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、平成28年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成28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及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成30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、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成30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

平成30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

平成28年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の歩掛・損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法のイラストの刷新、施工機械諸元を最新情報に改訂
- ・工法概要、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例の紹介
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改訂

- A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,480円（本体6,000円）

会員価格：5,508円（本体5,100円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

- 発刊予定 平成30年5月22日

（本の発送は、5月31日頃からはなります。）

大口径岩盤削孔工法の積算

一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

平成30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、平成 30 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 平成 30 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 平成 30 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是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。敬具

◆内容

平成 30 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

◆改訂内容

平成 29 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

- ・架設機材複合損料の改訂
- ・送出し、降下作業ステップ図の追加
- ・架設用製作部材単価の改訂
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

2. P C 橋編

- ・架設機械の複合損料改定
- ・床版水抜きパイプ設置工の歩掛を追加
- ・架設桁架設工法の既設構造物アンカー工歩掛を追加
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

3. 橋梁補修編

- ・各足場タイプ別の作業日当り標準作業量の掲載
- ・チッピング工（ブラケット背面部）労務編成の改定
- ・検査路撤去・再設置歩掛の掲載
- ・外ケーブル補強工（鋼橋）の掲載
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



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

●定価

一般価格：10,800 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,180 円（本体 8,500 円）

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 900 円
沖縄県 710 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。

●発刊予定 平成 30 年 5 月 20 日

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

具体的な取り組みとして、ICT(情報化施工)を建設現場に積極的に取り入れようとする「i-Construction」対応工事(ICT土工)では、①3次元起工測量、②3次元設計データの作成、③ICT建設機械による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの電子納品の5項目について実施することになっています。

既に建設現場では、ICTを活用した建設技術(情報化施工)として工事が実施されています。

本書は、これから建設分野を目指す学生や初めてICTを活用した建設工事に携わる方々を対象に作成いたしました。

既刊の「情報化施工デジタルガイドブック」と併せてお読み頂ければ、より詳しくICTを活用した建設技術(情報化施工)がご理解頂けるものと思います。

主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 従来の設計・施工
- 3 情報化施工の測位
- 4 情報化施工技術
- 5 3次元設計データ
- 6 i-Construction
- 7 情報化施工の効果的活用
- 8 ICTを活用した建設技術の一般的な用語の解説



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

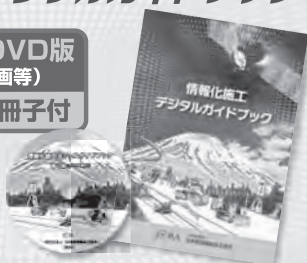
648円(本体600円)

実務者向け!!
情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



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3-5-8 機械振興会館

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

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

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
		FAX	
住 所	〒		
必 要 書 類	見積書()通	請求書()通	納品書()通
送料の取扱	()単価に送料を含む ()単価と送料を2段書きにする（該当に○） 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

（注）沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(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	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(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5F	(052)962-2394	(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	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(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	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

- ・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・災害対策機械および除雪機械
- ・作業船
- ・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、情報化機器
- ・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

今後の予定

「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 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 2016年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
- ②民 間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ

（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 さつけんビル	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

ご記入いただいた個人情報は、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/?page_id=422）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

2016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2016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2016 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	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（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

平成28年5月末 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

Webサイト 要覧クラブ

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015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。

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



今後の予定

更に高機能の「日本建設機械要覧」の検索システム版も作成し、より利便性の高い資料とすべく準備しております。御期待下さい。

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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

土木工事の施工現場においては、施工および施工管理の省力化、品質向上を目的として、モーターグレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術やトータルステーションを用いた施工管理・出来形管理技術をはじめ、ICT技術の活用事例が大規模工事現場はもちろんのこと、小規模工事においても適用されはじめています。

このような中、国土交通省は、平成25年3月に今後の情報化施工の普及促進のための新たな施策「情報化施工推進戦略」～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階に挑む!!～を発表しています。

当協会では、情報化施工を考えておられる実務者の皆様のために新しい情報化施工入門書「情報化施工デジタルガイドブック」を刊行いたしました。本書によって、情報化施工技術を理解していただき、現場施工に役立てていただきたいと考えています。

特 徴

本書では、情報化施工を担当する現場技術者の皆様に対象として作成したもので、DVD版の主な特徴は以下のとおりです。

- ★画像・映像による解りやすい技術紹介
- ★業務の流れに沿った解説
- ★導入効果の概説
- ★50項目以上の用語説明
- ★インターネット・エクスプローラ等のブラウザを使用して画面を切り替えながら見ることができる

Windows版

情報化施工デジタルガイドブック

第1版(2014年発行)

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

情報化施工
デジタルガイドブック

JCMA
一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

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3-5-8 機械振興会館

TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

JCMA 図書

検 索

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★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864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械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・建設機械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)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 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年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、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…

- 建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 附属機関として「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。

■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(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、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の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。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。 etc.

■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
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説 etc.

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.jcmanet.or.jp>

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【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

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。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		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 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

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

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	900
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	700
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	700
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	700
6	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	700
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	900
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	900
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	700
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,160	1,944	250
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	700
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	700
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		250
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,240		700
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	700
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	700
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	700
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		700
19	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	3,456	2,880	250
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		250
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	700
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,944		700
24	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)	1,944		700
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	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)	6,480	6,048	700
27	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)	2,675	2,366	700
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		700
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		700
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		700
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	250
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	700
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	700
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	700
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	700
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	10,800	9,720	700
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		250
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	700
			定期購読料 年 12 冊 9,252 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」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄を参照下さい。

特 集

巻頭言

行政情報

特集・
技術報文

コンクリート工, コンクリート構造

4 知識から知力に ―生産性向上と人工知能―

前川 宏一 東京大学社会基盤学専攻 教授, 横浜国立大学都市イノベーション研究院 教授

5 コンクリート工の生産性向上

全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)

堤 英彰 国土交通省 大臣官房 技術調査課

11 土木研究所版

「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル (案)」

西崎 到 国立研究開発法人 土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ 首席研究員
佐々木 巖 国立研究開発法人 土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ 主任研究員
櫻庭 浩樹 国立研究開発法人 土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ 研究員

15 コンクリートのこわばり低減技術 「チキシリデュース」の 開発

根本 浩史 清水建設㈱ 土木技術本部 基盤技術部
平野 修也 ㈱フローリック 技術本部 コンクリート研究所
石本 陽一 清水建設㈱ 土木東京支店 横浜土木営業所

21 超高層集合住宅に設計基準強度 200 N/mm² の超高強度コン クリートを施工

梅本 宗宏 戸田建設㈱ 技術開発センター構造技術ユニット 主管

26 周辺環境に配慮した現場添加型高流動化コンクリートの実用化

河野 政典 ㈱奥村組 技術研究所 建築研究グループ 首席研究員

33 山岳トンネル現場における覆工用高流動コンクリートの適用

松本 修治 鹿島建設㈱ 技術研究所 土木材料グループ 研究員
坂井 吾郎 鹿島建設㈱ 技術研究所 土木材料グループ グループ長 (首席研究員)
手塚 康成 鹿島建設㈱ 土木管理本部 土木工務部 トンネルグループ 担当部長

38 脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の新しい施工方法の開発 給水養生工法「アクアカーテン」の用途を拡大

齋藤 淳 ㈱安藤・間 技術研究所 土木研究部 主任研究員

42 現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言

生コン情報の電子化を実現した T-CIM / Concrete

北原 剛 大成建設㈱ 土木本部 土木技術部 技術・品質推進室 主事 (CIM チーム TL)

53 ダム用コンクリート締固め判定システムの開発

コンクリートの振動解析により締固めを判定

上高 克弘 ㈱大林組 大阪本店 川上ダム JV 工事事務所 副所長
古屋 弘 ㈱大林組 技術研究所 上級首席技師

60 PCaPC 梁 + S 梁ハイブリッド架構の設計・施工

佐々木淳一 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門
九嶋壮一郎 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門 構造 6 グループ 課長 博士 (工学)
奥出 久人 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門 構造 5 グループ長

66 Trunc-head を用いたプレキャスト床版継手の開発

三加 崇 三井住友建設㈱ 技術本部 技術研究所 主任研究員
鈴鹿 良和 三井住友建設㈱ 土木本部 土木設計部
篠崎 裕生 三井住友建設㈱ 技術本部 技術研究所 グループ長

71 近赤外線を利用したインフラ構造物の非破壊塩害調査システム

コンクリート構造物の表面塩化物イオン濃度分布を非破壊で見える化

太田 健司 前田建設工業㈱ 技術研究所 研究員
中島 良光 前田建設工業㈱ 事業戦略本部プロジェクトマネジメント部 シニアマネージャー
松林 卓 前田建設工業㈱ 技術研究所 社会基盤マネジメント研究室 室長

	77	光ファイバセンサを用いたコンクリート中における鉄筋の腐食膨張モニタリングの開発	早野 博幸 太平洋セメント㈱ 中央研究所 第2研究部 インフラ保全技術チーム 主席研究員
	82	下水管路内表面の水分分析に着目したコンクリートの劣化調査	吉田 夏樹 (一財)日本建築総合試験所 試験研究センター 材料部 材料試験室 室長代理 博士(工学) 山中 明彦 パシフィックコンサルタンツ㈱ 大阪本社 環境創造事業部 水事業推進室 技術部長兼室長 鎌田 敏郎 大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻 教授 博士(工学)
交流の広場	87	繊維強化プラスチックの非破壊試験	水谷 義弘 東京工業大学 工学院機械系
ずいそう	90	「CAT Our Common Values」の話	廣瀬 正典 元新キャタピラ三菱社長
	92	水に浮かぶ建設機械《作業船》あれこれ	杉森 厚 東洋建設㈱三重営業所長
JCMA 報告	95	i-Construction 施工による生産性向上推進本部 活動報告	(一社)日本建設機械施工協会 i-Construction 施工による生産性向上推進本部 事務局
部会報告	100	(株)流機エンジニアリング現場見学会	機械部会 トンネル機械技術委員会
	103	高速1号羽田線(東品川棧橋・鮫洲埋立部)更新工事 現場見学会	建設業部会
JCMA 支部報告	106	道路除雪オペレータの実態調査報告	(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部 雪氷部会
	111	建設業へ新規入職する人たちに ICT を活用した建設技術を紹介	(一社)日本建設機械施工協会 中部支部
	112	新工法紹介	機関誌編集委員会
	115	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	120	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
	121	行事一覧(2018年2月)	
	130	編集後記(浅野・太田)	

◇表紙写真説明◇

PCaPC 梁+S 梁ハイブリッド架構の設計・施工

写真提供:(株)竹中工務店

日亜化学工業諏訪技術センターは、諏訪湖の眺望を一望できる魅力的な執務空間を有する技術センターである。

PC造とS造を適材適所に組合せることで、28.8m スパンや6.4m 跳出しを有する人工大地を構築し、執務空間を空中に浮遊させた。

長野県という寒冷地において、精度良い躯体施工を冬季に行う必要があったため、部材を可能な限りPCa化し、躯体工事の省人化と工期短縮、精度確保、品質向上を実現した。

2018年(平成30年)4月号PR目次
【ア】朝日音響㈱……………後付1
【カ】カヤパシシステムマシナリー㈱ 後付8

コスモ石油ルブリカンツ㈱…後付7
コベルコ建機㈱……………表紙2
【サ】サイテックジャパン㈱……………表紙4

【タ】大和機工㈱……………表紙3
デンヨー㈱……………後付6
【マ】マルマテクニカ㈱……………後付5

三笠産業㈱……………後付4
㈱三井三池製作所……………表紙3
【ヤ】吉永機械㈱……………後付2

巻頭言

知識から知力に —生産性向上と人工知能—

前 川 宏 一



国や地域の経済指標は多くの場合、総量値で評価されてきた。一人当たりの生産性が不変ならば、人口減少と経済指標は単純に連動する。一方で、総量評価に基づいた政策や組織経営が個々の生産性を貶める皮肉な結果を招いた例には、事欠かない。私が属する教育研究分野も例外ではなく、総量に対するコストダウン政策が次世代の学術を危機に曝している。人口が減少していくことが不可避となった今、生産性を上げなければ、真に幸せな生活を維持できなくなる。過去半世紀の日本の力は、先進国中で億を超える人口を有していたことに依存してきた側面がある。今日、個人や企業、団体個々の生産性の向上が経済政策の表に出てきたことは、特に建設産業において歓迎すべき状況と考えている。

日米の生産性比較に関する統計によれば、サービス産業と農業で大きな差が指摘されているが、建設分野では約2割程度の違いがある。日米建設は他産業に比して確かに苦戦しているが、米国はいまだ衰えない人口増加（移民）で総量優位性を維持する。しかし、日本はどうであろうか。

質を維持した上での生産性向上は、第一に無駄なことを整理縮合すること、第二に技術やビジネスのイノベーションを活用すること。第一の選択には多くの余地が残されている。公共事業における生コン単価の積算基準（スランプ規定変更）の改訂はその一例であろう。公共システムに大変革を求めなくてもよい。従来のかんたんを維持しつつ、僅かな修正や改善・変更で全体の生産性を上げる。地道であるがゆえに、大きな効果も期待できる。ここでは行政と経営マネジメントの知恵が活きるのである。基準、規範を支える技術も、新地から作りこむ程のことは無く、確立された公知の技術とその修正などで、短期に対応できるものが少なくない。従前、有効に利用してこなかった技術ネタが、少なからずあるからである。

橋やトンネルなどの公共インフラ施設の点検が管理者に義務付けられた。まっとうな施策であり、将来の管

理コストを大幅に減らすことができれば、その余力を国あるいは地方公共団体は他の投資に振り分けることが可能となる。ここで点検コストが膨大となってしまつては、現場の疲弊と生産性の降下を招き前述の通り、総量減に落ちるスパイラルにはまる。良好に歯車を回すための技術開発は政策実現の1丁目一番地と言える。

人間が従前、担ってきた仕事を機械化、電子化する方向は、品質を向上させつつ生産性も上げる有力手段であり、活発な技術開発や提案が出てきていることは、大変心強い。これらの動向のなかで、人工知能の活用における期待感も高い。点検・診断業務の機械化、効率化と、管理計画立案に対する支援の2点で、具体的な応用が鋭意進められている。人工ニューラルネットワーク、機械学習等のアルゴリズム開発は建設産業側の主戦場ではなく、一流の技術者と肩を並べる程に有効な人工知能を育てるための訓練・教師データを如何に収集し、人工知能創出のプログラムに提供できるかが建設側の課題である。膨大な維持管理に関わるデータ群も、教師データとして適切に選別できなければ、人工知能は容易に過学習に陥る。自己の限られた経験に固執して狭量な判断しかできない人間と同じ人工知能が生まれる。換言すれば、正しい判断のできる一流の技術者を育成するための「教材」に相当するものが何なのか明確になれば、人工知能（寝ないで勉強し続ける）を一流の域まで鍛え込むことができそうである。知識や経験に基づく現場「知力」の涵養という、教育の本質にかかわる課題である。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のアセットマネジメントプロジェクトで粗方、明らかにされるものと期待される。

こられを社会実装する上で、乗り越えなければならないのは必要なルールの改正である。ルールを1つ作るのであれば、1つ以上の既存のルールを廃することを、全体最適を求める上での原則事項としたいものである。

——まえかわ こういち 東京大学社会基盤学専攻 教授、
横浜国立大学都市イノベーション研究院 教授——

特集>>> コンクリート工、コンクリート構造

行政情報

コンクリート工の生産性向上

全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）

堤 英 彰

国土交通省では、建設産業の生産性を向上させるため、測量・調査から設計、施工、維持管理・更新まであらゆる建設生産プロセスの各段階において ICT 等を活用する i-Construction を重要施策の 1 つとして取り組んでいるところである。

本稿では、i-Construction におけるトップランナー施策の 1 つである、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、これまで策定してきたガイドラインの概要、今後の取組みについて紹介する。

キーワード：i-Construction、生産性向上、コンクリート工、機械式鉄筋定着工法、機械式鉄筋継手工法、スランプ値、プレキャストコンクリート

1. はじめに

我が国の人口は 2008 年の約 1 億 2,800 万人をピークに減少に転じ、高齢化が進んでいる。

この中で、持続的な経済成長を遂げていくためには、働き手の減少を上回る生産性の向上や、新たな需要の掘り起こしを図っていくことが必要である。

建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に、社会の安全・安心の確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」である。

人口減少や高齢化が進む中であっても、これらの役割を果たすため、建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革とともに、生産性向上が必要不可欠である。

そのため、国土交通省では 2016 年を「生産性革命元年」と位置づけ、同年 3 月に「国土交通省生産性革命本部」を設置し、これまで 20 の「生産性革命プロジェクト」を選定したところである。

「i-Construction の推進」は生産性プロジェクトの目玉施策であり、昨年 2017 年は、生産性革命「前進の年」、そして本年 2018 年は「深化の年」として、取組みのさらなる加速化に総力を挙げて取り組んでいる。

本稿では、生産性革命プロジェクトである「i-Construction」で取り組んでいる、全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）について紹介する。

2. 生産性向上に取り組む背景

我が国の建設投資額は 1992 年度の約 84 兆円をピークに減少し、2010 年度にはその 5 割以下となる約 41 兆円まで落ち込んだ。その後は増加に転じ、2015 年度はピーク時と比較し 6 割の水準である約 48 兆円となっている。また、12 年連続で減り続けてきた公共事業予算は、2012 年度で下げ止まり、2014 年度以降の当初予算は約 6 兆円となっている。このような建設投資、公共事業予算の状況の中、建設企業の業績も上向き、安定的な経営環境が実現し始めたことで、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になってきている。

また、バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少をさらに上回り、ほぼ一貫して労働力過剰となったため、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

しかし、建設現場で働いている技能労働者約 330 万人（2015 年時点）のうち、約 1/3 の約 110 万人が今後 10 年間で高齢化等により離職する可能性が高いことが想定され、現在の水準の生産性では建設現場は成り立たないと考えられる。

建設企業の業績が回復し、安定的な経営環境が確保されつつある今、生産性の向上に本格的に取り組むべき絶好の機会が到来したと考えられ、今こそ、我が国の建設現場が世界の最先端となるよう、産学官が連携して i-Construction に取り組むべき時だと考えられる。

3. トップランナー施策について

トンネル工事などは、約50年間で生産性を最大10倍向上しているが、現場で多く用いられている土工や場所打ちコンクリート工の生産性は30年前とほとんど変わっていないことに加え、これらの工事に従事している技能労働者の割合は直轄工事で働いている全技能労働者の約4割に相当するため改善の余地が大きい。これらの生産性の実態を踏まえ、国土交通省では、「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）」、及び「施工時期の平準化」をi-Constructionのトップランナー施策として進めることとしている。

4. コンクリート工の生産性向上における課題

トップランナー施策の1つである、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」を進めるにあたっての課題は以下のとおりである。

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ている。

さらに、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っている。

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な状況である。

一方、工場製作であるプレキャスト製品の活用にしても、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。

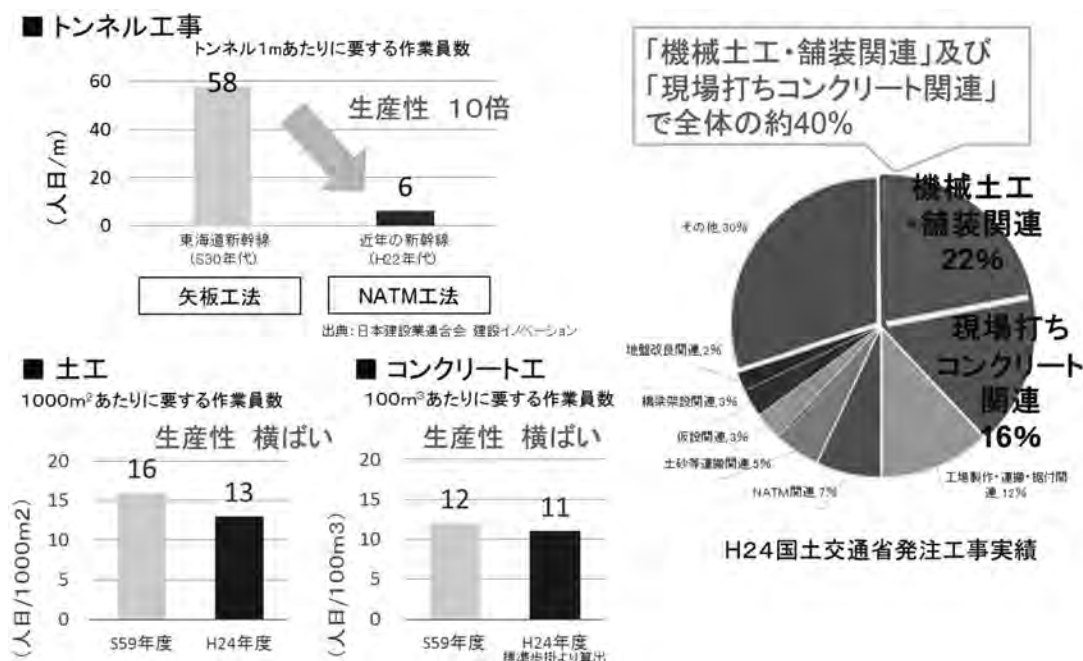
そのため、工場の稼働状況の平準化のために受注を先読みして製品を工場で作成することも考えられるが、同規格の製品が発注されなければデッドストックとなるリスクがある。したがって、受注生産ということとなり、安定的な生産によるコストダウンが難しい環境にある。

コンクリート工においては、このような課題により、生産性の飛躍的な向上は進みにくかったと考えられる。

5. コンクリート工の生産性向上に向けた検討

図一2は、コンクリートの生産性向上に向けた検討事項を示したものである。コンクリートの生産性の向上に向けた柱を、「規格の標準化」「全体最適」「工程改善」の3つとしている。

このうち、「規格の標準化」では、施工の効率化が図られる技術、例えば、機械式鉄筋定着工法や鉄筋のプレハブ化などの技術に関するガイドラインを整備するほか、スランブ規定の見直しや、サプライチェーンマネジメントなどにも通じる部材の仕様・サイズなど標準化の検討を進めている。



図一1 生産性向上の現状（トンネル工，土工，コンクリート工）

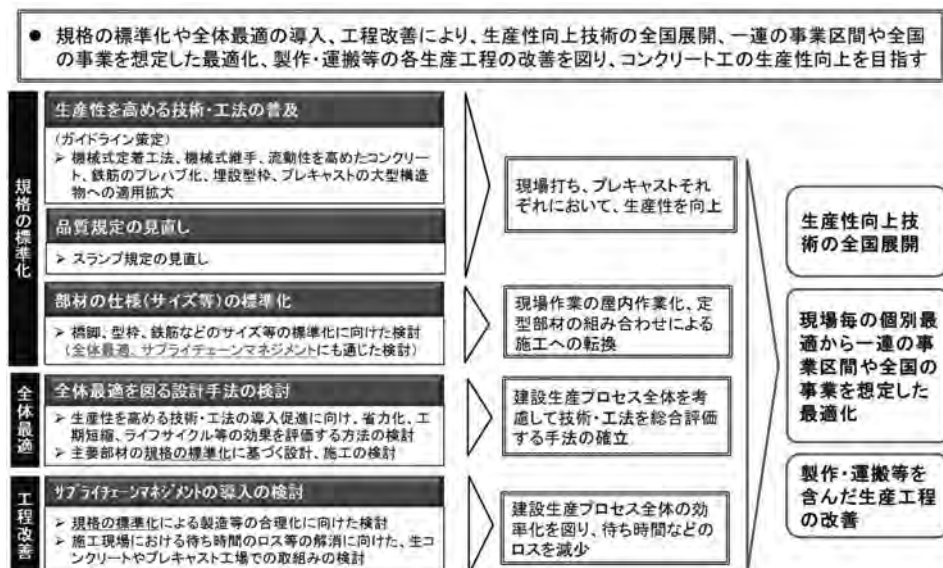


図-2 コンクリート工の生産性向上に向けた検討事項

「全体最適」では、工期短縮や品質向上などの観点で優れた技術を、施工・維持管理段階での効果なども見据え、プロジェクトの上流段階から採用を検討していく方法の検討を進めている。

「工程改善」、いわゆるサプライチェーンマネジメントの導入では、材料・資機材の待ち時間ロスやデッドストックリスクの解消などに向けた、生コン工場やプレキャスト工場での取組みを後押しするような検討を進めている。

これらを総合的に進めることで、生産性向上技術の全国展開や、現場毎の個別最適からプロジェクト単位・全国単位での全体最適などを目指している。

表-1 コンクリート生産性向上検討協議会 委員

■有識者(○会長)	
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	ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)取締役 技術統括 技術本部長
(土木学会 生産性及び品質の向上のためのコンクリート構造物の設計・施工研究小委員会 委員長)	
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 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
○前川 宏一	東京大学大学院工学系研究科 教授
■関係団体	
津川 俊司	(一社)日本建設業連合会 コンクリート技術部会 部会長
川口 幸治	(一社)全国建設業協会 土木専門委員会 委員
大崎 精一郎	(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 理事
谷本 静夫	全国基礎工業協同組合連合会 技術委員会 委員
加藤 雅彦	(一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会 副委員長
原田 修輔	全国生コンクリート工業組合連合会 常務理事
小川 秀男	コンクリート用化学混和剤協会 業務委員
西尾 浩志	(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 技術委員会 技術幹事会 幹事長
永井 義行	(一社)全国コンクリート製品協会 常任理事
長野 拓朗	(公社)全国土木コンクリートブロック協会 幹事
松下 敏郎	(一社)道路プレキャストコンクリート製品技術協会 事務局 長兼技術委員長
(2017年10月現在)	

国土交通省では、これらの検討を進めるための課題及び取組方針などを検討することを目的に、次表の有識者委員及び関係団体、研究機関、発注機関が参画するコンクリート生産性向上検討協議会(以下、「協議会」という、表-1)を2016年3月に設置し、これまで6回開催した。

(1) 生産性を高める技術・工法の普及

本協議会での議論を踏まえ、現場打ちコンクリート、プレキャスト製品それぞれにおいて生産性を高める技術・工法を普及させるため、生産性向上に資する技術のガイドラインについて、各要素技術のノウハウを持っている関係団体に主体的に検討を進めていただいている(表-2)。

表-2 要素技術のガイドライン整備に向けた検討

生産性向上技術	参加委員等
・機械式継手 ・機械式定着工法 →策定済み	委員長: 久田真(東北大学教授) 委員: 建設コンサルタンツ協会、製造メーカー等 事務局: 日本建設業連合会
・流動性の高いコンクリート (高流動コンクリート等) →策定済み	委員長: 橋本親典(徳島大学教授) 委員: 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等 事務局: 日本建設業連合会
・プレキャストの適用範囲の拡大 (大型化)(※道路関係)	委員長: 宮川豊章(京大教授) 委員: 日本建設業連合会、建設コンサルタンツ協会、土木研究センター、セメント協会、全国宅地壁技術協会、全国ボックスカルバート協会、日本PCボックスカルバート協会、日本道路建設業協会等 事務局: 道路プレキャストコンクリート製品技術協会
・鉄筋のプレハプ化 ・埋設型枠の活用 ・プレキャストの適用範囲の拡大 (大型化)(※橋梁関係)、等	委員長: 睦好宏志(埼玉大学教授) 委員: 日本建設業連合会、建設コンサルタンツ協会、道路プレキャストコンクリート製品技術協会等 事務局: プレストレスト・コンクリート建設業協会

(2017年10月現在)

2016年7月には、第1弾となる「機械式鉄筋定着工法」(図一3参照)に関するガイドラインが策定された。また、2017年3月には、機械式鉄筋継手工法に関して「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」が、スランプ規定の見直しに関して「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」が策定された。

(a) 機械式鉄筋定着工法に関するガイドライン

現場打ちコンクリート構造物の鉄筋組立における鉄筋端部処理については、鉄筋の曲げ加工を必要とする半円形フック等が従来工法として用いられてきた。現場打ちコンクリート構造物の生産性向上にあたっては、鉄筋加工組立てをいかに効率的に行うかが鍵を握っており、鉄筋端部の曲げ加工は、配筋の作業効率を大きく左右する。

一方で、道路橋示方書等の設計基準においては、以前より鉄筋の定着方法として端部のフック以外に定着板の取り付けによる定着も認めていたが、具体的な記述はなかった。

こうした背景を踏まえ、機械式鉄筋定着工法を採用する際の設計、施工上の留意事項をとりまとめた「機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン」が策定された。

機械式鉄筋定着工法を適用した場合の生産性向上効果については、構造物の規模などケースによるが、半円形フックを用いた場合と比較して、コスト的には、ほぼ同等であり、鉄筋工数、工期ともに1割程度の削減が可能となる。

(b) 機械式鉄筋継手工法に関するガイドライン

現場打ちコンクリート構造物においては、流動性を高めたコンクリートの採用とともに、鉄筋加工や組立ての省力化が効果的であるが、鉄筋継手工法については、重ね継手、ガス圧接継手、機械式鉄筋継手等が用いられ、それぞれにメリット、デメリットが存在し、施工方法や留意事項も異なっている。このため、鉄筋

継手の採用にあたっては、各種継手の特性を十分に熟知し、適用部位に求められている性能を満足できることを確認する必要がある。

こうした背景を踏まえ、機械式鉄筋継手工法が適切に使用され、生産性向上に資することを目的として、「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」が策定された。

機械式鉄筋継手工法の導入により、構造物の種類や施工方法などの条件にもよるが、従来工法と比較して鉄筋工数は約2割程度、工期は約2割～3割程度削減が可能となり、生産性は向上すると考えられる。

(c) 流動性の高いコンクリートに関するガイドライン (スランプ規定の見直し)

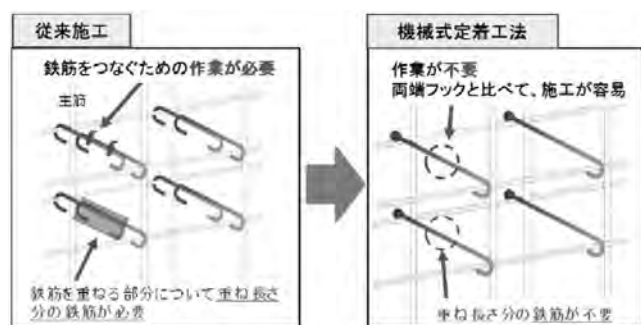
近年、鉄筋コンクリート構造物の耐震性能向上の目的で、耐震設計基準が見直され鉄筋量が増加する傾向にある。そのため、コンクリートの締固めが困難になり生産性を高める上でネックになるほか、コンクリートの充填不足による品質の低下が懸念されている。

こうした背景を踏まえ、流動性を高めた現場打ちコンクリートを用い、現場打ちコンクリート構造物建設の生産性向上に資することを目的として、流動性を高めたコンクリートの活用検討委員会(委員長:橋本親典徳島大学大学院理工学研究部理工学部門教授)において「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」が策定された。

ガイドラインでは、コンクリート構造物の品質を確保した上で、現場打ちコンクリートの生産性向上を図ることを目的とし、施工性能の面から使用するコンクリートの流動性を選定する方法と留意事項について示している。

具体的な内容として、「コンクリートの流動性の選定」、「施工時における品質確認上の留意点」、「高流動コンクリートの選定と留意点」について記載している。

「コンクリートの流動性の選定」については、コンクリートの流動性はスランプ(スランプフロー)を指標とし、打ち込みの最小スランプを考慮して施工者が適切に選定することとしている。流動性を定める際には、構造物の種類、部材の種類と大きさ、鋼材量や配筋条件、コンクリートの運搬、打込み、締固め等の作業条件を適切に考慮することとしている。流動性については、スランプあるいはスランプフローを指標として土木学会発刊の「コンクリート標準示方書[施工編]」、「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針」の最新版を参考に設定して良いこととしている。しかし、設計時に荷卸し時の目標スランプを定める時点では、コンクリート構造物の施工条件を詳細



機械式鉄筋定着工法の採用により、鉄筋工数・工期が従来比で1割程度削減

図一3 機械式鉄筋定着工法の例

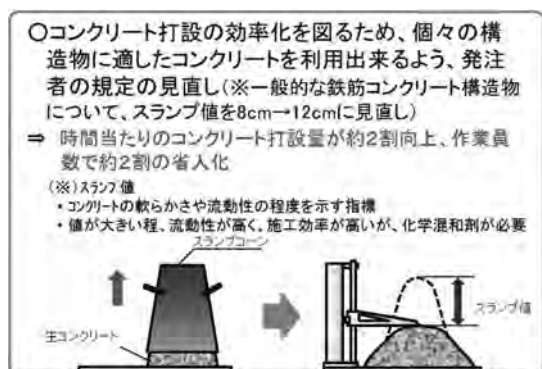


図-4 コンクリート打設の効率化

には検討できないことも想定されるので、ほとんどの現場で、必要な施工性能を確保できることが期待できる、スランプ値 12 cm として良いこととした。

「施工時における品質確認上の留意点」については、使用するコンクリートの目標スランプが 12 cm の場合は、単位水量、単位セメント量、水セメント比を配合計画書により確認することとしている。一方、目標スランプが 12 cm を超える場合には、配合計画書での確認に加え、材料分離抵抗性を確認することとしており、配合を選定する際には試し練りを行い、スランプ試験後の試料の外観やブリーディング量から材料分離抵抗性を確認するものとしている。

「高流動コンクリートの選定と留意点」については、鋼材量や配筋等の構造条件と打込み、締固め等の作業条件から、コンクリートに特別な流動性能が必要と判断された場合、あるいは使用することにより現場打ちコンクリート工事の生産性が著しく向上すると判断された場合には、高流動コンクリートを選定してよいこととしている。

今般、ガイドラインが策定されたことを受け、国土交通省の直轄工事において、工事発注におけるスランプ値の見直しを行ったところである。その内容は、一般的な鉄筋コンクリート構造物については、これまで標準としていたスランプ値 8 cm ではなく、12 cm とすることとしており、2017 年 7 月の入札公告を行う工事から適用を始めた。

スランプ値を 8 cm から 12 cm に見直すことで、時間当たりのコンクリート打設量が約 2 割向上し、作業員数で約 2 割の省人化を図ることが可能となり、流動性を高めたコンクリートを用いることにより、現場打ちコンクリートの生産性の向上に寄与すると考えている。

(2) 部材の仕様(サイズ等)の標準化

構造物の設計では、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。こ

のため、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状況にある。また、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。

そのため、部材の仕様(サイズ等)の標準化を進めることにより、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、生産性の向上を目指している。

2017 年 4 月からは、プレキャスト製品(側溝、ボックスカルバート、L 型擁壁)を用いる際には、これら製品の標準寸法等を定めた「土木工事に関するプレキャストコンクリート製品の設計条件明示要領(案)」を積極的に活用し、設計の効率化等を図ることとしている。

(3) 全体最適を図る設計手法の検討

前述のとおり、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、技術が存在しているが、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。

このような現状を打破するためには、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や、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方を導入する必要がある。

あわせて、工期短縮や安全性、品質の向上などの性能を総合的に評価する手法の検討が必要である。

これらに対応するため、2017 年度から、以下の取組みを進めている。

(a) 概略設計時点での検討事項の明確化

構造を決定する後段階において、全体最適を実現する技術導入を妨げることの無いよう、上流段階(概略設計時等)での配慮事項を明確にする。

(例) 路線全体、事業全体で同一構造を採用する考え方

- ・形状等の単純化(PCa 活用を阻害しないような線形、勾配)、主要部材の標準化(上部工形式、内空断面等)

(b) 設計から施工に引継ぐ事項の明確化

上流工程から下流工程へ伝えるべき事項及び引継ぎ方法を整理。生産性向上設計留意書等を作成し、後業務で活用することを位置づける。



図-6 生コン工場からの製品情報電子化の運用イメージ

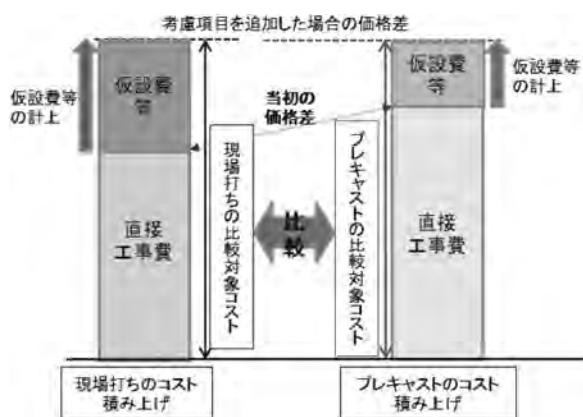


図-5 仮設費等も含めた経済比較イメージ

(引き継ぐべき項目例)

- ・全体最適設計の設計条件（経済性、工期短縮、環境負荷等の様々な評価項目に対し、どのように評価したか）
- ・工事発注段階での工区割りによるスケールメリットの減少に関する留意事項、等

(c) 比較検討手法の確立

直接工事費以外の仮設費等も含め、比較検討の際に考慮する。

(考慮すべき項目)

- ・直接工事費
- ・仮設費（土留め工等損料、冬期施工時の雪寒仮囲い等）、交通規制費用（交通誘導警備員）、土砂等処分費用、等

(4) サプライチェーンマネジメントの導入の検討

施工関連情報の電子化、クラウド化により工程の進捗情報を共有することができれば、適切な工程管理が期待されるほか、電子データによる書類の簡素化や材料確認、検査の合理化が期待される。

このため国土交通省では、今年度からレディーミックス工場（以下、「生コン工場」という）からの製品情報の電子化に向けた検討を進めている。

コンクリートの品質等の情報は、生コン工場で発行された紙伝票によって伝達されていき、この結果、工事情報の共有・保管・提出等の場面で、改めてデータ入力作業が生じている状況にある。また、現場での試験結果や運搬状況がリアルタイムでやりとりできないので、現場と生コン工場との間で確認のために時間を要し、場合によっては打設の手戻りが生じている。

紙伝票等に記載されている情報の電子化を図ることができれば、データ打ち替えの手間が省かれる他、リアルタイムでの情報確認により手戻りの防止等といった効果が期待される。

国土交通省としては、関係者間と必要な調整を行う協議の場を設け、生コン工場（製造側）及び施工業者（施工側）双方において最適な運用とできるよう必要な調整を図っているところである。

6. 今後の予定

国土交通省では、本稿で紹介した取組みを総合的に取り組むことで、コンクリート工の生産性の向上を図っていくこととしている。また、各取組みの効果検証を実施し、必要な見直しを継続的に実施することとしている。

i-Constructionを推進し、生産性を向上させることで、現場で働く方々の処遇を改善し、魅力ある建設現場が創出される。若者が希望を持って将来を託せるような産業分野となるよう、産学官一体となって取り組んでいきたいと考えている。

JCMIA

〔筆者紹介〕
堤 英彰（つつみ ひであき）
国土交通省
大臣官房 技術調査課

特集>>> コンクリート工, コンクリート構造

行政情報

土木研究所版

「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」

西 崎 到・佐々木 巖・櫻 庭 浩 樹

コンクリート構造物の補修は、劣化を抑制し耐久性等の性能を回復・向上させることを目的に施工されるが、期待した効果が発揮されず早期に再劣化することもある。土木研究所では、コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術について調査研究を行い、補修工の不具合は、補修材料の品質やその規格に因るものより、材料工法の選定の誤りや現場での施工管理によるものが多いことがわかった。それらの成果から「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」をとりまとめた。

キーワード：コンクリート、補修、表面被覆、表面含浸、断面修復、ひび割れ修復、不具合事例

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性に関しては1970年代に塩害やアルカリシリカ反応による早期劣化が顕在化した。旧建設省では建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」に取り組み、その成果は塩害を受けた土木構造物の補修指針(案)やアルカリ骨材反応被害構造物(土木)の補修・補強指針(案)として整理されている。

以来、それらの指針(案)は永く使われてきたが、30年が経過し、その間の技術の進歩に追従するために新たな指針類の作成が必要となった。土木研究所では2011～2015年にプロジェクト研究「コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立」を実施し、その成果として「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」をその試案として作成した。

このマニュアル(案)では、図—1に示すように、適切な補修を行うための標準的な考え方(補修方針の設定、各種補修工法の選定方法など)を、共通編とし

てとりまとめた。また、表面被覆・表面含浸工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法について、補修材の品質確認方法や、施工上の留意点を整理した。さらに、補修後の再劣化等の不具合事例と、その推定される原因が示されている。

本報ではまず不具合事例を紹介し、それを防ぐために取りまとめた共通編を中心にその概要を紹介する。

2. 不具合事例に基づく検討

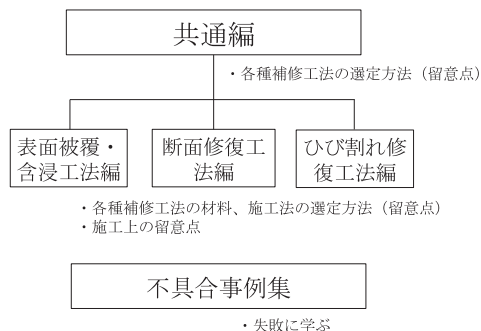
(1) 不具合事例の類型化

コンクリート構造物の補修は、劣化を抑制し、耐久性等の性能を回復・向上させることを目的に施工されるが、期待した効果が発揮されていない事例も見られる。そこで、不具合が生じた事例を収集し、その要因を検討した。

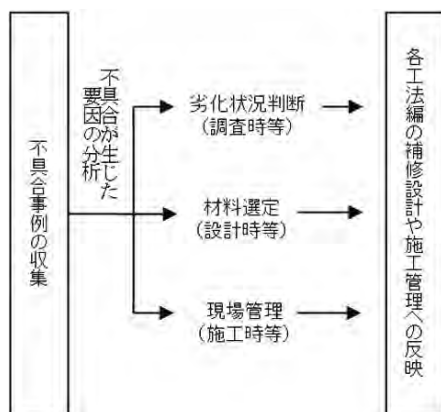
図—2に、検討の流れを示す。耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修工法のうち、表面被覆工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法を中心に、収集した不具合事例の要因を分析している。その結果、不具合事例には、補修前の調査における劣化状況判断が不適切だった場合、補修設計時の工法・材料選定が不適切だった場合、および施工時の現場管理が不適切だった場合、およびこれらが複合した場合があった。これらの事例を考慮し、遵守すべき事項や配慮することが望ましい事項を整理した。

(2) 代表的な事例

図—3は寒冷地域の堰堤で、劣化したコンクリー



図—1 コンクリート構造物の補修対策施工 マニュアル(案)の構成



図一 2 不具合事例の類型化とマニュアルへの反映

ト表面を除去した後、モルタル吹付けにより補修したが、補修後にモルタル面に多数のひび割れとモルタルの土砂化が見られた事例である。補修前後の劣化ともに、凍結融解作用の繰返しが劣化の原因と推定される。補修に使用した材料の、耐凍害性が不十分であったと考えられ、補修材料の選定が不適切な事例である。

図一 4 は寒冷地の樋門で、凍害劣化部を除去して断面修復し、表面被覆を実施したが、補修3年後に被覆表面のひび割れと断面修復の剥落が生じた事例である。除去不足であった劣化部の凍結融解とともに、施工時の防寒対策や養生の不足による、表面被覆材の接着不良や断面修復の一体化不足が劣化の主因と考えられ、現場の施工管理が不適切な事例である。

(3) 不具合を防ぐために

これらの分析結果に基づき、調査や補修設計、施工時における一般的な留意点について共通編に示した。また、具体的な補修材料の選定や施工における品質管理・検査項目は、使用する材料・工法によって注意すべき点が異なるので、工法別の編に示した。

3. 共通編

(1) 補修方針の設定

ISO 16311（コンクリート構造物の維持管理と補修）では、構造物に求める要求性能、劣化の状態、劣化要因などを踏まえて補修方針を設定し、それに応じた補修の設計を行うこととしている。本マニュアルでもこの方針を踏襲することとした。表一 1 に、ISO 16311 に示されている補修方針の分類を示す。

(2) 劣化要因ごとの補修方法の選定方法

補修工法を具体的に検討するにあたっては、補修対象となる構造物の劣化原因や劣化程度を考慮して、表一 1 の補修方針から具体的な補修方法の選定に結びつけていく必要がある。

そこで、比較的報告例の多い劣化要因（塩害、凍害、アルカリ骨材反応、温度・乾燥ひび割れ）ごとに、その劣化程度に対応した補修方針と具体的な補修方法の



モルタル面のひび割れ

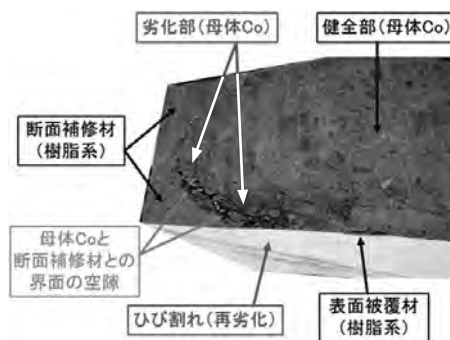


モルタルの土砂化

図一 3 コンクリート堰堤の不具合事例



表面被覆材のひび割れ



劣化した部位の断面

図一 4 コンクリート樋門の不具合事例

表—1 ISOでの補修方針と補修工法の例

No.	補修方針	補修工法の例
1	劣化因子の遮断	撥水性表面含浸、表面含浸、表面被覆 ひび割れ注入、外部パネルの設置等
2	水分の浸入抑制	撥水性表面含浸、表面含浸、表面被覆 外部パネルの設置、電気化学的処理等
3	コンクリートの復元	モルタル被覆、コンクリートの再打ち込み 吹き付け、部材の取り替え等
4	構造的補強	補強鋼材の追加、アンカー、補強版接着 欠陥部への注入・充填、プレストレス導入等
5	表面改質／ 物理的抵抗性の向上	表面被覆、表面含浸 モルタル・コンクリートによる増厚等
6	化学的抵抗性の向上	表面被覆、表面含浸 モルタル・コンクリートによる増厚等
7	不動態皮膜の保護・復元	かぶりの増厚・塗装、コンクリートの打換え 再アルカリ化、電気化学的脱塩等
8	含水率の増加抑制	撥水系含浸、表面含浸、表面被覆等
9	カソード反応抑制	飽水や表面被覆による酸素供給量の抑制等
10	カソード防食 (電気防食)	防食電流の印加による防食電位の維持等
11	アノード反応の制御	塗装鉄筋、防錆剤、犠牲陽極の設置等

関連付けを行った。このうち、海からの飛来塩分などの影響を受けてコンクリート中の鉄筋が腐食する塩害について整理したものを表—2に示す。このように、劣化の状態、補修方針と補修方法を関連づけることで、誤った補修工法選定のリスクを軽減できるものと考えられる。

表—2中の水処理とは、排水溝の清掃や水切りの設置等である。多くの劣化要因に対処できる最も基本

的、かつ重要な予防対策であり、管理者の技術レベルによらず、実施することを基本とした。

劣化の進行に応じて補修方針が変化し、それに合った補修工法を選定する。劣化が進行した段階での補修方法の選定については、専門的な知識が必要であり、その留意点についても整理した。

(3) 施工における留意点

施工においては、施工前調査の重要性を強調した。補修設計における調査では全ての補修予定箇所が調査されていない場合があり、また、設計から施工までの時間の経過にともなって劣化が進行している場合もある。このため、補修の直前にその方法と施工範囲の妥当性を確認する必要がある。調査結果によっては契約変更も必要となりうる。

施工後の初期点検時の時期に関しては、不具合事例からも施工条件等が悪い場合に施工後1年以内に変状が出た事例が多いことから、施工から1年程度で初期点検を行うことを提案した。

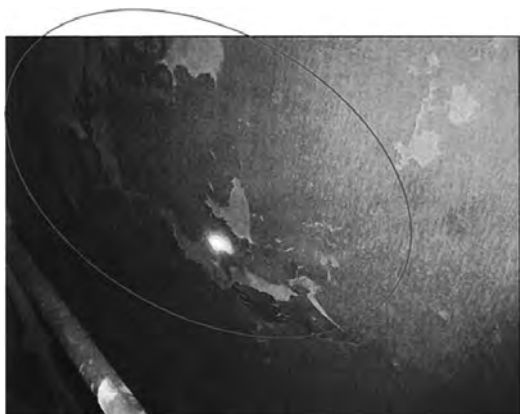
4. 表面被覆・含浸工法編

表面被覆工法については、要求された性能を満たす補修工法（材料）であっても、不適切な作業環境で施工がなされた場合、設計時に設定された補修材料の性能を保持する期間が短くなることや、早期再劣化が生じる場合がある。表面被覆・含浸材の変状には、施工管理の誤りに起因するものが多いことが不具合事例調

表—2 劣化要因と劣化段階に応じた補修方法選定例（塩害の場合）

外観の変状なし（鉄筋位置における塩化物イオン濃度が発錆限界以下）			外観の変状なし（鉄筋位置における塩化物イオン濃度が発錆限界以上、鉄筋腐食が始まる）			ひび割れや浮き、 錆汁			耐力低下が懸念される劣化		
劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例
なし（鉄筋位置における塩分量が閾値以下）	劣化因子の遮断，水分の浸入抑制（1.2）	水処理	鉄筋腐食開始，ひび割れ無し	劣化因子の遮断，水分の浸入抑制（1.2）	水処理*	鉄筋腐食，ひび割れ発生	劣化因子の遮断，水分の浸入抑制（1.2）	水処理*	鉄筋腐食，ひび割れ進展	劣化因子の遮断，水分の浸入抑制（1.2）	水処理
		表面含浸			表面含浸*			表面含浸*			表面含浸
		表面被覆			表面被覆*			表面被覆*			表面被覆
	不動態皮膜の保護・復元（7）	脱塩		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復
鉄筋防食（9～11）	電気防食		鉄筋防食（9～11）			電気防食			鉄筋防食（9～11）		
同一構造物の他の部位で変状が確認された場合，あるいは予防保全として実施			*断面修復が行われる場合は，その後に実施			鉄筋腐食，ひび割れ発生			鉄筋腐食，ひび割れ進展		

（）の数値は表—1に示す補修方針No.



図—5 塗装時の結露による表面被覆の剥離

査等からわかり、例えば、中塗りの混合不良によると思われる膨れ、塗装面の結露による剥離（図—5）がみられる。作業環境に関しては、気象条件や下地コンクリートの含水状態の管理が特に重要であるため、これらに関する管理項目を提案した。気象条件の湿度については、下地コンクリート表面の結露を防止するため、湿度が高くなり易い箇所で測定して管理すること、下地コンクリートの含水状態については、下地コンクリートの表面温度を測定し、露点温度と比較して管理することを示した。

表面被覆工法の品質管理においては、施工完了後、ブルオフ法による付着性試験を実際の施工箇所でを行い、屋外暴露試験等の結果に基づいて決定した判定基準と比較することで、付着性を確認する方法を示した。

5. 断面修復工法編

断面修復材は、ポリマーセメントモルタル等の配合で市販されているプレミックス品と、高流動コンクリートに大別される。

高流動コンクリートは、レディーミクストコンクリート工場で配合設計が行われることを想定し、使用材料がJIS A 5308（レディーミクストコンクリート）に規定されている品質規格を満足していることを前提として、耐久性に関わる多くの品質の確認を、水セメント比（W/C）で評価してよいこととした。これに対してプレミックス品は、使用材料や配合の詳細が開示されていないものが多い。このため強度や耐久性は品質試験を行って確認することを基本とし、各種の品質評価方法を提案した。

また、付着界面の品質が重要であることから、付着強度や付着の耐久性に関わる促進試験方法を提案した。さらに、施工上の留意点として、養生の重要性等を示した。

6. ひび割れ修復工法編

ひび割れ修復工法の補修設計においては、ひび割れの状態に応じた最適な工法と材料を選定するために必要な項目として、表面ひび割れ幅、ひび割れの規模や状態、漏水や析出物の有無、さらには、構造物の存置環境を考慮した選定方法を提案した。

ひび割れ修復工法の施工管理では、特に冬季施工において、気温はもちろんのこと、躯体コンクリートの温度管理も加え、また、低温により補修材の流動時間や硬化時間が遅延することを考慮した作業工程を組むこと等を示した。

さらに、析出物のあるひび割れへの対処方法について、ひび割れに直交した切り込み（クロスカット）を入れ、それを注入口とする方法を提案した。

7. おわりに

本マニュアル案は、下記のホームページからダウンロードすることができる。

<http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/tech-info/tech4343.pdf>

地方整備局や自治体等の構造物管理者においては、本マニュアルを参考にコンクリート構造物の補修対策の要領を整備しているところもある。今後、補修工事への適用により、より確実な補修が行われることを期待したい。また、補修補強に関する技術は日進月歩であり、本マニュアルもそれに対応すべく、今後も、新たな研究成果や現場の意見を反映し、更新されていく必要があろう。

JCM A

【筆者紹介】



西崎 到（にしぎき いたる）
国立研究開発法人 土木研究所
先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ
上席研究員



佐々木 厳（ささき いわお）
国立研究開発法人 土木研究所
先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ
主任研究員



櫻庭 浩樹（さくらば ひろき）
国立研究開発法人 土木研究所
先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ
研究員

コンクリートのこわばり低減技術 「チキソリデュース」の開発

根本 浩 史・平 野 修 也・石 本 陽 一

コンクリートの初期欠陥の要因の一つに、コンクリート特有の性状変化である「こわばり」があげられる。そのこわばりの影響を低減できる新しい混和剤「チキソリデュース」（以下「本混和剤」という）を開発した。室内実験においては、回転粘度計による初期せん断力が本混和剤を用いた場合には用いない場合よりも37%低下し、こわばり低減効果が確認された。また、本混和剤を、高密度配筋部を有する場所打ち杭のコンクリートに適用した結果、コンクリートのワーカビリティが改善され、高密度配筋部にコンクリートがしっかり充填できていることが確認された。コンクリートのこわばりを低減できる本技術は、複雑化するコンクリート施工に対して初期欠陥を低減する効果があると考えられる。

キーワード：こわばり低減剤、初期欠陥、長距離圧送、場所打ち杭、チキソトロピー

1. はじめに

社会基盤整備に大きな役割を果たすコンクリート構造物を取り巻く状況は、近年大きく変化してきた。耐震性能の要求水準の引き上げによる鋼材の増加や、環境問題や資源の有効利用等の時代の要請に伴う材料特性の変化は、コンクリート施工の難易度を著しく増大させ、初期欠陥が発生するリスクが増大する結果になっている¹⁾。そのような問題に対して土木学会コンクリートライブラリー126「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針（案）」により、コンクリートのスランプが時間的に変化すること、構造部材や施工条件によって必要とされるスランプが異なることを考慮した施工性能の性能照査システムが示され、構造条件等に対する施工性能の重要性が浸透し、大きな前進が図られたといえる。

しかしながら、その後もコンクリート工事における豆板や未充填等の初期欠陥の発生は顕著に減少していないのが実情である。その要因は、人手不足や地球温暖化などの環境変化、構造条件や施工条件の複雑化など多岐にわたると考えられるが、要因の一つにコンクリート特有の性状変化である「こわばり」があると考えられる。コンクリートの施工途中にコンクリートがこわばると施工性能が大きく低下し、初期欠陥の要因となってしまう。

本稿では、このコンクリートのこわばりについて、そしてこわばりがコンクリートの施工に与える影響、

また、こわばりへの対策技術として新しく開発した本混和剤について説明する。

2. コンクリートのこわばり

コンクリートには、練り混ぜられて製造された後、一旦静置されて時間が経過することにより硬くなり、所要の流動性が損なわれて動きづらくなる若しくは動かなくなる現象を示すことがある。この現象は、練混ぜによって分散されたセメント粒子が静置によって凝集し、凝集体を形成することに起因すると考えられる。セメントの凝集体はコンクリートが流動する際に抵抗となり、攪拌や振動によって凝集体が破壊されて、コンクリートは再び流動性を得ることができる。レオロジーの分野では、このような性質をチキソトロピーと呼び、時間によって性質の度合いが変わることから時間依存流体とも呼ばれる。

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

コンクリートのこわばりが不具合となる事例として、場所打ちコンクリート杭や逆打ち部分へのコンクリートの充填、またはコンクリートポンプを使用した

圧送等があげられる。場所打杭ではコンクリートをトレミー管により打込む場合が多いが、先に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性を失ってしまうとトレミー管が閉塞しコンクリートが打ち込めない状況となる場合がある。また、オールケーシング工法の場合はケーシングチューブを引き上げた跡にコンクリートが充填される必要があるが、既に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性が不足していると、ケーシング跡は未充填箇所となり欠陥が生じる（写真—1参照）²⁾。逆打ち部でも先に打ち込まれたコンクリートがこわばってしまうと、後から打ち込まれたコンクリートの充填が阻害され、未充填の原因となる。圧送においてはポンプ配管内で先行して打込まれたコンクリートがこわばると、後から圧送されたコンクリートの変形に追従できず管内で閉塞する恐れがある（写真—2参照）。さらに再圧送時の圧送負荷が著しく増加した場合、配管の接続箇所など局所的な破裂のリスクが高くなり、不具合の復旧に時間と労力が費やされる



写真—1 場所打ち杭における未充填箇所発生状況



写真—2 ポンプ施工における配管閉塞

こととなる。

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

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

3. 本混和剤の開発

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

以上を背景に、コンクリートのこわばりやチキソトロピーによる影響を低減する新しい本混和剤が開発されることとなった。

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

グリコールエーテル系誘導体は非吸着で液相中に残存しデプレッション作用による弱い分散性とコンクリートのフレッシュ性状に寄与する保水性を有する成分からなり、分散したセメント粒子間に入り込んで、セメントの近接や凝集を抑制する効果がある。

本混和剤は、写真—3に示すように水溶性の紙袋に梱包されたパック型の粉末状の混和剤である。1パック当たりの内容量は250gであり、バッチャープラントのミキサーやアジテート車に必要なパック数を投入して使用する。必要パック数は、対象となるコンクリートの配合や使用材料、目標スランプ、添加時期や



写真一3 本混和剤の荷姿

こわばりの程度によって異なるが、アジテート車の積載量が4～4.25 m³の場合、標準使用量は4パックであり、添加に必要な計量設備が不要であり、製品の取扱いは比較的容易である。

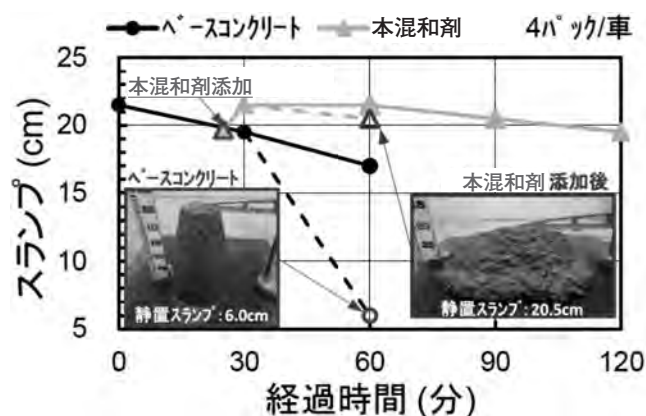
4. 本混和剤のこわばり低減効果³⁾

本混和剤を添加したコンクリートのこわばりを簡易的に評価するために写真一4に示すような静置スランプ試験を実施した。この試験は、スランプ試験で使用するスランプコーンの中にコンクリートを詰めて、



写真一4 静置スランプ試験 試験状況

所定の時間静置させた後にスランプコーンを引上げて、静置したコンクリートのこわばりによる影響を確認するものである。表一1の配合No.1で高性能AE減水剤を使用したベースコンクリートを対象に、練上がりからの経過時間30分時点で本混和剤を添加した効果をスランプ試験と静置スランプ試験（静置時間は30分）によって確認した。その経時変化試験の結果を図一1に示す。練上がりからの経過時間60分でベースコンクリートのスランプが17.0 cmであったのに対して、破線で示した静置スランプは6.0 cmまで低下し、こわばりによってコンクリートの降伏値が著しく増加したことが推察される。一方、本混和剤を添加したコンクリートのスランプ保持性は向上し、静置スランプはコンクリートがこわばることなく20.5 cmとなった。



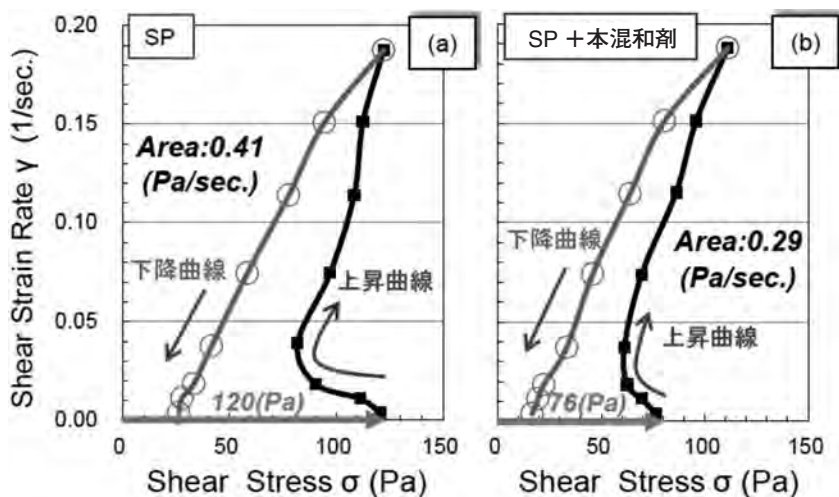
図一1 本混和剤を添加した効果（静置スランプ試験）

また、コンクリートのチキソトロピーを評価するために、回転翼型のブレードを装着した回転粘度計を用いてせん断ひずみ速度制御によるせん断応力の履歴（ヒステリシスループ）を得た。表一1の配合No.2で高性能AE減水剤を使用したコンクリートを対象に、練上がりから60分間コンクリートを容器内に静置した場合のヒステリシスループを図一2に示す。本実験では、せん断ひずみ速度を徐々に上げていく上昇曲線を経て、最大速度に到達後、せん断ひずみ速度を下げていく下降曲線を描くことになるが、図一2 (a)

表一1 コンクリートの配合および使用材料

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

C: 普通ポルトランドセメント(三種等量混合 密度:3.16g/cm³) S: 山砂(静岡県掛川市 表乾密度:2.58g/cm³,吸水率:1.90%,F.M.:2.78) G: 硬質砂岩碎石 2005(東京都青梅市 表乾密度:2.65g/cm³,吸水率:1.05%,実積率:59.5%)



図一2 本混和剤を添加した効果（回転粘度計による測定）

で見受けられるようにコンクリートのこわばりによって初期せん断応力（図中の x 軸上の矢印）が著しく増加する傾向が認められた。これに対して、本混和剤を添加した場合は、図一2 (b) のように初期せん断応力が約 37% 低下し、こわばりの低下が示唆された。ヒステリシスループで囲まれた面積は、試料が上昇曲線および下降曲線の応力—ひずみ履歴に晒されて、凝集構造が破壊され、次第に凝集が回復する履歴のずれの度合いを示し、換言すればチキソトロピーの度合いを示唆する。本実験結果では、本混和剤を添加することで、ヒステリシスループで囲まれた面積が約 29% 減少し、静置したコンクリートのチキソトロピーが低減する効果が認められた。

5. 高密度配筋の場所打ち杭コンクリートにおける本混和剤適用事例

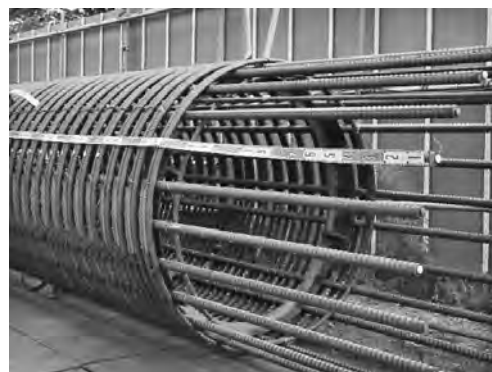
開発した本混和剤を場所打ち杭のコンクリートに適用した事例を以下に紹介する。

本混和剤を適用したのは相模鉄道本線（星川駅～天王町駅）連続立体交差工事にともなう TBH 工法によ

る場所打ち杭コンクリートの夏期施工分（平成 29 年 8 月 23 日から 9 月 15 日施工分）である（写真—5 参照）。場所打ち杭の杭径は 2.0 m、杭長は 14～17 m、鉄筋かごの配筋は杭頭から約 5 m が高密度配筋部となっており、D32 の帯筋が二重（ダブル）で配置され、あき（86 mm）を確保するために束ね筋としている（写真—6 参照）。本混和剤は夏期施工でのスランプロスの低減と、高密度配筋部でのこわばりを低減して確実にコンクリートを充填することを目的とし杭頭から約



写真—5 TBH 杭施工箇所



写真—6 杭頭部高密度配筋部

5 m 分に適用した。

コンクリートの配合を表—2に示す。実施工の前に室内での試験練りを行い、コンクリートの性状とスランプの経時変化を確認した。図—3に室内試験練りにおけるスランプの経時変化を示す。本混和剤添加によりスランプは1.5 cm 増加した。また、添加後 60

分におけるスランプロスが1 cm となり、本混和剤の高いスランプ保持性能が確認された。

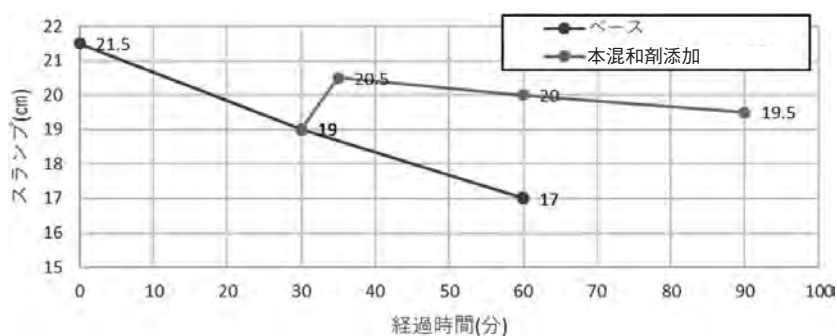
実施工においては、写真—7に示すように現場到着時したアジテータトラックに積載した4.25 m³のコンクリートに本混和剤4パックを投入し2分間攪拌した。コンクリートのスランプは現場到着時が18 cm,

表—2 場所打ち杭コンクリートの配合および使用材料

呼び強度 (N/mm ²)	W/C (%)	s/a (%)	目標スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				本混和剤 (g/m ³)
					W	C	S	G	
30	47.5	44.5	18	4.5	180	379	757	979	250

C：普通ポルトランドセメント（密度：3.16 g/cm³） S：山砂（千葉県君津市 表乾密度 2.60 g/cm³, FM：2.50）

G：石灰砕石 2005（青森県八戸市 表乾密度 2.69 g/cm³, 実積率 60%） AD：AE 減少済遅延形工種



図—3 スランプ試験の経時変化（室内試験練り）



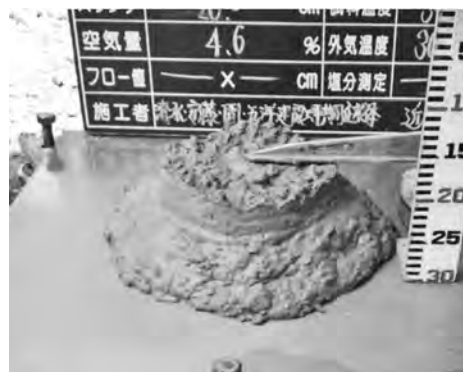
写真—7 本混和剤添加状況



写真—9 コンクリート打込み状況



(a) 本混和剤添加前



(b) 本混和剤添加後

写真—8 スランプ試験（実施工時）

本混和剤の添加後は 20 cm となり 2 cm 増加した（写真—8 参照）。

コンクリートの打込みは、写真—9 に示すようにトレミー管が用いられた。コンクリートの充填は、打込み時に鉄筋の内部と外部（かぶり部）のコンクリート天端の高さを測定することで確認した。杭頭部付近における鉄筋内部と外部の差は 10 cm 程度であり、本混和剤を適用した高密度配筋部において、かぶり部にコンクリートが充填出来ていることが確認された。

6. おわりに

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

J C M A

《参考文献》

- 1) 土木学会コンクリートライブラリー 126, 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針（案）, 2007.3
- 2) 大川了, 岡本茂, 野村朋宏, 根本浩史: 場所打ち杭に用いるコンクリートの施工性能評価に関する実験的検討, 土木学会コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会（341 委員会）委員会報告書, 2011
- 3) 根本浩史, 平野修也, 西祐宜, 伊達重之: こわばり抑制剤を用いたフレッシュコンクリートの性状改善に関する実験的検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.1 pp.1261-1266 2017.7

【筆者紹介】

根本 浩史（ねもと ひろし）
清水建設㈱
土木技術本部 基盤技術部



平野 修也（ひらの しゅうや）
㈱フローリック
技術本部 コンクリート研究所



石本 陽一（いしもと よういち）
清水建設㈱
土木東京支店 横浜土木営業所



超高層集合住宅に設計基準強度 200 N/mm^2 の 超高強度コンクリートを施工

梅 本 宗 宏

超高強度コンクリートは、超高層 RC 造集合住宅の高層化の重要な技術のひとつとして技術開発が進められてきた。最近では $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 以上の超高強度コンクリートが実用化され、超高層の柱部材以外にも適用部位が広がり、使用事例も報告されている。本稿では、開発の最先端事例を紹介するとともに、 $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 以上の適用物件と、超高層集合住宅に実用的なレディミクストコンクリートとして現場適用した事例について紹介する。

キーワード：超高層 RC 造、集合住宅、超高強度コンクリート、 $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 、現場打ち、シリカフューム

1. はじめに

RC 構造を支えるコンクリート材料施工技術の中で、特に 21 世紀になって技術開発が進んだものとして、超高強度コンクリート技術が挙げられる。特に超高強度コンクリートは、超高層 RC 造集合住宅の高層化を進めるうえで、重要な技術のひとつとして技術開発が進められてきた。

コンクリートの高強度化は、1988～1993 年度の 5 年計画で行われた建設省の官学民総合開発プロジェクト「鉄筋コンクリート造構造物の超軽量・超高層化技術の開発」¹⁾ (通称 NewRC 総プロ) を契機として飛躍的に技術開発が進められ、超高層集合住宅の着工件数の増加とともに高強度化が進んできた^{2), 3)}。また、あわせて現在の超高強度コンクリートには欠かせない混和材であるシリカフュームをプレミックスした実用的なセメント⁴⁾の開発と、低粘性化技術を実現した超高強度コンクリート用の高性能減水剤の開発⁵⁾もあり、最近では設計基準強度 (以下 Fc) 200 N/mm^2 以上の超高強度コンクリートが実用化され、筆者らも研究開発を進めてきた^{6), 7)}。また、 $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 以上の超高強度コンクリートでは、超高層 RC 造の柱部材以外にも適用部位が広がっており、柱部材のスレンダー化や大スパン化などを目的に、使用される例も報告されている。ここでは、開発の最先端事例を紹介するとともに、 $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 以上の適用物件と実用的なレディミクストコンクリートとして現場適用した事例について報告する。

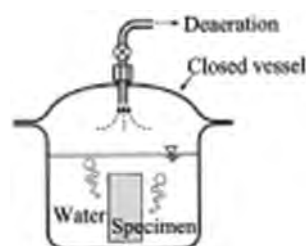
2. 超高強度コンクリートの事例

(1) 最高強度のコンクリート

現在、国内の実験室レベルで開発が進んでいる最高強度のコンクリートは、圧縮強度として 464 N/mm^2 と報告⁸⁾されている。この新しいセメント材料は、粉体工学理論にもとづいて、3 成分の粉体を最密充填処方となるように設計され、これまでセメント・コンクリートの分野では適用されていない新素材微粒子を採用し、水結合材比 15%としてこの強度を実現している。材料は、通常の流し込みで型枠に打ち込んだ後、材齢 2 日で脱型し、30 分程度の脱気吸水処理 (図—1) を行ない、水分を外表面から内部に供給できるとしている。その後に実施する 2 段階の熱養生でセメントと水が活発に反応し、きわめて緻密な硬化体を得られたことを報告している。

(2) $\text{Fc}200 \text{ N/mm}^2$ 以上の適用事例

一般に、シリカフュームを結合材に使用している $\text{Fc}150 \text{ N/mm}^2$ を超えるコンクリートは、シリカフュームのポゾラン反応の温度依存性⁹⁾によって、材齢初



図—1 脱気給水处理

表—1 Fc200 N/mm²以上の適用事例

Fc	200	200	200	200	300
適用建物部位	自社実験施設、S+RC3階建て 柱2本： 外径250, h4500	超高層集合住宅 RC42階建て 地下PCa柱3本： □950, h5000～8500	超高層集合住宅 RC55階建て 1F柱： □1200, h2700	スタジアム RC6階建て（一部RPC） スリム柱10本： □350	自社事務所ビル RC3階建て 細柱5本： φ220, h3750
W/B	11.7%	14%	12.5%	不明	12.0%
特徴	レミコン 現場蒸気養生（90℃） 耐火実験あり（鋼繊維+PP繊維）	プレキャスト部材 蒸気養生（90℃） 膨張材	レミコン 現場保温加熱養生（80℃） 鋼管RC柱、鋼繊維 コア強度管理	プレキャスト部材 技術審査証明取得	プレキャスト部材 高温養生（190℃） 耐火実験あり
文献	10)	11)	12)	13)	14)

期の高温履歴が強度発現に大きく寄与するため、コンクリート温度の確保が非常に重要となる。このため、適用事例のほとんどが蒸気養生したプレキャスト部材として用いられ、現場施工事例も現場蒸気養生もしくは保温加熱養生を行っている。表—1に報告されたFc200 N/mm²以上の適用例^{10)～14)}を示す。

3. Fc200 N/mm² レディミクストコンクリート適用事例

(1) 建物概要

筆者らは、都内の再開発事業にFc200 N/mm² 超高強度コンクリートを大臣認定取得したレディミクストコンクリートとして適用した。建物外観を写真—1に示す。建物は、地上55階・地下2階・塔屋2階で、建築物の高さは約180mの鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）である。2階から55階までは住戸階であり、



写真—1 建物全景

地下1階は駐車場、駐輪場、地下2階は設備諸室等、1階～3階の一部にはエントランスホール等の住宅共用施設等がある。基準階では、住戸ゾーンが中央部の階段、エレベーター等のコアを囲んで口の字型に外周部に配置された形態となっている。また、コア南側には地下1階を乗り入れレベルとした2基のタワーパークが30階まで建物内に配置されている。

Fc200 N/mm² コンクリートの適用箇所は、1階中柱の4本で、鋼管RC柱を採用した。また、その上下の1階・2階柱梁接合部にも適用した。超高強度コンクリート柱については、火災時の爆裂防止対策として、ポリプロピレン繊維混入のコンクリートおよび当社保有の被覆材による爆裂防止工法（FIRECC工法、性能証明取得）を採用している。管理強度200 N/mm²の超高強度コンクリートは、2013年5月に1階柱梁接合部、7月に1階柱、2階柱梁接合部の3回に分けて打込を行った。

(2) 使用材料および調合

表—2に使用材料を、表—3に調合表を示す。結合材にはシリカフェューム混入セメント（低熱ポルトランドセメントにシリカフェューム（比表面積19.8 m²/g）

表—2 使用材料

種類	記号	物性等
セメント	C	シリカフェューム混入セメント (密度 = 3.08 g/cm ³)
混和材	SF	シリカフェューム (密度 = 2.26 g/cm ³ , 比表面積 = 9.46 m ² /g)
細骨材	S	硬質砂岩砕砂 (表乾密度 = 2.59 g/cm ³)
粗骨材	G	硬質砂岩砕石 (表乾密度 = 2.64 g/cm ³)
混和剤1	SP	特殊高性能減水剤 (SSP-104改3)
混和剤2	SRA	収縮低減剤 (ポリエーテル誘導体)
鋼繊維	SFb	径0.16 mm, 長さ13 mm

表—3 調査表

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						添加量
		W	C	SF	S	G	SRA *1	
12.5	32.4	155	1116	124	350	744	10	40

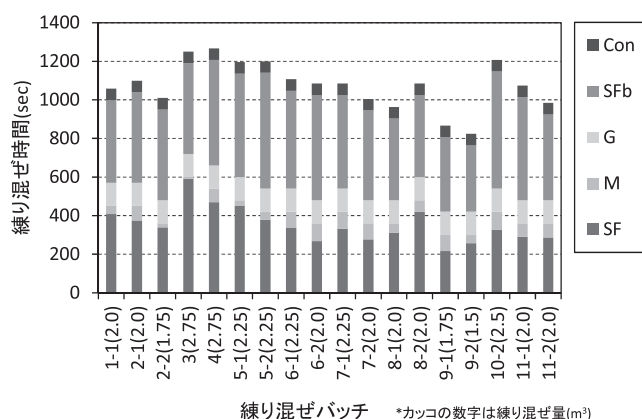
* 1 SRA は練混ぜ水の一部として添加。

* 2 SFb は容積の外割で 0.5 vol.% 添加。

を 10% プレミックスしたもの) と、混和材としてさらに産地と粒度の異なるシリカフューム (比表面積 9.46 m²/g) をセメント内割で 10% 置換して使用し、水結合材比は 12.5% とした。また、自己収縮低減のため収縮低減剤を練混ぜ水の一部として 10 kg/m³ 添加し、鋼繊維 (径 0.16 mm, 長さ 13 mm) を容積の外割で 0.5 vol.% (40 kg/m³) 添加した。

(3) コンクリートの製造

練混ぜは、モルタル先練りとし、セメントと別に添加するシリカフュームは作業員によるミキサ手投入とした。練混ぜ量は、1 バッチあたり 1.5 m³ から 2.75 m³ で、1 バッチまたは 2 バッチを合わせてアジテータ車に積み込んだ。モルタルの練混ぜ時間は、シリカフューム投入完了後約 60 秒とし、ミキサの動力負荷および目視の判断により、モルタルの練混ぜ状況を確認した。モルタルの練混ぜ完了後、粗骨材を投入し、120 秒練り混ぜた。その後、ファイバーボールを防止するために、鋼繊維を投入機により分散させながら、ミキサ上部の投入口より投入した。鋼繊維投入完了後、60 秒間練り混ぜた後、アジテータ車に積み込んだ。図—2 に、コンクリートの練混ぜ時間結果を示す。モルタルの練混ぜは、練混ぜ量によってシリカフューム投入量が異なるため、投入時間は 300 ～ 600 秒となった。鋼繊維も同様に投入時間は、344 ～ 607 秒となり、コンクリート 1 バッチ当たりの練混ぜ時間は、約 14 ～ 21 分で、平均 18.5 分となった。また、練混ぜバッチ



図—2 コンクリートの練混ぜ時間結果

ごとの計量誤差は、各バッチとも手動で調整したため、粗骨材が最も大きく ±1% 程度、セメントが最小で、各材料とも非常に小さい誤差であった¹²⁾。

(4) フレッシュ試験結果

表—4 にフレッシュ試験の結果を示す。フレッシュ試験の結果は、いずれも目標フロー値である 70 ± 10 cm と目標空気量 1.0 ± 1.0% を十分に満足する結果であった。また、コンクリート温度および塩化物量も規定値を満足した。外気温は、1 階柱梁接合部打込み時は 23 ～ 28 °C, 1 階柱打込み時は 27 °C, 2 階柱梁接合部打込み時は 32 ～ 36 °C であった。

表—4 フレッシュ試験の結果

打込箇所	台数	スランブフロー (cm)	50 cm フロー (秒)	停止時間 (秒)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	塩化物量 (kg/m ³)	外気温 (°C)
1 階柱梁接合部	1	72.0	11.4	164.0	1.6	27	0.04	23
	2	67.5	10.1	180.0	1.3	29	—	25
	3	67.0	13.6	180.0	1.1	30	—	28
	4	69.5	12.5	180.0	1.1	30	—	26
1 階柱	1	75.5	10.5	180.0	1.3	31	0.06	27
	2	76.5	11.2	180.0	1.3	31	—	27
	3	72.5	13.5	180.0	1.3	32	—	27
	4	73.5	11.5	180.0	1.3	33	—	27
2 階柱梁接合部	1	72.0	9.6	180.0	1.1	34	0.04	32
	2	66.5	12.1	151.3	1.0	35	—	34
	3	69.5	11.2	155.6	1.0	36	—	36

(5) 打込み状況および養生状況

写真—2 に 1 階柱施工状況を示す。コンクリートは、一般的なコンクリートバケットによる打込みとし、パイプレータによる簡易な締固めを行った。また、柱梁接合部は養生を行うために梁と工区分けを行い、柱梁接合部のみでコンクリートを打ち込んだ。1 階柱および 1 階・2 階柱梁接合部の打込みでは、コンクリートはいずれも良好なワーカビリティを示し、問題なく充填施工することができた。

写真—3 に 1 階柱外観を、写真—4 に 1 階柱のパネルヒータ設置状況を示す。柱の養生方法は、側面 4 面および天端に断熱材を設置し、主筋を保温材で被覆し、柱上部を断熱シートで覆い、断熱シート内部にヒータを設置した。パネルヒータ設置位置は、柱脚部とした。部材温度管理位置は、柱下端レベルから 50 mm 上部、柱表面から X,Y 方向とも 50 mm の深さの地点とし、所定の温度が確保できるようにパネルヒータの制御を行った。また、この地点のコンクリート温度をモニタリングし、この地点の温度と同じ温度となるよ



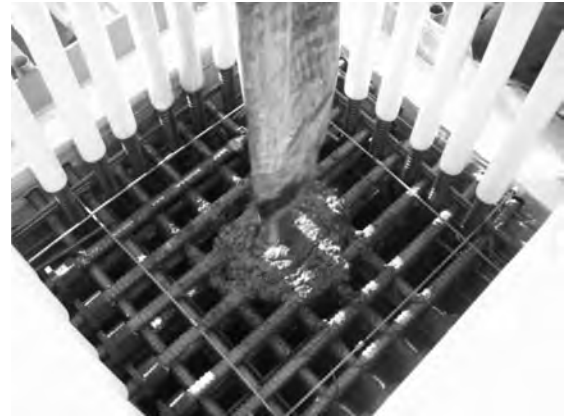
写真一 2 1階柱施工状況



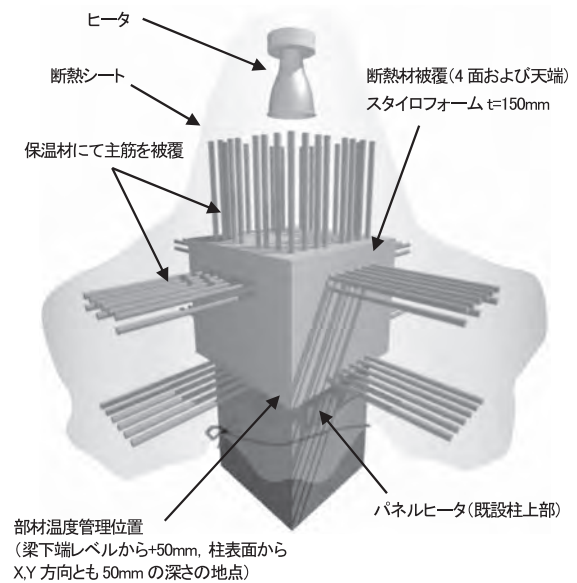
写真一 3 1階柱外観



写真一 4 1階柱のパネルヒータ設置状況



写真一 5 柱梁接合部の打込み状況



図一 3 柱梁接合部の養生概要



写真一 6 柱梁接合部のパネルヒータ設置状況

うに模擬柱の温度を制御した。

写真一 5 に柱梁接合部の打込み状況を、図一 3 に柱梁接合部の養生概要を示す。また、写真一 6 に柱梁接合部のパネルヒータ設置状況を示す。柱梁接合部の養生は、柱同様に構造体コンクリートの側面 4 面と天端を $t = 150 \text{ mm}$ の断熱材（スタイロフォーム）で

覆い、既設柱上部にパネルヒータを設置し、コンクリートを加熱した。柱・梁主筋は保温材で被覆し、さらに柱梁接合部全体を断熱シートで覆い、断熱シートの内側にヒータを設置した。部材温度管理位置は、柱と同様とした。

表—5 構造体コンクリートの強度管理方法

模擬柱部材の寸法	作成頻度	養生方法	試験材齢	強度判定方法
0.4 m × 0.4 m × H0.7 m	1 体 / 1 車毎	保温養生	28 日または 91 日	採取コア 1 本（中央）からの供試体 3 本の平均強度値が管理強度 200 N/mm ² 以上*1*2
1 m × 1 m × H1 m	1 体 / 50 m ³ 以上かつ 1 体 / 日毎（1 車目）	部材温度 追従養生	28 日または 91 日	採取コア 2 本（中央・端部）からの供試体 8 本において 1 本の強度値が管理強度の 95% 以上*2 かつ平均強度値が管理強度以上*2

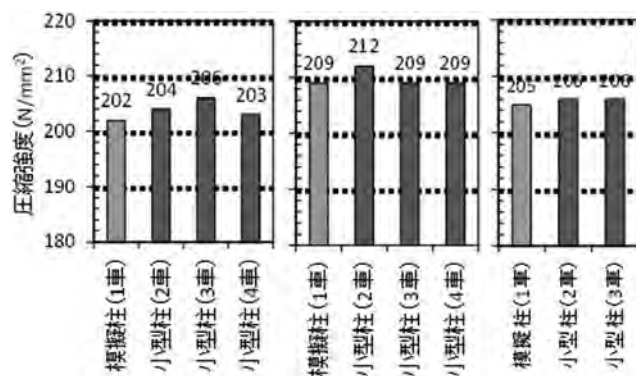
*1：打設後 14 日間の平均養生温度が当該部材に比べ模擬柱部材において大きく上回った場合は、強度試験値を補正する。

*2：圧縮強度試験における最小値は、棄却検定を行い異常値の場合は棄却する。強度判定は、棄却検定後に行う。

(6) 強度管理結果

表—5 に構造体コンクリートの強度管理方法を示す。構造体コンクリートの強度管理は、アジテータ車 1 台ごとに模擬柱または小型柱を作成し、採取したコア供試体で行った。1 台目のアジテータ車のコンクリートで模擬柱を作成し、2 台目以降は小型柱を作成した。試験材齢は 28 日または 91 日とし、各材齢の直前でコアを採取した。

図—4 に強度管理結果を示す。3 回の打込みのすべてのアジテータ車において、材齢 28 日におけるコア供試体の平均強度で判定強度の 200 N/mm² 以上となり、判定基準を満足した。また、材齢 28 日のコア強度では、平均 206.5 N/mm²、標準偏差 3.0 N/mm²、変動係数 1.46% と極めて安定していた。



図—4 強度管理結果 (材齢 28 日コア強度)

4. おわりに

国内における超高強度コンクリートの最先端と適用事例について報告した。RC 造集合住宅の高層化を基本として発展してきた超高強度コンクリートであるが、市場ニーズの多様性や設計自由度の拡大に貢献し、その用途を広げつつある。しかしながら、200 N/mm² を超える領域では、高温養生や蒸気養生が前提となり、部材の大きさや運搬に制限も加わってくる。今後は、建築物のニーズに合わせた多様な使い方で超高強度コ

ンクリートが研究・適用されていくもの考える。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省建築研究所：鉄筋コンクリート構造物の超軽量・超高層化技術の開発，建築研究報告，No.139，2001
- 2) 日本建築学会：高強度コンクリート技術の現状（2009），pp.379-401，2009
- 3) 石川祐次：ポスト NewRC（超高強度 RC 構造），コンクリート工学，Vol.54，No.5，pp.458-463，2016.5
- 4) 鳴瀬浩康・井上敏克・古賀康男・石中正人：超高強度コンクリートへの挑戦（150 N/mm² クラスに対応したシリカフェーム混入セメントの開発，セメント・コンクリート，No.697，pp.8-15，2005.3
- 5) 菅俣匠・杉山知己・梅沢健一・岡沢智：超高強度コンクリート用高性能減水剤のフレッシュ性状改善効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.927-932，2002
- 6) 井戸康浩・梅本宗宏・菊田繁美・端直人：200 N/mm² 級超高強度コンクリートの基礎的研究（その 1～その 2），日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），A-1，pp.997-1000，2010.9
- 7) 井戸康浩・梅本宗宏・端直人：Fc200 N/mm² 級超高強度コンクリートの構造体コンクリートに関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，pp.1249-1254，2013
- 8) 河野克哉・中山莉沙・多田克彦：世界最高強度セメント系材料の開発，太平洋セメント研究報告，第 169 号，pp.20-29，2015
- 9) 菅俣匠・小泉信一・原田 健二・岡澤智：150 N/mm² 級コンクリートの強度発現性に及ぼすシリカフェーム反応率の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.18，No.2，pp.1-11，2007
- 10) 三井健郎・小島正朗・高尾全・菅田昌宏・三橋博三：設計基準強度 150 ～ 200 N/mm² 超高強度繊維補強コンクリートの開発と実構造物への適用，日本建築学会技術報告集，第 16 巻，第 32 号，pp.21-26，2010
- 11) 山本佳城・中島徹・渡邊悟士・清水良広：設計基準強度 200 N/mm² の超高強度プレキャストコンクリートの超高層鉄筋コンクリート造住宅への適用，コンクリート工学，Vol.48，No.8，pp.37-42，2011.8
- 12) 梅本宗宏・芦田哲・進士裕道・濱田聡：Fc200 N/mm² の超高強度コンクリートを用いた RC 造集合住宅の設計・施工—西富久地区第一種市街地再開発事業—，コンクリート工学，Vol.53，No.6，pp.558-563，2015.6
- 13) 奥出久人・木原隆志・中野達男・石川祐次：プレキャスト工法を活用した（仮称）吹田スタジアムの設計・施工，コンクリート工学，Vol.53，No.11，pp.986-991，2015.11
- 14) 今井和正・山本佳城・加藤雅樹・村松晃次：設計基準強度 300 N/mm² のコンクリートを用いた RC 細柱の開発と適用，コンクリート工学，Vol.51，No.12，pp.959-966，2013.12

【筆者紹介】

梅本 宗宏（うめもと むねひろ）
戸田建設㈱
技術開発センター構造技術ユニット
主管



周辺環境に配慮した現場添加型 高流動化コンクリートの実用化

河 野 政 典

建設現場において、レディミクストコンクリートを積載したトラックアジテータに、分離抵抗性を有する流動化剤を添加し、ドラムを回転させて製造する高流動化コンクリートを実用化するため、トラックアジテータによる製造実験と、実工事への適用性に関する実機実験を行った。その結果、ドラムの回転速度を抑制し、発生する騒音を抑えた製造方法で安定したフレッシュ性状が得られ、実工事への適用に際して必要となるフレッシュ性状が十分維持でき、圧縮強度は流動化前後で同等であることを確認した。本実験結果に基づき、コンクリートに流動性、充填性が求められる部材への本現場添加型の高流動化コンクリートの適用を進めている。

キーワード：高流動化コンクリート、現場添加、増粘剤一液タイプ流動化剤、トラックアジテータ、回転速度

1. はじめに

近年、形状が複雑な部材、配筋が密な部材が増えつつあり、コンクリート工事においては、それらに対応すべく、流動性、充填性が高い高流動コンクリートのニーズが高まってきている。高流動コンクリートとしては、JIS A 5308 高強度コンクリート（以下、「JIS 高強度コン」と称す）や、大臣認定高強度コンクリート（以下、「認定コン」と称す）が使用されている。しかし、これらのコンクリートを用いた場合、必要以上に強度が高くなることが多く、さらに、セメント量が多いためひび割れ発生リスクが高まる。また、JIS 高強度コンや、認定コンの製造については、レディミクストコンクリート工場が限定される。これらの問題の解決手段として、建設現場で JIS A 5308 普通コンクリート（以下、「JIS 普通コン」と称す）を積載したトラックアジテータのドラムに流動化剤、あるいは、高性能 AE 減水剤を投入し、ドラムを回転して流動性を高めたコンクリートを製造する方法がある。しかし、これらの混和剤を投入すると流動性が高められる一方、材料分離が懸念されることから、JASS5 では流動化コンクリートのスランプの上限を条件付きで 23 cm としている¹⁾。このような背景から、近年、材料分離を抑えるために増粘成分が配合された流動化剤（増粘剤一液タイプ）が開発されている²⁾。この流動化剤を用いることによって、全国の現場で、より流動性の高いコン

クリートが使用できるようになる。しかしながら、現場添加型の高流動化コンクリートについては、安定したフレッシュ性状を得るためのトラックアジテータによる製造方法の確立と、実現現場への適用にあたり、各季節におけるフレッシュコンクリートの経時変化や、圧縮強度への影響を把握する必要がある。また、トラックアジテータによる製造においては、ドラムの回転時に大きな騒音を伴うため、市街地での工事でも適応可能な周辺環境に配慮した製造方法が望まれる。

そこで、今回、現場添加型の高流動化コンクリートの実用化を目的として、トラックアジテータによる製造実験と、実工事への適用性に関する実機実験を行った。本報では、その概要および得られた結果について報告する。

2. 高流動化コンクリートの対象範囲と条件

現場添加型の高流動化コンクリートの流動化前のコンクリート（以下、「ベースコン」と称す）には、調合管理強度 $27 \sim 45 \text{ N/mm}^2$ の JIS 普通コンを用いた。

流動化の目標スランプフローについては、JIS 普通コンの規格外となるスランプ 23 cm に相当するフロー 45 cm を最小とし、50 cm、55 cm の計 3 点を設定した。一般的な調合設計では、スランプやスランプフローに応じ、ワーカビリティを考慮し、最適な細骨材率を決定する。しかし、流動化後の細骨材率はベースコンと

変わらないため、そのスランブフローに対しての最適な細骨材率とずれが生じる。そこで、事前の室内実験により、流動化後のワーカビリティに不具合が生じないベースコンのスランブの条件を検討した。その結果に基づき、目標スランブフローを 55 cm とするベースコンのスランブを 21 cm、スランブフロー 50 cm では 18 cm、スランブフロー 45 cm では 15 cm とした。

一般的に、目標スランブフローが大きいほど、分離抵抗性が小さくなると考えられ、また、JASS5 ではスランブを 21 cm とする条件として調合管理強度 33 N/mm^2 以上としている。これらを考慮し、ここでは、スランブ 21 cm をベースコンとするスランブフロー 55 cm については、調合管理強度を 36 N/mm^2 以上とした。また、JASS5 では単位水量を 185 kg/m^3 以下としていることから、AE 減水剤を用いたベースコンについては、スランブ 18 cm で単位水量が 185 kg/m^3 程度となる調合管理強度 33 N/mm^2 までとした。以上の条件をまとめると、表—1 となる。

表—1 高流動化コンクリートの対象範囲と条件

		流動化目標スランブフロー				
		45 cm		50 cm		55 cm
調合管理強度 (N/mm^2)		27 ~ 33	36 ~ 45	27 ~ 33	36 ~ 45	36 ~ 45
ベース コンの 条件	使用する 減水剤	AE 減水剤 高性能 AE 減水剤	高性能 AE 減水剤	AE 減水剤 高性能 AE 減水剤	高性能 AE 減水剤	高性能 AE 減水剤
	スランブ (cm)	15		18		21

3. トラックアジテータによる製造実験

(1) 実験概要

(a) 実験要因と組合せ

トラックアジテータのドラムの回転、攪拌によって、均一なフレッシュ性状を有する流動化コンクリートの製造条件を検討するため、生コンの積載量、流動化剤の添加方法、攪拌時間、および攪拌速度を実験要因とした。実施した製造実験の組合せの一覧を表—2 に示す。実験は 3 工場で行い、A 工場では夏期、標準期、冬期の 3 期で実施した。実験に用いるコンクリートについては、セメント量が少なく、また、ベースコンのスランブが小さいほど、所定の流動化フローを得るために要する攪拌時間が長くなると考え、ベースコンは調合管理強度 27 N/mm^2 、スランブ 15 cm の調合とした。なお、実用化の対象範囲の上限とした 45 N/mm^2 、スランブ 21 cm の調合についても、確認のため実験水準の一つに加えた。

表—2 製造実験の組合せ一覧

工場	時期	試験内容					
		ベースコンの 管理強度と 混和剤種類	ベースコンスランブ→流動化 フロー (cm)	積載量 (m^3)	流動化剤 投入方法	攪拌時間 (分)	回転速度 (回転/分)
A	夏期	27 N/mm^2 AE	15 → 45	4	一括	2	10 [中速]
				4	2 分割	1+2	10 [中速]
	標準期	27 N/mm^2 AE	15 → 45	4	2 分割	1+2	10 [中速]
				4	一括	2	15 [高速]
				2	一括	2	10 [中速]
	冬期	27 N/mm^2 AE	15 → 45	4	2 分割	1+2	10 [中速]
		45 N/mm^2 SP	21 → 55	4	2 分割	1+2	10 [中速]
B	冬期	27 N/mm^2 AE	15 → 45	5 (11.5 t 車)	2 分割	1+2	10 [中速]
C	標準期	27 N/mm^2 AE	15 → 45	4	2 分割	1+2	10 [中速]

*[ベースコン混和剤種類 (AE: AE 減水剤, SP 高性能 AE 減水剤)]

ドラムの回転によるコンクリートの攪拌については、これまで一般的に、ドラムの回転を最大速度、すなわち高速回転による攪拌が行われてきた。そこで、20 台のトラックアジテータについて最大回転速度を調査したところ、1 分間あたりの回転数は最小 13.0、最大 20.7、平均 15.6 回であり、トラックアジテータにより異なることが確認された。この結果から今回の実験では、いずれのトラックアジテータでも攪拌ができ、比較的騒音が抑えられる 10 回転/分 (中速) を標準の回転速度として採用した。ドラムの回転速度を抑えることにより、発生する騒音が従来の高速攪拌より約 7.5 dB 抑制される。

攪拌時間については、「流動化コンクリート施工指針・同解説」(以下、「流動化指針」と称す)を参考に、2 分および 3 分を実験水準としたが³⁾、後述の実験結果に示す通り、積載量 4.0 m^3 で 2 分間の攪拌では均一性が得られなかった。そのため 3 分間の攪拌を基本とし、さらに、流動化剤の分散性を高めるため、流動化剤の投入を 2 回に分け、初めに所要の半量を投入し、1 分間攪拌後、残りの半量を投入し、2 分間攪拌する方法とした。

積載量は 10 t 車で、満載に近い 4.0 m^3 を基本とした。なお、近年都心で見られる 11.5 t 車についても実験を行い、その場合については満載に近い 5.0 m^3 で行った。また、10 t 車の実験においては、約半量となる 2.0 m^3 の積載条件でも実験を行った。

(b) 調合

コンクリートの調合を表—3 に示す。セメントには普通ポルトランドセメントを、流動化剤には増粘剤一液タイプを用いた。流動化後のフレッシュ管理値を表—4 に示す。ベースコンの空気量はいずれの調合も 4.5% とし、流動化後のコンクリートの空気量も同様とした。

表—3 コンクリートの調合

工場	時期	管理強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				Ad Cx%
						W	C	S	G	
A	夏期	27	15	53.7	44.5	175	326	792	1011	1.1
	標準期	27	15	54.9	45.2	172	314	813	1009	1.0
	冬期	45	21	39.4	46.0	172	437	781	936	0.9
B	冬期	27	15	55.0	49.0	173	315	878	940	0.75
C	標準期	27	15	54.8	48.0	172	314	863	944	1.2

表—4 スランブフローと空気量の管理幅

		管理幅
流動化 コンクリート	スランブフロー	45 ± 7.5 cm 55 ± 10 cm
	空気量	4.5 ± 1.5%

(c) 実験方法と試験項目

コンクリートを実機で練り上げ、一般的な現場荷卸し時間として25分後を想定し、ベースコンのフレッシュ試験（スランブ、空気量、コンクリート温度）を実施した。荷卸しのフレッシュ性状確認後、表—2に示す条件で流動化を行った。ドラムミキサ内の均一性を確認するため、流動化後、ドラムミキサからコンクリートを連続排出し、初流、中流、終流のコンクリート試料を採取してフレッシュ試験、および圧縮強度用の供試体を製作した。

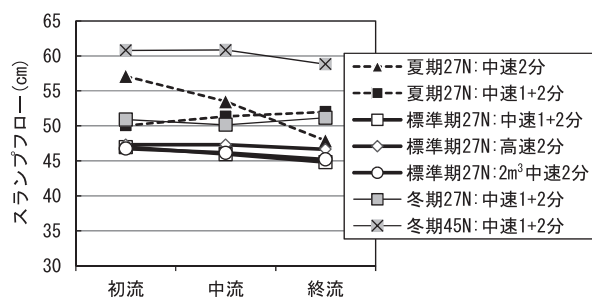
均一性の判定について、流動化指針には、トラックアジテータ内のコンクリートのおよそ1/4と3/4のところから試料を採取してスランブ試験を行った場合、両者のスランブの差が3cm以内であることが記されている³⁾。ここで、スランブ管理における管理幅±2.5cmに対して、均一性の判定基準3cmの比は0.6である。これを参考に、スランブフローにおける均一性の判定基準は、フローの管理幅±7.5cmに対して0.6より小さい、約0.3となる5cm以内とした。すなわち、初流、中流、終流から採取したスランブフロー値を用い、3つのスランブフローの差が5cm以内であれば均一性を有すると判断した。

圧縮試験供試体は標準養生とし、材齢7、および28日に試験を行った。

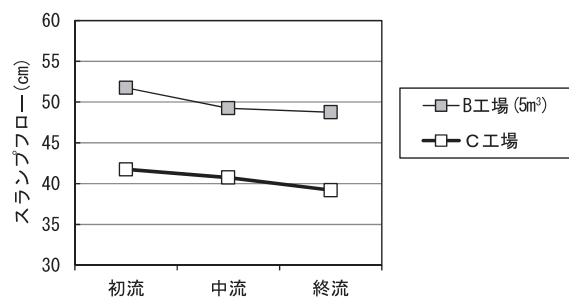
(2) 実験結果

(a) スランブフロー

スランブフローの比較を図—1, 2に示す。図—1に示すように、A工場の夏期において実施した攪拌時間2分の結果では、スランブフローの測定値の差が5cmを超える結果となった。しかし、攪拌時間3分とした場合、測定値の差が5cm以内であったため、



図—1 スランブフローの比較 [A 工場]



図—2 スランブフローの比較 [B, C 工場]

均一性を有すると判断した。

標準期において実施した高速攪拌（15回転／分）の実験では、中速と回転数が同一となる2分間の攪拌で均一性が得られた。また、積載量を半量とした2.0m³の実験においては、中速2分の攪拌で均一性が得られた。さらに、調合管理強度の上限とした45N/mm²においても、中速3分の攪拌で均一性が得られることを確認した。

図—2に示すように、B工場で実施した5.0m³積載でも、4.0m³積載と同一攪拌条件で均一性が得られることを確認した。

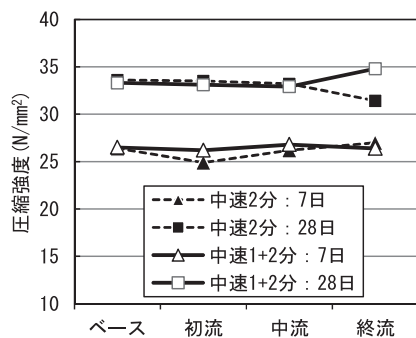
実験結果から、通期にわたり、均一性が確保される攪拌の条件を表—5に示す。

表—5 攪拌の条件

流動化剤投入方法と攪拌時間	流動化剤を半量投入→1分間攪拌 →残り半量を投入→2分間攪拌 (攪拌時間は計3分間)
ドラムの回転速度	10回転／分
コンクリートの積載量	10t車では4.0m ³ まで、 11.5t車では5.0m ³ まで

(b) 圧縮強度

圧縮強度の比較の一例を図—3に示す。ベースコンクリート、流動化後の初流、中流、終流の圧縮強度はいずれの条件においても、ほぼ同じであった。さらに、フレッシュ試験において均一性を満足しなかったA工場の夏期の攪拌時間2分においても、圧縮強度については、初流、中流、終流ともほぼ同じであった。



図—3 圧縮強度の一例 [A 工場夏期]

4. 実工事への適用性に関する実機実験

(1) 実験概要

(a) コンクリートの概要

流動化後のフレッシュコンクリートの経時変化、圧縮強度等への影響について検討した実機実験の一覧を表—6に示す。コンクリートの調合管理強度は、実用化の対象範囲とした27～45 N/mm²、流動化フローは45～55 cmとした。また、製造実験同様、実験は3工場で行い、A工場では3期にわたり実施した。

(b) 調合

コンクリートの調合を表—7に示す。流動化剤は

表—6 実機実験の一覧

記号		27F45AE	30F50AE	33F50AE	33F50SP	36F55SP	45F55SP
管理強度 (N/mm ²)		27	30	33	33	36	45
混和剤種類		AE	AE	AE	SP	SP	SP
ベースコンスランブ →流動化フロー (cm)		15 → 45	18 → 50	18 → 50	18 → 50	21 → 55	21 → 55
A 工場	夏期	○	—	○	○	—	○
	標準期	○	—	○	○	—	○
	冬期	○	—	○	○	—	○
B 工場	冬期	—	○	—	—	○	—
C 工場	標準期	—	○	—	—	○	—

* [ベースコン混和剤種類 (AE: AE 減水剤, SP 高性能 AE 減水剤)]

表—7 コンクリートの調合

工場	時期	記号	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				Ad Cx%
					W	C	S	G	
A	夏期	33F50AE	46.5	43.6	186	400	736	974	1.1
		33F50SP	48.5	46.5	173	357	818	963	1.2
		45F55SP	38.8	45.8	172	444	773	936	1.15
	標準期 冬期	33F50AE	47.4	44.4	182	384	760	974	1.0 (0.9)
		33F50SP	49.4	46.8	173	351	826	960	1.1 (1.0)
		45F55SP	39.4	46.0	172	437	781	936	1.0 (0.9)
B	冬期	30F50AE	50.8	48.5	183	360	839	915	0.75
		36F55SP	45.6	51.7	175	384	894	859	0.75
C	標準期	30F50AE	51.7	47.5	185	358	821	915	1.4
		36F55SP	47.4	49.6	175	370	866	885	1.0

A 工場 27F45AE は表—3 の通り, Ad () 内は冬期添加率

製造実験同様、増粘剤一液タイプの流動化剤を用いた。経時変化によりスランプフローが管理幅を下回った場合、スランプフローを回復させるため、流動化剤を再添加した。その際は、増粘成分を含まない通常の流動化剤を用いた。これは、再添加の時点で、既にコンクリートに最初の流動化剤に含まれている増粘成分が混入されているからである。

流動化後のフレッシュ管理値を表—8に示す。

表—8 スランプフローと空気量の管理幅

		管理幅
流動化 コンクリート	スランプフロー	27F45: 45 ± 7.5 cm 30F50, 33F50: 50 ± 7.5 cm 36F55: 55 ± 7.5 cm 45F55: 55 ± 10 cm
	空気量	4.5 ± 1.5%

(c) 実験方法と試験項目

コンクリートの練り量を2.0 m³とし、製造実験と同様に、コンクリートを実機で練り上げ、25分経過後にベースコンのフレッシュ試験を行い、その後、流動化を行った。流動化の攪拌の条件は表—5に準じた。

流動化後、スランプフロー、空気量試験に加えて、表—9に示す間隙通過性と材料分離抵抗性に関する試験を練り上がりから120分経過まで実施した。

表—9 間隙通過性と材料分離抵抗性に関する試験項目

試験項目	試験方法
J リング試験 (J リングフロー)	スランプコーンの周囲に障害物となる直径300 mm のリングに等間隔にφ16 の鋼棒を16個取り付け付けた治具をセットし(写真—1)、スランプフロー試験の要領でスランプコーンを引き抜いた後、スランプフローの広がり距離を測定。
円筒貫入試験	内径φ30 の筒の周囲にφ7 mm の穴が28個空いた円筒貫入試験器(写真—2)を、コンクリート試料を詰めたφ150、深さ300 mm の容器に挿入し、10秒後に引き上げる。流入したモルタルの高さを測定(2回平均)。



写真—1 J リング試験状況



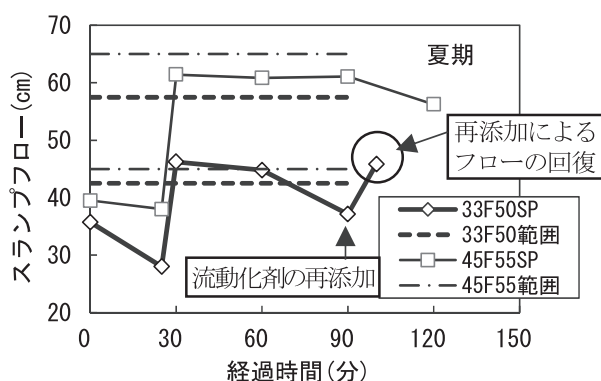
写真—2 円筒貫入試験器

さらに、ベースコンと流動化後の圧縮強度を比較するため、供試体をそれぞれで採取し、標準養生を行って、材齢7、および28日に圧縮強度試験を行った。

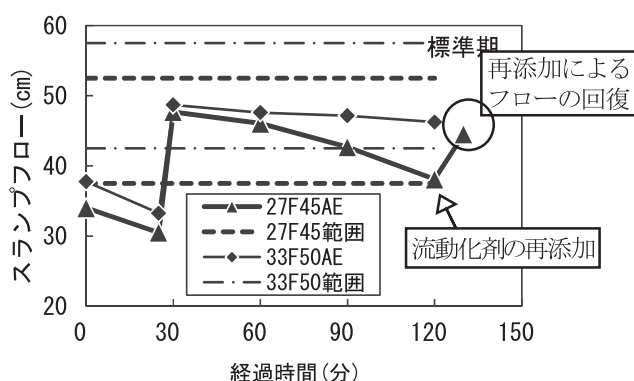
(2) 実験結果

(a) スランプフロー

夏期におけるスランプフローの経時変化の一例を図—4に、標準期の一例を図—5に示す。流動化後のスランプフローは、時間経過とともに小さくなる傾向にあった。夏期（外気温25℃以上）においては、打込み終了までの時間の限度を90分と想定した。図—4に示すように、A工場で実施した夏期の33F50SPでは、流動化直後のフローが管理幅の下限近傍であったため、90分後にフローが管理値を下回ったが、その後、流動化剤の再添加によりフローが回復することを確認した。一方、標準期、および冬期においては、打込み終了までの時間の限度を120分と想定した。図—5に示すように、A工場の標準期の実験では、いずれも120分までフローが管理範囲内にあったが、流動化剤の再添加によりフローが回復することを一部の調査で確認した。なお、BおよびC工場におけるスランプフローの経時変化の傾向については、A工場と大きな違いはなかった。



図—4 スランプフローの経時変化の一例 [A工場夏期 SP 調査]



図—5 スランプフローの経時変化の一例 [A工場標準期 AE 調査]

一般的な流動化コンクリートにおいては、流動化後のスランプ低下が大きいとされている¹⁾。しかし、今回用いている流動化剤で製造した高流動化コンクリートにおいてのスランプフローの低下はなだらかであり、また、フローの管理値を下回った場合でも、再添加することでフローの回復が可能であることから、実工事への適用性を十分有するものであった。

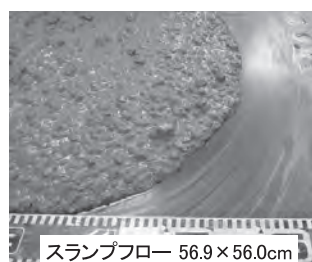
なお、A工場で実施した夏期の33F50AEでは、管理値の上限近傍であったが、写真—3に示すように、スランプフローの状態から分離傾向は確認されなかった。

(b) 空気量

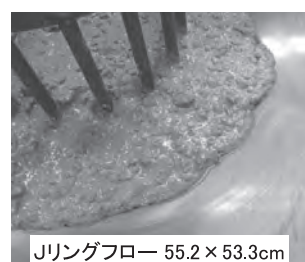
流動化前後の空気量の比較を図—6に示す。流動化後の空気量の変化は、 $-0.5 \sim +0.3\%$ の範囲であり大きな変化はなかった。また、再添加における空気量の変化は、 $-0.1 \sim +0.5\%$ の範囲で、ベースコンを流動化した場合よりわずかにプラス側であるが、大きな違いはなかった。

(c) Jリングフロー

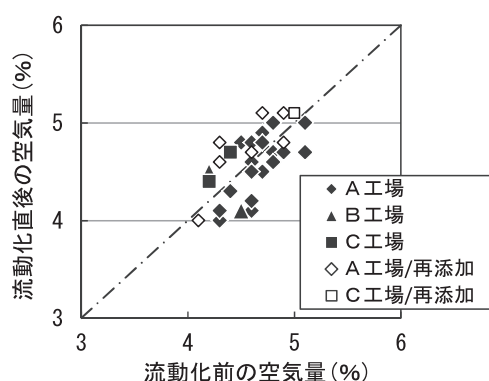
Jリング試験の結果として、Jリングフローとスランプフローとの差の一例を図—7に示す。フロー差に変動はみられるものの、その差は多くの場合で $-5 \sim 0$ cmの範囲内となり、ASTM C1621/C1621M-14の判定では「極端なブロッキングは見られない」との評価である。すなわち、間隙通過性については問題のない程度の性能を有していると判断した。



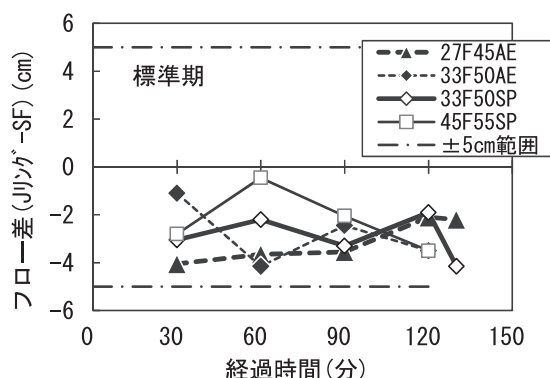
写真—3 スランプフローの状態
[夏期 33F50AE]



写真—4 Jリングフローの状態
[夏期 33F50AE]



図—6 流動化前後の空気量の比較



図—7 Jリングフローとスランプフローとの差の一例 [A工場標準期]

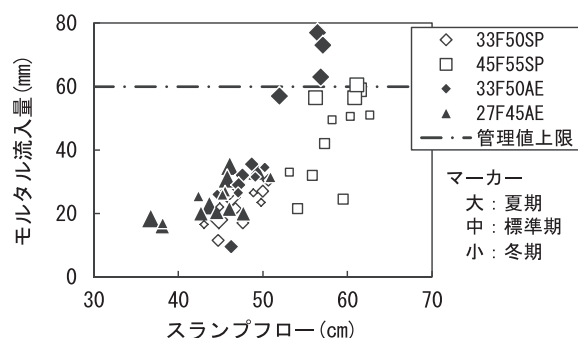
スランプフローの上限値であったA工場夏期33F50AEは、写真—4に示すように、Jリングフローの状態からも分離傾向は確認されなかった。

(d) 円筒貫入のモルタル流入量

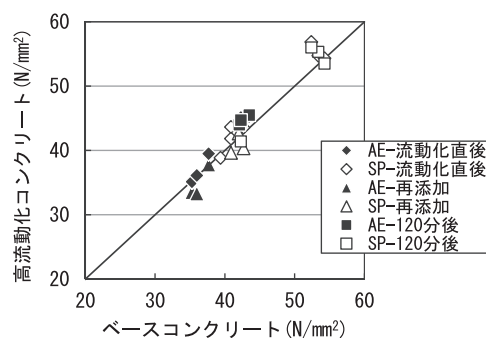
A工場におけるモルタル流入量とスランプフローの関係を図—8に示す。スランプフローが大きいほど流入量が多い傾向にあり、ベースコンクリートに高性能AE減水剤(SP)を使用した調合より、AE減水剤(AE)を使用した調合のほうがやや多く、夏期33F50AEが最も流入量が多い結果となった。前述のように、夏期33F50AEはスランプフロー、およびJリング試験において分離傾向は見られなかった。しかしながら、別途実施した現場添加型高流動化コンクリートの施工実験実績において、流入量が40 mm程度のコンクリートでは、部材の打込みにおいて粗骨材の沈降は見られなかったが、60 mmを超えたコンクリートでは、粗骨材が沈降する傾向にあった。そのため、円筒貫入による分離抵抗性の指標として、ここでは流入量の上限を60 mmとした。したがって、夏期33F50AEについては、スランプフローを50 cm程度までに抑えることが望ましい。

(e) 圧縮強度

試験結果の一例として、A工場における流動化前後の材齢28日圧縮強度の比較を図—9に示す。流動化直後の強度、経時120分(流動化後90分)までの



図—8 モルタル流入量とスランプフローの関係 [A工場]



図—9 流動化前後の圧縮強度の比較 [A工場]

強度、および再添加後の強度は、ベースコンと同等の強度であった。また、BおよびC工場の結果においても同様であった。

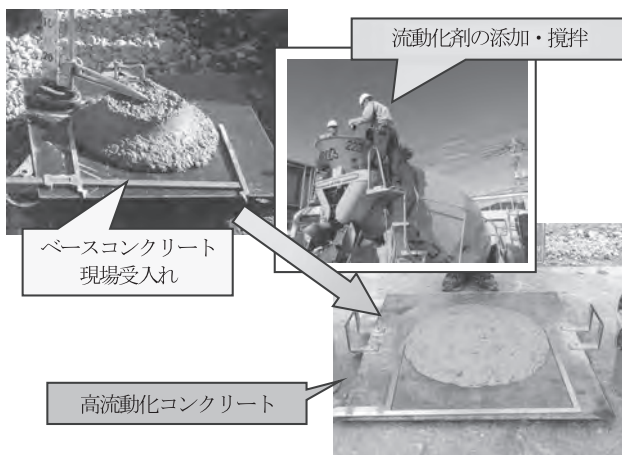
5. まとめ

現場添加型の高流動化コンクリートを実用化するため、トラックアジテータでの製造実験と、実工事への適用性の確認として夏期、標準期、冬期の3期において実機実験を行った。その結果、ドラムの回転速度を抑制し、発生する騒音を抑えた製造方法で安定したフレッシュ性状が得られ、製造したコンクリートについては、打込みに必要となるフレッシュ性状を十分維持することができ、圧縮強度は流動化前後で同等であり、実工事への適用性を有していることを確認した。

6. おわりに

建設現場周辺に、高強度コンクリートの出荷実績を有する工場がない場合、高流動コンクリートの手配が困難となることが多い。そのような地域において、本技術は非常に有効な手段となる。また、製造方法については、ドラム回転時に発生する騒音を従来より低減した方法で標準化し、周辺環境に配慮が必要である市街地の建設現場での採用にも対応している。現在、実験結果に基づき、本現場添加型の高流動化コンクリートを免震下部の基礎コンクリートや、耐震補強工事の後打ち補強コンクリートなど、合計1000 m³以上適用している(図—10適用状況の一例)。さらに今後、i-Constructionにおける「コンクリート生産性向上」の項目に挙げられているコンクリート打設の効率化に対応する技術としての展開も進めていく予定である。

なお、本技術については、「奥村式現場添加型高流動化コンクリート」として、(一財)日本建築総合試験所から建築技術性能証明(GBRC性能証明 第16-16号)を取得している。



図一 10 現場添加型高流動化コンクリートの現場適用状況の一例

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本建築学会, 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2015」, pp.457-466, 2015.7
- 2) 齊藤和秀, 土谷 正, 森本孝敏, 「JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤の変遷～平成における各種混和剤の技術進歩～」, コンクリート工学, Vol.54, No.52, pp.508-513, 2016.5
- 3) 日本建築学会, 「流動化コンクリート施工指針・同解説」, pp.85-91, 1989.9

【筆者紹介】

河野 政典 (こうの まさのり)
 (株)奥村組 技術研究所
 建築研究グループ
 上席研究員



山岳トンネル現場における 覆工用高流動コンクリートの適用

松 本 修 治・坂 井 吾 郎・手 塚 康 成

近年、建設業界では、作業員の高齢化に伴う労働力不足により生産性の低下が懸念されており、機械化、自動化に資する技術が求められている。このような課題に対して、山岳トンネルの分野では、覆工において締固め作業を一切必要としないコンクリートの適用が考えられる。著者らは、覆工コンクリート特有の条件を考慮し、「覆工用高流動コンクリート」を開発した。このコンクリートを実際の覆工の施工に適用し、施工性および硬化後の品質について良好な結果を得た。

キーワード：トンネル、二次覆工コンクリート、高流動コンクリート、生産性向上、省人化、自動化

1. はじめに

近年、建設業界では、作業員の高齢化および若年入職者の減少による技能者不足が深刻化しており、労働力不足による建設現場の生産性の低下が懸念されている。それらの課題に対して、国交省では、抜本的に生産性を向上させる重要な施策として「i-Construction」を掲げ、建設作業の機械化、自動化が進められている。山岳トンネル分野では、省人化および品質向上を目的とし、型枠パイププレートで締固めを行うトンネル二次覆工用の中流動覆工コンクリート^{1), 2)}が開発されている。この中流動コンクリートの適用により、狭隘な移動式型枠内の締固め作業を大幅に減少させることができ、覆工コンクリートの品質向上が図られている。

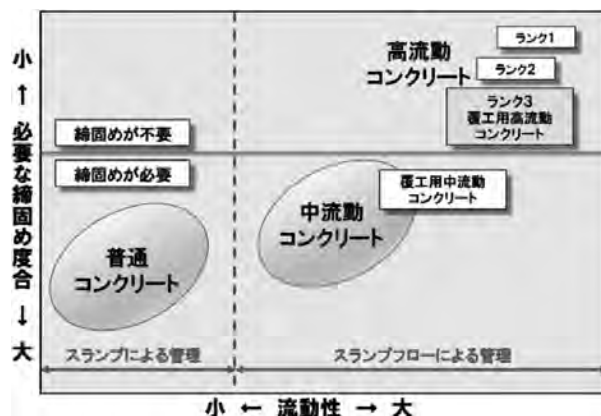
著者らは、これまでに覆工用中流動コンクリートを用いた施工を多く実施してきており、それらを踏まえて覆工コンクリート特有の条件に応じた高流動コンクリート（以下、覆工用高流動コンクリートと称する）の検討を進めている。この覆工用高流動コンクリートを用いることで、型枠パイププレートを含む締固め作業を一切不要とすることができ、コンクリート配管の盛替えなどの施工の機械化や制御技術と組み合わせることで、将来的に覆工コンクリートの打込み全体における自動化を実現することができるものと考えられる。本稿では、覆工の施工自動化の第一歩として、覆工用高流動コンクリートを実際のトンネル覆工に適用した事例について紹介する。

2. 覆工用高流動コンクリート

覆工コンクリートは、無筋もしくは単鉄筋程度の配筋を有する構造物である。したがって、覆工用高流動コンクリートは、土木学会の「高流動コンクリートの配合設計・施工指針³⁾」（以下、指針と称する）に示される自己充填性「ランク3」の高流動コンクリートに相当するものと考えられる（図—1）。指針では、ランク3のスランプフローの中心値の範囲として550～650 mm という目安を与えているが、著者らは、

- ・打ち込む空間の厚さが300 mm 程度
- ・ポンプによるコンクリートの圧入が可能
- ・型枠への負荷低減のため、側圧を低減する

という覆工コンクリートの施工上の特徴を鑑み、写真—1に示すようにスランプフローの中心値の範囲として500～600 mm を目安とし、中心値を500 mm（以下、SF500と称する）と600 mm（以下、SF600



図—1 各種コンクリートの位置づけ

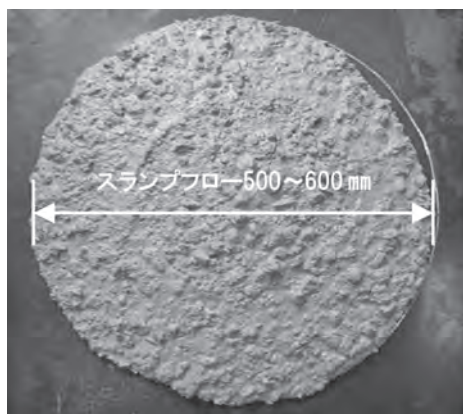


写真-1 覆工用高流動コンクリート

表-1 使用材料

使用材料	記号	種類	摘要
セメント	C	高炉セメント B種	密度：3.04 g/cm ³
細骨材	S	苫小牧市字勇弘産 砂	表乾密度：2.68 g/cm ³ 粗粒率：2.80
粗骨材	G1	北斗市峨朗産 石灰碎石 2005	表乾密度：2.70 g/cm ³ 実積率：59.0%， 混合比 70%
	G2	板木山地区 碎石	表乾密度：2.72 g/cm ³ 実積率：59.0%， 混合比 30%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸エーテル 系化合物と増粘性高 分子化合物

表-2 覆工用高流動コンクリートの配合

配合	W/C %	s/a %	単位量 kg/m ³					混和剤 C*%
			W	C	S	G1	G2	
SF500	45.5	54.0	157	345	976	587	253	0.90
SF600	41.3	55.0	157	380	978	563	243	1.00

と称する)とした2種類の配合を選定した。流動性および材料分離抵抗性を確保する材料としては、コンクリートの製造のしやすさを考慮し、材料の貯蔵や計量が容易な増粘成分一液型の高性能 AE 減水剤を用いることとした。使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。

単位セメント量は、一般部(無筋部)の設計基準強度が18 N/mm²であることから、できるだけ少なくすることとし、SF500で345 kg/m³、SF600で380 kg/m³とした。単位水量は、覆工コンクリートの乾燥収縮が大きくなりやすいことを考慮して、できるだけ減じることとし、試験練りにより157 kg/m³と定めた。

3. 覆工用高流動コンクリートの実現場への適用

(1) 適用現場の概要

覆工用高流動コンクリートを適用した現場は、図-2に示すようにトンネル断面が内空幅10 m、内空高8 m程度の開水路と車道が併設されたバイパストンネルであり、覆工厚は300 mmの仕様であった。また、一区間がR=80 m程度の曲線であるため、構造上、一般的な移動式型枠よりIBLの延長が6 mと短く、補剛材との取り合いの関係で検査窓が限られた特殊な移動式型枠を用いた。そのため、締固め作業が困難で、覆工コンクリートの打込みには大変な労力が必要となることから、坑口部など一部の区間については、当初計画の段階から中流動コンクリートが用いられることとなっていた。

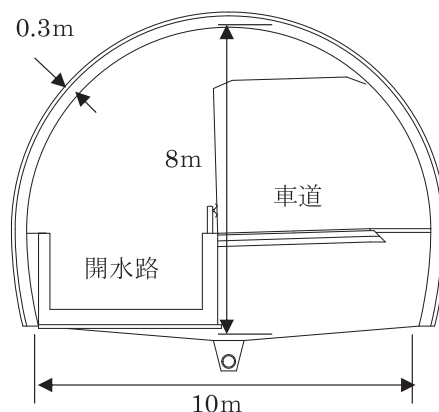


図-2 トンネル断面の仕様

(2) 施工方法

図-3に検査窓の位置とSF500、SF600の打込み範囲を、図-4に縦断面図における打込み位置を示す。覆工用高流動コンクリートの打込み手順は、覆工コンクリート側壁部のS.L.下から順にSF500を2層

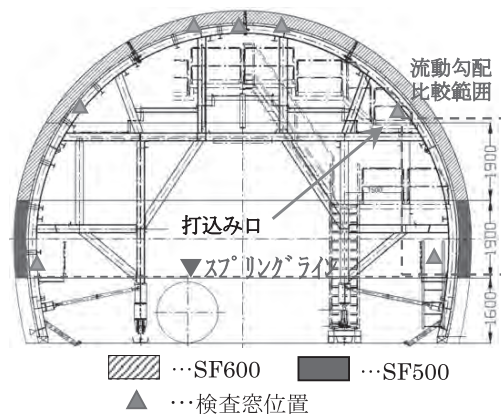
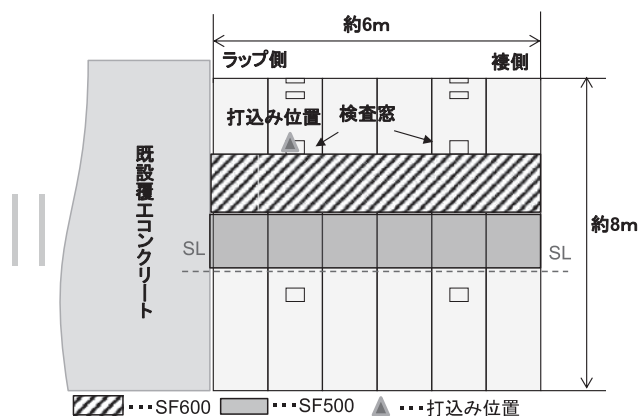


図-3 検査窓位置と打込み範囲



図一四 打込み位置（縦断面図）

打ち込んでからSF600を2層打ち込み、それより上部はSF600で天端まで連続して打ち込むこととした。また、覆工用高流動コンクリートの側壁での打ち込みは、側圧が大きくなることが想定されたため、アジテータ車に積載された 4 m^3 のコンクリートを15分程度で打ち込んだ後に15分間隔を持たせるようにすることを繰り返してコンクリートの打ち込みを行った。

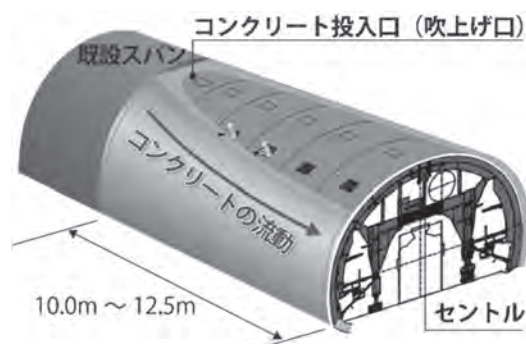
(3) 適用時の検証内容

フレッシュコンクリートの性状は、側壁に打ち込むSF500とSF600を積載したアジテータ車4台からそれぞれ試料を採取し、試験を行った。また、コンクリートの流動勾配について、SF500、SF600を打ち込んだ側壁部で、コンクリートを1層当り 4 m^3 打ち込むごとに、検査窓からコンクリートの打上がり面までをスケールで計測し算出した。計測位置は、コンクリートを打ち込み口から4.5m程度流動させた後に打ち込み口と流動距離3mの位置で計測した。硬化後の覆工コンクリートの品質評価としては、覆工コンクリートの表面水分率が5.5%程度以下となった時点でトレント法による現場透気試験を実施した。測定箇所は、SF500を用いたS.L.上部で縦断方向に3か所、SF600を用いた肩上と天端でそれぞれ縦断方向に3か所の計6点とした。また、比較のために、従来の覆工コンクリート（スランプ15cm）を用いた隣接区間でも同様にS.L.から天端まで計9点の計測を行った。

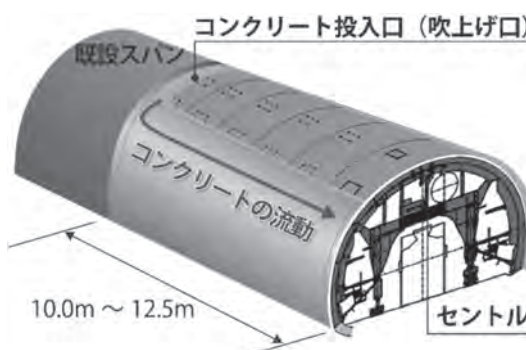
4. 適用結果

(1) 施工状況

図一五に示すように、従来、覆工コンクリートの施工は、スランプ15cm程度のコンクリートを移動式型枠内の30cm程度の狭小な空間に打ち込み、内部振動機を用いて、人力による締固め作業が行われ



図一五 従来の覆工コンクリートの施工状況



図一六 覆工用高流動コンクリートの施工状況

る。そのため、窮屈な姿勢での苦渋作業が余儀なくされており、品質を確保するためには、内部振動機による締固め作業員が4名にコンクリートポンプの操作員が1名の計5名程度の人員が必要である。それに対して、図一六に示すように、今回の覆工用高流動コンクリートの施工では、一切の締固め作業をせずにコンクリートを打ち込めたため、コンクリートポンプの操作員として1名、コンクリート配管の盛替え人員として1名の計2名で施工可能であった。この施工状況から、将来的に圧送および打ち込みの自動制御ができれば、無人化・自動化施工も十分に可能性があるものと考えられる。さらに、作業足場でもある移動式型枠内の狭隘な空間から、パイプレータに関わる一連の機器や配線等がなくなり、作業員の転倒リスク等が低減され、安全性が向上することも確認できた。

一方、施工速度については、打ち込み量約 50 m^3 を5時間で完了しており、時間当たりの打ち込み量は $10\text{ m}^3/\text{h}$ 程度と通常の覆工コンクリートの $2/3 \sim 1/2$ であった。これは、スランプ15cm程度の従来のコンクリートを打ち込むことを想定して設計された特殊な移動式型枠に対して、作用する側圧に配慮して施工速度を抑えたことによるものである。しかしながら、今後、さらに生産性向上を図っていくためには、移動式型枠の設計や覆工用高流動コンクリートの材料・配合の工夫により改善していく必要があるものと考えられる。

(2) フレッシュコンクリートの性状

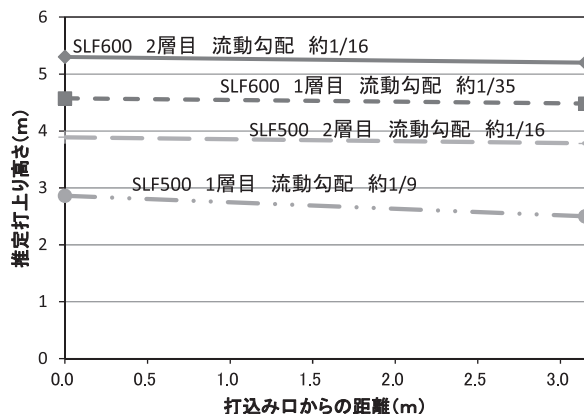
表—3 に実施工でのフレッシュコンクリートの試験結果を示す。表中の SF500-1 は、SF500 の 1 層目、SF500-2 は 2 層目に打ち込んだフレッシュコンクリートの性状を示している。SF500、SF600 のいずれの配合も所定の性状を満足するものであった。

表—3 フレッシュ性状試験の結果

配合	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
SF500-1	470	5.2	24
SF500-2	520	—	—
SF600-1	600	5.0	25
SF600-2	610	—	—

(3) 流動勾配

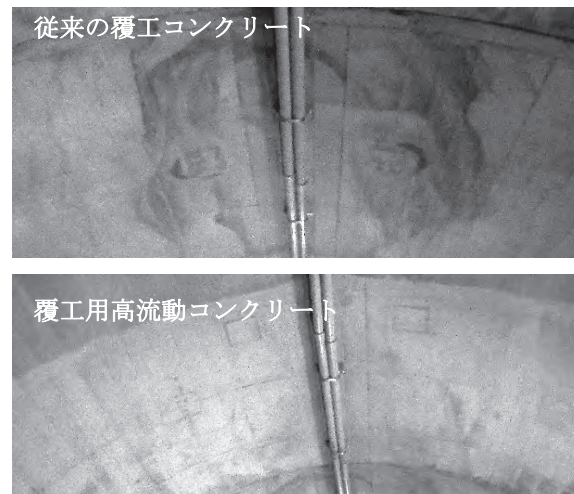
図—7 に、流動勾配の測定結果を示す。スランプフローが 470 mm であった SF500 の 1 層目は、コンクリートを打ち込んでいくと、一定の高さまではあまり流動せずに筒先付近で盛り上がり、さらに打込みが進行すると一気にコンクリートが崩れて急速に流末に流れる現象が観察された。その現象により、流末において粗骨材が分離する傾向が見受けられるとともに、流動勾配は約 1/9 となった。これは、一般的な 1BL の延長である 10.5 m を流動させた場合、打込み位置と流末で約 120 cm の高低差を生じるものであり、型枠への負荷等を考えると好ましい状況ではないと考えられる。一方、スランプフローが 520 mm であった 2 層目は、コンクリートがスムーズに流動し、流動勾配も約 1/16 (同約 65 cm) となった。また、粗骨材の分離は観察されず、良好な打上がりであった。これらのことから、打込み時のスランプフローは、500 mm 以上が必要であることが確認された。SF600 の 1 層目は、流動勾配が約 1/35、2 層目が約 1/16 であり、天端付近においても充填性が確保され、問題なく打ち上がる様子が確認できた。



図—7 流動勾配の測定結果

(4) コンクリート表面の出来栄え

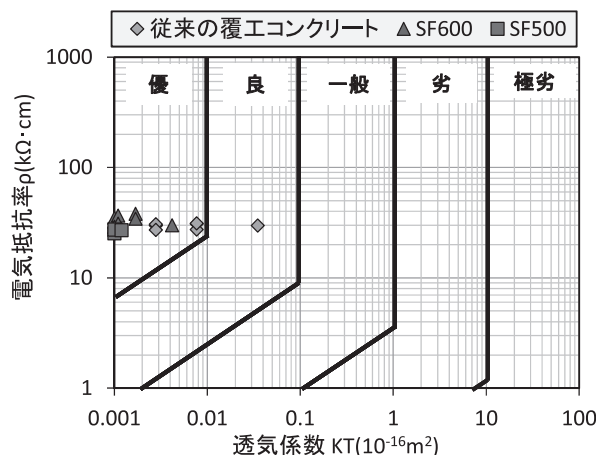
写真—2 に示すように、覆工用高流動コンクリートを打ち込んだ BL の表面は、目標スランプが 15 cm である従来のコンクリートを打ち込んだ BL に比べて天端部の流動跡が非常に少なく、顕著な表面気泡等もなかった。また、打重ね線上で透気試験を実施した結果も、打重ね線のない箇所で計測した結果と同程度であり、打重ね部における一体性が確保されていることを確認した。



写真—2 覆工コンクリートの出来栄え比較

(5) 表面の透気試験 (品質)

図—8 に、含水率補正ノモグラムを用いた透気試験結果のグレード評価⁶⁾を示す。図に示すように、従来の覆工コンクリートが「優」～「良」であるのに対して、覆工用高流動コンクリートでは、すべて「優」の評価であり、ばらつきの少ない均質な躯体を構築できたことが確認された。



図—8 透気試験の結果

5. おわりに

今後、覆工用高流動コンクリートは、打込みの省人化、さらに自動化の実現に向けて欠かせない技術になると考えられる。今回の実構造物への適用で得られた知見を踏まえ、トンネル施工における生産性向上に向けた検討を、さらに進めていく所存である。

JCM A

《参考文献》

- 1) (株)高速道路総合技術研究所：NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ，2011.12.
- 2) 坂井吾郎ほか：特殊な混和剤を用いたトンネル覆工用中流動コンクリートの開発，セメント・コンクリート，No.787，2012.9.
- 3) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針，2012.6.
- 4) 小山広光・大野誠彦・西岡和則・坂井吾郎・松本修治：凝結促進剤を添加した中流動および高流動覆工コンクリートの各種性状について，土木学会 第70回年次学術講演会，VI -640，土木学会，2015.
- 5) 松本修治・坂井吾郎・林大介・坂田昇：締固めを必要としないトンネル二次覆工コンクリートに関する基礎的検討，VI -649，土木学会，2015.
- 6) 蔵重勲ほか：透気係数の含水依存性を考慮したコンクリートの表層品質の非破壊評価法の一提案，Cement Science and Concrete Technology，No.65，2011.

【筆者紹介】

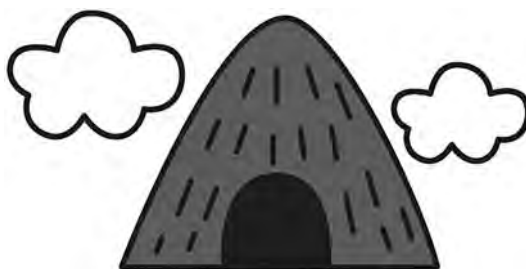
松本 修治（まつもと しゅうじ）
鹿島建設㈱
技術研究所 土木材料グループ
研究員



坂井 吾郎（さかい ごろう）
鹿島建設㈱
技術研究所 土木材料グループ
グループ長（上席研究員）



手塚 康成（てづか やすなり）
鹿島建設㈱
土木管理本部 土木工務部 トンネルグループ
担当部長



脱塩工法ならびに 再アルカリ化工法の新しい施工方法の開発 給水養生工法「アクアカーテン」の用途を拡大

齋 藤 淳

電気化学的補修に分類される脱塩工法ならびに再アルカリ化工法は、鉄筋コンクリート構造物に対する予防保全、機能回復技術である。これらの工法を陸上鉄筋コンクリート構造物に適用する際には、コンクリート表面への電解質溶液の供給が課題となる。この課題の解決のために、コンクリート鉛直面やトンネル覆工コンクリートに対する給水養生工法「アクアカーテン」（以下「本給水養生工法」という）で使用している給水養生装置の活用を検討した結果、電解質溶液の簡易な供給方法を確認することができた。

キーワード：塩害、中性化、電気化学補修、電解質溶液、長寿命化、給水養生装置

1. はじめに

脱塩工法ならびに再アルカリ化工法は、鉄筋コンクリート構造物に対する予防保全、機能回復技術である。この2つの工法は、電気化学的補修に分類されるが、一定期間通電を行えばその後の継続通電は不要であり、補修前後で構造物の外観変化が少ないことから、一般構造物に加え歴史的構造物の補修にも適している工法である。しかしながら、陸上鉄筋コンクリート構造物に適用する場合、コンクリート表面への電解質溶液（外部溶液）の供給が課題となる。一般的に「パネル方式」あるいは「ファイバー方式」により電解質溶液の供給が行われている¹⁾。

近年、著者らは、コンクリート鉛直面やトンネル覆工コンクリートに対する本給水養生工法を実用化した²⁾。本工法の最大の特長は、入手や取り扱いが容易で軽量の資機材からなる給水養生装置を用いて、コンクリート表面に水膜を形成できることである。

本報文では、給水養生装置を活用した電解質溶液の簡易な供給方法を脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の新しい施工方法（給水方式）として紹介する。

2. 脱塩工法，再アルカリ化工法の概要

(1) 脱塩工法の概要

脱塩工法は、塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物の補修方法のひとつである。原理を図-1に示す¹⁾。コンクリート表面に仮設した電極を陽極とし、コンクリート内部の鉄筋を陰極とする。仮設陽極材とコンク

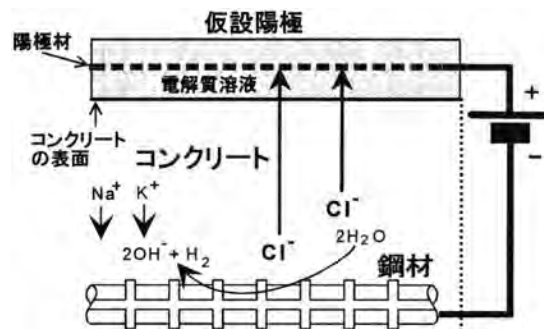
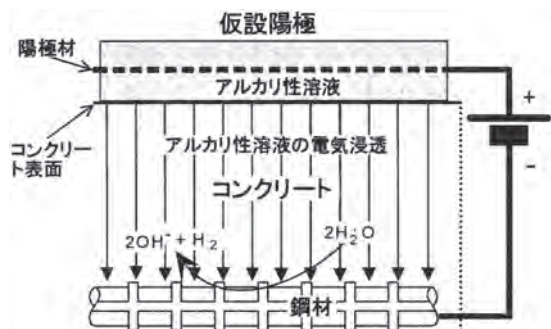


図-1 脱塩工法の原理図¹⁾

リート表面の間に電解質溶液を供給し、陽極と陰極間に直流電流を通電する。電気泳動の原理により、陰イオンである塩化物イオンは、コンクリート中から電解質溶液中へ移動する。これにより、コンクリート中の塩化物イオン濃度が低減するため、鉄筋コンクリートの防食性能が回復する。なお、一般的な通電期間は8週間であり、通電終了後には全ての仮設材料を撤去するため、補修前後の外観変化が少ない工法である。

(2) 再アルカリ化工法の概要

再アルカリ化工法は、中性化を受けた鉄筋コンクリート構造物の補修方法のひとつである。原理を図-2に示す¹⁾。脱塩工法の場合と同様に、コンクリート表面に陽極材を仮設し、コンクリート内部鉄筋を陰極として一定期間（一般に2週間）のみ直流電流を通電する。この際、電解質溶液として用いるアルカリ性の溶液をコンクリート中へ電気浸透させることで、中性化しているコンクリートのアルカリ性を回復する工法である。

図一 2 再アルカリ化工法の原理図¹⁾

再アルカリ化工法の最大のメリットは、コンクリート中に電気浸透させたアルカリ性溶液が、大気中の二酸化炭素と平衡状態となり（式（1）参照）、コンクリートのpH値＝約11を保ち続けることができること、すなわち、中性化に対する抵抗性を長期間保持できることである。

（炭酸カリウムを電解質溶液とした場合の安定式）



3. 新しい施工方法（給水方式）の概要

脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の給水養生装置を活用した新しい施工方法、すなわち、給水方式の仕組みを図一3に示す。

コンクリート表面に不織布と仮設陽極材を設置し、それらを気泡緩衝シートで覆い、端部を密閉する。上部に配置した給水管から電解質溶液を供給し、下部に配置した吸引口に接続した吸引機を稼働させると、電解質溶液は不織布を伝わってコンクリート表面を流れ、シートとコンクリートとの間にある空気とともに吸引口から排出される。これにより、シート全体が大気圧でコンクリート表面に押し付けられ、シートや仮

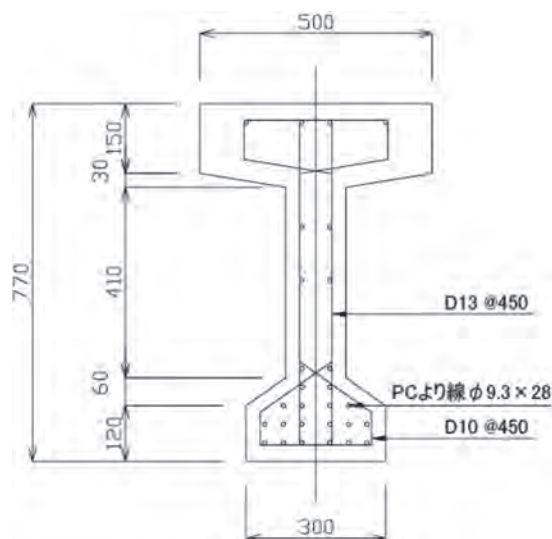
設陽極材の落下を防ぐとともに、コンクリート表面が電解質溶液の均一な水膜で覆われる。なお、吸引口と吸引機の間に除水除塵機を設け、空気と電解質溶液を分離することで、吸引機の負荷を低減するとともに電解質溶液の循環利用を実現している。そして、直流電源装置のプラス側に仮設陽極材を、マイナス側にコンクリート中の内部鉄筋を、それぞれ接続して所定期間の通電を行う。

4. 脱塩工法の給水方式による施工実験

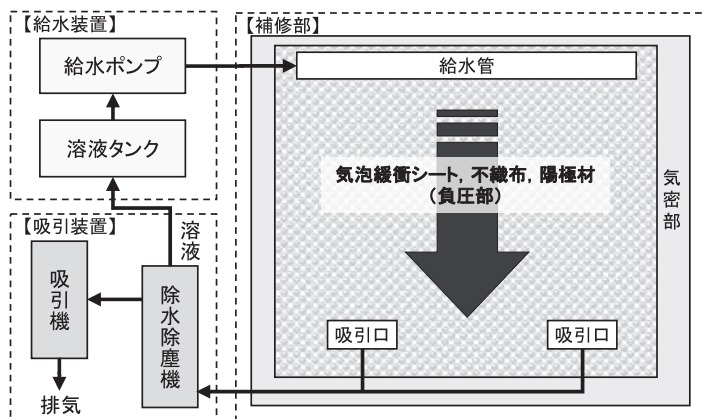
（1）外来塩分に起因した塩害に対する補修効果

（a）構造物の概要

本実験の対象構造物は、1972年に開通し1997年に撤去された道路橋であり、塩害環境にて25年間供用されたI型PC桁である。桁の断面形状を図一4に示す。なお、鉄筋の芯かぶりは約50mmであり、桁の全長はおよそ13mであった。

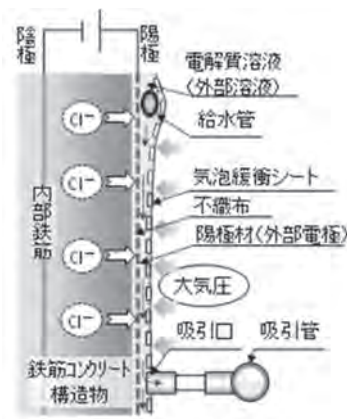


図一 4 I型PC桁の断面形状



装置の構成図

図一 3 給水方式の仕組み



補修部の断面図（脱塩工法の例）

(b) 補修前の劣化状況

シュミットハンマーによる圧縮強度の推定および塩化物イオン濃度の測定を行った。圧縮強度の推定値は $46.7 \sim 48.1 \text{ N/mm}^2$ であり高い強度を保持していた。一方、かぶり部の塩化物イオン濃度は $4.5 \sim 7.0 \text{ kg/m}^3$ であり、塩害による劣化作用を受けていることが確認された。

(c) 施工実験の概要

施工実験の条件を表—1に、実験状況を写真—1に示す。

表—1 施工実験の条件

陽極材	電流密度	通電期間	電解質溶液
チタンメッシュ	1.0 A/m^2	8週間	ホウ酸・炭酸カリウムの混合水溶液



写真—1 I型PC桁に対する施工実験状況

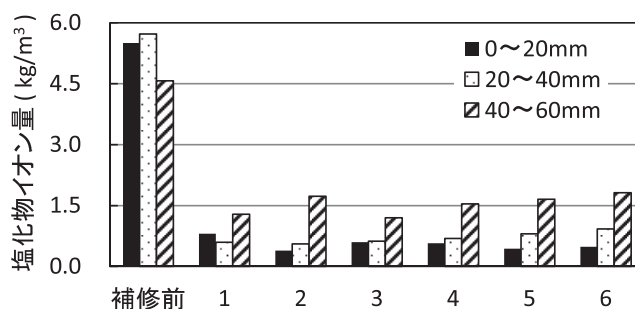
(d) 施工実験の結果

8週間の通電終了後に、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠して塩化物イオン濃度を測定した。試料は施工区間を等分割した6ヶ所において、ドリル削孔により深さ方向に60mmまで20mm間隔で採取した削孔粉とした。測定結果を図—5に示す。いずれの位置においても、かぶり部の塩化物イオンを 1 kg/m^3 未満まで除去できていることから、給水方式による施工で、十分な脱塩効果が得られることが確認できた。

(2) 内在塩分に起因した塩害に対する補修効果

(a) 施工実験の概要

本施工実験には、実際のI型桁の下側半分を模擬した長さ3mの実大供試体を用いた。供試体の作製に



図—5 塩化物イオン濃度の測定結果（外来塩分）

は、表—2に示すように塩化ナトリウムを 8 kg/m^3 （塩化物イオン換算で 4.8 kg/m^3 ）混入したコンクリートを用いた。なお、鉄筋の芯かぶりは50mmとし、通電条件は前節の施工実験と同様（表—1参照）とした。

(b) 施工実験の状況

実験状況を写真—2に示す。電解質溶液の管理は以下のように実施した。電解質溶液の水槽容量は45Lとし、供試体への溶液供給量は 1 L/min とした。24時間の運転で水槽の溶液量が約10L減少した。カリウムイオン濃度をイオンクロマトグラフで測定した結果、溶液量減少後の濃度は当初よりも濃くなっていた。通電を行うと、溶液中のカリウムイオンはコンクリート中へ移動するので、溶液中のカリウムイオン濃度は薄くなるはずであることを考慮すると、溶液量減少の主要因は蒸発であると考えられた。そこで、pH値が当初の10.5から1程度低下するまで、すなわちpH値 = 9.5までは水道水を補充し、それ以下となった時点で新しい溶液と交換することとした。

(c) 施工実験の結果

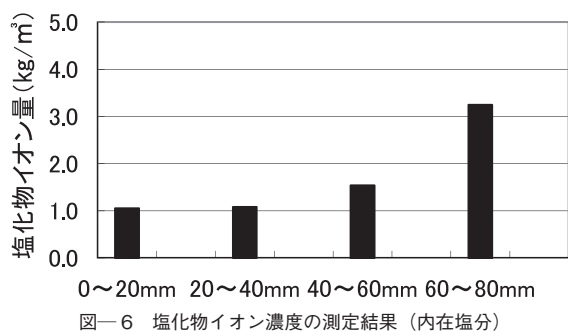
塩化物イオン濃度の測定結果を図—6に示す。通電前の塩化物イオン濃度約 4.8 kg/m^3 に対し、通電後のかぶり部における塩化物イオン濃度は、 1.1 kg/m^3



写真—2 模擬I型桁に対する施工実験状況

表—2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	SL (cm)	AIR (%)	単位量 (kg/m³)				
				水	普通セメント	細骨材	粗骨材	NaCl
50.0	46.0	8.0	4.5	157	314	831	1022	8



図一 6 塩化物イオン濃度の測定結果 (内在塩分)

以下まで低減しており良好な脱塩効果が得られた。

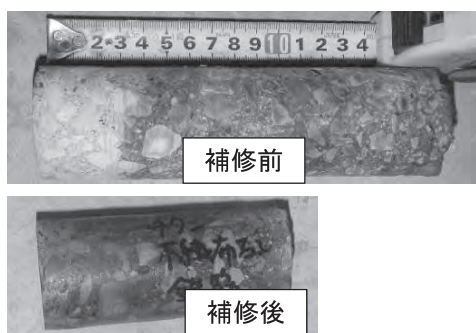
5. 再アルカリ化工法の給水方式による施工事例

(1) 施工概要

施工した構造物は、供用年数 27 年の建物であった。屋内壁面の高さ 1.7 m、長さ 18.5 m の範囲に対して、再アルカリ化工法を給水方式にて施工した。陽極材はチタンメッシュとし、電解質溶液には炭酸カリウム水溶液を用いて、電流密度 1.0 A/m^2 で 2 週間の通電を行った。

(2) 補修前の劣化状況

劣化状況は中性化深さで評価した。 $\phi 50$ のコア供試体を採取し、コア側面に付着したのろを水洗いにて除去したのち、フェノールフタレイン溶液を噴霧した。赤紫色の呈色状況を写真—3 に示す。補修前の中性化深さは平均 28 mm、最大 30 mm であった。



写真—3 補修前後の中性化深さ

(3) 施工結果

施工状況を写真—4 に示す。給水方式の施工すなわち給水養生装置の設置や撤去に特殊な技能は必要ないことから、一般作業員 4 名で、設置作業は 2 日、撤去作業は 1 日で実施できた。電解質溶液は、3 日に 1



写真—4 建築物の屋内壁面に対する施工状況

回の頻度で溶液水槽に補充した。作業時間は 1 回あたり約 30 分であった。シートの脱落や漏水等の不具合もなく、2 週間の連続通電が実施できた。補修後の中性化深さは 0 mm であり (写真—3 参照)、十分な補修効果が得られた。

6. おわりに

脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の新しい施工方法として、給水養生装置を活用した電解質溶液の簡易な供給方法、すなわち、給水方式を開発した。給水方式の活用により、優れた補修技術である脱塩工法ならびに再アルカリ化工法の実工事への適用を促進し、社会資本の長寿命化に貢献していきたい。

謝 辞

本給水方式は、東京工業大学の大即信明名誉教授、京都大学の西田孝弘特定准教授(元東京工業大学助教)のご指導の下で開発しました。また、施工技術総合研究所様、高速道路総合技術研究所様、デンカ様には多大なるご協力を戴きました。ここに記して感謝の意を表します。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 土木学会：電気化学的防食工法設計施工指針 (案)、コンクリートライブラリー No.107, 2001.
- 2) 古川幸則・庄野昭・齋藤淳：型枠取りはずし後のコンクリート浸水養生工法 (アクアカーテン) の開発—鉛直壁面やトンネル覆工での給水養生—, 土木学会建設技術発表会 2011, pp.17-24, 2011.

〔筆者紹介〕

齋藤 淳 (さいとう あつし)
 (株)安藤・間
 技術研究所 土木研究部
 主任研究員



現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言 生コン情報の電子化を実現した T-CIM/Concrete

北 原 剛

現場打ちコンクリート工事の品質向上、生産性向上を目指し、生コン伝票の情報を練混ぜ開始時点で電子化しインターネット上のクラウドサーバーに自動送信することにより、全ての工事関係者が、練混ぜ開始から荷卸し完了までの打設状況をリアルタイムに情報共有できるシステム「T-CIM/Concrete」（以下「本システム」という）を開発し現場に展開中である。これにより、現場からは生コン工場の出荷状況が、また、生コン工場からは現場の打設状況が、リアルタイムで確認でき、先手で出荷コントロールが行えるようになった。本システムは、国土交通省が推進している i-Construction の施策である「生コン伝票の電子化」に沿ったものである。

キーワード：現場打ちコンクリート工事、生コン工場、生コン伝票、インターネット、WEB システム、クラウドサーバー、i-Construction、サプライチェーンマネジメント

1. はじめに

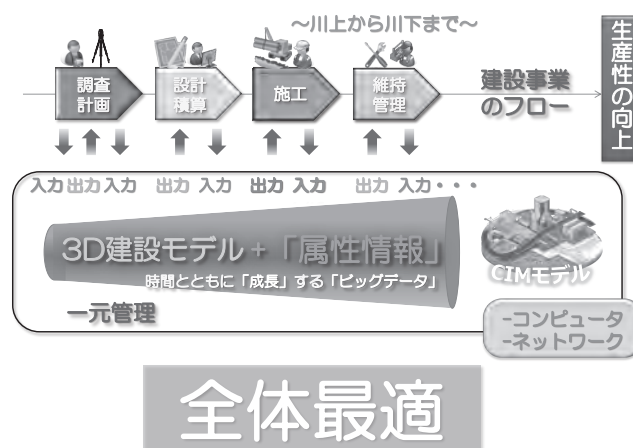
昨今の我が国の建設産業を取り巻く環境は、東北や熊本で起きた震災の復興や国土強靱化、2020 年の東京オリンピックなど「建設需要」が増大してきている。また、急速に進む少子高齢化や若者の建設業離れなどから「労働力不足」が懸念されている。最近では、「働き方改革」などの労働時間の短縮も社会の要請でこれらを解決するために生産性向上が喫緊の課題となっている。一方で高度成長期に整備された社会資本や工場施設などが老朽化してきており、インフラの再生や長寿命化について議論がされてきており、建設産業には「耐久性のある良い品質のコンクリート構造物」が求められてきている。

そこで、2014 年より上記課題を解決すべく最新の ICT（情報通信技術）を活用した本システムを開発してきており、2016 年より現場展開を開始した。本システムは、現場打ちコンクリート工事における生コンクリート（以下、生コンと称す。）の情報を出荷時点（練混ぜ開始時点）で電子化しクラウドサーバーに自動送信、練混ぜ開始から打込み完了までの打設状況情報をインターネット上で連続的に管理することにより、より高い品質のコンクリート打設を支援し、関連業務の生産性向上に寄与するシステムである。ここでは、現在の現場打ちコンクリート工事の課題を整理したうえで本システムの概要と特長を紹介するとともに、現場

における運用で得た効果を報告し「現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法」について提言する。

2. CIM と i-Construction

CIM（Construction Information Modeling/Management）は、2012 年から国土交通省が、建設事業全体の最適化・生産性向上を目指し推進している施策のひとつである（図—1）。CIM をひとこと言くと、ICT を活用して建設事業フローの川上工程である「調査・計画」から「設計・積算」「施工」そして川下工程である「維持管理」までの情報を 3 次元モデルに属性として紐付け一元的管理し、建設事業全体



図—1 国土交通省の目指す CIM

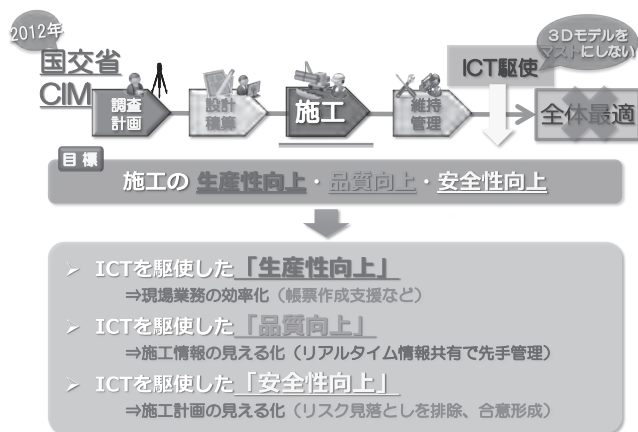


図-2 T-CIMが目指すもの

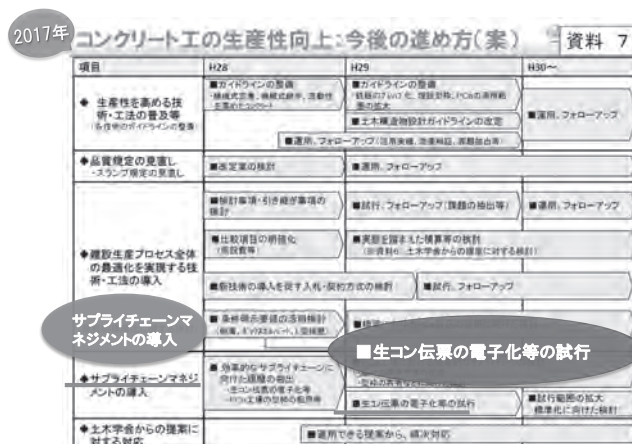


図-4 i-Construction ロードマップ

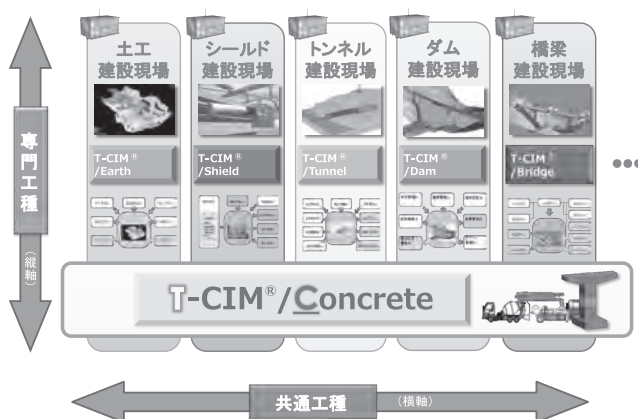


図-3 T-CIMの体系図とT-CIM/Concrete

を最適化することを目指している。このCIMをICTによる建設現場の品質向上、安全性向上、生産性向上のツールと位置付け、「T-CIM」（以下「本総合システム」という）という名称で展開している（図-2）。本総合システムでは、どこの現場でも行われるコンクリート工などを対象とした「共通工種」と各工事の専門技術や構造に特化した工種を対象にした「専門工種」に体系化し開発、展開を行っている（図-3）。ここで紹介する本システムは、共通工種の総合システムにあたる。

一方、2016年春、「i-Construction～建設現場の生産性革命～」の風が吹き始めた。国土交通省は、今後の労働人口減少に対する生産性向上が喫緊の課題として「i-Construction」を重要な施策のひとつとして発表。全建設生産プロセスにおいて建設現場の生産性を抜本的に向上させ、建設現場を魅力あるものにすることを目指している。i-Construction 委員会の報告書によると、「i-Construction」を進めるための視点として「建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメント導入（材料供給の効率化・円滑化＝待ち時間のロス、デットストックの解消等、材料供給に係る各工程

管理）」が挙げられている。「コンクリート生産性向上検討協議会」でも「現場打ちコンクリート工事の効率化」と「プレキャストの進化」について議論が重ねられており、2017年春、スランプ規定の見直しや機械式鉄筋定着工法についてガイドラインが示された。また、同じタイミングで「2017年度 i-Construction 推進（新）ロードマップ」（図-4）が示され、この中にコンクリート工の生産性向上を目指しサプライチェーンマネジメントの導入が提唱され、「生コン伝票の電子化等」が課題項目としてテーマアップされた。2018年度の国土交通省直轄工事での試行を経て標準化に向けた検討がなされる計画となっている。

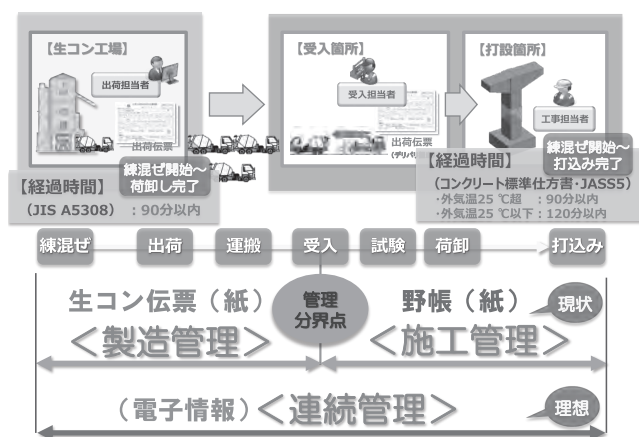
本稿で紹介する本システムは、現場打ちコンクリート工事を対象に、上記「i-Construction」におけるサプライチェーンマネジメント導入の課題を解決するひとつの手段と考える。これを導入することにより施工段階における材料供給・運搬が効率化、円滑化され、生コン車の待機時間や残コンクリートなどのロスが少なくなり、現場打ちコンクリート工事の品質向上と生産性向上が実現できると考える。

生コンは、製造時点で良い品質の生コンが製造できても、その材料特性から輸送、圧送、打込みのタイミングが狂うとその品質は当初の品質を保持できず、その結果、フレッシュでない生コンを打設することになる。生コンの出荷ピッチは、計画より早すぎても遅すぎてもトラブルの発生要因になるので、その日の気象条件と生コンの運搬時間、待機時間、荷卸し時間（打設ピッチ）など打設状況に応じた最適な出荷ピッチをコントロールするのが理想である。これらを的確に管理できれば、「Just in Time」（待機時間の最小化）で生コンをよりフレッシュな状態で打設することができ、コンクリートの品質をさらに向上させることが可能となる。

3. 生コン打設管理の現状と課題

生コンは、文字通りまだ固まらない「生」のコンクリートであり、練混ぜ直後から凝結が始まるためできるだけ早期に打設を完了することがコンクリートの品質面からも望ましい。「コンクリート標準仕方書（土木学会）」や「建築工事標準仕様書（日本建築学会）」には、生コンの性状が経時変化するため、できるだけ新鮮な状態で打込みが完了するように、練混ぜ開始から打込み完了までの経過時間（可使時間）や打重ね時間が規定されている。また、「JIS A5308」には、練混ぜ開始から荷卸し地点到着までの経過時間（運搬時間）などが規定されている。

本来、生コンの練混ぜ開始時刻からの経過時間を連続して管理するのが望ましいが、現在の生コン管理では「製造管理」と「施工管理」で管轄が経済産業省と国土交通省に分かれており、生コン車が現場に到着した「受入れ時」を分界点とした「不連続な管理」になっている（図一5）。現状、製造管理側は「生コン伝票（紙）」で、施工管理側は「野帳（紙）」で管理されている。

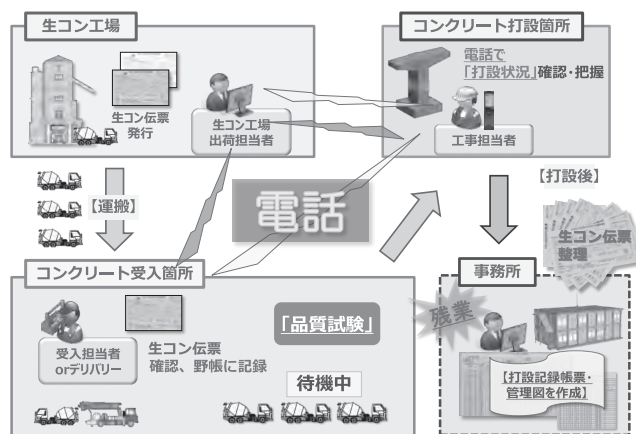


図一5 現場打ちコンクリート工事のフローと管理

また、現場打ちコンクリート工事における情報伝達は、主に電話や無線で行われており、「工事担当者」は、生コン工場の「出荷担当者」や受入れ箇所の「品質試験担当者」に電話で問い合わせ初めて最新情報を確認することができる（図一6）。

これらを踏まえ現場打ちコンクリート工事における現状の課題を以下に整理する。

①現場の工事担当者は、生コン工場の「出荷状況」や生コン車の「運搬状況」をリアルタイムに見ることができず、生コン車が現場に到着し生コン伝票を受領して初めてその生コンが、練混ぜ開始からどれ位経過しているのか（いつまでに打設を完了しなければ



図一6 現場打ちコンクリート工事の情報伝達

ならないか）を確認することができる。出荷時点での情報を得るためには、自ら電話等にて生コン工場の出荷担当者に聞く必要があるが、その情報は必ずしもリアルタイムではない。

②製造管理を行う生コン工場の出荷担当者は、「打設状況」をリアルタイムに見ることはできず、情報入手する手段としては、現場からかかってくる電話や生コン車運転手からの無線連絡のみに依存する。よって、現場の工事担当者から連絡があるまでは、当初計画のピッチにて出荷せざるを得ない。また、現場での生コン車の「待機状況」も見えないので最適な出荷管理はできない。

③生コンの品質試験の結果についても同様で、打設箇所の工事担当者、生コン工場の出荷担当者は、情報を得るためには自ら品質試験担当者に電話等にて聞く必要があり、かつ、その情報はリアルタイムではない。

④生コン情報は、生コン伝票と野帳に記録されており、これを持っている受入担当者に聞くしか情報は得られない。いずれも紙媒体でありリアルタイムの情報共有はできない。

⑤打設が完了した後、工事担当者は、生コン伝票や野帳に記載された記録を基にパソコンに再入力し打設管理書類（帳票）や品質管理図を作成する。多くの場合、この作業は打設後となるため残業で行うことが多い。

⑥紙媒体の記録の場合、その管理は個人に依存するため紛失のリスクがある。また、保管状況によっては情報のトレーサビリティの確保は難しくなる。

現場打ちコンクリート工事では、このような状況が旧来より潜在的に継続しているが、生コン情報の伝達を伝票などの紙ベースで行う限りにおいては今後も著しい改善は望めない。

4. 本システムの概要

今回提唱された生コン伝票の電子化により《生コン情報が電子化》されることで、練混ぜ開始から施工者がリアルタイムに連続して管理することが可能となる。これにより、前項で述べた管理上の課題を大幅に改善する道が開けた。

その一つの答えが本システムである。本システムは、生コン伝票の情報を生コン工場の練混ぜ開始時点で電子化し、インターネット上の Web サーバーに上げることにより、生コン打設に係る全ての工事関係者が情報共有できるシステムである（図－7）。これにより、生コンの練混ぜから運搬、受入れ、待機、試験、荷卸し完了までの生コン状況をリアルタイムに確認でき、連続した管理を可能にする。また、生コン車の待機時間を見える化することにより生コン車の最適配置が可能になる。更に、電子化された情報によりペーパーレスを実現し、打設完了後の帳票作成業務の効率化も実現できた。

本システムのメイン画面である打設状況確認画面を図－8に示す。この画面で一覧の1行が生コン車1台の情報を表し、左から「練混ぜ開始時刻（納入時刻発）」「受入れ時刻（納入時刻着）」「荷卸し開始時刻」「荷卸

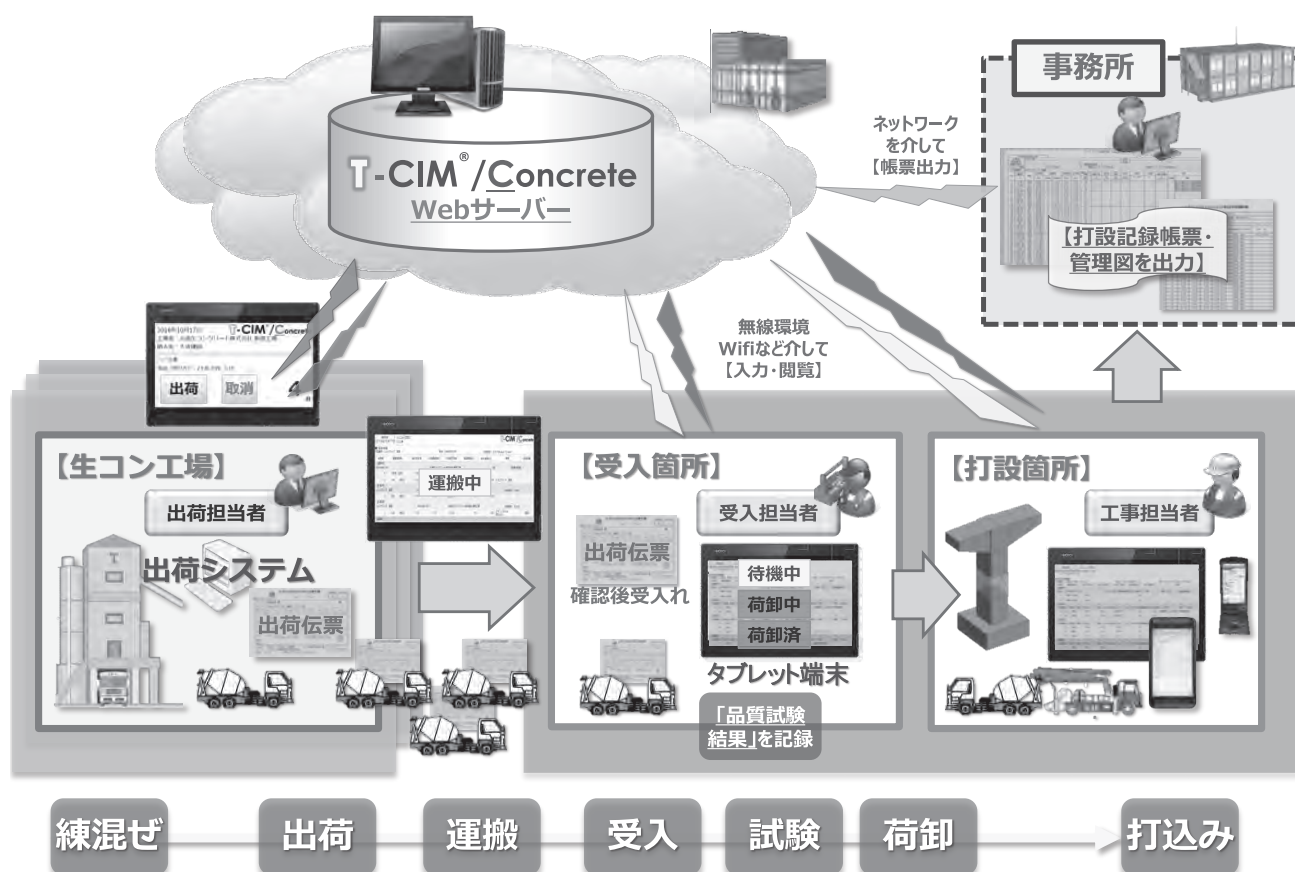
し完了時刻」「経過時間」を表示している。また、生コン車の情報は、上から下に向かって時系列で表示しており、上から【運搬中】【待機中】【荷卸中】【荷卸済】【返却】の各フェーズで打設の進行にともない上から下に落ちて表示される。さらに「打設ピッチ」や「累計打設数量」「スランプ値」「打設進捗グラフ」などもこの画面で確認できる。また、「生コン工場」でもこの画面を確認でき、リアルタイムで打設状況を把握できる。

本システムで運用する端末の例を（図－9）に示す。また、各箇所、担当者の運用状況を写真－1～3に示す。

5. 本システムの運用

以下に本システムの運用手順を示す。

- ①生コン出荷時の記録：生コン工場の出荷担当者は、出荷システムの「計量」と同じタイミングで本システムタブレット画面の「出荷」ボタンをワンタッチする（図－10）。すると「出荷時刻＝練混ぜ開始時刻」がタイムスタンプで記録され、生コン車の状況情報は、本システムの画面で「運搬中」というフェーズに表示される（図－11）。これにより各担当者は、



図－7 本システム概要図

画面更新 [メニューを開く]

2018年2月23日 ○○処理場建設その3工事

■荷卸済み数量 [集計表表示] [打設進捗グラフ表示]

打設箇所: A工区側壁 配合: 30-12-20BB

合計: 4.50/300.00m³ (1.5%)
打設累計: 4.50/300.00m³ (1.5%)

出荷順	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	打設累計	品質 試験
運搬中										
○○セメント (株) 東京工場 5台 [到着時登録]										
7	[受入]	09:30					7			[登録]
6	[受入]	09:21					16			[登録]
5	[受入]	09:10					27			[登録]
4	[受入]	09:00					37			[登録]
待機中										
3	[修正]	08:50	09:36	46	待機中	[荷卸開始]	47	4.50	A工区側壁	[登録]
荷卸中										
30-12-20BB ○○セメント (株) 入荷累計: 9.00m³										
2	1002 [修正]	08:40	09:14	34	09:22	[荷卸完了]	57	4.50		[登録]
荷卸済										
直近2台のみ表示 [全台表示]										
30-12-20BB ○○セメント (株) 打設累計: 4.50m³ (4.50m³/直近1h)										
1	1001 [修正]	08:30	08:57	27	09:04	09:22	52	4.50	スランプ:11.5cm	[確認]
[返却]										

図ー8 本システムの打設状況確認画面



図ー9 本システムの端末例



写真ー2 受入れ担当者による運用状況 (本システムの受入れ, 荷卸し)



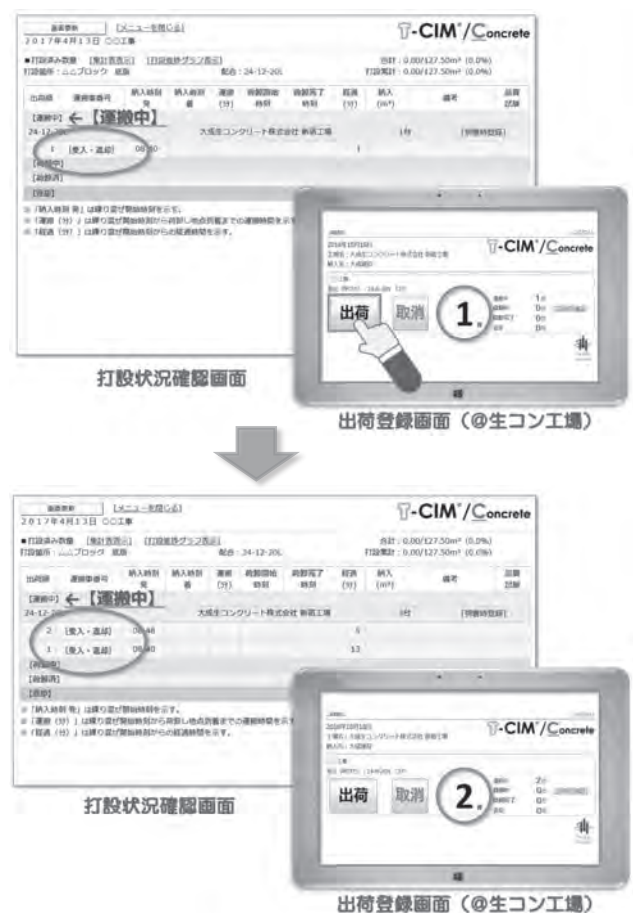
写真ー1 出荷担当者による運用状況 (出荷システムの計量と本システムの出荷)



写真ー3 打設現場での運用状況 (受入れ登録, 打設情報確認)



図一 10 生コン工場で運用する本システム画面（出荷システムの計量ボタンと本システムの出荷ボタン）



図一 11 出荷から運搬中の画面

現在の「出荷状況」「運搬状況」を確認することができる。

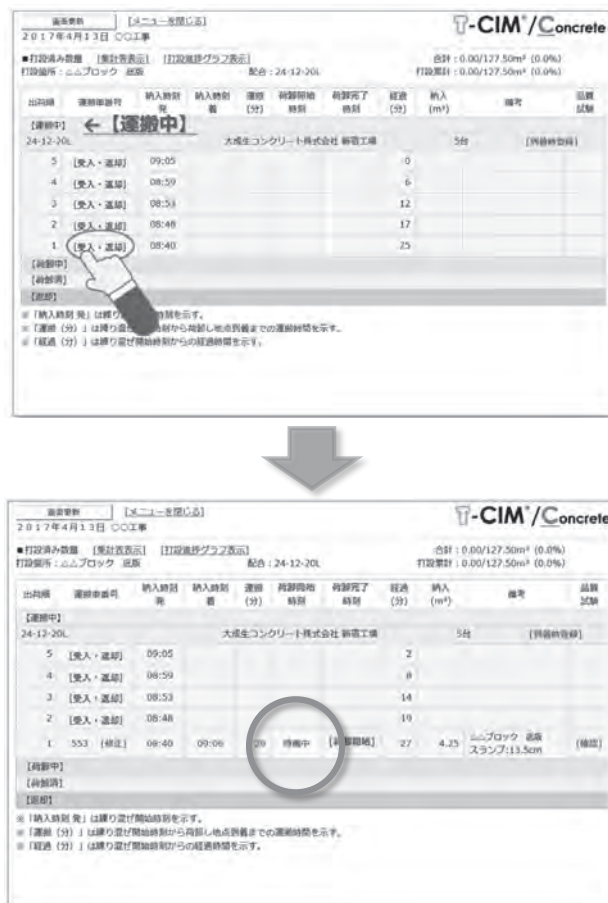
※この出荷時の入力については、後に述べるように、生コン工場から生コン伝票情報が本システムのクラウドサーバーに「自動送信」できるように改良しており、生コン工場との連係が実現できている。この改良版では、生コン工場での出荷ボタンなどのタブレット操作の負担はなくなり、複数

工事に同時出荷する場合に発生しがちな、出荷担当のボタン押し忘れなどのヒューマンエラーリスクは排除できた。また、生コン伝票に記載されている情報が、全てインターネット上のクラウドサーバーに上がるため、現場受入れ時での生コン車番号や積載容量などの入力は不要になり、受入れ担当者の入力も軽減された（図一 21）。

②生コン伝票受入時の記録：生コン車が現場に到着すると「受入れ担当」は、生コン伝票を確認し本システムタブレット画面の「受入」ボタンをワンタッチする。「受入れ時刻」がタイムスタンプで記録され「生コン車」の状態は、「待機中」と表示される（図一 12）。生コン工場の出荷担当者や打設箇先の工事担当者は、現在の「待機状況」をリアルタイムに確認することができる。

③生コン荷卸し開始時の記録：「品質試験」を行い、その結果を確認し本システムに入力した後に生コンの荷卸しを開始する。このとき「荷卸し開始」ボタンにワンタッチすると、生コン車は「荷卸中」というフェーズに表示される（図一 13）。

④生コン荷卸し完了時の記録：生コンの荷卸しが終わると「荷卸し完了」ボタンにワンタッチ、この生コン



図一 12 運搬中から受入れ、待機中の画面

画面更新 【メニューを開く】
2017年4月13日 ○○工事
■打設済み数量 【数量表示】 【打設履歴グラフ表示】 合計: 0.00/127.50m³ (0.0%)
打設箇所: ミニブロック 基礎 配合: 24-12-20L 打設量計: 0.00/127.50m³ (0.0%)

出荷機	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	備考	品質 試験
【運搬中】 ← 【運搬中】										
	5	【受入・運卸】	09:05				2			
	4	【受入・運卸】	08:59				8			
	3	【受入・運卸】	08:53				14			
	2	【受入・運卸】	08:48				19			
【荷卸中】 ← 【荷卸中】										
1	553	【修正】	08:40	09:06	26	09:07	27	4.25	ミニブロック 基礎 スランブ:13.5cm	【確認】

※「納入時刻 発」は送り置き開始時刻を示す。
※「運搬 (分)」は送り置き開始時刻から受取し地点到着までの運搬時間を示す。
※「経過 (分)」は送り置き開始時刻からの経過時間を示す。



画面更新 【メニューを開く】
2017年4月13日 ○○工事
■打設済み数量 【数量表示】 【打設履歴グラフ表示】 合計: 0.00/127.50m³ (0.0%)
打設箇所: ミニブロック 基礎 配合: 24-12-20L 打設量計: 0.00/127.50m³ (0.0%)

出荷機	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	備考	品質 試験
【運搬中】 ← 【運搬中】										
	5	【受入・運卸】	09:05				2			
	4	【受入・運卸】	08:59				8			
	3	【受入・運卸】	08:53				14			
	2	【受入・運卸】	08:48				19			
【荷卸中】 ← 【荷卸中】										
1	553	【修正】	09:40	09:06	26	09:07	27	4.25	スランブ:13.5cm	【確認】

※「納入時刻 発」は送り置き開始時刻を示す。
※「運搬 (分)」は送り置き開始時刻から受取し地点到着までの運搬時間を示す。
※「経過 (分)」は送り置き開始時刻からの経過時間を示す。

図—13 待機中から荷卸開始、荷卸中の画面

画面更新 【メニューを開く】
2017年4月13日 ○○工事
■打設済み数量 【数量表示】 【打設履歴グラフ表示】 合計: 0.00/127.50m³ (0.0%)
打設箇所: ミニブロック 基礎 配合: 24-12-20L 打設量計: 0.00/127.50m³ (0.0%)

出荷機	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	備考	品質 試験
【運搬中】 ← 【運搬中】										
	5	【受入・運卸】	09:05				4			
	4	【受入・運卸】	08:59				10			
	3	【受入・運卸】	08:53				16			
	2	482	08:48				21			
【荷卸中】 ← 【荷卸中】										
1	553	【修正】	08:40	09:06	26	09:07	27	4.25	スランブ:13.5cm	【確認】

※「納入時刻 発」は送り置き開始時刻を示す。
※「運搬 (分)」は送り置き開始時刻から受取し地点到着までの運搬時間を示す。
※「経過 (分)」は送り置き開始時刻からの経過時間を示す。



画面更新 【メニューを開く】
2017年4月13日 ○○工事
■打設済み数量 【数量表示】 【打設履歴グラフ表示】 合計: 4.25/127.50m³ (3.3%)
打設箇所: ミニブロック 基礎 配合: 24-12-20L 打設量計: 4.25/127.50m³ (3.3%)

出荷機	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	備考	品質 試験
【運搬中】 ← 【運搬中】										
	5	【受入・運卸】	09:05				4			
	4	【受入・運卸】	08:59				10			
	3	【受入・運卸】	08:53				16			
	2	482	08:48				21			
【荷卸中】 ← 【荷卸中】										
1	553	【修正】	08:40	09:06	26	09:07	27	4.25	スランブ:13.5cm	【確認】

※「納入時刻 発」は送り置き開始時刻を示す。
※「運搬 (分)」は送り置き開始時刻から受取し地点到着までの運搬時間を示す。
※「経過 (分)」は送り置き開始時刻からの経過時間を示す。

図—14 荷卸中から荷卸完了、荷卸済の画面

車は「荷卸済」のフェーズに表示される (図—14)。
上記の手順を繰り返し、生コン車1台毎にリアルタイムに打設管理記録を作成してゆくことで、打設完了時点で管理記録作成を完結できる。そのため事務所にアウトプットするだけで提出書類としての帳票が完成する。また、品質管理記録についても現地試験時に入力しておくことで管理図も自動で作成することができる。これらの機能により、従来のコンクリート打設管理における工事担当者の業務を軽減できる。

6. 本システムの特長

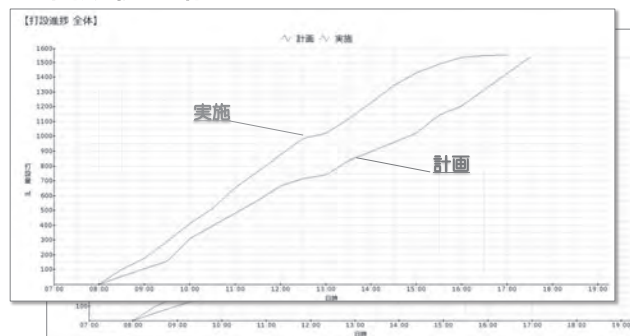
本システムには、以下のような機能・特長がある。

- ①本システムは、スマホやタブレットなどの携帯端末とインターネットが利用できる通信環境があれば導入でき、大きな設備投資や特別なソフトを必要としない「安価なシステム」である。また、入力や閲覧は、ワンタッチを基本としており、誰でも簡単に操作できるシンプルなシステムである。
- ②本システムは、警報機能を有しており、生コンの練混ぜからの経過時間が規定時間に近づくと設定された関係者に警報メールを自動送信する。
- ③現場で品質試験の結果を本システムの品質試験画面に入力すると、品質試験の代表値であるスランブ値が打設状況確認画面の備考欄に表示され、生コン工場で見ることでもある。これにより生コン工場は、配合補正が適当であったかをリアルタイムに確認できる。
- ④ケーソンやタンク基礎のように1回の打設数量が1000 m³を超える大規模打設でも適用できるように、複数の生コン工場、複数配合、複数の打設箇所 (コンクリートポンプ車) の同時打設にも対応している。これまでの最大実績としては、ニューマチックケーソンの底版部で、1日の打設数量が2,400 m³の生コンを4工場、6コンクリートポンプ車による同時打設で本システムを運用した例がある。また、打設が複数日に亘る連続打設にも対応している。
- ⑤一方、トンネルの覆工コンクリートやプレストレストコンクリート橋梁などのように1回の打設数量が200 m³未満で比較的少量で配置要員が少ない現場を想定し、運転手や誘導員などでも簡単に入力できるように、視覚的、聴覚的な工夫がされた「簡易入力画面」 (図—15) もある。トンネル坑内などで通信環境がない場合には、打設記録はタブレットに蓄積し、トンネル坑外に出たタイミングでまとめて送信される仕組みになっている。



図-15 簡易入力ボタンアプリ

打設進捗 全体



打設進捗 ポンプ車別

図-18 生コン打設進捗グラフ

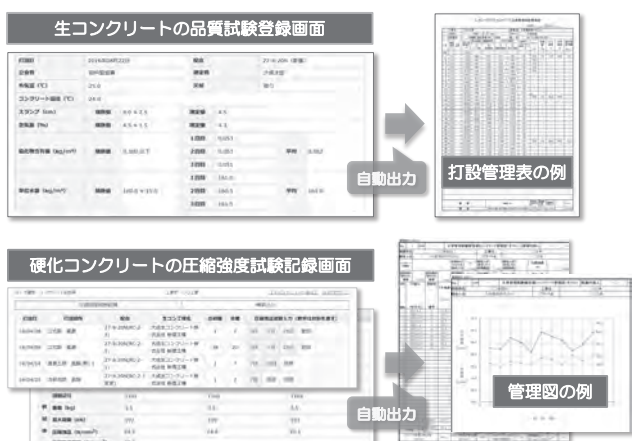


図-16 品質試験記録と帳票／管理図出力

生コン工場	配合	予定数量 (m³)	入荷累計 (m³)	打設累計 (m³)	進捗 (%)	出荷 (m³)	打設台数
合計		1536	1358.00	1341.00	87.30	0.00	306
埼玉小野田レミコン株式会社	計	384	340.00	327.25	85.22	0.00	77
	24-65-208B (標準)	384	340.00	327.25	85.22	0.00	77
日本強力コンクリート工業株式会社 有明工場	計	384	297.50	297.50	77.47	0.00	70
	24-65-208B (標準)	384	297.50	297.50	77.47	0.00	70
東京コンクリート株式会社 砂町工場	計	384	384.75	384.75	100.20	0.00	81
	24-65-208B (標準)	384	384.75	384.75	100.20	0.00	81
(株)山内アドバンス 池袋工場	計	384	335.75	331.50	86.33	0.00	78
	24-65-208B (標準)	384	335.75	331.50	86.33	0.00	78

打設場所	配合	生コン工場	予定数量 (m³)	入荷累計 (m³)	打設累計 (m³)	進捗 (%)	入荷台数
合計			1536	1549.25	1549.25	100.9	355
	計		384	369.50	369.50	96.2	84
	24-65-208B (標準)		96	76.50	76.50	79.7	18
		埼玉小野田レミコン(株)	96	76.50	76.50	79.7	18
	24-65-208B (標準・冬)		96	89.25	89.25	93.0	21
		(株)山内アドバンス	96	89.25	89.25	93.0	21
	24-65-208B (標準)		96	118.75	118.75	123.7	25
		東京コンクリート(株)	96	118.75	118.75	123.7	25
	24-65-208B (標準・夏)		96	85.00	85.00	88.5	20
		日本強力コンクリート工業	96	85.00	85.00	88.5	20

図-19 生コン打設進捗グラフ

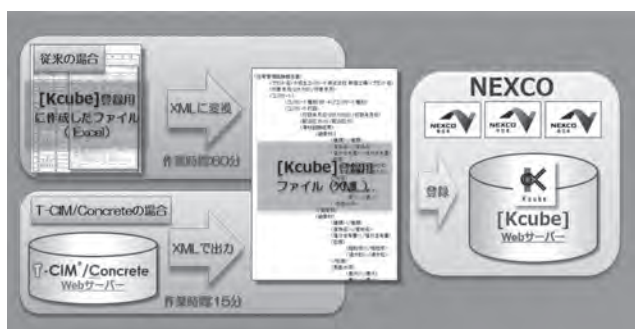


図-17 NEXCO Kcube 登録用 XML ファイルの出力

⑥多様な発注者の帳票、管理図書式や出力に対応（国土交通省、NEXCO ほか）（図-16）。出帳票や管理図の書式をカスタマイズできる。また、NEXCO の Kcube への登録書式である XML を直接出力できる（図-17）。

⑦打設進捗状況を打設計画と比較したグラフで見ることができる（図-18）。これにより、リアルタイムに打設の進捗状況が分かり、打設終了時刻など予測することができる。また、直近1時間の打設ピッチも確認できる。生コン工場別など各種集計表（図-19）で確認できる。

⑧土木のみならず建築や道路舗装のコンクリート工事、また、インターネット環境があれば、海外の工事でも利用でき広く展開できるシステムである。

7. 現場実証で確認された効果

本システムは、2016年より本格的に現場に導入、異なる発注者（国土交通省、高速道路各社、鉄道各社、電力各社、建築工事）で多様なケースの工事（2018年3月時点で40現場、約440回の打設）で実証・運用を重ねてきた。その都度、関係者の意見を取り入れながら逐次実証の結果を反映し更なる改良を重ねて現場展開してきた。本システムの導入で確認できた直接的效果と間接的效果を以下に示す。

(1) 直接的効果

①打設現場からは、出荷状況・運搬状況が見え、生コン工場からは、打設状況や生コン車の待機状況が見えるので、出荷、打設ピッチを先手で管理、コントロールでき、生コン到着の「Just in Time」を実現。これにより生コン車の待機時間を減らすことができ

るので、よりフレッシュな状態での生コンの打設ができた。【品質向上】

- ②打設記録はクラウドサーバーに一元的に管理されており、打設管理書類（帳票）や品質管理書類の作成やファイリングの時間を大幅に短縮することができた。また、生コン工場では、電話の問い合わせ件数が大幅に減り、出荷業務に専念することができた。【生産性向上】

(2) 間接的効果

- ①生コン車の待機時間が短縮されたため、最適な生コン車の配車により台数を減らすことができ生コン車に関する費用を低減できる。【コスト縮減】
- ②トラブルの発生要因も減り、生コンの返却数量や最終注文数量を最小にでき、産業廃棄物となる「戻りコン」の発生を抑制できる。また、生コン車の台数を減らすことができるのでCO₂を削減できる。【環境負荷低減】【生産性向上】【コスト縮減】
- ③都市部など住宅密集地における生コン打設で待機場などのスペースが確保できない場合に生コン車の待機台数を少なくでき、地域住民に対する騒音や安全の面でも環境改善に寄与できた。【環境負荷低減】

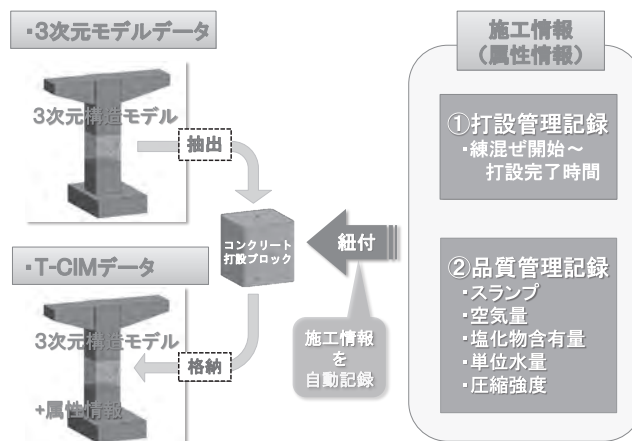
8. 今後の展望

(1) 社会的意義

現場打ちコンクリート工事の情報化については、過去にも特定の大規模プロジェクトで取組がされた例はあったが、当時、ICT環境（インターネット Wi-Fi 環境、クラウドサーバー、携帯端末）などがまだ未成熟であったが故に汎用的なものではなかった。一方、本システムは、最新のインターネット Wi-Fi 環境でタブレットなどの携帯端末やクラウド技術を応用した安価で汎用的なシステムであり、全国の工事に広く展開できるところに大きな特長がある。コンクリート工事では、所管、利害の異なる複数の組織（発注者、材料供給者、組合、製造者、運搬者、施工者、施工機械供給者、品質試験実施者、品質管理者、維持管理者）が関与している。本システムは、こうした日本全国のコンクリート工事の情報化を進める業界団体ほか関係組織にICTの活用を促し、社会システムとして情報共有のプラットフォームを提供した。

更に、本システムによるコンクリート工事のICT化は、以下のような「新しい手法や効果」も創出する。

- ①現在、国土交通省が維持管理の高度化による生産性向上を目指し取り組んでいるCIMに対し、本シス



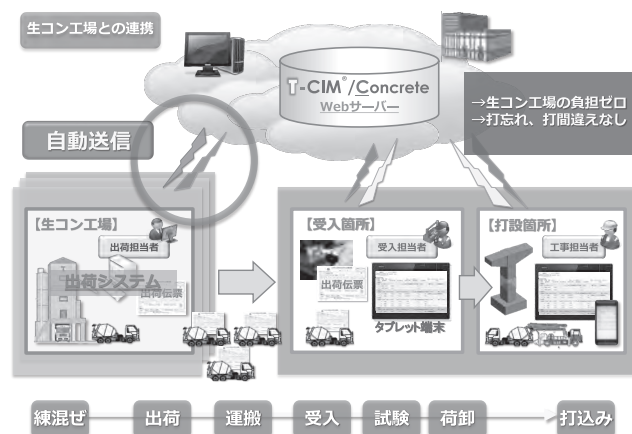
図一 20 維持管理モデルへの連携

テムにより情報化した「施工情報（打設記録など）」は、3次元モデルに紐付けることができ、CIMモデルと連携した維持管理モデルの自動生成を可能にする（図一 20）。

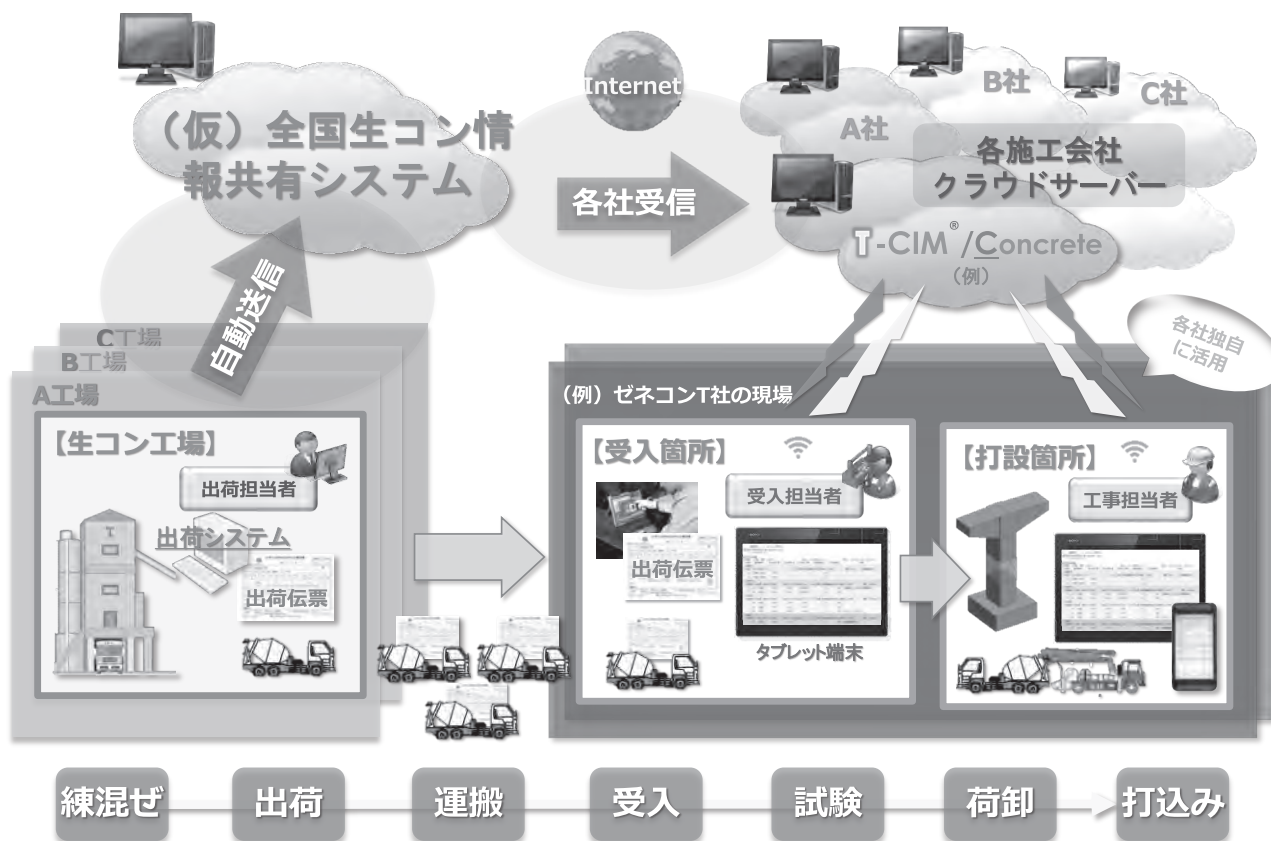
- ②発注者の生産性向上として、現在、検討が進められている検査業務で本システムは活用でき、ICT活用による「コンクリート品質試験の遠隔立会検査」を可能にする。

(2) 発展性

当初の本システムでは、生コン情報の発信源である生コン工場に「出荷ボタン」の押下をお願いしていた。しかし、この負担をなくすため、昨年の秋、ひとつの出荷システムで生コン伝票情報が自動送信されるシステムができた（図一 21）。今後は、この「生コン工場連携システム」をその他の出荷システムに展開をしていき、全国の生コン工場と連携ができる環境を整備していく予定である。※2018年3月1日現在、(株)リバティ製、住友セメントシステム開発(株)製の出荷システムにて生コン工場連携が実現している。この環境が整うこ



図一 21 生コン工場からの自動送信



図一 22 全国生コン情報共有システム

とにより、例えば、公的な「全国生コン情報共有システム」のサーバーに、各生コン工場の出荷システムから生コン伝票情報が自動送信され、その情報を各施工会社が必要に応じ取りに行き、独自に活用できる社会システムが実現できる。これは、正に今、国土交通省が推進している i-Construction（サプライチェーンマネジメント）の一助になると考える（図一 22）。

コンクリート工事では、所管の異なる複数の組織が関与しており、今後、生コン工場の品質向上、生産性向上からも情報共有の必要性は一層高まると考えている。例えば、生コン工場での情報活用として、同時に生コンを打設している複数現場の打設状況、進捗グラフを生コン工場から同時に見られたり、複数現場の品質試験の結果を同時にリアルタイムに見られるよう本システムを改良すれば、生コン情報の電子化のメリットを関係組織皆が享受できるようになると考える。

近い将来、IoT の進化により生コン車の情報化が進み、ICT 機器搭載（GPS、バーコード、通門管理機器）仕様の生コン車が標準となる時代が来れば、これらとの連携も視野に入れ、更なるサプライチェーンマネジメントの機能を向上できると考えている。

9. おわりに

生コン伝票の電子化には JIS の改正等のハードルもある。また、地域によっては、インターネットに接続できる環境が整っていない生コン工場もあることを鑑みると、生コン伝票の電子化については、しばらくの時間を要するかもしれない。

ここで紹介した本システム「T-CIM/Concrete」が必ずしも最善の答えとは限らないが、現場打ちコンクリート工事の情報化を進めるひとつの方策として「i-Construction」推進の一助になるのではないかと考える。今後、本システムの技術を公開することで、多くの関係者が生コン伝票情報の電子化のメリットを享受できるよう、本システム T-CIM/Concrete を一般化した「全国生コン情報共有システム」を関係団体とともに展開していき現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法が全国のコンクリート工事で適用され、100 年コンクリートの更なる推進に向け、品質向上と生産性向上に寄与し多くの関係者に貢献できれば幸いである。

《参考文献》

- 1) 土木施工 (2016 年 1 月号) 特集: 最新インフラ整備における ICT 技術動向: 「CIM が抱える課題」と「施工 CIM 導入のヒント」
- 2) 国土交通省 (<http://www.mlit.go.jp/tec/it/>) 「i-Construction ～建設現場の生産性革命～平成 28 年 4 月」
- 3) コンクリート生産性向上検討協議会議事録 (平成 28 年 3 月 31 日)
- 4) 土木学会コンクリートライブラリー 148 「コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案」2016 年 12 月
- 5) 日経コンストラクション (2016 年 12 月 6 日号) 「さらば野帳, 生コン管理はタブレットで」
- 6) 土木施工 (2017 年 1 月号): 現場打ちコンクリート工事の生産性向上について～i-Construction (コンクリート工) を考える～
- 7) セメントコンクリート (2017 年 9 月号) 「現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言～生コン伝票情報の電子化による品質向上と生産性向上～」
- 8) 日経コンストラクション (2017 年 10 月 9 日号) 特集 まだ CIM 始めないの? 「生コン属性を負担なく CIM に集約」
- 9) コンクリートテクノ 2017 年 11 月号 「現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言～生コン伝票情報の電子化による品質向上と生産性向上～」
- 10) 土木施工 2018 年 1 月号 「提言: 現場打ちコンクリート工事の新しい夜明け」～サプライチェーンマネジメントによる品質向上・生産性向上～
- 11) 建設機械 2018 年 3 月号 「新しい流れに沿った生コンクリートの管理手法」 T-CIM/Concrete による電子化された生コン伝票情報の有効活用
- 12) 土木学会第 72 回年次学術講演会論文集 (2017 年 9 月) 「現場打ちコンクリートの新しい管理手法の提言」～コンクリート工事の品質向上及び生産性向上に向けて～

〔筆者紹介〕

北原 剛 (きたはら つよし)
 大成建設㈱
 土木本部 土木技術部
 技術・品質推進室 主事 (CIM チーム TL)



ダム用コンクリート締固め判定システムの開発

コンクリートの振動解析により締固めを判定

上 高 克 弘・古 屋 弘

ダムのコンクリート締固め作業は、ダム本体に必要な強度や水密性・耐久性を確保するうえで重要な作業である。有スランプ（3～4 cm）のダムコンクリート締固めは、バックホウに内部振動機を搭載したバイバックと呼ばれる機械を用いるが、締固め完了の判断は締固め時間と経験に基づく目視判断によるところが大きい。このため締固め忘れや締固め不足、過度な締固めによる材料分離などが懸念されている。そこで締固まるにつれ変化するコンクリートの振動を加速度センサで直接計測し、振動波形を解析することで締固めの完了を客観的な数値により判断・記録できるダム用コンクリート締固め管理システムを新たに開発した。これによりオペレータの経験や技量によらず、最適な締固め完了が判定可能となった。

キーワード：ダムコンクリート、締固め、品質管理、加速度解析、リアルタイム

1. はじめに

コンクリートダムの施工では、ダムコンクリートの締固め作業が、ダム本体に必要な強度や水密性・耐久性に大きく影響する。通常のダムコンクリートの打設・締固め作業では、硬練りのコンクリートを大量に打設することから、バックホウの先端に油圧バイブレーター（3～4本）を搭載したバイバック（写真—1）が用いられる。

従来の締固め完了の判定基準は、締固め時間と監督員や熟練オペレータによるコンクリート表面の目視により判断する方法が一般的であり、土木学会のコンクリート標準示方書（ダムコンクリート編）¹⁾ においても、①コンクリートの沈下がなくなること、②大きな

気泡が生じなくなること、③水が表面に現れて光沢が生じることと解説されているが、定量的な基準は示されておらず、締固めが適正に完了したかを判断する明確な基準はない。このため締固めの完了は、個人の技量と経験に頼る部分が大きく、締固め不足や過剰な締固めによる材料分離の発生、熟練オペレータ不足やオペレータの経験不足に起因する施工不具合などが懸念されている。

これらの状況に対応し、締固め作業の過不足を防止して、効率的な作業とコンクリート品質を確実に確保するための技術が求められており、今回、筆者らは、バイブレーターによる締め固め中のコンクリートの振動が、締固めに伴う密度増加により変化するものと考え、内部振動機近傍のコンクリートの振動波形の変化を測定することで締固めの完了を評価する手法を検討し、客観的な数値により判断・記録できるダム用コンクリート締固め管理システムを新たに開発した。

2. ダムコンクリートの一般的な打設方法

今回の実験現場におけるダムコンクリート、およびバイバックの諸元を表—1および表—2に、コンクリート締固め状況変化を図—1に示す。

バケットで搬送直後のコンクリートは、骨材・セメント・水・空気が混在した状態で山積み状態になっており、これをバイバックで締め固め、骨材とセメントの均一化とともに、特に空気を追い出し、密実なコン



写真—1 ダムコンクリート締固め状況

表—1 ダムコンクリートの諸元 (例)

使用箇所	単位量 (kg/m ³)				設計基準強度 (N/mm ²)	最大骨材粒径 (mm)	スランプ (cm)
	セメント	水	細骨材	粗骨材			
外部	200	102	644	1,467	4.0	80	3.0 ± 1.0
内部	150	107	696	1,448			

表—2 締固め機械 (バイバック) の諸元

ベースマシン (VBH74EHL)

全長×全幅×全高 (mm)	重量 (kg)	接地圧 (kPa)	バイブレータ取り付け台数
7,950 × 2,350 × 3,000	7,570	27	HIB150HL × 4

バイブレータ能力 (HIB150HL)

振動数 (Hz)	遠心力 (kN)	使用圧力 (Mpa)	振動部 (径×長さ) (mm)	有効範囲 (m)	質量 (kg/本)
117~133	13.6~17.8	15.7	150 × 850	1	67



図—1 ダムコンクリートの締固め状況変化

クリートを形成することで、所定の品質を確保できる。

一般のコンクリートの場合、締め固め時間の目安は5～15秒であるとされている。ダムコンクリートの場合、ダムコンクリートの積算基準²⁾から判断すると、バケットから投下直後の山積みのコンクリートを複数回に分けて締め固める時間も含め約40秒である。

このような締固め方法のため、締固め完了の判定は、単純にタスクメータを用いた管理のようなバイバックの施工時間だけでの判断は難しく、これまでは熟練したオペレータや監督員の現場での判断に任されていた。そこで筆者らは、図—1の最下段の写真のようなコンクリートが「十分に締め固めが実施された」状況を客観的に判定する手法を開発することとした。

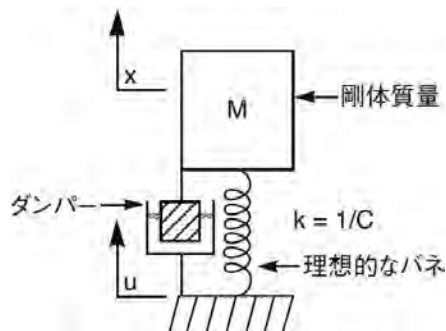
3. コンクリート締固め管理手法の提案

コンクリートはバケットから投下後、締め固め初期はコンクリート中に空隙があり、密度が低い状態から、バイブレータにより密度が増加して締め固まる。この密度増加に伴う、コンクリート締め固め中の性状の変化を、バイブレータの振動に関連する物理量で判定することは既往の研究で幾つかの試みが行われているが^{3), 4)}、今回はコンクリートの締め固めに伴う性状変化に関して、以下のような仮説を立てた。

コンクリートを締め固めるバイブレータから一定の距離離れた場所に質点 (M) を置き、その振動の増幅を締め固めの判定とする。質点モデルは図—2のような単純モデルとし、コンクリートの締め固めに伴う密度上昇による、減衰定数の低下を予想した。図—2に示すモデルは、一般的に以下のような運動方程式で表すことができる。

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + k(x-u) = 0 \quad (1)$$

バネ端の変位振幅 |u| を生じさせる外力 (今回の場合バイブレータ) に対して、フレッシュな状態のコンクリートにより減衰され、エネルギーの質点 M への



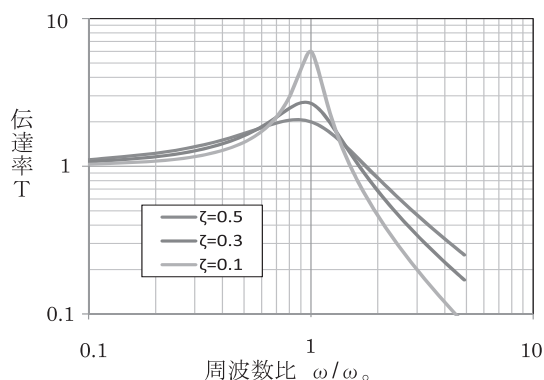
図—2 (1) 式で表される単振動調和振動子

伝達率 T は以下のような式で与えられる。式 (2) は、例えば $\zeta = 0.5, 0.3, 0.1$ の場合、図—4 のようになる。

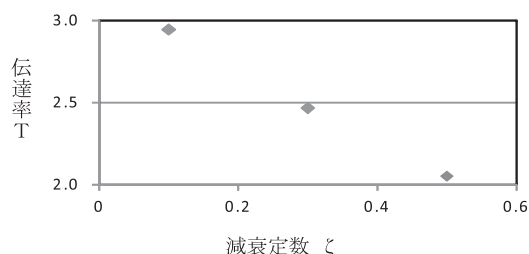
$$T = \frac{|x|}{|u|} = \sqrt{\frac{1 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (2)$$

ここで、 ζ : 減衰定数、 ω/ω_0 : 周波数比

後述する現場実験において、使用したバイバックの振動周波数は 125 Hz (中心値) であり、計測ロッドの固有振動数は 90 Hz (計算値) であった。よって、図—3 より $\omega/\omega_0 = 90/125 = 0.72$ を抜き出すと図—4 のようになる。これは、コンクリートが締め固まり、減衰定数 ζ が小さくなると伝達率 T が大きくなる事を示している。すなわち、コンクリートが締め固まる状態を、バイブレータからある距離で離れた位置で計測した外力の変化で評価できる可能性を示すものである。今回はこの計測を、バイバックのバイブレータの間に取り付けた加速度センサで行う事とし、現場実験で確認することとした。



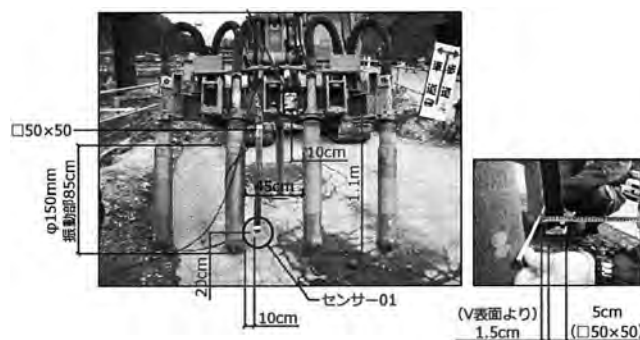
図—3 様々な減衰係数に対する振動系の伝達率



図—4 減衰係数と伝達率 ($\omega/\omega_0 = 0.72$)

4. 現場実験による締め固め判定手法の検証

実際のバイバックによるコンクリート締め固め時の加速度計測による判定を現場にて行った。加速度センサは 3 軸の計測を行えるもので、バイブレータ並び方向：x、前後方向：y、鉛直方向：z とし、バイブレータの

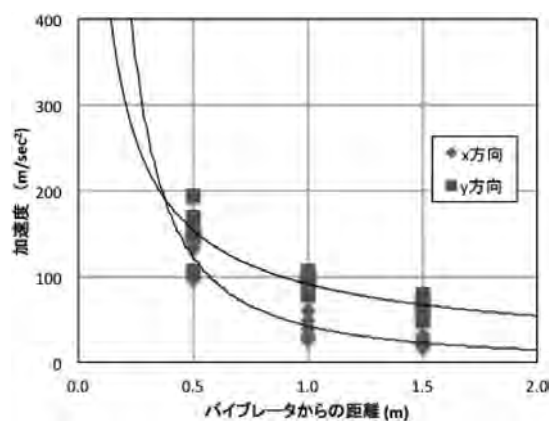


図—5 加速度センサ取り付け状況

間に設置した角パイプ内部先端に取り付けた (図—5)。

(1) バイブレータのエネルギー伝達範囲計測

バイバックに取り付けられたバイブレータは 4 連で稼働しているが、この振動の大きさと伝達範囲を把握するために計測を行った。計測は、バイバックのバイブレータの列と直交方向に、今回の計測用パイプと同様な治具を製作し、バイバックから 0.5 m、1.0 m、1.5 m の位置のコンクリート中の加速度を計測した。計測結果を図—6 に示す。図中には近似曲線も示しているが、距離 0.5 m と 1.0 m では加速度は概ね 2 倍となっていた。

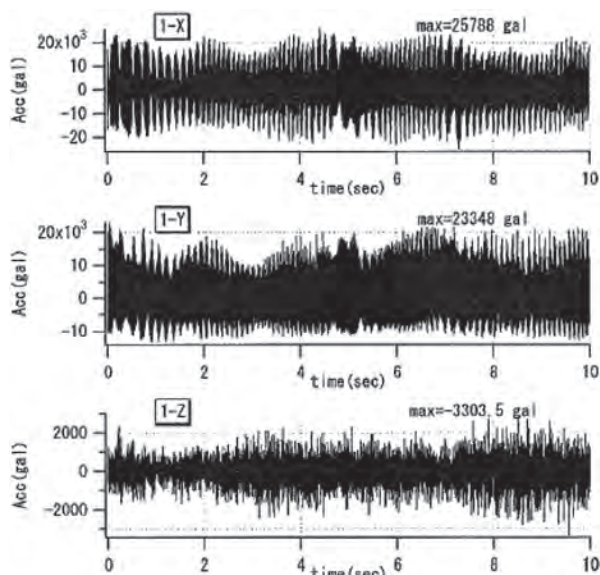


図—6 バイブレータの加速度分布

(2) 加速度計測

現場での締め固め時の計測データを、22 データ × 3 地点 × 3 成分 = 198 波抽出し、解析用データとした。計測結果から、加速度センサ (センサ 01) で計測された加速度波形の一部を図—7 に示し、データの特徴を以下に示す。

- 1) コンクリート締め固め時の加速度の最大値は、x、y 方向で $20 \sim 40 \times 10^3 \text{ gal}$ 、z 方向で $2 \sim 10 \times 10^3 \text{ gal}$ 程度。
- 2) 振幅の変化は x、y 方向は大きく、z 方向は小さい。



時刻歴①：14:09:17~14:09:27 のデータ

図—7 計測された加速度波形（センサ01）

- 3) x, y 方向のデータのフーリエスペクトルは、締固めに伴う変化が見られ（後述図—10 参照）、この成分を判定に用いることができる可能性が高い。

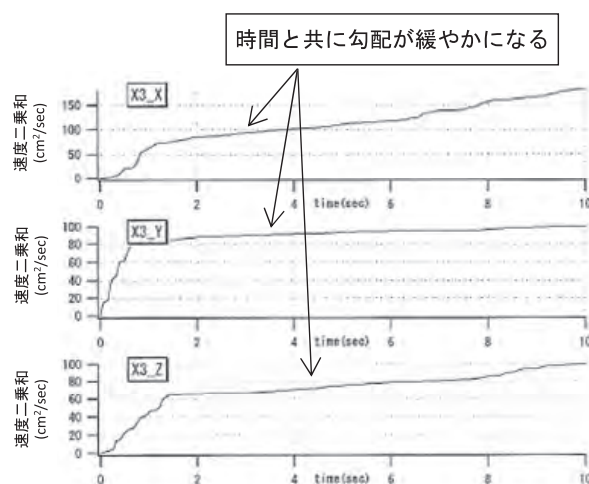
(3) 加速度データの解析

計測した加速度波形をもとに、以下のようなデータ抽出と評価を行うこととした。

- 1) 締固めに伴う減衰定数の低下から、質点（センサ取り付け部）に伝わるエネルギーが大きくなることが予想されるので、加速度を積分し速度を計算して、速度二乗和 $\{V2(t)\}$ を計算する（図—8）。
- 2) 加速度波形の 10 sec 間を 0～3, 3～6, 6～9 sec に区分し、各部のフーリエスペクトルを算出し、時間経過による振動数特性の変化を評価する。

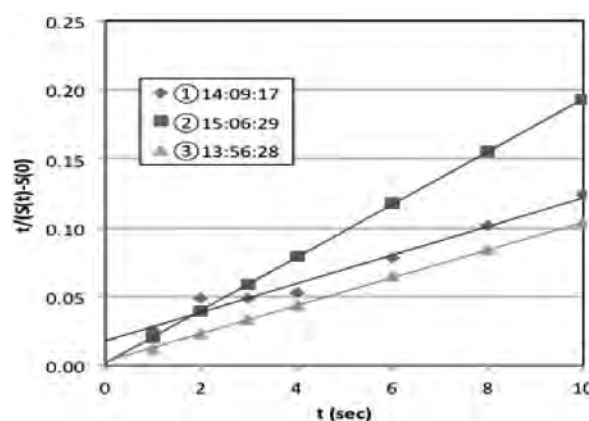
(4) 速度二乗和の評価

図—9 に図—8 に示した波形データの速度二乗和を示す。コンクリートはパイプレータによって締め固められ、減衰定数が小さくなることにより加速度センサ部分に届くエネルギーが大きくなることが予想され、x, y, z の 3 成分ともこの傾向が現れている。ここで、パイプレータ列と直角方向の y 成分に着目し、時刻 t における速度二乗和の計算値 $\{V2(t)\}$ を、 $t = 10$ sec における速度二乗和の計算値 $\{V2(10)\}$ で除したものを $S(t)$ とし、双曲線近似した結果を図—9 に示す。グラフの y 軸の切片を a 、近似線の傾きを β とすると、



時刻歴①：14:09:17~14:09:27 のデータ

図—8 速度二乗和の時刻歴（センサ01）



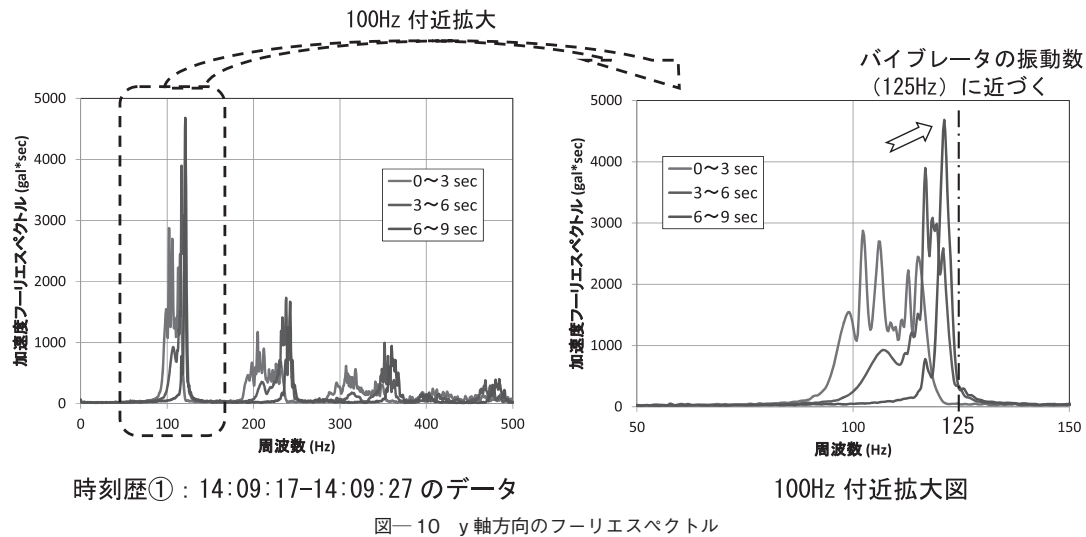
図—9 y 軸方向の速度二乗和の双曲線近似

$$S(t) = S(0) + \frac{t}{a + \beta t} \quad (3)$$

この結果は、速度二乗和の計算値が一定の値に収束することを示している。ただし、図—9 のグラフの傾き（ β ）は異なることから、特定の値に収束するものではない。よって、評価手法としては、絶対値として数値を用いるのではなく、速度二乗和の収束状況を用いることとした。

(5) フーリエスペクトルの評価

センサの計測時間 10 秒間を 0～3 sec, 3～6 sec, 6～9 sec の 3 つに分割し、各々のフーリエスペクトルを算定した。結果の一部を図—10 に示す。初期（0～3 sec）は計測ロッドの固有振動数（90 Hz）付近にピーク振動数が発生しているが、パイプレータの加振とともにパイプレータの振動数（125 Hz）に近づいていくことが解った。これはコンクリートが締まっていく過程が振動数に表れている可能性を示すものである。



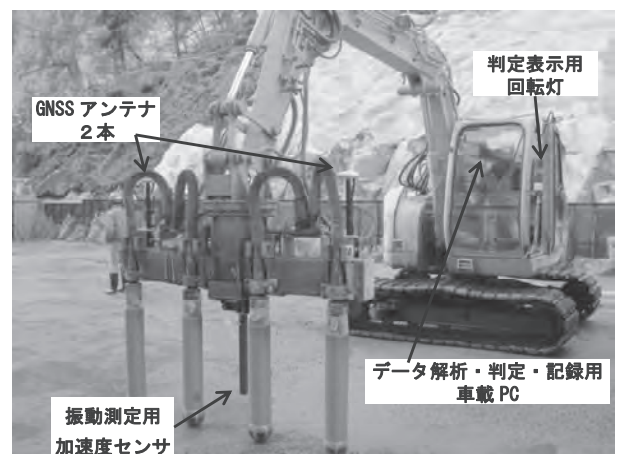
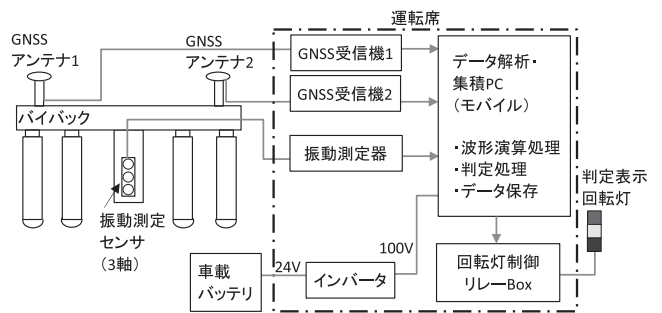
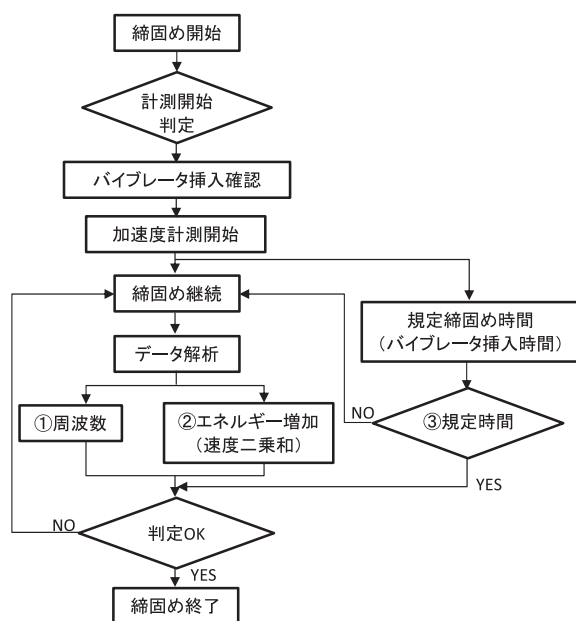
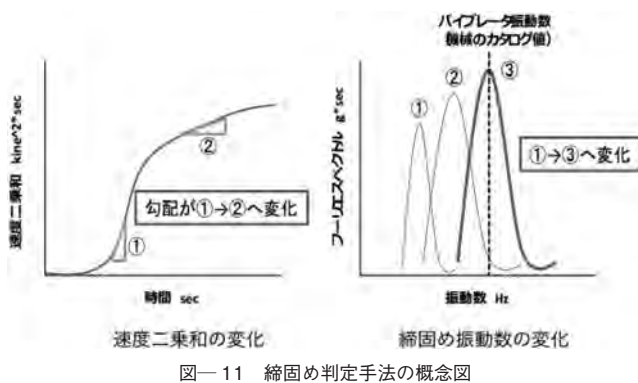
以上の結果から、パイバックによる締固めの判定手法を、a. 速度二乗和の収束状況、b. 周波数の遷移（パイブレータの振動数に近づく）、の2つを用いることとした。判定手法の概念図を図一11に示す。ただし、コンクリートの締固めには、標準的な締め固め時間も

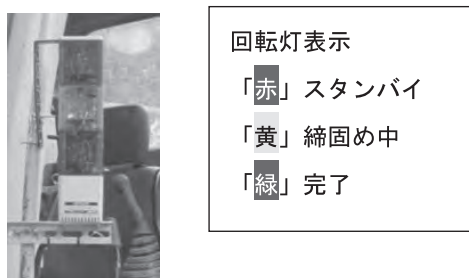
あることから、判定のロジックは図一12に示すように、パイブレータの稼働（挿入）時間も考慮することとした。

5. 締固め管理手法のシステム化

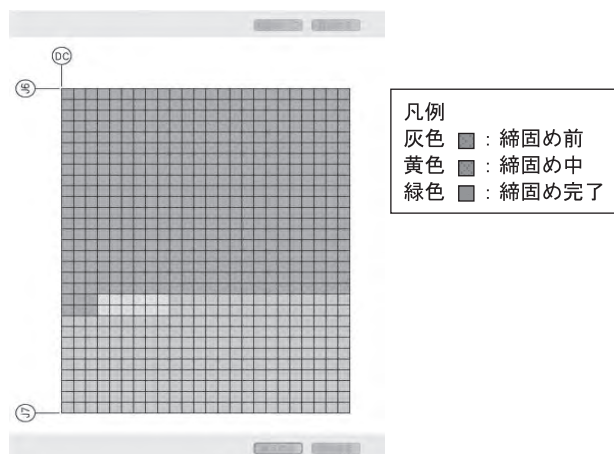
(1) 締固め管理システムの概要

ダムコンクリート締固め管理システムの構成図を図一13、システム全景を図一14に示す。判定結果は締





図—15 締固め状況の表示（回転灯）



図—16 締固め状況のリアルタイム表示（例）

固め判定システムで解析され、3色の回転灯表示（図—15）にてオペレータに確認される。

また、バイブレータの位置確認は、コンクリートの締固め不足を解消し、品質の確保のためにも非常に重要な管理項目である。今回のシステムではGNSS（GPS）を用いて、締固めが完了したバイブレータの挿入位置座標を車載PCのモニタにリアルタイムに表示（図—16）し、記録することとした。

システム構築後、長野県の浅川ダムおよび広島県の庄原ダムの現場にて、締固め中のコンクリートの加速度測定と締固め完了判定の試験を行った。締固めの判定は、システムによる締固め判定とコンクリート表面の状況（特に気泡）を観察し、締固め判定の有効性を確認した。

(2) システムの動作結果

システムによるコンクリートの締固め判定結果を表示する3色回転灯は、バイバックのバイブレータが空中にある時は「赤」、コンクリートに挿入され、締固め開始されると「黄」、判定がすべて基準値をクリアした場合「緑」を点灯する。それぞれの閾値は任意に設定することが可能であるが、今回は、速度二乗和の増分： $\Delta t = 0.5 \text{ sec}$ での増分が4連続3%以下、周波数120 Hz、規定時間6 secとした。

バイバックのバイブレータが、コンクリート中に挿入されたことの判定は、判定計測用の加速度センサからの情報を利用することとした。これは、バイブレータおよび計測用センサが、気中（バイブレータが挿入されていない状態）からコンクリートの中に入ることにより振動を検知することを利用したもので、 0.2 G (1.96 m/sec^2)を閾値とした。

実験によるシステムの締固め判定は、監督員、打設管理者およびオペレータの目視確認と一致しており、有効性を確認することが出来た。なお、結果を判定項目で分類すると、表—3に示すように速度二乗和による判定が主な判定項目であった。この判定で「緑」が点灯するまでの時間は平均6.2秒であった。また、17%は規定時間（6秒）の判定で合格であったが、その他（速度二乗和、周波数）は規定時間以下で合格と判断されていた。この結果は、良好な条件であれば、施工指針に示されている規定時間よりも短い締固め時間で、良好な締固めが行える可能性も示している。

表—3 基準値をクリアした判定項目の計測点数内訳

	速度二乗和	周波数	挿入時間	計
計測点数	16	13	6	35
割合(%)	45.7	37.1	17.1	100

(3) システム化の課題

ダムコンクリートの打設は、バイバックを浅く山積みコンクリートに挿入し、山を崩すような作業を短時間に繰り返すことも多く、この場合は締固め完了前にバイブレータを引き抜くため、今回のシステムで正しく判定は行えない。このような特性を把握して、本システムが有効に機能する範囲内で活用することは、システム活用の制約条件である。

また締固め判定位置については、締固め完了位置をGNSSにて計測・記録し、リアルタイムにPCモニタに表示しているが、打設管理者がリアルタイムに締固め位置の管理を行うには、ハンディ機器にも締固め位置表示ができるシステムの開発が必要である。

6. おわりに

締固め中のコンクリートの加速度の変化は、コンクリートの締固め状況と密接な関係があり、加速度を解析することでリアルタイムに締固め完了を判定できることが分かった。この加速度解析による判定を用いたシステムを用いることで、今まで施工経験に依存し、目視およびトータル施工時間のみのチェックしか行えなかった締固め管理が、定量的かつ客観的に実施で

き、打設全面の品質を確保できる。さらに、品質に悪影響を与える過剰な締固め時間の削減も可能となり、生産性向上にも寄与することが可能であると考ええる。

建設労働人口の減少と高齢化、若年労働者の不足により、ICTを用いた施工の合理化は、今後もますます進展すると予想されるが、今回の手法は情報化施工技術を用いた品質管理^{5), 6)}への1つのアプローチであり、品質向上に寄与できる施工管理にもICTの適用は可能と考える。今後も引き続き本システムの改善を継続することとしたい。

JCM A

《参考文献》

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編），2013
- 2) ダム技術センター：ダム工事積算の解説（平成23年度版），2011
- 3) 梁 俊，新井博之，坂本淳，松元淳一，黒羽陽一郎，原山之克，松尾 健：ダムコンクリートの締固め評価を目的とした加速度測定方法に関する検討，大成建設技術センター報，第46号，2013

- 4) 金子 稔，安田正雪，末岡英二，坂井 孝：締固め検知機能を付加したコンクリートの充填検知システムの開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1, pp.2077～2082，2009
- 5) 古屋 弘：近年の施工管理技術の中での情報化施工，地盤工学会誌 Vol.58 No.1，pp.24～25，2010.1.
- 6) 古屋 弘：【総説】建設事業における情報化施工（ICT）の活用，基礎工 Vol.40，No.5，pp.2～7，2012.5.

【筆者紹介】

上高 克弘（うえこう かつひろ）
 ㈱大林組
 大阪本店 川上ダム JV 工事事務所
 副所長



古屋 弘（ふるや ひろし）
 ㈱大林組
 技術研究所
 上級主席技師



PCaPC 梁 + S 梁ハイブリッド架構の設計・施工

佐々木 淳 一・九 嶋 壮一郎・奥 出 久 人

PC 構造の特性を活かした S 造とのハイブリッド架構によって、28.8 m スパンや 6.4 m 跳出しを有する空中に浮遊したダイナミックでフレキシブルな構造躯体を構築し、諏訪湖の眺望を一望できる開放的な執務空間を実現した。寒冷地における冬季の躯体施工であったため、部材の PCa 化率を可能な限り高め、躯体工事の省人化と精度確保、工期短縮、品質向上を図った。

キーワード：PCaPC 梁、混合構造、寒冷地での施工、省人化

1. はじめに

本建物は、諏訪湖を一望できる魅力的な執務空間を有する技術センターである。構造躯体で構築した人工大地により執務室を浮遊させることで、周囲の豊かな自然環境を室内に取り入れると同時に、先進的な企業イメージをアピールする外観デザインとしている（写真—1）。

2. 建築計画

建築計画におけるデザインコンセプトは「良好な研究環境づくり」と「知的生産性の向上」である（図—1、2）。

（1）良好な研究環境づくり

- ①執務空間を浮遊させることで諏訪湖への良好な眺望を確保
- ②周囲の豊かな自然環境と採光、通風を取込みながら、多様な場を生み出す断面構成
- ③周囲の自然環境と繋がるランドスケープとピロティ空間

（2）知的生産性の向上

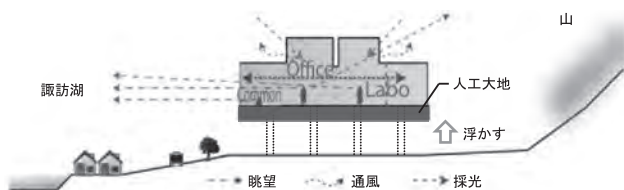
- ①湖と山に挟まれた敷地環境に呼応した、創造や閃きを促すゾーニング
- ②ワンフロアに集約した各機能空間をシームレスにつなぐことで、研究者の閃き・行動をサポートする空間

【建物概要】

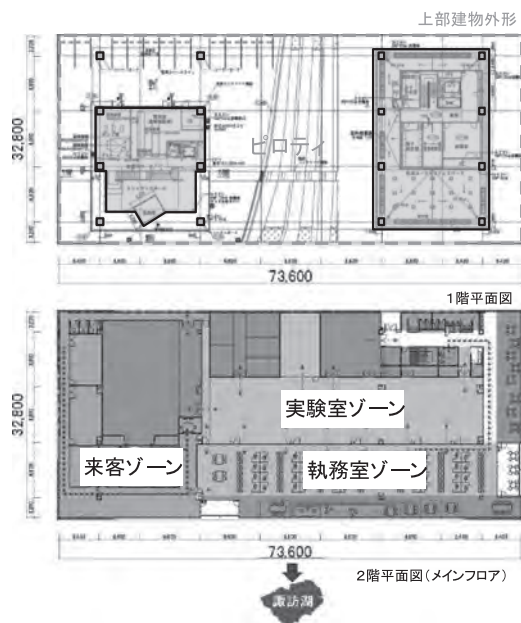
建物名称	日亜化学工業諏訪技術センター
建築地	長野県諏訪郡下諏訪町
設計・施工者	(株)竹中工務店
建築面積	2,625.44 m ²
延床面積	4,002.86 m ²
建物高さ	15.00 m
階 数	地下1階、地上2階、塔屋1階
構造種別	B1階～2階床：RC造・一部PCaPC造 2階～R階：S造
工 期	2016年1月～2016年11月（11ヵ月）



写真—1 建物全景



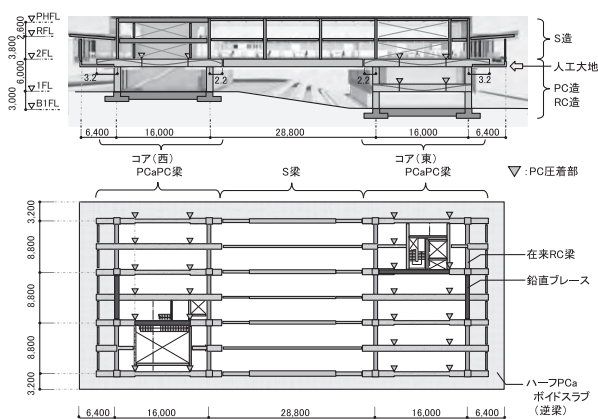
図—1 設計コンセプト図



図一 2 各階伏図

3. 構造計画

建築計画に合わせ、適材適所に構造種別を組合せた。下部躯体はRC造、上部躯体はS造とし、RC躯体には部位、スパンによりPCa造、PCaPC造を組合せている（図一3）。



図一 3 建物断面バース・2階伏図

B1階および1階は最小限の建築用途として東西2つのコアで構成している。各コアをそれぞれ8本のPCaRC柱とPCaPC大梁による純ラーメン構造とすることで、構造部材数を最小限とし、フレキシビリティと耐力・剛性を同時に確保した。また、PCaRC柱、PCaPC大梁の採用により、積雪や労務職不足の問題についても同時に解決する計画とした。

2階レベルの人工大地は、8本の柱で構成する東西のRCコアをS梁で接続することで構築した。

2階は開放的な空間を実現するためにブレース付き

ラーメン構造のS造とし、部材断面の最小化と下部躯体の負担荷重低減を図った。

4. 人工大地の構築

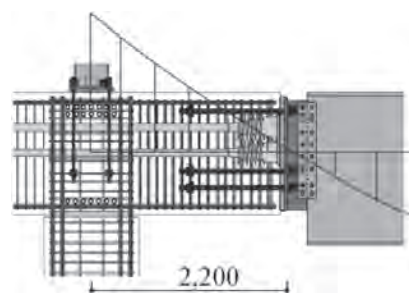
2階レベルに構築した人工大地は、上部架構を安定して支持できる架構であると同時に、東西コア間の柱スパンを28.8 m、コアから東西への跳出しを6.4 mとし、ダイナミックな躯体を魅せることで浮遊感を表現した（写真一2）。



写真一 2 6.4 m 跳出し見上げ

28.8 m スパンは、コアから2.2 m 跳出したPCaPC梁に鉄骨梁をピン接合し、ゲルバー梁として実現した（図一4）。軽量の鉄骨梁で躯体断面を最小化しつつ、端部にPCaPC梁を組合せることで剛性を高め、執務室としての居住性も向上させた。

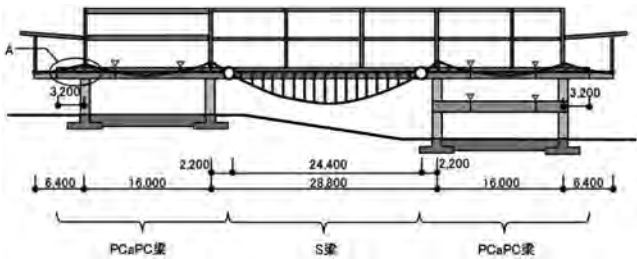
6.4 m 跳出しは、3.2 m の跳出しPCaPC梁に逆梁形式でハーフPCaボイドスラブを一体化することで構築した。逆梁形式とすることで、スラブ下面は打放ス



図一 4 PCaPC 梁と S 梁の接合部

ラブとする意匠計画を、上面は床下空調の設備計画を、そして6.4 mの跳出しスラブと見える構造計画をそれぞれ実現した。

これらのゲルバー梁、PCaPC梁、大跳出しの組合わせにより人工大地の長期応力状態をバランスさせ、安定した地盤を構築した（図—5）。



図—5 人工大地の長期応力図

5. 開放的な執務空間

人工大地上部の執務空間は、鉛直ブレースに水平力を100%負担させることで、柱径φ139.8として統一する開放的な空間を実現した（写真—3）。



写真—3 執務室 空間

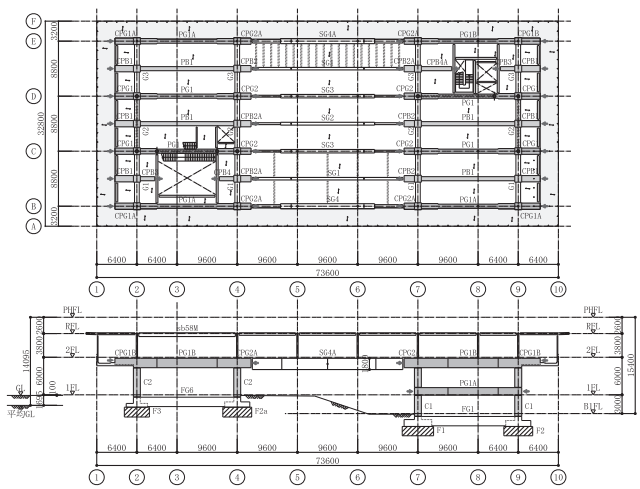
鉛直ブレースは下部躯体のコア位置に合わせて「」型にバランスよく集約配置し、屋根面剛性を確保する水平ブレースの部材を最小断面とした。また、下部純ラーメンRC造と上部ブレース付S造の組合せにより、建物全体の剛性をバランスさせる計画とした。

6. 施工概要

(1) PCa部材の製作

建設地は寒冷地であるため、RC部材は可能な限りPCa化し、施工性の向上を図った。部材の形状、および配置を図—6に示す。また、部材数量表を表—1に示す。

PCa柱部材は、東西面に突起形状を設けたデザイ



図—6 部材配置図

表—1 部材数量表

階—工区	部位	部材数 (P)	部材重量 (ton)	総重量 (ton)
B1F—東	柱	8	7.75～10.04	63.96
1F—西	柱	8	14.16～15.05	115.71
1F—東	柱	8	9.52～10.16	78.72
1F—東	PG梁	12	9.91～20.05	162.42
2F—西	PG梁	12	15.80～24.13	236.26
2F—西	PB梁	8	13.70～19.34	130.22
2F—東	PG梁	12	15.80～24.13	236.26
2F—東	PB梁	9	4.60～19.34	135.33
2F—東	床	11	5.06～8.51	63.22
2F—西	床	11	5.14～8.51	68.63
2F—南	床	12	4.73～6.27	60.21
2F—北	床	12	4.72～6.27	59.89



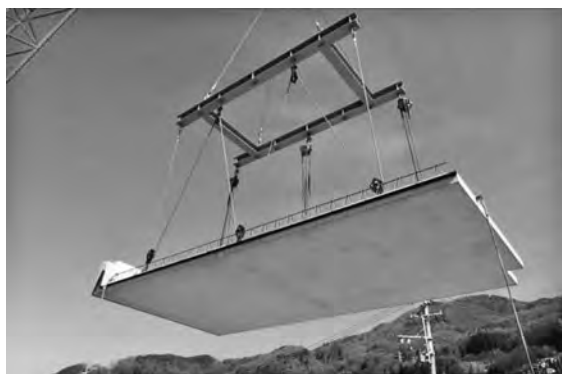
写真—4 柱部材の突起形状

ンであるため（写真—4）、打設方向を北面側に統一した。

PCaPC梁部材は柱梁接合部が一体化した部材として計画した。可能な限り同形状とし、同じ型枠で製作を可能とした。

PCa床部材は隅部の片持ち床部材が6.4 m × 3.2 m

と大きく、さらに跳出し先端部2辺に立ち上がりがある。そのため、脱枠時に部材が傾くことから、特殊な治具を用いて脱枠を行った。なお、この治具は部材の建方時にも使用した（写真—5）。



写真—5 PCa床部材吊り治具

(2) PCa部材の建方

架設計画図を図—7に示す。

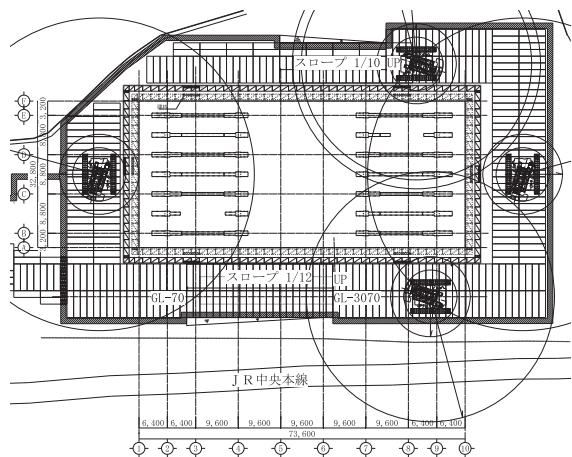
敷地条件として、施工現場前の搬入路にわたる高木橋の耐荷重量が25 tonであること、敷地の南側に中央本線が敷設されていること、また、東西の敷地に3 mの高低差があることが、PCa部材の建方計画で解決しなければならない課題であった。

搬入路の耐荷重量に対しては、全長21.4 m（約65 ton）となるPCaPC梁は設計段階において、3分割のブロック分割で設計されており、1部材重量は25 ton以下として計画することができた。

南側の中央本線および高低差に対しては、主なPCa部材の架設を東西側から行うこととし、特に、南側からの架設は制限した。

上記を実現するためのクレーンとして、能力200 tonクロウラークレーンを採用した。

各部材の建方手順は、以下の通りである。



図—7 架設計画図

- ① PCa柱部材架設、② PCa柱脚目地モルタル注入、③ PCaPC梁部材架設、④ PCaPC梁目地モルタル注入、⑤ PC鋼線の緊張、⑥ PCa柱頭目地モルタル注入、⑦桁方向場所打ちRC梁打設および床の施工、⑧ PCa床板敷設、⑨トッピングコンクリート打設。

なお、2階においては、東西のPCa片持ち床板がPCaPC梁の下端に架設されるため、③ PCaPC梁部材架設前に敷設を行った。

(3) PCa柱の目地モルタル強度管理

PCa柱の柱脚にはモルタル充填式機械式継手を用いた。機械式継手のモルタルと目地モルタルは同じ材料を用いており、PCaPC梁の架設は、モルタルの強度が 30 N/mm^2 以上確保された後に行うことが必要であった。なお、PCa部材の建方工事は3月であり、長野県諏訪郡の3月の平均気温は 3.4°C であった。そのため、材齢1日のモルタルの発現強度は 10 N/mm^2 以下であり、モルタルの強度発現がPCa部材建方工程のクリティカルになることが予想された。また、モルタルの凍結も懸念されたため、PCa柱脚目地内に温度センサーを埋設し、モニタリングを行った。なお、凍結防止処置としては、モルタル充填後に目地部分に直接外気が当たらぬようシートで覆い採暖養生を行った（写真—6）。



写真—6 PCa柱脚部採暖養生

(4) PCaPC梁と鉄骨部材の取合い

2階において、東西のPCaPC造による2棟は、約24 mスパンのS梁で接続された。PCaPC梁の緊張端部において、S梁と取り合うために、PCaPC梁部材にアンカーボルトを埋設した（図—8）。なお、アンカーボルトを埋設する端部には緊張用の定着体が設けられているため、定着体を避けた位置にアンカーボルトを配置し、ベースプレートおよびガセットプレートを取り付けた。アンカーボルトは部材の製作時に鋼製枠に固定したため、製作精度 $\pm 5 \text{ mm}$ 以下で施工できた（写

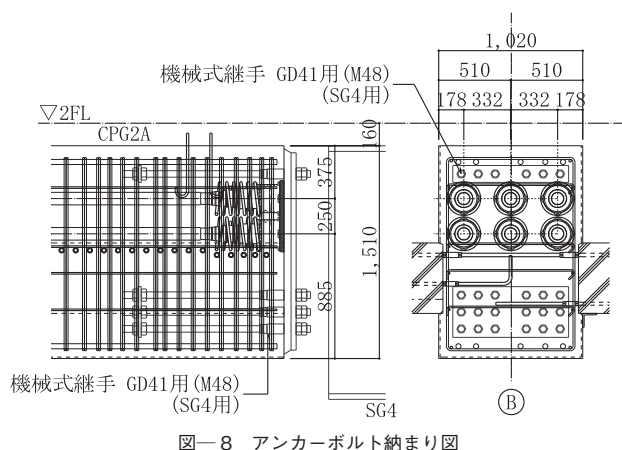


図-8 アンカーボルト納まり図



写真-7 PCaPC 梁と鉄骨部材の取合い

真-7)。

また、2階から立ち上がる鉄骨柱のアンカーボルトも PCaPC 梁部材に埋設され、精度よく架設された。

(5) PCaPC 梁と PCa 床部材の取合い

2階の建物外周部に配置された PCa 床部材は、片持ち床として PCaPC 梁に接続された。東西に配置された PCa 片持ち床は、PCaPC 梁部材の下端に配置されており、PCaPC 部材下端に設けられたジベル筋を介して支持された。なお、PCa 部材の下端にジベル筋を設けることから、PCaPC 梁には機械式継手が埋設されており、架設前に地組みにてジベル筋を取り付け加工した(写真-8)。また PCa 片持ち梁の定着筋も同時に挿入し、PCaPC 梁を架設した。

PC 鋼線の挿入および緊張作業は、この PCa 床部材を足場として安全に施工できた(写真-9)。

また、南北に配置された PCa 片持ち床の上端の定着筋は、PCaPC 梁の側面に 100 mm 以下の間隔で配置された(写真-10)。PC 鋼線は曲線配置しているため、定着筋と干渉することから、定着筋の設けられる位置を事前に確認し、下端の定着筋については PCa 片持ち床のトラス筋およびボイドとの干渉も避けるよう計画を行った。



写真-8 PCaPC 梁下の定着筋



写真-9 PC 鋼線挿入状況



写真-10 PCaPC 梁側面の定着筋

7. おわりに

PC 構造の特性を活かして、S 造とのハイブリッド架構とすることで、28.8 m スパンや 6.4 m 跳出しを有する、空中に浮遊したダイナミックでフレキシブルな構造躯体を構築し、諏訪湖の眺望を一望できる開放的な執務空間を実現できた。施工面においては、部材の PCa 化率を高めることで寒冷地における躯体工事の省人化と、精度確保による品質向上を両立することができた。

謝 辞

最後に、本工事では設計段階から施工段階まで数多くの方にご協力頂いたことで、複雑な納まりを事前検討により解決し、高品質、高精度の作品を実現することが可能となった。この場を借りて、本技術センターの建設に関係された全ての方々に心より御礼申し上げます。



《参考文献》

- 1) 奥出久人, 九嶋壮一郎, 佐々木淳一, 今村雅泰: PCaPC 梁 + S 梁ハイブリッド架構の設計—日亜化学工業諏訪技術センター, PC 工学会誌 Vol.59, No4 (2017)

【筆者紹介】

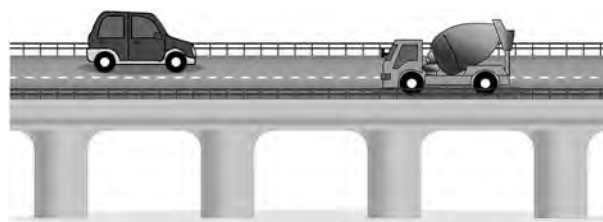
佐々木 淳一（ささき じゅんいち）
 ㈱竹中工務店
 大阪本店 設計部 構造部門



九嶋 壮一郎（くしま そういちろう）
 ㈱竹中工務店
 大阪本店 設計部 構造部門
 構造 6 グループ 課長
 博士（工学）



奥出 久人（おくで ひさと）
 ㈱竹中工務店
 大阪本店 設計部 構造部門
 構造 5 グループ長



Trunc-head を用いたプレキャスト床版継手の開発

三 加 崇・鈴 鹿 良 和・篠 崎 裕 生

老朽化した鋼桁上の RC 床版の取替えが進められている。RC 床版は、耐久性に優れたプレキャスト PC 床版に取り替えられることが一般的である。プレキャスト PC 床版同士の継手には、一般的にループ継手が用いられている。ループ継手は、床版厚の制限や、配筋上の制約などがあるため、著者らはこれらを改善する方法として端部を円すい台形状に加工した鉄筋“Trunc-head”（以下「本継手構造」という）を用いた床版の継手構造を開発した。本継手構造の性能を確認するため、継手部を有する梁の静的曲げ試験および実物大床版の輪荷重走行試験を実施した結果、ループ継手と同等の曲げ性能、疲労耐久性を有することを確認した。

キーワード：プレキャスト PC 床版、継手、静的曲げ試験、輪荷重走行試験

1. はじめに

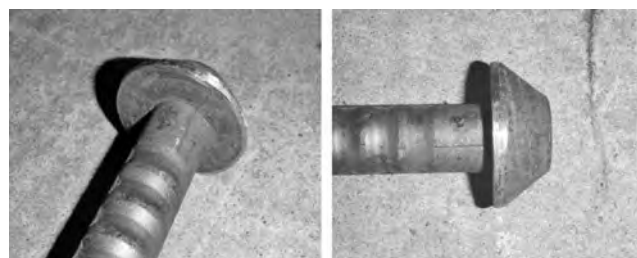
高度経済成長期に建設された RC 床版は、凍結防止剤の散布による塩害劣化や車両荷重の増加によって老朽化が進んでおり、大規模更新事業において床版の取替え工事が優先的に行われている。

新たに架け替える床版を RC 床版として設計すると、床版厚が厚くなり、重量が増加するため鋼桁や橋脚の補強が必要となる場合がある。そこで、取替え後の床版には工場製作によるプレキャスト PC 床版が一般的に用いられている。プレキャスト PC 床版は、施工性や品質の向上、高耐久化の観点からも有効である。

プレキャスト PC 床版による取り替え工事では、工場やヤードで製作した床版を分割して現場へ搬入・設置を行うため、継手部の施工が必要となる。継手部の構造は、一般的に重ね継手やループ継手などが用いられている。しかしながら、重ね継手は継手長が長いこと、ループ継手では、鉄筋の曲げ加工形状によって床版厚が決まってしまうことなどの課題がある。

著者らは、継手長を短くでき、床版厚さの自由度も高い継手構造の開発を目的として本継手構造を用いた床版の継手構造を考案した。

本継手構造は、写真—1 に示すように異形鉄筋の端部を熱間処理により母材を鍛造加工して突起部を設けた形状である。これまでに、拡張部の引張試験において突起部が母材以上の強度を有すること、拡張部をコンクリートに埋め込んだ引抜き試験においてフック



写真—1 本継手構造（端部拡張鉄筋）

鉄筋と同等の定着性能を有することを確認している²⁾。

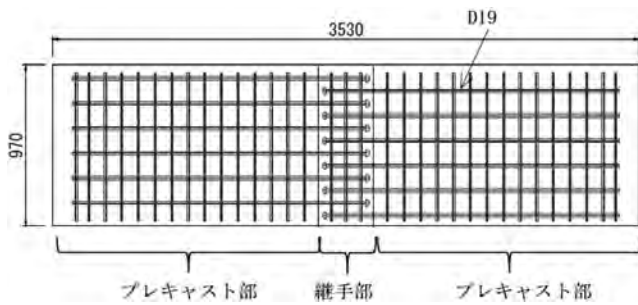
本報告では、本継手構造をプレキャスト PC 床版の継手構造に適用することを目的として、継手部を模擬した梁の静的曲げ試験および実物大床版の輪荷重走行試験を実施し、継手の性能について検証を行った。

2. 静的曲げ試験

(1) 試験概要

本継手構造による床版継手の曲げ性能を確認するために、静的曲げ試験を実施した。試験体の形状を図—1 に示す。試験体は、全長 3.53 m、幅 0.97 m で、あらかじめ製作した両端の RC 版を中央部の場所打ち継手部で接合した RC 梁とした。

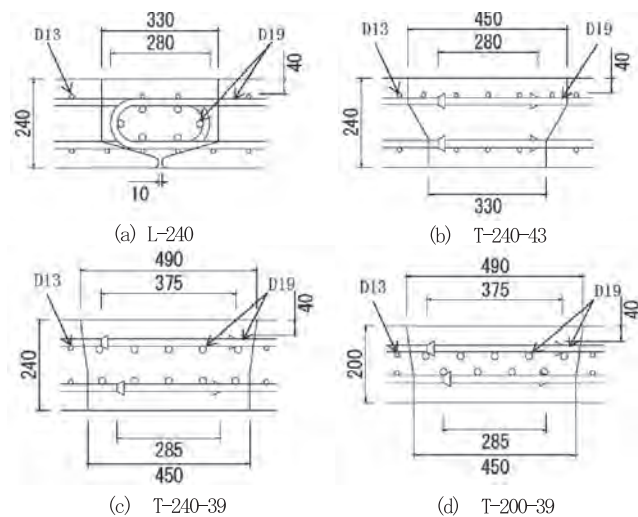
試験体の種類を表—1 に示す。床版厚さは 240 mm を基準とし、比較用のループ継手試験体 1 体 (L-240) を加えた計 4 体とした。いずれも軸方向鉄筋は D19 である。継手部の断面形状および配筋を図—2 に、コンクリート打設前の継手の状況を写真—2 に示す。



図一 静的曲げ試験体

表一 静的曲げ試験体の種類

試験体	床版厚 (mm)	継手構造	拡張部外径 (mm)
L-240	240	ループ継手	
T-240-43	240	本継手構造	43
T-240-39	240	本継手構造	39
T-200-39	200	本継手構造	39



図二 静的曲げ試験体 継手部形状



(a) L-240 (b) T-240-43

写真二 静的曲げ試験体 継手部形状

ループ継手は、継手長は330 mm、ループ長は280 mmでループ直角方向内部にD19鉄筋を6本配置した。両端のRC床版含めて軸方向の外側には、軸直角方向にD13の鉄筋を100 mm間隔で配置した。

ループ継手と比較するT-240-43は、継手長450 mmで拡張部間の距離はループ長と同じ280 mmとした。

軸方向鉄筋内側へ直角方向の鉄筋は配置しない。T-240-39は、床版厚さはループ継手と同じであるが、直角方向の鉄筋D19を軸方向鉄筋の内側に100 mm間隔で配置したものである。設計荷重時の発生応力を合わせるために、鉄筋径を大きくしている。

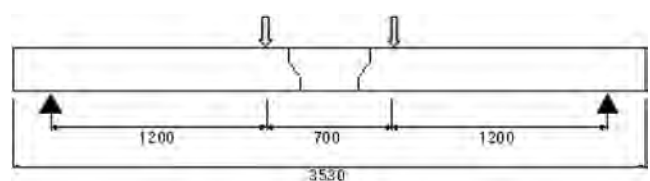
T-200-39は、床版厚さを200 mmにしたもので、配筋の緒元はT240-39と同じであるが、継手部の上下の軸直角方向の鉄筋は配置間隔が狭いため、千鳥配置としている。いずれの試験体も本継手構造の拡張部分のかぶりが40 mmとなるよう設定した。なお、これら2試験体の両端のRC床版の軸直角方向の鉄筋は、PC断面としての設計であるためD13である。

両端のRC床版、継手部ともに配合強度50 N/mm²のコンクリートを用いた。鉄筋はSD345を用いた。試験時のコンクリートの圧縮強度および軸方向鉄筋D19の降伏強度を表二に示す。

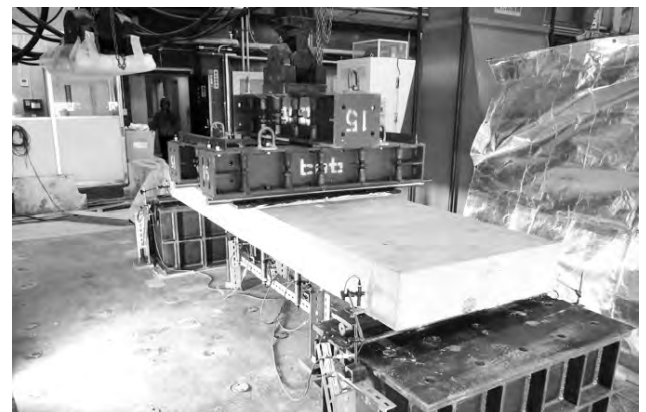
図三に示すような等曲げ区間の長さを700 mmとした4点曲げ載荷試験とした。荷重は一方方向に単調に増加させた。試験状況を写真三に示す。

表二 試験時の材料物性

試験体	コンクリート圧縮強度		鉄筋降伏強度
	プレキャスト部 (N/mm ²)	継手部 (N/mm ²)	軸方向鉄筋 (N/mm ²)
L-240	75.6	77.0	378.7
T-240-43	75.6	77.0	378.7
T-240-39	79.4	91.2	376.0
T-200-39	75.6	75.0	381.7



図三 静的曲げ試験方法



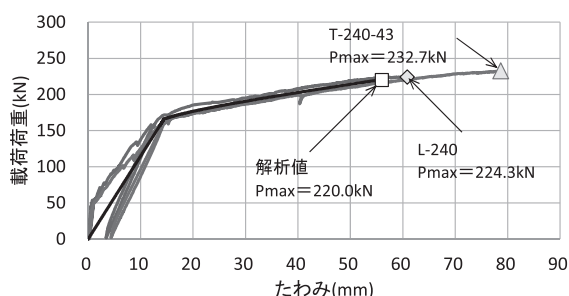
写真三 静的曲げ試験状況

(2) 実験結果

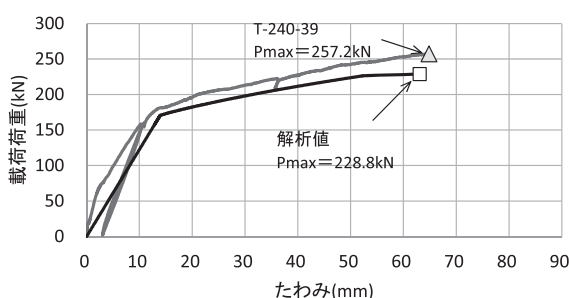
L-240（ループ継手）および T-240-43（本継手構造）の載荷荷重とたわみの関係を解析値とともに図—4に示す。解析は、ファイバーモデルを用いた。解析は、橋軸方向に一樣な断面として行っている（継手はモデル化していない）、また、各材料の強度特性は、材料試験結果を用いている。

両試験体ともたわみの挙動、耐力ともほぼ同じであった。また、継手としてモデル化していない解析結果とも良く一致した。破壊形式は、継手部における曲げ圧縮破壊であった。本継手構造の曲げ挙動は、継手を有しない直鉄筋の構造と同等の耐力や変形性能を有していること、また、ループ継手と同等の性能を有していることが明らかとなった。

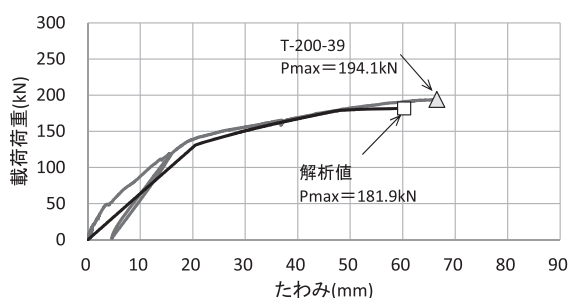
軸直角方向の鉄筋を内側に配置した T-240-39 の載荷荷重とたわみの関係を図—5に示す。解析値よりも若干大き目の荷重で推移する傾向が見られたが、耐力および変形性能は、解析結果と良く一致しており、軸直角方向の鉄筋の配置方法を変えても継手として十



図—4 載荷荷重とたわみの関係（ループ継手，本継手構造）



図—5 載荷荷重とたわみの関係（拡張部外径 39 mm）



図—6 載荷荷重とたわみの関係（床版厚 200 mm）

分な性能を有していることを確認した。

床版厚を 200 mm にした T-200-39 の載荷荷重とたわみの関係を図—6に示す。曲げ挙動は解析値とほぼ一致しており、床版厚を 200 mm とした場合においても、継手構造として成立することを確認した。

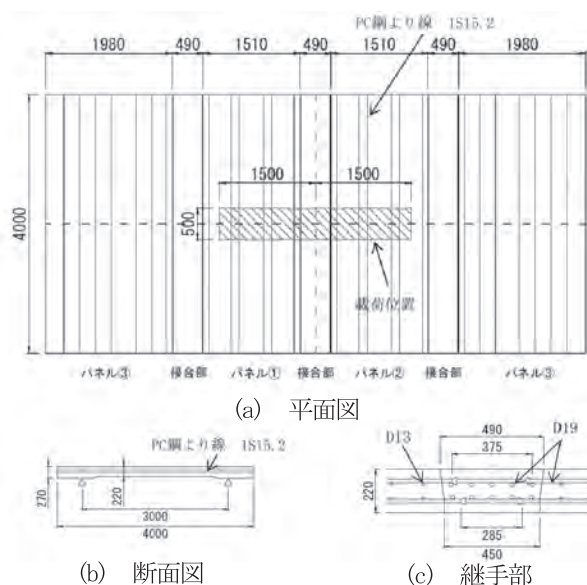
3. 輪荷重走行試験

(1) 試験概要

供用時に床版に作用する繰返し荷重に対する本継手構造の安全性を検証する目的で、実物大のプレキャスト PC 床版試験体の輪荷重走行試験を行った。鋼桁間隔（支間長）3.0 m を想定し、床版厚さは 220 mm とした。3 か所の継手を設けた全長 8.45 m、幅 4.0 m の試験体の中央の継手上を車輪が往復する。試験体条件を表—3、試験体の形状寸法を図—7に示す。プレキャスト PC 床版の橋軸直角方向は、PC 鋼より線 1S15.2 を 2 段配置してプレストレスを導入した PC 構造とした。橋軸方向は、RC 構造である。継手部の形状は、長さが上縁側で 490 mm、下縁側で 450 mm とし、最外縁となる端部拡張鉄筋の突起部で純かぶりを 40 mm とした。継手長は上段側で 375 mm、下段側で 285 mm である。試験時の材料物性を表—4に示す。コンクリート圧縮強度は、プレキャスト PC 版のパネ

表—3 輪荷重走行試験体条件

試験体	床版厚 (mm)	継手構造	拡張部 外径 (mm)
輪荷重走行試験体	220	本継手構造	39



図—7 輪荷重走行試験体形状および載荷位置

表—4 輪荷重走行試験体条件

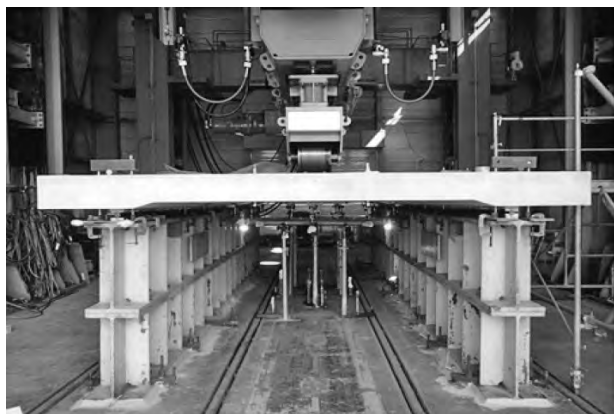
試験体	コンクリート圧縮強度		鉄筋降伏強度
	プレキャスト部 (N/mm ²)	継手部 (N/mm ²)	
輪荷重走行試験体	88.4, 90.0	52.2	376.0

ルが 88.4 N/mm², 90.0 N/mm², 継手部が 52.5 N/mm²であった。鉄筋は、橋軸方向および継手部の橋軸直角方向に D19, プレキャスト PC 版の橋軸直角方向に D13 を使用した。橋軸方向の鉄筋の降伏強度は、376 N/mm²であった。

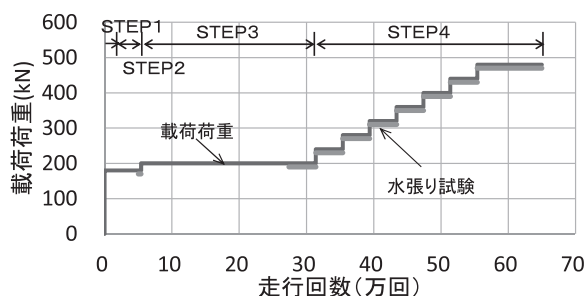
輪荷重走行試験は、(株)高速道路総合技術研究所所有の移動載荷疲労試験機（写真—4）により実施した。移動載荷は、単軸の鉄輪を用いた。

載荷位置は図—7 に示すように、橋軸方向の走行範囲を供試体中央から橋軸方向に ±1.5 m の範囲とし、橋軸直角方向は、床版支持間隔を 3.0 m として、その中央に載荷した。

載荷ステップを図—8 に示す。載荷ステップは、文献 3) を参考にし、STEP1 として予備走行を 180 kN で 0.1 万回実施した。STEP2 として 180 kN を 5.4 万回、STEP3 として 200 kN を 26 万回実施した。STEP4 は、破壊性状を確認するため、4 万回ごとに荷重を増加させて 480 kN まで載荷した。各ステップ



写真—4 輪荷重走行試験装置



図—8 輪荷重走行試験の載荷方法

で静的載荷を実施し、挙動を確認した。また、STEP2 の 180 kN で最後の 0.4 万回、STEP3 の 200 kN で最後の 4 万回と STEP4 については、床版上面に水を張った状態で輪荷重走行試験を実施し、継手部および床版からの漏水の有無を確認した。

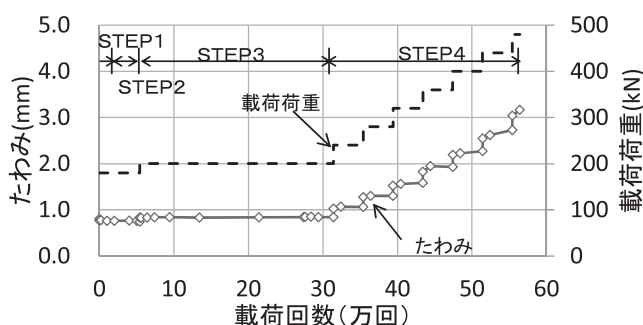
(2) 実験結果

輪荷重走行試験における載荷回数と試験体中央の載荷によるたわみの関係を図—9 に示す。載荷荷重が 200 kN の STEP3 までは、載荷回数によるたわみの増加は、ほとんど確認できなかった。STEP4 では、400 kN からたわみが増加する傾向となり、480 kN の 2.2 万回でプレキャスト PC 床版が押し抜きせん断破壊した。

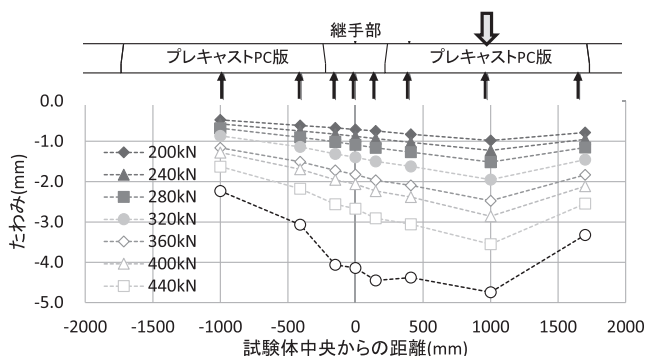
橋軸方向のたわみ分布を図—10 に示す。載荷荷重が 200 kN の STEP3 までは、継手部のたわみが連続的な挙動を示しており、プレキャスト PC 床版と継手部が一体となって挙動していることがわかる。STEP4 の 320 kN から継手部を跨いだ変位差が大きくなり、連続性が保持できない結果となった。

プレキャスト PC 床版と試験体中央の継手部との打ち継目の開口変位を図—11 に示す。STEP3 までの開口変位は、最大でも 0.07 mm であり、許容ひび割れ幅 0.2 mm に対して小さい開口変位であった。

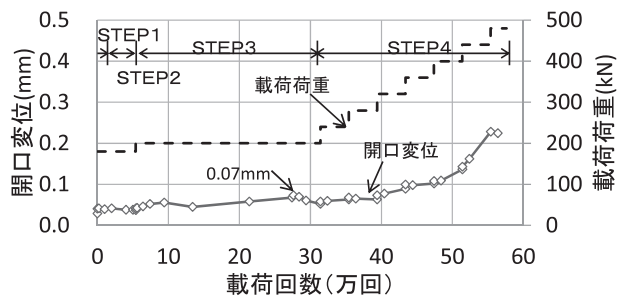
プレキャスト PC 床版および継手部のひび割れは、STEP3 の 200 kN で発生しているが、水張り試験によ



図—9 載荷回数とたわみの関係



図—10 橋軸方向のたわみ分布



図—11 載荷回数と継手部開口変位の関係

る漏水は確認できなかった。STEP4の360 kNの4万回終了時に継手部の界面で漏水が確認され、400 kNではPC床版のひび割れからも確認された。本継手構造による継手構造は、STEP3までは、プレキャストPC床版と継手部が連続性を有しており、漏水も確認できなかったことから、ループ継手構造³⁾と同等な疲労耐久性を有していることが確認された。

4. おわりに

端部拡張鉄筋の要素試験、床版継手構造における静的曲げ試験および輪荷重走行試験により、以下のことが明らかになった。

- ①静的曲げ試験により、本継手構造 Trunc-head は、ループ継手と同等程度の継手性能を有しており、突起部の形状および床版厚を小さくした場合でも、本試験内の寸法であれば、想定される耐力を有している。
- ②輪荷重走行試験により、本継手構造 Trunc-head は、ループ継手と同等の疲労耐久性を有している。

J C M A

《参考文献》

- 1) 例えば 原, 福永, 今村, 三浦: エンドバンド継手を有するプレキャストPC床版の輪荷重走行試験, 第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.61-64, 2010.10
- 2) 三加, 有川, 竹山, 篠崎: 端部拡張鉄筋の基本性能試験, 三井住友建設技術研究所報告, 第14号, pp.61-64, 2016.10
- 3) 松井, 角, 向井, 北山: RCループ継手を有するプレキャストPC床版の移動載荷試験, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 1999.10, pp.149-154

【筆者紹介】

三加 崇 (さんが たかし)
三井住友建設㈱
技術本部 技術研究所
主任研究員



鈴鹿 良和 (すずか よしかず)
三井住友建設㈱
土木本部 土木設計部



篠崎 裕生 (しのざき ひろお)
三井住友建設㈱
技術本部 技術研究所
グループ長



近赤外線を利用したインフラ構造物の 非破壊塩害調査システム

コンクリート構造物の表面塩化物イオン濃度分布を非破壊で見える化

太田 健司・中島 良光・松林 卓

コンクリート構造物の塩害調査手法としては、コンクリート構造物からコアを採取し、その試料から塩分分析を行いコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を調べる方法などが一般的である。しかしながら、この方法では、コアの採取位置によっては塩分濃度がそれほど高くないことやコア採取時に構造物を傷つけてしまうこと、塩分分析に多大な労力やコストが必要のためサンプル数が限られ、構造物に生じている塩害を正しく評価できない可能性がある。そこで、近赤外分光法により、コンクリート構造物表面の塩化物イオン濃度分布を非破壊で推定することを検討した。

本研究では、非破壊で計測が可能な近赤外分光分析装置を開発し、コンクリート表面へ照射した反射光を分光分析装置により取得し、ケモメトリクス手法により実測した表面の塩分量との回帰分析を行うことで、推定方法を確立した。また、実現場においてコンクリート表面の塩分量を測定しマッピングすることで、構造物表面の塩化物イオン濃度の分布を示すことが可能であることを実証した。

キーワード：近赤外分光法、塩害、非破壊試験、維持管理、塩化物イオン

1. はじめに

日本における道路橋やトンネルをはじめとするインフラ構造物の多くは高度経済成長期に建設され、今後20年で竣工後50年を迎える構造物は加速度的に増加する。国土交通省の調査によると、道路橋（橋長2m以上）においては、建設年度が不明な橋梁を除いたおよそ40万橋のうち、約67%が平成45年3月には竣工後50年を迎える。このような状況で、近年では、インフラ構造物の経年劣化による事故やトラブルが増加しており、橋梁やトンネルなどの構造物に対して5年に1度の近接目視による定期点検が義務化されるなど、維持管理やメンテナンスへの重要性が増加している。

コンクリート構造物の劣化事象は、塩害や中性化進行に伴う鉄筋腐食、凍害による構造物表面のスケールなど様々な現象が挙げられる。その中でも、我が国においては、主要なインフラ構造物の多くが沿岸部に建設されていることから、構造物が塩害を受けやすい環境にある。また、沿岸部以外の地域でも、寒冷地や山間部などでは冬期の氷雪対策として凍結防止剤を散布するため、このことによる塩害劣化なども散見される。塩害劣化を受けた構造物の一例として、コンクリート内部の鉄筋の腐食が進行し、かぶり部のコンクリートが剥落した状況を写真—1に示す。このよう

に、塩害劣化によってコンクリート構造物は大きなダメージを受けるため、インフラ構造物の維持管理を行う上で塩害による劣化状況を把握することは非常に重要となる。しかしながら、コンクリート構造物の塩害劣化は、写真—1にあるように、内部の鉄筋腐食が進行し、コンクリート表面にひび割れや錆汁などが生じるなど表面に何らかの変状が発生するまでは目視による確認は難しい。

また、従来から行われている調査手法として、コンクリート構造物からコアを採取し、そのコアサンプルから採取した試料から、塩分分析を行いコンクリート



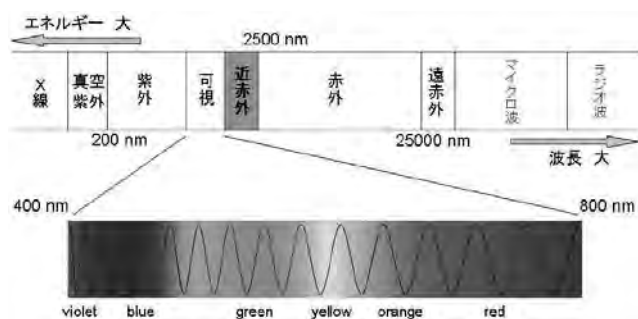
写真—1 塩害劣化を受けた構造物

中の塩化物イオン濃度分布を調べる方法などがある。この方法では、コアの採取位置によっては塩分濃度自体がそれほど高くない位置を選定してしまう可能性があること、塩分分析を行うには多大な労力やコストが必要となることなどからサンプル数が限られるため、場合によっては構造物に生じている塩害を正しく評価できない可能性がある。

前述のような課題に対し、コンクリート構造物の表面の塩化物イオン量を非破壊、かつ簡易的に調査し、表面の塩化物イオン量の濃淡を把握し、スクリーニングすることができれば、効率的なコアサンプルの採取が可能となる。そこで、石川らが提案している近赤外線分光スペクトルを用いたコンクリートの劣化因子の検出方法¹⁾に着目し、コンクリート構造物の表面塩化物イオン量を計測するシステムの開発を行った。

2. 近赤外線を利用した塩化物イオンの測定原理

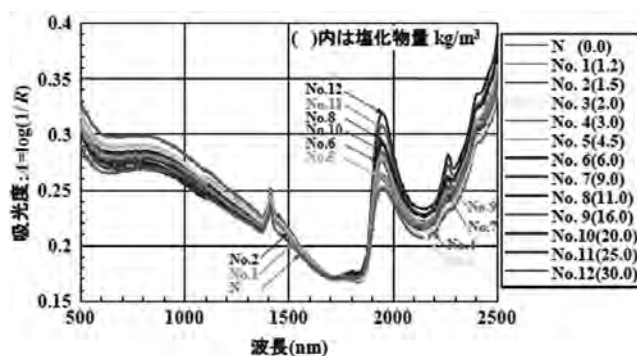
近赤外線とは、図—1に示すように、可視光より波長が長い赤外線領域の中でも可視光に近い、波長が800 nm～2500 nmの範囲の光である。



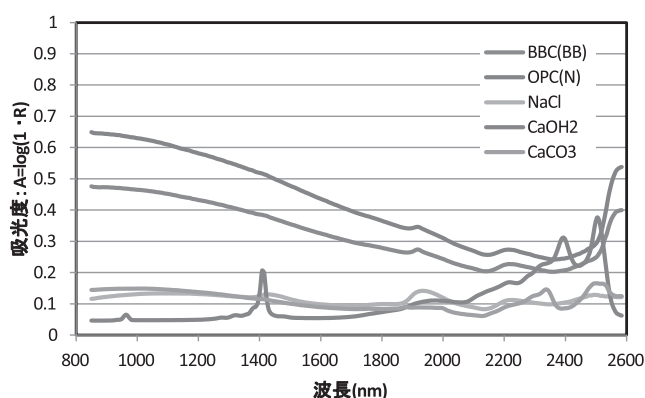
図—1 近赤外線領域

この近赤外線は、ある物質に照射すると特定の波長が吸光されるといった特性を有しており、この吸光される波長を解析することで植物の発育状況を把握できるなど、様々な分野で活用されている。

コンクリートの分野においては、この近赤外線の特徴を利用した石川ら¹⁾の研究成果から、塩化ナトリウムを混入量の異なるコンクリート試験体に対して近赤外線を照射し、その分光スペクトルの吸光度を分析することで、塩化物イオン量の定量化が可能であることを示している（図—2）。また、普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種といったセメント単体に加え、水酸化カルシウムや炭酸カルシウム、塩化ナ



図—2 塩化物量の異なる試料を用いて計測した近赤外線スペクトル分布の変化¹⁾



図—3 各成分の近赤外線スペクトル分布¹⁾

トリウムの分光スペクトルについても確認しており、その結果を図—3に示す。図—3に示されるように、各材料においてそれぞれ特徴的な吸光特性を示していることがわかる。この特性を利用することで、各種材料が混合した場合においても、重回帰分析や主成分分析、最小二乗法などを用いて分析することで各主成分の定量化が可能となる。

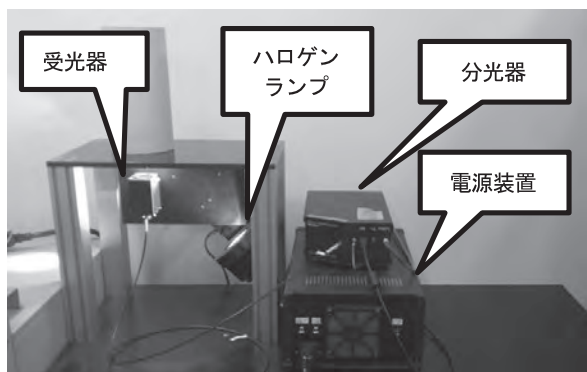
3. 検量線の作成

(1) 測定装置（近接計測タイプ）

写真—2に近赤外線を利用した計測装置一式（近接計測タイプ）を、表—1に計測装置の仕様を示す。計測装置は、ハロゲンランプと近赤外線の発光器および受光器が一体となった光源ユニットと、受光した分光スペクトルを計測する分光器、電源ユニットおよび計測などを制御するノートパソコンから構成される。

(2) 検量線作成に用いた試験体の概要

普通ポルトランドセメントを用いて、配合条件をW/C = 60%, S/C = 2.5として、塩化ナトリウムを単位量で0～20 kg/m³の割合でそれぞれ混入したモルタル試験体を作製した。モルタル試験体は、温度



写真—2 計測装置（近接計測タイプ）

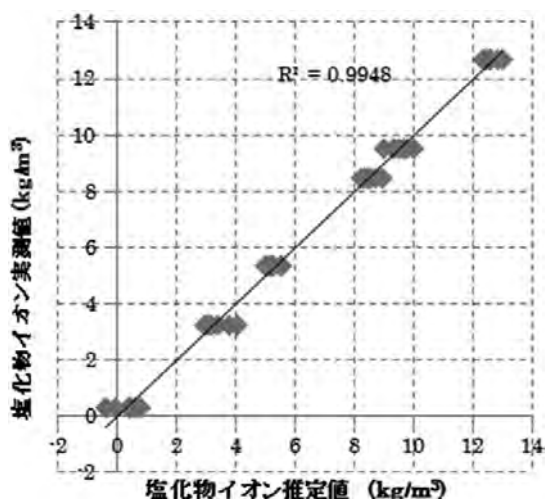
表—1 計測装置の仕様

発光部	ハロゲン光源	出力	100	[W]
受光部	分光器	波長範囲	900-2550	[nm]
		波長分解能	20	[nm]
		画素数	256	[pixel]
	光ファイバ	ファイバー径	0.6	[mm]
電源	ハロゲン用	電圧	12	[V]
	分光器用	電圧	5.12	[V]

20℃、湿度60%の条件下で材齢28日まで養生を行い、計測を実施した。

(3) 測定方法

写真—2に示した計測装置の受光器部分と試験体とを接地させ、試験体の中心部分と外周部分を合わせて5か所計測した。計測により得られた近赤外線の分光情報を平均した後、試験体の塩分濃度と分光情報を紐づけすることにより、検量線を作成した。近赤外線による表面塩化物イオン量の推定値と実測値との関係を図—4に示す。



図—4 塩化物イオン量の推定値と実測値の関係

4. 現場での実証実験

(1) 現場実証実験の目的

前章までに、今回開発した装置を用いて近赤外線の分光情報を用いることで、コンクリート表面の塩化物イオン量を計測可能であることが確認された。しかし、実構造物においては、コンクリート表面の汚れの状況や複合劣化、周辺環境など室内試験とは計測条件が大きく異なる。そこで、実構造物を計測し、表面塩化物イオン量の推定値と実測値を比較することにより、現場計測への適用性を検証した。

(2) 計測現場の概要

計測は、海岸付近の河川護岸構造物（現場A）と栈橋構造物（現場B）の2現場を対象とした。計測現場の外観および周辺状況を写真—3（現場A）および写真—4（現場B）に示す。



写真—3 現場A（河川護岸構造物）



写真—4 現場B（栈橋）

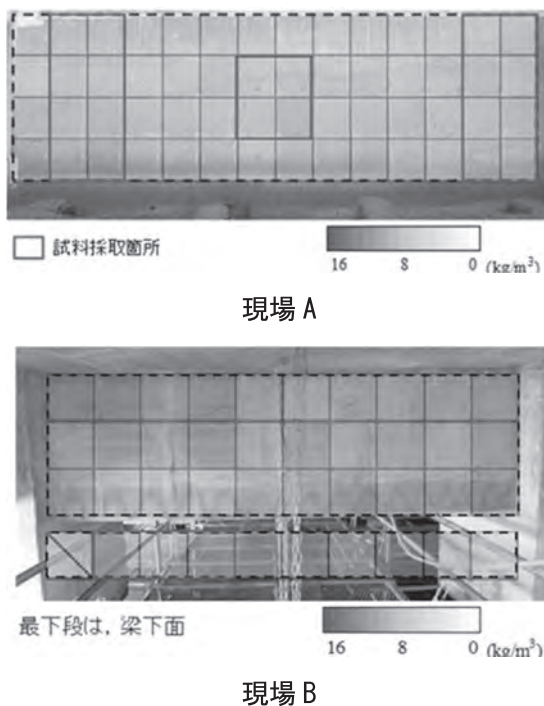
(3) 測定方法

計測は、測定面を30cm角～50cm角のメッシュに区切り、1区画に対して3回以上計測を実施した。現場計測により得られた分光情報と事前に室内試験で作成した検量線を用いて塩化物イオン量の推定を行った。また、この推定値と比較を行うため、測定面から数点コアサンプルを採取し、構造物の表層から5mm

程度までの範囲について、JIS A 1154 に定める電位差滴定法により全塩化物イオン量の測定を行った。

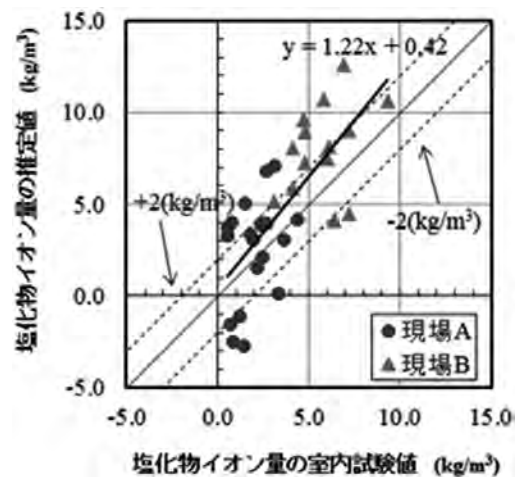
(4) 計測結果

近赤外線を用いて計測した推定塩化物イオン量の分布を図—5に示す。現場Aにおいては、構造物の上部から下部にかけて表面の塩化物イオン量が高くなっている。これは、波しぶきなどの影響によるものと推察される。一方、現場Bにおいては、全体的に塩化物イオン量が高い値を示し、上部でよりイオン量が高い傾向にあった。



図—5 近赤外線により計測した塩化物イオン量の分布

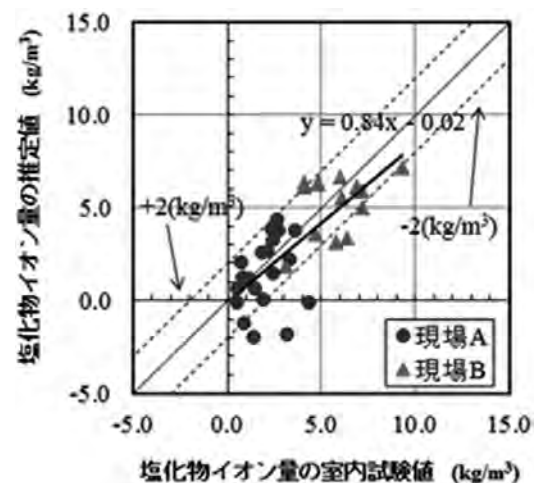
近赤外線による塩化物イオン量の推定値と実測値との関係を図—6に、その際の誤差分析結果を表—2に示す。なお、ここでの誤差とは、検量線の作成に使用した室内試験の測定値と現場での推定値との差の絶対値とする。塩化物イオン量の室内試験と推定値の間にはある程度の相関関係が認められるものの、その誤差は平均で 2.54 kg/m^3 である。これら、誤差が 2.0 kg/m^3 以上になる要因としては、近赤外線計測による測定誤差が考えられ、現場測定では、構造物表面の付着物による影響や水分分布による影響などにより近赤外線スペクトルに乱れが生じ、測定誤差になっている可能性が推察される。そこで、これらの計測条件による要因を加味するため、室内試験の計測結果に現場での計測結果を加え、多変量解析を行うことで、現場に対応した検量線を作成した。この検量線を用いて再度塩化



図—6 室内試験値と現場推定値との関係（室内試験時の検量線を使用）

表—2 誤差分析結果（室内試験時の検量線を使用）

標本数	34
平均誤差	2.54 kg/m^3
標準偏差	2.67 kg/m^3



図—7 室内試験値と現場推定値との関係（現場計測結果を加味した検量線を使用）

表—3 誤差分析結果（現場計測結果を加味した検量線を使用）

標本数	34
平均誤差	1.52 kg/m^3
標準偏差	1.84 kg/m^3

物イオン量の推定を行い、その結果を図—7に、誤差分析結果を表—3に示す。現場に対応した検量線を作成し整理することで、誤差の平均値は 1.52 kg/m^3 となり、概ね 2.0 kg/m^3 以下の値を示している。このように、実構造物の計測により得られた測定結果を用いて検量線を修正することで、今後はより高い精度での推定が可能になると考えられる。

5. 遠隔計測装置の開発

(1) 装置の仕様

コンクリート構造物表面の塩化物イオン量を計測する際には、必ずしも構造物に近づいて測定できるとは限らない。そこで遠隔においても同様に表面の塩化物イオン量を計測できる装置についても開発を行った。計測装置一式（遠隔計測タイプ）を図—8に示す。

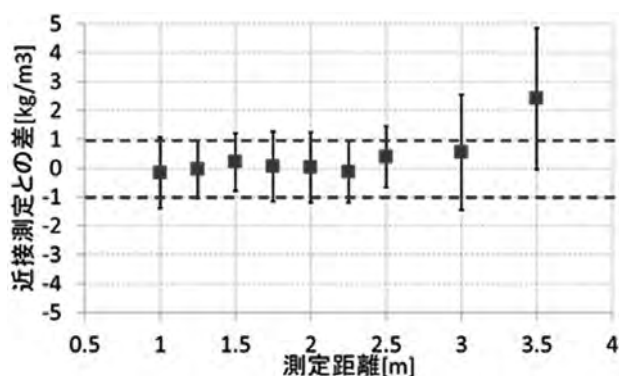


図—8 計測装置（遠隔計測タイプ）

計測は、はじめに標準白色板を用いて発光状態と非発光状態で分光スペクトルを取得し、基準となるスペクトルを取得する。ここで、非発光状態について計測する理由としては、外光等の環境条件による影響を排除するためである。実計測についても基準スペクトルと同様に、対象の計測面に対して発光状態と非発光状態で分光スペクトルを取得し、それらの差分から反射光の近赤外線分光スペクトルを作成する。これをケモメトリクス手法を用いて分析し、構造物の表面塩化物イオン量を推定する。なお、計測は一計測点あたり、数秒から十数秒程度である。

(2) 測定距離による誤差の検討

遠隔での計測では、測定距離が離れるほど反射光の強度は距離の二乗に比例して弱まるため、測定誤差が大きくなる。そのため、測定の限界距離を把握するため、測定距離をパラメータとして、近接測定との差を比較する実験を実施した。その結果を図—9に示す。図—9より、測定距離が3m以上で測定結果のバラつきが大きくなり、3.5m以上では平均値も大きく異



図—9 計測距離による測定誤差

なる結果となった。以上のことから、現状としての計測距離は2.5mを上限として計測を行った。更なる長距離化は今後の課題とする。

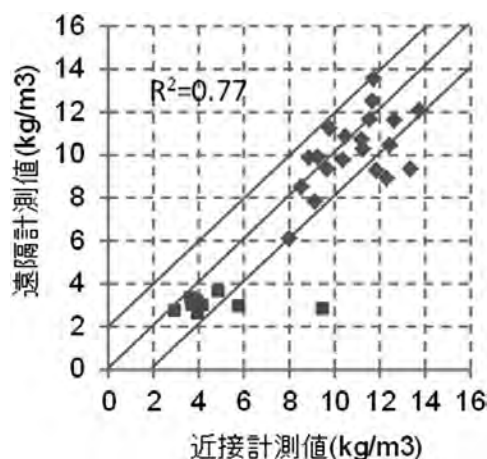
(3) 現場計測による遠隔装置の適用性

遠隔装置においても実現場で計測の適用性について検討した。計測は前述の現場Bに加え、海に隣接したクレーン基礎構造物（現場C）で実施した。遠隔での測定状況を写真—5に示す。

現場BおよびCでの遠隔による遠隔による計測結果と近接による計測結果の関係を図—10に示す。現場Bでは、栈橋の下面での計測のため、直射日光による影響や降雨などの影響はなかった。一方で、現場Cにおいては、小雨条件での計測であった。図—10より、遠隔計測と近接計測との関係は、相関関係 ($R^2 = 0.77$) が認められ、塩化物イオン量の推定値も概ね $\pm 2.0 \text{ kg/m}^3$ の範囲に入る結果となった。しかしながら、現場Cにおいて、小雨の影響で表面に濡れが発生した計測点では、計測結果に大きな差が認められたことから、今後は、測定表面の湿度による補正などについても検討していく必要がある。



写真—5 遠隔での測定状況



図—10 近接計測と遠隔計測の関係

6. おわりに

本開発により、塩害の可能性のあるコンクリート構造物に対して、近赤外線を利用することにより、非破壊でコンクリート表面の塩化物イオン濃度分布を測定するシステムの開発を行なった。測定誤差や各種のノイズの影響への対応など、課題は残っているものの、概ね実用可能であると考えられる。

今後、精度向上、作業効率化、適用範囲の拡大などをさらに進めるとともに、適用現場の増加と維持管理分野への活用を進める予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 石川, 金田, 魚本, 矢島: 近赤外分光法を用いたコンクリートの劣化因子の検出, 土木学会第59回年次学術講演概要集, pp.5-152 ~ 5-153, 2004年9月

【筆者紹介】

太田 健司 (おおた けんじ)
前田建設工業㈱
技術研究所
研究員



中島 良光 (なかじま よしみつ)
前田建設工業㈱
事業戦略本部プロジェクトマネジメント部
シニアマネージャー



松林 卓 (まつばやし たく)
前田建設工業㈱
技術研究所 社会基盤マネジメント研究室
室長



光ファイバセンサを用いたコンクリート中における鉄筋の腐食膨張モニタリングの開発

早 野 博 幸

RC 構造物中の鉄筋は腐食すると体積膨張が生じ、腐食が進展するとコンクリートのひび割れや剥落などの第三者被害に繋がる。これらの劣化の直接的要因となるコンクリート中の鉄筋の腐食膨張挙動を、光ファイバセンサによりひずみとして連続的に捉えるモニタリング技術を開発した。また、鉄筋は腐食膨張を周囲のコンクリートに拘束されているが、腐食ひび割れがかぶり表面まで貫通するとその拘束が一部開放され、腐食膨張ひずみの勾配が大きく変わる。したがって、腐食膨張モニタリングにより腐食ひび割れの発生も検知可能であることを明らかにした。

キーワード：コンクリート構造物、鉄筋、腐食、ひび割れ、光ファイバセンサ、モニタリング

1. はじめに

鉄筋は、腐食過程において鉄が様々な腐食生成物に変化することで体積膨張が生じる。腐食自体は電気化学的反応によるものであるが、その過程における体積膨張挙動を物理的に捉えることができれば、腐食状態を把握でき、さらには腐食の進展予測も行うことが可能となる。一方で、コンクリート構造物中の鉄筋は、腐食の進展に伴って体積が徐々に増加し、周囲のコンクリートに大きな引張応力が加わることで腐食ひび割れの発生を引き起こす。したがって、腐食の発生・進展だけでなく、コンクリートのひび割れもモニタリングが可能となれば、構造物の維持管理を行ううえで極めて有用になる。

本報告は、コンクリート中の鉄筋の腐食膨張挙動ならびに腐食ひび割れ発生を、光ファイバセンサのひずみとして連続的に捉えるモニタリング技術について概説する。

2. 光ファイバセンサ

光ファイバセンサの特長としては、光信号を利用しているため長距離伝送が容易、外部の電磁ノイズによる影響がない、1本の光ファイバで多点計測が可能、などが挙げられる。本研究では、光ファイバセンサの中からFBGセンサ¹⁾を選定し、鉄筋の腐食に伴う周方向の体積膨張ひずみが計測可能な仕様にしている。測定原理は、光ファイバケーブルの一部に回折格

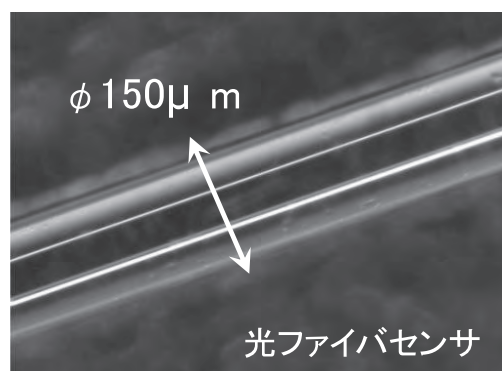


写真-1 光ファイバセンサ

子が形成されたセンサ部において、外力や温度変化によって回折格子間距離が変わることで、それに応じた反射光の波長変化を物理量としてひずみに変換する仕組みを利用している。光ファイバは写真-1に示すように直径が約150 μ mと極めて細いため、鉄筋に設置することでひずみゲージなどのように面的に外部からの劣化因子を阻害することがなく、計測において電流も流れないため腐食に影響を与えることがない。

3. 実験概要

(1) 大気中における鉄筋の腐食膨張モニタリング

基礎的検討として、まずは大気中で鉄筋の腐食膨張がモニタリング可能であるかの検討を行った。図-1に示すように、みがき棒鋼(JIS G 3108, $\phi 20 \times h 50$ mm)の軸方向の中央区間25 mmに、センサ部が中央に位置するように光ファイバをらせん状に巻き

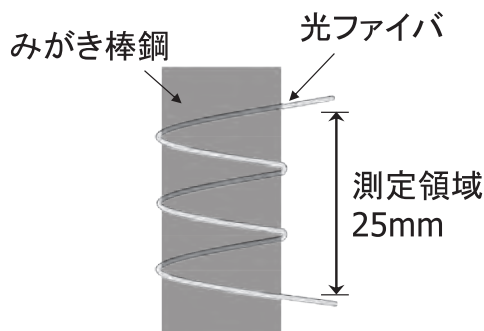


図-1 光ファイバセンサの設置状況 (周回数: 3)

付け、両端を棒鋼に接着固定した。光ファイバの周回数を1, 2, 3回の3水準として各3体の試験体を作製し、棒鋼の上および下端部面以外の側面に対して10% NaCl水溶液をしみ込ませた脱脂綿で塩水を付着させ、30℃ 90% R.H.の恒温恒湿槽に入れ腐食膨張ひずみの計測を行った。また、所定の時期に試験体の腐食状態を写真撮影し、棒鋼の端部を曲率補正した後に腐食面積率を算出した。計測はセンサの波長が許容値を超えた時点および14日で終了とし、棒鋼に設置した光ファイバを除去した後、10%のクエン酸水素二アンモニウム水溶液(60℃)に浸漬して除錆し、腐食量を測定した。

(2) コンクリート中における鉄筋の腐食膨張モニタリング

一般のコンクリート中における塩害環境下では、鋼材の腐食開始からかぶりコンクリートにひび割れが発生するまではかなりの期間を要する。そこで腐食機構は若干異なるが、早期に腐食が進行する電食試験を実施した。試験体の概要を図-2に示す。センサ部がみがき棒鋼の各25mm区間の中央部に位置するように光ファイバケーブルをらせん状に1巻きして固定し、各センサは断線ですべてが測定不能にならないように直列配置せず、個別に計測機と接続した。このみがき棒鋼を、最短かぶりが50mmとなるようコンクリート(W/C0.6)に埋設した。脱型後、かぶり面の中央部には防水型ひずみゲージを貼付して材齢22日まで湿潤養生を行った。

試験体は20℃一定の槽内で湿潤状態とし、200mAの一定電流による電食試験を腐食ひび割れが表面に発生するまで実施した。電食開始後、光ファイバセンサによる棒鋼の腐食膨張ひずみを8箇所、ひずみゲージによるかぶりコンクリート表面のひずみを1箇所それぞれ連続的に計測した。試験終了後、コンクリート部分を除去して棒鋼を取り出し、10%のクエン酸水素二アンモニウム水溶液(60℃)に浸漬させ、腐食生成

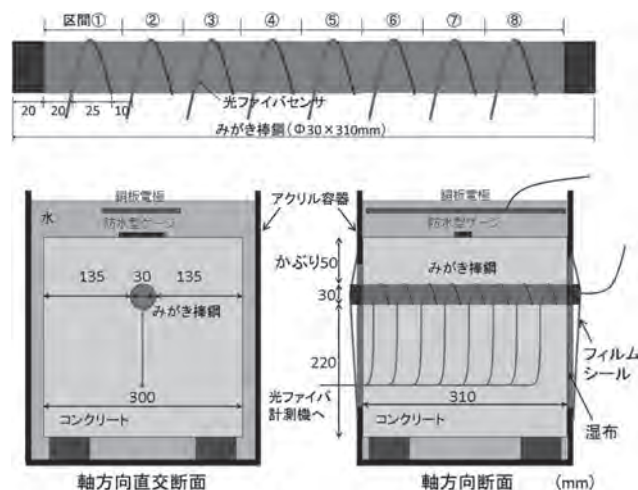


図-2 電食試験体の概要

物を除去して腐食量の測定を行った。また、ノギスを用い除錆後の棒鋼の直径を各区間ごとにそれぞれ10点計測し、平均直径を算出した。

4. 実験結果および考察

(1) 大気中における鉄筋の腐食膨張モニタリング

光ファイバセンサで計測した大気中における塩分環境下の棒鋼の腐食膨張ひずみを図-3に示す(凡例: 1(光ファイバ周回数)-1(No.))。時間の経過とともにひずみは増加傾向を示しているが、計測開始から3~5日まではひずみの増加傾向は緩やかであり、それ以降は腐食の進展に応じて試験体ごとに増加割合が様々ではあるが、急激な増加傾向を示している。腐食状態の目安となる腐食面積率と腐食膨張ひずみの関係について検討するため、終了となる14日まで計測できた各1体について腐食面積率を算出し、腐食膨張ひ

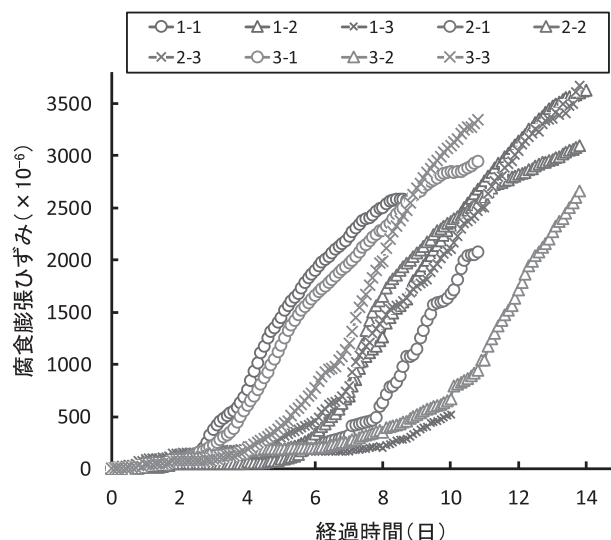
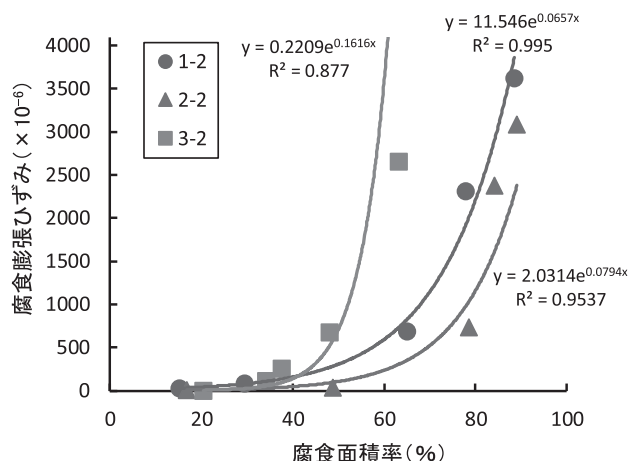


図-3 大気中の腐食膨張ひずみ



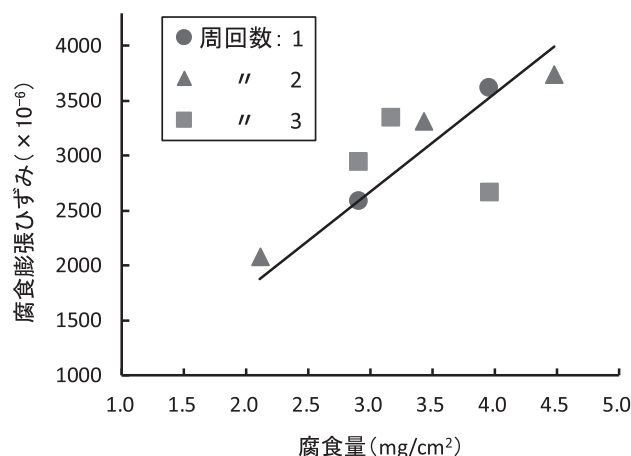
図—4 腐食面積率と腐食膨張ひずみの関係

ずみとの関係を図—4に示す。計測開始から0.7日の腐食面積率はいずれも約20%程度と腐食が進展しているが、ひずみは大きくても数十 μ 程度であり大きな値ではない。光ファイバの周回数が3の試験体3-2に着目すると、他より腐食面積率が小さくてもひずみが増大する傾向があり、30%程度を超えると指数関数的に増大した。光ファイバの周回数が多いほど鋼材表面との接触長が長くなり、腐食部分に接する確率が高くなって早く腐食検知できるが、極端に周回数が多すぎると鋼材への外来腐食因子の到達を妨げることが予想される。ただし、今回は厳密には各試験体が同じ腐食の発生・進展となっているかは定かではないので、光ファイバの周回数が腐食の検知確度に及ぼす影響を検証することは難しいと考えられる。

図—4より、腐食面積率が30～50%程度を上回るときから腐食膨張が急激に増大し、図—3では3～7日に相当する。腐食膨張ひずみが急増する原因としては、腐食生成物の生成経路として、鉄イオン水溶液から出発したものが最終形態としていずれも固相である、オキシ水酸化鉄(FeOOH)や酸化鉄(Fe_3O_4 など)になることから²⁾、固相に変わることによってひずみとして表れることが考えられる。また腐食初期に発生する腐食生成物は液体中のイオンから形成するコロイド状であり³⁾、これらは構造的には液体に近い性質とみなせる。したがって高湿度下で水膜ができていのみがき棒鋼表面では平面的に広がることで堆積しにくく、ひずみとして表れにくいことが影響しているものと考えられる。その後は、アノードとカソードが生起する電池作用と併せて、高温高湿となる大気中では、腐食速度を加速させる水と酸素が十分に供給されるため急速に腐食が進展し、ひずみが増大したと考えられる。また、腐食生成物については非晶質と結晶質のものが存在し、結晶化するか否かも体積膨張に大きく影

響すると考えられるが、いずれにしても本環境条件下の大気中の塩分環境下における腐食では、急激に体積膨張が生じる加速期があることが明らかとなった。また、最終的には図—3より3000 μ 程度になるとひずみの増加割合が小さくなるものもみられ、大量の腐食生成物が表面に付着することによって酸素や水が内部に供給されにくくなり、腐食速度が遅くなったことが考えられる。

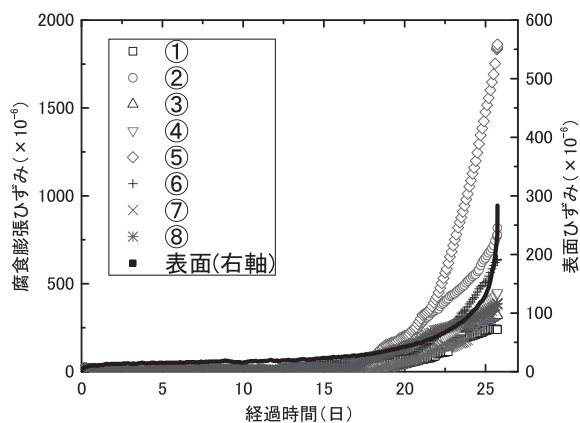
各試験体の計測終了後の腐食量と腐食膨張ひずみの関係を図—5に示す。なお、試験体1-3は途中で光ファイバの破損がみられたため図から除いた。図より、光ファイバの周回数にかかわらず腐食量とひずみは概ね正の相関が認められ、腐食がかなり進行している状態では、腐食量の増加に伴って体積膨張ひずみも大きなものとなっていることが分かり、膨張ひずみより腐食量が推定できる可能性があることを示している。



図—5 腐食量と腐食膨張ひずみの関係

(2) コンクリート中における鉄筋の腐食膨張モニタリング

電食試験でのコンクリート中の鉄筋の腐食膨張ひずみ、およびかぶり表面のひずみ挙動を図—6に示す。ここでは、後に腐食層の厚さについて検証を行うことから、らせん状に設置している光ファイバの腐食膨張ひずみを円周方向に換算した。図より、いずれの挙動も電食開始直後から17日程度まではひずみの変化は小さく、その後は急激に増大しており、特に中央に近い区間⑤で増加が顕著に認められる。既往の研究⁴⁾では、最初の腐食生成物である $\text{Fe}(\text{OH})_2$ などは水溶液としてコンクリートの細孔中に移動するために、膨張圧に寄与しないことを指摘しており、初期においてはその現象が表れている可能性がある。また、表面ひずみについては、腐食膨張ひずみのおおよそ平均的な挙動と類似していることから、コンクリート中におい

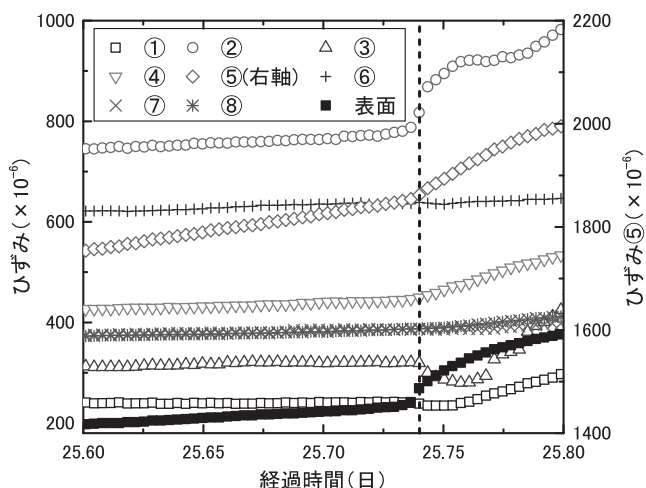


図ー6 腐食膨張ひずみと表面ひずみ

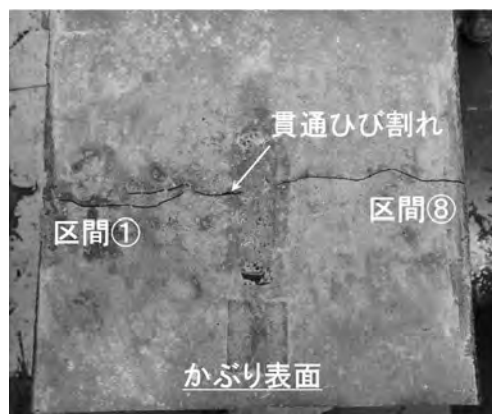
でも光ファイバセンサによって鉄筋の腐食膨張ひずみはモニタリングできていると考えられる。

(3) コンクリートの腐食ひび割れの検知

電食試験後半の25.60日以降における腐食膨張ひずみ、およびかぶり表面のひずみ挙動を図ー7に示す。25.74日付近(図の点線)で、表面ひずみの勾配が大きく変化しており、この時点で腐食による貫通ひび割れが発生している。一方で、鉄筋の腐食膨張ひずみの勾配も、ほぼ同時期に変わっていることがわかる。腐食に伴い体積膨張した鉄筋は周囲のコンクリートに拘束されていたが、貫通ひび割れの発生によって拘束が一部解放され、急増したひずみを捉えたものと考えられる。ひび割れは写真ー2に示すように、ひずみゲージを貼付したかぶり表面にのみ、鉄筋軸方向に貫通して発生しており、この腐食ひび割れを検知したものである。腐食ひび割れは、一般的には外観からしか把握することはできないが、このように鉄筋の腐食膨張をモニタリングすることにより、ひび割れの発生時期まで把握することが可能となる。



図ー7 ひび割れ発生付近における腐食膨張ひずみと表面ひずみ

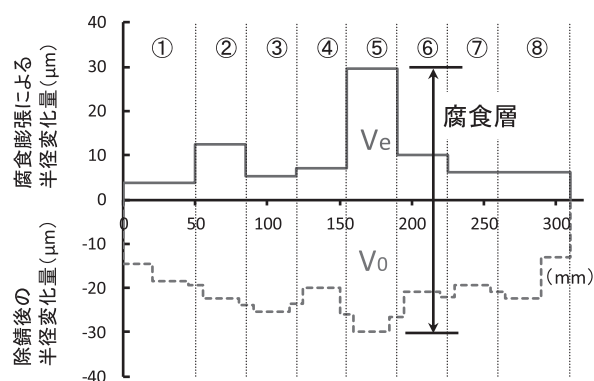


写真ー2 コンクリートの腐食ひび割れ

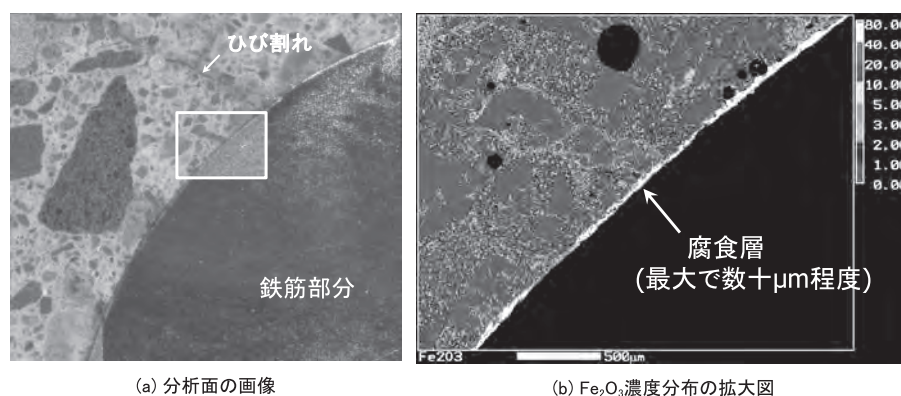
(4) モニタリング結果の検証

電食試験後に、試験体から取り出した棒鋼の腐食量は 10.1 mg/cm^2 となった。コンクリート標準示方書維持管理編⁵⁾では、鋼材径等によって若干値は異なるものの、電食試験では鋼材腐食量がおおむね 10 mg/cm^2 以上で腐食ひび割れが発生するとされている。本試験の腐食量は、示方書の値にほぼ近い値になっていることから、光ファイバセンサ設置による影響は小さく、従来実施されてきた電食試験と同様に取り扱いえると考えられる。

電食試験前の棒鋼の半径と腐食ひび割れ発生時の腐食膨張ひずみから算出した棒鋼の平均半径の差(腐食ひび割れ時の膨張による半径変化量)と、電食試験前の棒鋼の半径と除錆後の平均半径の差(除錆後の半径変化量)を図ー8に示す。この図は、 $y = 0$ を棒鋼の軸方向断面の境界とした場合、 $y \leq 0$ 部分が試験前の元の棒鋼、直線で囲まれた部分が腐食膨張による増加分、点線で囲まれた部分はFeが腐食生成物に変化した部分ということになる。これより、腐食生成物に変化した棒鋼の体積 V_0 (点線部分)、腐食による体積膨張分 V_e (直線部分) を算出すると、 $(V_e + V_0)/V_0$ が腐食生成物の体積膨張率になり、各区間①～⑧で1.2～2.0、全体では1.5となった。コンクリート試験体



図ー8 腐食ひび割れ時および除錆後の棒鋼の半径変化量



図—9 EPMAによる面分析結果

の両端部から腐食生成物がやや流出していたことや、区間⑤が突出して腐食膨張ひずみが大きかったことを勘案すると、腐食ひび割れ発生までの腐食生成物の体積膨張率は区間⑤の2.0に近い値を示すと考えられる。

区間⑤における腐食部分の断面を対象として、EPMAによる面分析を行った結果を図—9に示す。(a)分析面の画像の四角で囲んだ部分について、 Fe_2O_3 濃度分布を算出した。コンクリートと棒鋼の界面に白色で示される濃度が高い部分が認められ、ここではCaやSiなど他の元素濃度は低かったことから、この領域が腐食層に相当し、その厚さは数十 μm 程度であった。一方、図—8ではFeが腐食生成物に変わった部分と、ひび割れ時における体積膨張部分の和が腐食層になると考えられ、区間⑤では60 μm 程度である。これらは平均ひずみから平均半径を算出していることから特定部分の値を示すものではないが、EPMAによる面分析で算出した腐食層厚さと近い値になっていることがわかる。

5. おわりに

光ファイバセンサを用い、コンクリート中における鉄筋の腐食膨張挙動ならびに腐食ひび割れがモニタリング可能であることを示した。現在、既存の道路橋に適用するなど実用化の検討を開始しており、インフラ構造物の維持管理における本技術の有効性について、さらなる検証を進めていく予定である。

JCM A

《参考文献》

- 1) Alan D. Kersey et al, Fiber Grating Sensors, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol.15, No.8, pp.1442-1463, 1997.8
- 2) 三沢俊平, 鉄鋼の湿食形態と腐食生成物, 日本金属学会会報, 第24巻, 第3号, pp.201-210, 1985
- 3) 木村正雄, 鉄が濡れるとどうなるか—液体/金属界面の反応観察, 放射光, 第16巻, 第1号, pp.12-22, 2003
- 4) 本間大輔ほか, 鉄筋の腐食ひび割れ発生限界腐食量に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第701号, pp.867-876, 2014.7
- 5) 土木学会, コンクリート標準示方書〔維持管理編〕, p.155, 2003

〔筆者紹介〕

早野 博幸 (はやの ひろゆき)
太平洋セメント(株)
中央研究所 第2研究部 インフラ保全技術チーム
主席研究員



下水管路内表面の水分分析に着目した コンクリートの劣化調査

吉田 夏樹・山中 明彦・鎌田 敏郎

下水環境では、下水から発生する硫化水素に起因したコンクリートの硫酸劣化が生じる。今回の調査では、硫酸劣化のメカニズムを念頭に、下水管路においてコンクリートを直接的に劣化させる下水管路内表面の水分に着目し、水分の pH および SO_4^{2-} 濃度を分析したうえで、コンクリートの劣化現象との関係を考察した。下水管路内表面の水分の pH は中性から強酸性の範囲に広く分布し、各 pH 域で比較的高い SO_4^{2-} 濃度の環境が存在していた。コアの分析を行った結果、酸性域では酸と SO_4^{2-} 、中性域では SO_4^{2-} の作用による劣化が生じているものと推察され、既往の室内実験の結果と同様に、水分の pH や SO_4^{2-} 濃度で劣化機構や侵食速度が異なることが分かった。

キーワード：下水管路、表面水、pH、 SO_4^{2-} 濃度、硫酸劣化、硫酸塩劣化

1. はじめに

下水環境では、下水中から発生する硫化水素 (H_2S) に起因したコンクリートの化学的劣化現象が生じる。メカニズムを概説すると、下水中には、生活排水や雨水などに由来する硫酸イオン (SO_4^{2-}) が含まれる。この SO_4^{2-} が下水中の硫酸塩還元細菌により還元されると、硫化水素ガス (H_2S) が発生する。次に、この H_2S が下水施設内天井表面の水分（結露水など）に溶け込むと、硫黄酸化細菌の働きにより硫酸が生じる。この硫酸が、下水面より上部のコンクリート表面を劣化させる¹⁾。硫酸によるコンクリートの劣化現象は硫酸劣化 (sulfuric acid attack) と呼ばれるが、特に下水環境における劣化現象は細菌が深く関与することから、コンクリートの微生物腐食 (Microbial corrosion) と呼ばれることもある。

この硫酸劣化のメカニズムについて、吉田と山中^{2), 3)} は、セメントペーストやモルタル供試体を用いた室内実験の結果から、作用する溶液の pH や SO_4^{2-} 濃度に応じて劣化機構や侵食速度が異なることを報告した。これより、実環境においても外部環境（コンクリートに作用する水分）の pH や SO_4^{2-} 濃度を測定し、コンクリートの劣化現象を検討する重要性を指摘した。一方、下水環境においては、 H_2S 濃度の測定は行われるものの、コンクリートを直接的に劣化させるコンクリート表面の水分の分析はほとんど行われないことから、劣化環境の強弱やコンクリートの劣化機構の詳細

は明らかではなかった。

そこで筆者らは、コンクリートを直接的に劣化させるコンクリート表面の水分（主に結露水）を採取して化学分析を行ったうえで、pH および SO_4^{2-} 濃度とコンクリートの劣化機構や侵食速度との関係を考察することを目的とし、大阪市内の下水管路でコンクリートの劣化調査を行った^{4), 5)}。本稿では、調査結果の概要を紹介する。

2. 試料の採取方法および分析方法

(1) コンクリート表面の水分

大阪市内の下水管路の 37 箇所において、コンクリート表面の水分を採取して化学分析を行った。

当初は結露水の採取を想定していたが、調査時に結露水が見られない箇所が多くあったため、図—1 および図—2 のフローに示す採取方法を計画した。

管路表面に水滴がある場合、スポイトなどで水分を採取した。水滴がない場合、ゴム板で表面の水分をかき集めるか、管路表面の付着物（コンクリートの劣化により生成した物質や下水中の物質と思われる）をスクレーパーで採取したのち、遠心分離器にかけて水分を採取した（以上の方法で採取した水分を、「表面水」と呼ぶ）。付着物の遠心分離で水分が採取できない場合、付着物を 40℃ で乾燥させたのち、蒸留水を加えて成分を抽出した（以下、「抽出水」と呼ぶ）。抽出時の質量比（付着物：蒸留水）は、pH 測定では 1：5、

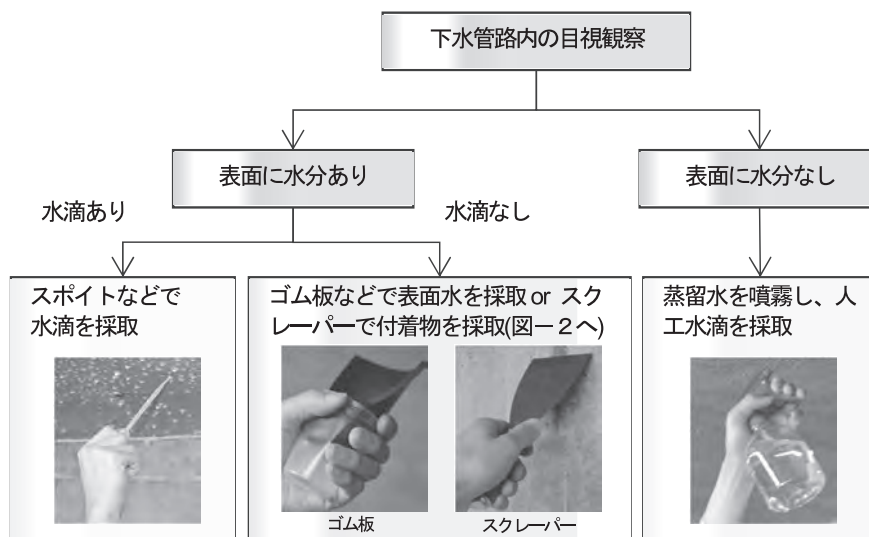


図-1 下水管路内表面の水分の採取フロー

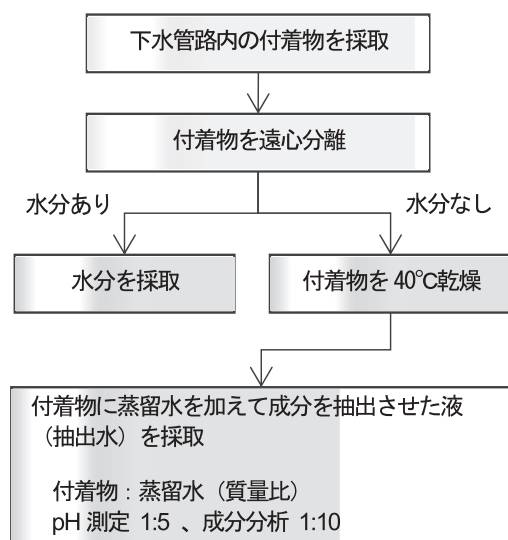


図-2 付着物の分析フロー

成分分析では1:10とした。管路内に表面水や付着物が無い場合、蒸留水を噴霧して水滴を作り（以下、「人工水滴」と呼ぶ）、直ちに採取することとした。

分析方法について、pHは、少量の水滴で測定できるpH計で測定し、 SO_4^{2-} 濃度は、ろ紙に試料を50 μl 滴下して乾燥後、蛍光X線分析装置(XRF)で測定した。

(2) コンクリートコア

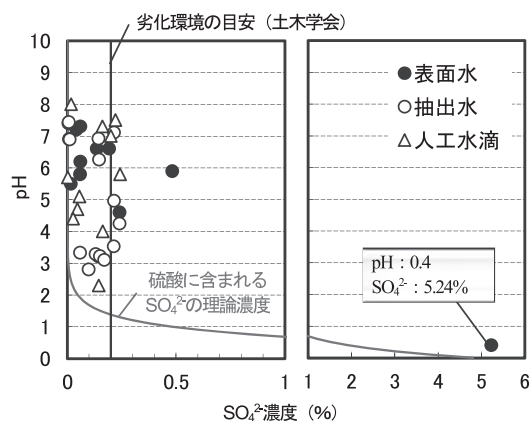
コアの採取方法について、水分のpHが1～3およびpH7付近の環境から、それぞれ6箇所および3箇所（計9箇所）の採取場所を選定した。

採取したコンクリートコアについて、外観観察および電子線マイクロアナライザ(EPMA)による分析を行った。EPMA分析は、コアの断面を対象とし、鏡面研磨した後にカーボン蒸着させ、分析を行った。

3. 分析結果および考察

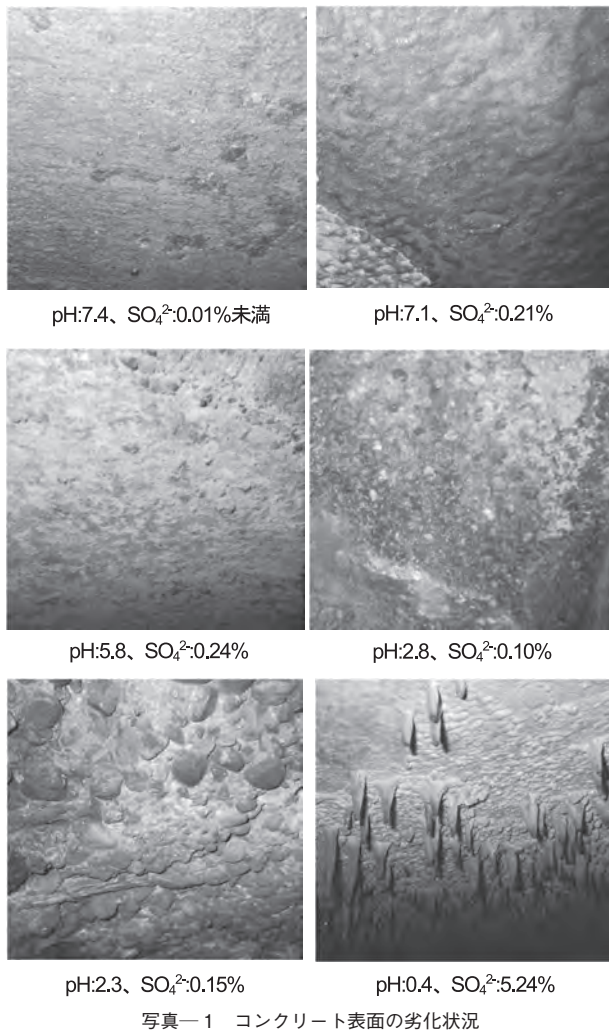
(1) コンクリート表面の水分分析

コンクリート表面の水分について、12箇所から表面水、14箇所から抽出水、11箇所から人工水滴を採取した。分析結果を図-3に示す（●：表面水、○：抽出水、△：人工水滴）。この結果、各試料のpHは中性から強酸性の範囲に広く分布し、下水管路内は様々な環境に曝されていることが明らかとなった。

図-3 SO_4^{2-} 濃度（定量値）とpHの関係

SO_4^{2-} 濃度について、土木学会のコンクリート標準示方書に示される劣化環境の目安（0.2%）に相当する、もしくはこれを上回る環境が多く存在した。 SO_4^{2-} 濃度が高い環境は、酸性域だけではなく、中性域に多く存在することが明らかとなった。また、表面水のpHが0.4、 SO_4^{2-} 濃度が5.24%と、極めて厳しい環境条件も見られた。

なお、抽出水と人工水滴は実環境濃度を正確に表すものではないが、定性的には環境条件の強弱を評価で



きているものとする。

下水管路表面の外観の一例を写真-1に示す。総じて、pH3以上の環境では、劣化は見られるものの、劣化状態は相対的に穏やかであった。一方、pH3以下の環境では相対的に劣化が大きく、粗骨材の露出が見られる箇所もあった。

(2) コンクリートコアの分析

採取場所の詳細（表面水の分析結果、コア採取場所の周辺施設、布設後の供用年数）を表-1に示す。以降、各コアは表-1に示す名称で表記する。

各コア表面の外観を写真-2に示す。全てのコアでコンクリート表面の劣化（スケーリング（表層の剝離）や粗骨材の露出）が確認された。酸性環境では相対的に劣化が進んでおり、酸-3～5では、露出した粗骨材が観察された。なお、コアの側面を見ると、酸-2、4、6では、表層に補修跡と思われる被覆層が見られた（写真-3）。ただし、補修履歴の詳細は不明である。

各コアの分析を行った結果を表-2に示す。典型

表-1 コア採取場所の環境

名称	水分分析結果		採取水種別	周辺施設*	供用年数
	pH	SO_4^{2-} (%)			
中-1	7.3	0.15	人工水滴	BP	78
中-2	7.1	0.21	抽出水	—	78
中-3	5.8	0.24	人工水滴	BP	53
酸-1	3.3	0.12	抽出水	BP	44
酸-2	3.2	0.15	抽出水	伏越	80
酸-3	3.1	0.17	抽出水	圧送近	8
酸-4	2.8	0.10	抽出水	圧送	21
酸-5	2.3	0.15	人工水滴	BP	35
酸-6	0.4	5.24	表面水	圧送	12

* BP：ビルビット排水管。腐敗しやすいビルビットの排水からは、多量の H_2S が発生しやすい。

圧送：圧送管の吐出口。圧送する下水の質や、圧送距離により、多量の H_2S が発生しやすい。

圧送近：圧送管の吐出口付近。

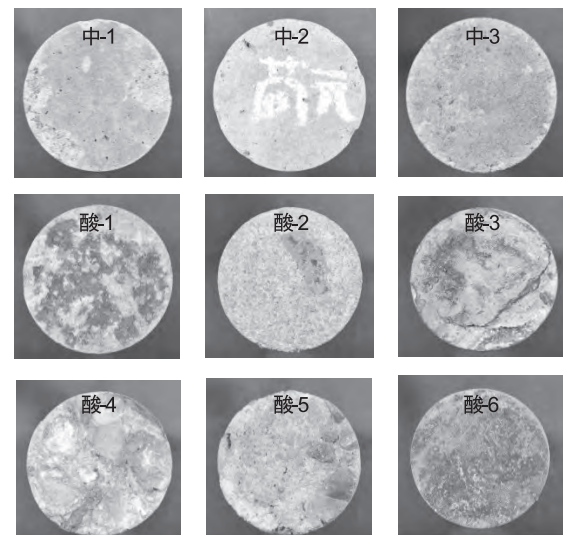


写真-2 各コアの表面側の外観

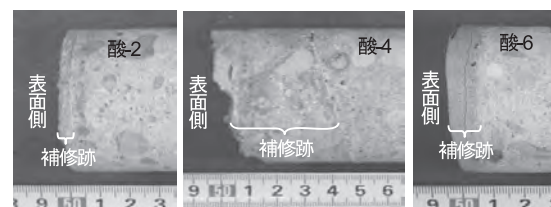


写真-3 一部のコアに見られた補修跡

的な硫酸や硫酸塩による劣化現象が生じている場合には、特徴的な生成物（二水セッコウ（Gyp）とエトリンガイト（Ett））が確認される^{2), 3)}。Gypに富んだ層の生成は、典型的な硫酸劣化の特徴であるが^{1) ~ 3)}、酸-1、酸-2において、この特徴が観察された。酸性環境下の酸-3～6ではGyp層は検出されなかったが、酸性環境下では硫酸劣化が生じる前提で推察す

表—2 コアの分析結果

名称	外観観察	EPMA 点分析結果*
中-1	スケーリング	Ett
中-2	スケーリング	Ett
中-3	スケーリング	Ett
酸-1	スケーリング	Gyp 層 (3 mm 厚), Ett
酸-2	スケーリング, 補修跡	Gyp 層 (5 mm 厚), Ett
酸-3	粗骨材露出	Ett
酸-4	粗骨材露出, 補修跡	Ett
酸-5	粗骨材露出	Ett
酸-6	補修跡	Ett

* Gyp: 二水セッコウ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)Ett: エトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)

ると、補修時（酸-4, 6）に Gyp 層が取り除かれた可能性や、管内流水の影響を受け、脆弱な Gyp 層が欠損した可能性が考えられた。

各コアの断面について、EPMA により S 元素の面分析を行った結果を図-4 に示す。コンクリートの侵食速度を比較するため、図-4 から S の浸透深さを判断し、下水管路の供用年数から見掛けの侵食速度係数を算出した結果を表-3 に示す。管内流水の影響を受けることと、既往の室内実験の結果^{2), 3)}を考

表—3 コンクリートの見掛けの侵食速度係数

名称	y: 硫黄の浸透深さ (mm)	t: 供用年数 (年)	a: 見掛けの侵食速度係数 (mm/年)
中-1	3.8	78	0.05
中-2	10.5	78	0.13
中-3	8.1	53	0.15
酸-1	23.6	44	0.54
酸-2	9.6	(80)	0.12 (参考値)
酸-3	22.7	8	2.84
酸-4	3.3	(21)	0.16 (参考値)
酸-5	22.1	35	0.63
酸-6	23.9	(12)	1.99 (参考値)

註) 侵食速度は時間に比例すると仮定した ($y = at$)

慮し、浸透深さは時間に比例すると仮定した。被覆層が見られた酸-2, 4, 6（補修時期不明）は被覆層を除いて算出した結果を、参考値として示す。

中性域では典型的な硫酸塩劣化が、酸性域では典型的な硫酸劣化が生じているものと推察されるが、中性域では侵食速度は相対的に穏やかである一方、酸性域では侵食速度は相対的に大きい結果となった。室内実験の結果と同様に、pH が低く、 SO_4^{2-} 濃度が高くなるほど侵食速度が大きくなるデータが得られた。

4. おわりに

本検討の成果を以下にまとめる。

- (1) 下水管路内表面の水分の pH は、中性から強酸性の範囲に広く分布し、 SO_4^{2-} 濃度は、土木学会が示す劣化環境の目安 (0.2%) 以上の環境が多く存在することが分かった。
- (2) 下水管路内の外観について、pH3 以上の環境では劣化状態が相対的に穏やかであり、pH3 以下の環境では粗骨材の露出などが見られた。
- (3) コンクリートコアの分析結果から、中性環境では、侵食速度は相対的に穏やかである一方、酸性環境では侵食速度が大きい結果が得られた。中性域では典型的な硫酸塩劣化、酸性域では典型的な硫酸劣化が生じているものと推察された。

今後も検討を継続し、下水管路内表面の水分分析に着目した下水管路の維持管理手法を提案したいと考えている。

謝 辞

本研究は、大阪市建設局と筆者らとの共同研究「大阪市下水道管路施設を対象とした劣化予測手法の研究」の一環として実施したものである。大阪市建設局

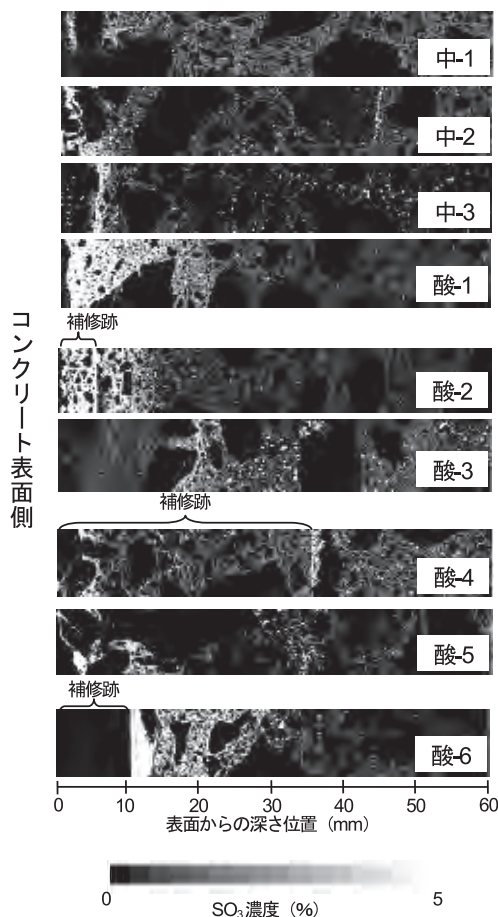


図-4 EPMA による硫黄の面分析結果

の関係者各位には、多大なるご協力と貴重なご意見を頂戴した。ここに記して感謝の意を表する。

JCM A

《参考文献》

- 1) 田崎和江, 野中資博, 森忠洋, 野田修司: 微生物腐食を受けたコンクリートの鉱物学的研究 (2) モルタルの微生物腐食実験, 粘土科学, Vol.30, No.3, pp.178-186, 1990.
- 2) 吉田夏樹, 中山健一: H_2SO_4 および Na_2SO_4 の作用によるコンクリートの化学的侵食, 土木学会論文集 E2, Vol.71, No.2, pp.97-106, 2015.4.
- 3) 吉田夏樹, 中山健一: 硫酸および硫酸塩によるコンクリートの化学的侵食に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.715-720, 2013.
- 4) 吉田夏樹, 中山健一, 山中明彦, 鎌田敏郎: 表面水の成分に基づく下水管路の劣化機構に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.777-782, 2016.
- 5) 吉田夏樹, 中山健一, 山中明彦, 鎌田敏郎: コンクリート製下水管路の化学的侵食に及ぼす表面水成分の影響, 第53回下水道研究発表会講演集, pp.755-757, 2016.

【筆者紹介】

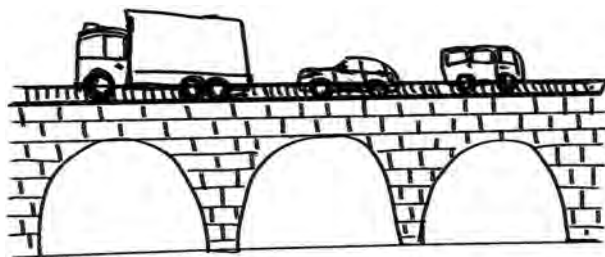
吉田 夏樹 (よしだ なつき)
(一財) 日本建築総合試験所
試験研究センター 材料部 材料試験室
室長代理 博士 (工学)



山中 明彦 (やまなか あきひこ)
パシフィックコンサルタンツ(株)
大阪本社 環境創造事業部 水事業推進室
技術部長兼室長



鎌田 敏郎 (かまだ としろう)
大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻
教授 博士 (工学)





繊維強化プラスチックの非破壊試験

水 谷 義 弘

繊維強化プラスチックの非破壊試験について、機械分野の視点から紹介した。繊維強化プラスチックは金属材料と比較して複雑な損傷モードを示し、また、非破壊試験で見つけるべき損傷モードとその規模が、材料の破壊強度則と結びつけられていないと述べた。繊維強化プラスチックは繊維で強化されたプラスチックであるが、鉄筋で強化されたコンクリートである鉄筋コンクリートと非破壊試験、構造健全性の考え方に類似点がある可能性があることを指摘した。

キーワード：繊維強化プラスチック、非破壊試験、超音波探傷試験、渦電流探傷試験、鉄筋コンクリート

1. はじめに

本特集号は約2年ぶりのコンクリート特集とうかがっている。その貴重な特集号の「交流のひろば」にコンクリートとは別材料である繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastic：FRP）をとりあげて頂いたことに感謝する。

繊維強化プラスチックとは、読んで字のごとく繊維で強化されたプラスチックであるが、一般に強化繊維として炭素繊維もしくはガラス繊維が用いられている。強化繊維には長繊維が用いられる場合と、短繊維が用いられる場合があるが、本稿では長繊維で強化されたプラスチックの非破壊試験についてとりあげる。先ほど、コンクリートと繊維強化プラスチックは別材料と述べたが、例えば鉄筋コンクリートは鉄筋で強化されたコンクリートであり、繊維で強化されたプラスチックと健全性評価の考え方、非破壊試験の考え方において、共通事項もあると考えている。最近では、繊維強化プラスチックがコンクリート構造の補強に使用される場合もあり、繊維強化プラスチックについて詳しい読者もいると思うが、筆者はコンクリートについて門外漢のため、本稿では主に機械の分野で使用されている繊維強化プラスチックの非破壊試験について取り上げる。しかし前述したとおり、両材料には共通点があると考えられ、本記事が機械分野の繊維強化プラスチックに関連する技術者とインフラ分野のコンクリートを扱っている技術者が交流をはじめるきっかけとなれば幸いである。

2. 非破壊試験の観点からみた繊維強化プラスチック

(1) 金属材料との比較

繊維強化プラスチックは当初、宇宙機や航空機の分野においてアルミ合金等の金属材料の代替材料として使用されはじめた。このような背景のために、繊維強化プラスチックは、金属材料と比較して議論されることが多い。本章では繊維強化プラスチックの機械的／電氣的異方性と複雑な破壊モードが非破壊試験に及ぼす影響を金属材料と比較しながら議論してみる。

(2) 材料の異方性

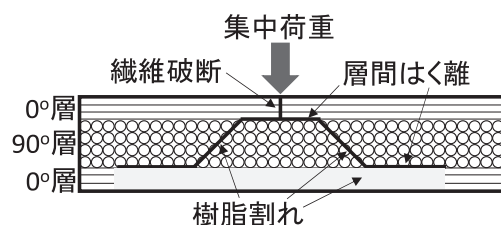
繊維強化プラスチックは繊維の方向と直交方向とで強度と弾性率が、大きく異なる材料である。また、強化繊維として炭素繊維が用いられる場合には、炭素が導電性材料であることから、電氣的にも異方性を持った材料となる。一方、金属材料は数10～数100 μm の結晶粒で構成された材料であり、それぞれの結晶粒は方向性を持っている。しかしながら、この結晶粒の大きさに対し、検出すべき欠陥は数mm～数十mmの大きさになることが多い。非破壊試験では検査に使用する超音波（弾性波）、渦電流の条件は、検出すべき欠陥寸法にあわせて調整するが、その条件では金属材料は機械的、電氣的に等方性として扱える場合がほとんどである。繊維強化プラスチックの場合には、材料の異方性が検査に影響する場合が多く、例えば超音波探傷試験では異方性の影響を受け難い方向から超音波を送受信することが多い。炭素繊維強化プラスチック

クの渦電流探傷では、電流経路が炭素繊維の方向によって大きく変化するため、金属材料に使用されている渦電流探傷試験装置をそのまま適用できる場合は少なく、研究段階のことが多い。

鉄筋コンクリートは炭素繊維強化プラスチックと同じように、非導電性材料であるコンクリートと導電性材料である鉄筋からなる複合材料である。機械的・電氣的異方性を有する材料であることから、繊維強化プラスチックと同様の課題があると考えている。

(3) 破壊モードと破損強度則¹⁾

金属材料製の機械や構造で見つけるべき欠陥のサイズは材料力学や破壊力学と関連づけられて決定されることが多い。材料力学では応力基準で破壊が議論される。材料に作用している力を、欠陥部分を除いた実断面積で除した実断面応力が基準強度を超えると材料が破壊すると考える。実断面応力は欠陥寸法の関数となるため、非破壊検査で見つけるべき欠陥寸法と関連付けられる。一方、破壊力学では、応力拡大係数が材料の破壊靱性を超えると破壊すると考える。応力拡大係数 K は応力 σ のとき裂寸法 a の平方根の積の関数となっており、このとき裂寸法 a が検査で見つけるべき欠陥寸法と結びついている。



図一 集中荷重によりクロスプライ炭素繊維強化プラスチックに発生する損傷の例

一方、繊維強化プラスチックの破壊は金属材料と比較するとかなり複雑である。例えば図一はクロスプライ炭素繊維強化プラスチックが集中荷重により損傷する例である。クロスプライとは積層構成を現しており、繊維の方向が直交（クロス）するように積層（プライ）した材料であり、図の例では表裏面の繊維と中央の繊維の方向が直交している。集中荷重の作用点では強化繊維が破断し、積層方向が変化する層間では層間にはく離が生じる。また、繊維を切断しない方向には樹脂割れが生じる。繊維強化プラスチックは金属材料とは異なり、様々な破壊モードがあることがわかる。繊維強化プラスチック製の構造の破壊を考える場合、これらの破壊モードを考慮する必要があるが、例えば、Tsai-Wu 則、Hashin 則などの破損強度則があるが、

金属材料のように非破壊検査で検出すべき欠陥寸法と直接的には結び付けられていない。ただし、層間にはく離については、はく離の大きさと圧縮強度、曲げ強度の低下量を関係づけるデータが蓄積されていることがあり、検査で検出すべきはく離の大きさを決定する際に参考にされている。

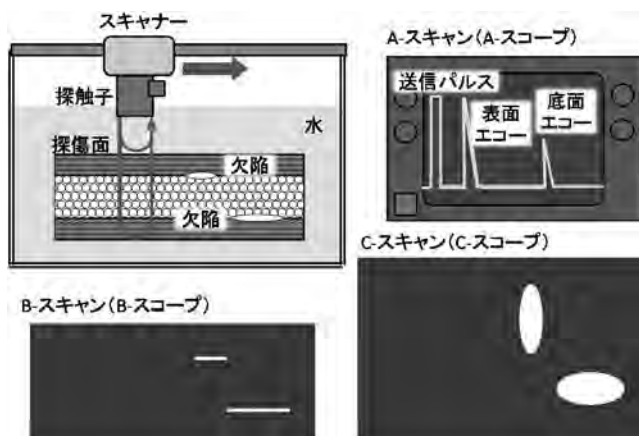
一方、繊維強化プラスチックの破壊強度にもっとも影響すると考えられる繊維破断については確立した非破壊検査法がないのが現状である。今後は繊維強化プラスチックで発生する破壊の損傷モードと破壊則が、非破壊検査で検出すべき損傷モードとその寸法とを直接的に関連づける考え方とそれをベースとした非破壊試験の方法の確立が必要だと考えている。

鉄筋コンクリートのも繊維強化プラスチックと同様、複雑な損傷モードを有し、構造の破壊則も単純ではないと考える。例えば、コンクリート構造に複数のひびが入ったからといってすぐに構造の強度が低下するわけではない（雨水等が浸入して鉄筋が腐食するという問題は除く）。構造の健全性と非破壊試験をどのように結びつけるのかについて、機会があればコンクリート構造の技術者と一緒に議論してみたいと考えている。

3. 非破壊試験の例

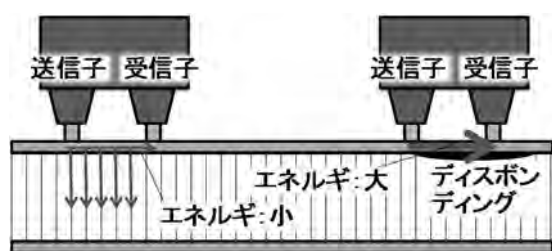
(1) 超音波探傷試験 (UT)²⁾

超音波は指向性が強く、材料に入射するとほとんど拡がらずに直進するが、欠陥が存在すると反射する。水浸式の超音波探傷試験で先に述べた層間にはく離を検出するには、図一2（左上）のように探傷面上に設置した超音波探触子で板厚方向に超音波を発信し、底面もしくははく離から反射してきた超音波を受信する（パルスエコー法）。図（右上）に示した A スコープ画像ではく離で反射して戻ってきたエコー（きずエコー）の有無を観察することによって欠陥を検出し、また、きずエコーの到達時刻から欠陥深さを推定する。探傷の際には超音波探触子を探傷面上で走査するが、その際に探触子の位置を記録しながら探傷することで、C スキャン画像（図右下）、B スキャン画像（図左下）を構築することもできる。C スキャン画像は試験片を上から透視した画像で、放射線透過試験の画像と似ている。B スキャン画像は、試験片断面の情報を表しており、欠陥の試験片厚さ方向の情報を得ることができる。この方法でははく離を検出できるが、その他の損傷モード（例えば繊維破断）を検出することは難しい。



図—2 超音波探傷試験の原理

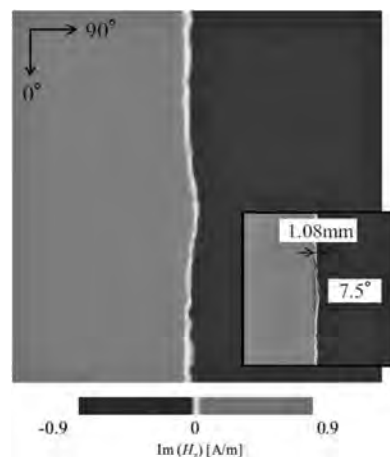
図—3に示すような繊維強化プラスチック板（スキン材）の間にハニカムコアを挟んだハニカム構造におけるスキン材とコア材のはく離（ディボンディング）の検査には、ボンドテスターが用いられている。図に示したとおり、送信子から送信した音波の伝播経路はコア材とスキン材の接着状態により変わり、受信子で受信する音波のエネルギーも接着状態により変化することから、これを利用して検査する。



図—3 ボンドテスターの原理

(2) 渦電流探傷試験^{3), 4)}

炭素繊維強化プラスチックは導電性材料であり、渦電流探傷法の適用が試みられている。炭素繊維強化プラスチックは電氣的異方性を有し、探傷の際にはこれを考慮する必要がある。層間のはく離の検出の他、図—4に示すように繊維うねりの検出に関する研究が行われており、一部商品化されているものもある。これは炭素繊維の導電性をうまく利用した試験法となっている。

図—4 面内繊維うねりの可視化例³⁾

4. おわりに

繊維強化プラスチックの非破壊試験について紹介した。繊維強化プラスチックは金属材料と比較して複雑な損傷モードを示し、また、非破壊試験で見つけるべき損傷モードとその規模が、材料の破壊強度則と結びつけられていないところがあると述べた。鉄筋コンクリートは繊維強化プラスチックと類似していることが多いと考えられるため、機会があれば一緒に議論ができる交流の場が設けられればと考えている。

JICMA

《参考文献》

- 1) 轟章, 水谷義弘, 他 11 名, 強化プラスチック協会編, 基礎からわかる FRP, コロナ社 (2016)
- 2) 松嶋正道, 山口康弘, 高橋雅和 他, 特集 複合材料の各種非破壊評価法, 非破壊検査, Vol.60, No.9, (2011), pp.513-545.
- 3) K. Mizukami, Y. Mizutani, K. Kimura, A. Sato, A. Todoroki, Y. Suzuki and Y. Nakamura, Visualization and Size Estimation of Fiber Waviness in Multidirectional CFRP Laminates Using Eddy Current Imaging, Composites: Part A, Vol. 90, (2016), pp.261-270.
- 4) H. Heuer, M. H. Schulze and N. Meyendorf, Eddy current techniques, Non-Destructive Evaluation of Polymer Matrix Composites, Woodhead publishing, (2013), pp. 33-55.

〔筆者紹介〕

水谷 義弘 (みづたに よしひろ)
東京工業大学
工学院機械系





「CAT Our Common Values」の話

廣瀬正典



はじめに

私は、今から半世紀以上の前になる1961年に、当時の新三菱重工（現三菱重工）の名古屋航空機製作所に入社しました。

以来36年間航空機やロケットなどの生産に携わり、1997年に相模原製作所に異動となり、フォークリフトやターボチャージャー、ディーゼルエンジンなど、地上で活躍する製品の事業に携わり、2001年に三菱重工とキャタピラー社（以下CAT）の合弁会社新キャタピラー三菱に赴任しました。

正に、空から地上に舞い降りて、最後には地中の中に潜り込むという会社人生を送りました。

航空機やロケットの事業では、ロッキード社やボーイング社、またヘリコプターではシコルスキー社など多くの米国企業と関係し、また三菱重工が自社開発、製造、販売したビジネス機の事業では、テキサス州の工場に約5年間勤務、多くの米国の人たちと密接な交流をしました。思い返すと多くの出来事が走馬灯のように思い出されます。

本誌は建設機械の施工に関する機関誌ですので、1997年に赴任した相模原製作所以後に深く関係しましたCATに関する思い出を以下に書かせていただきたいと思います。

初めてのCAT訪問で感動！

1997年に異動になった相模原製作所では、フォークリフト事業でCATと合弁会社を持っており、また建設機械でも合弁会社での事業をしていましたので、最も重要な提携先でありました。そこで早速CATに表敬訪問に出かけました。

CATの本社でCEO以下幹部の皆様にご挨拶した後、CATの主力工場であるイースト・ペオリア工場を訪問しました。

CATの副社長で、工場長のジム・デスペインさんが直々に出迎え、自ら工場の中を丁寧に案内してくれました。

まず、玄関ホールで驚きました。壁一面に社員の皆

様の顔写真が実に美しいアレンジで貼りだされていました。近づいて見てみますと、皆さんにこやかな笑顔、社員全員が出迎えてくれたように思い、大変嬉しい気持ちになりました。

そして、次に驚き感動しましたのは、「Our Common Values」が壁に貼りだされていたことです。その主な「Values」は、「Trust」、「Mutual Respect」をベースにして「Team Work」、「Empowerment」、「Risk Taking」、「Sense of Urgency」の上に「Continuous Improvement」、「Commitment」があり、それらを総合して「Customer Satisfaction」が得られるというものです。

人として持つべき価値観が分かり易い解説付きで掲示されており、このような価値観の啓示は日本で、また米国でも見たことがありませんでしたので、大変感動した次第です。

次に感動しましたのは、工場長のデスペインさんが工場案内の途中、現場の作業者の人たちと挨拶し、言葉をかけあって案内してくれたこと、さらに、社員食堂での昼食時も、社員の人たちが気楽にデスペインさんに話しかけていたことです。

CATの文化に直接触れた感動の工場見学となりました。

「Our Common Values」を設定した経緯

デスペインさんがどのような背景や経緯で「Our Common Values」を設定したのか、デスペインさんは退職後、「…And Dignity for All」と題する自分史を書かれていますので、それをベースにその経緯を書いてみます。

彼は、1937年イリノイ州の炭鉱町の貧しい家に生まれ、20歳の時、高卒の学歴でCATのイーストペオリア工場に入社、最初の仕事は工場の清掃係でした。彼は全力でその仕事をし、その態度が認められて機械加工作業者になりました。そこでも熱心に仕事に取り組み、マネジメントレベルに登用されるためのプログラムを受講しました。そしてスーパーバイザーに昇格し、1960年後半にマネージャーになりました。

1974年37歳の時に、三菱重工とCATの合併会社キャタピラー三菱の生産担当常務として来日し、6年間勤務しました。

彼からも直接聞きましたが、日本での勤務で、社員の人たちの相互信頼の下で進められた「カイゼン活動」など、この「Common Values」の基本を学ぶことができたと言っていました。6年間の勤務を終えて、工場を出る最後の時、門までの道に社員の皆さんが両側に並んで見送ってくれたのは予想もしていなかったことで、大変感動したとこの本に書かれています。

その後、彼は、メキシコの新工場を責任者となって建設し、同社の社長として8年間勤務しました。

彼はこの新しいメキシコの工場で、日本で学んだ経営スキルを活かして、平均年齢21歳の若い社員に、お互いに協力して働くことの大切さ、「Team Work」を徹底しました。

製品の品質は、CATの他の工場よりも優れたレベルに成長させました。

彼は、1990年53歳の時に、最初は掃除係として勤務したイーストペオリアに工場長として戻ってきました。

1990年代前半、CATは経営状況が厳しく、赤字に陥ることがありました。イーストペオリア工場もストライキが発生するなど、人心が荒れた状態にあり、デスペインさんは、工場を変革することを決意しました。そして、そのためには、まず自らが変革しなければならないと考え、社員の皆さんの意見を直接聞くことから始めました。

社員の皆さんとの話し合い、討議の中からこの「Our Common Values」が生まれたのです。

この「Our Common Values」は、その後CATの他の工場や販売会社にも広がりました。私が2001年新キャタピラー三菱に赴任しました時、ここはまだ

「Our Common Values」を設定していなかったもので、早速社員の皆様と話し合っ、当社にふさわしい「共通価値観」を設定しました。

この「Our Common Values」は、CATが全世界で事業展開するための非常に重要な基盤になったと思います。

おわりに

今や事業環境は益々グローバル化し、生まれた国や文化や価値観が異なり、また学歴や経験などの異なる人たちと力を合わせて仕事をする時代になっています。

私は、36年間の航空宇宙事業、またその後の建設機械事業で、多くの国々の人たちと交流いたしました。

この「Common Values」というものは、関係する人たちの思いや力を合わせていくためには、非常に大切なものではないかと思っています。

最後にデスペインさんの本に書かれている「Our Common Values」の図を転載しておきます。



——ひろせ まさのり 元新キャタピラー三菱社長——

ずいそう

水に浮かぶ建設機械 《作業船》 あれこれ

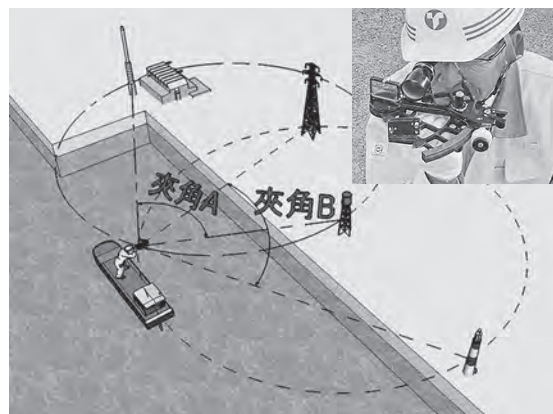
杉 森 厚



土木業界に身を投じて 35 年になるが、漫然と過ごしてしまったために、特に建設機械については本誌に投稿するほどの知識を持ち合わせていない。しかし、せっかく寄稿の機会を頂いたので、筆者が携わることの多かった水域工事に使用される作業船について、主に旧式の機種を中心に紹介するとともに、若干の体験談を加えさせていただくこととする。

(1) ポンプ式浚渫船 (写真—1)

海底を掘り下げる浚渫船の一種であり、カッター(攪拌ばね)にて巻き上げた土砂を強力なサンドポンプにより吸い上げ、陸上まで送泥する機構を持つ。筆者は新入社員当時、このポンプ浚渫の現場に配属された。当時、ポンプ浚渫船は社有作業船の主力であり、会社の利益の大半を稼ぎ出していたことから、その船長と言え、恐いものが無いと言われていたので、乗組員にとっても新入社員などはゴミ以下であったのだろう。“キョウカクとってこいっ!”と言われてオロオロしていると“そこのセキス持ってはよ行ってこいっ!”とさらに怒鳴られ、スパッド櫓のタラップを駆け登ったものである。“キョウカク”とは夾角すなわち二点間の水平角、“セキス”というのはセキスタント、六分儀のことである(図—1)。現在ではGNSSを用いた船位計測システムが一般的になり、モニターに自船の位置がリアルタイムに表示されるが、当時は“円座標”という手法が用いられていた。これは基準点2点と、これらを通る円弧上にある任意の点との内角は同じ角度となるという原理を応用したもので、適



図—1 セキスタントと円座標

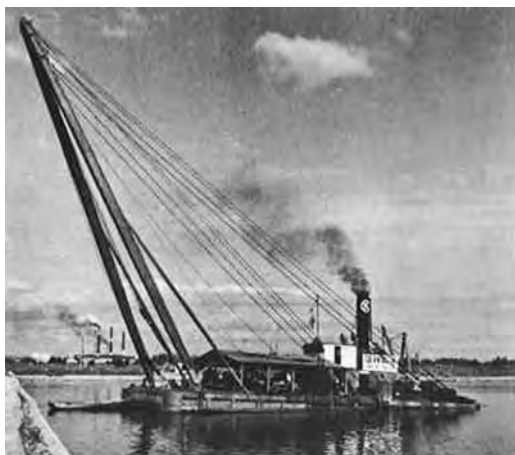
当な基準点が3～4点あれば、その夾角を測定することにより、自分の位置が判るというものである。この際用いられるのが、六分儀であり、元々は外洋航海中に太陽、星等の高度を測定して自船の位置を割り出す天測航法のための測量機器であった。トランシットに比べて精度は多少劣るものの、手持ちで使うことができ、揺れる船上でも測定可能であることから、作業船の位置測定に多用されていた。特に、昼夜運転を行うポンプ浚渫船では、基準点に回転灯を点灯させたり、航空障害灯で視認が可能な工場煙突などを利用して、夜間でも容易に測定を行うことができる。レトロなアナログ測量の代表格であるが、熟練者が行えば、十分な精度を得ることができた。

(2) 起重機船 (写真—2)

今ではトラッククレーンのように、ジブと一体となった旋回体を持つ 350 t 吊りクラスの全旋回式起重機船などが当たり前になっており、吊り荷位置の調整も旋回とジブの起伏で簡単にできる。しかし、以前はジブが船体と一体となっている固定式が主流であった。この方式は旋回体を持たないので、吊り荷位置の調整は起重機船自体が動かなければならず、微調整が非常に難しい。またその動力も、古い起重機船では蒸気式というものもあり、朝、皆が集合してからボイラーに火を入れ、お湯が沸くまで待つてようやく作業が開始できる。なんとも悠長な、時間の流れの遅い、古き良き時代を偲ばせてくれる作業船であった。



写真—1 ポンプ式浚渫船



写真一2 起重機船（固定式）



写真一4 杭打船

(3) フローティングドック（略してFD、写真一3）

浮かんだ造船所とでもいうべきこの作業船は、防波堤などの本体に用いられるケーソン（一般的にはコンクリート製の函体）を作るために用いられる。ケーソンが完成すると、FDを水深の深い沖合に引き出し、船体内にバラスト水を注水して沈降させる。甲板の沈降深さが吃水ラインを超えるとケーソンは浮上するので、曳船により引き出し、防波堤の据え付け現場まで曳航する。ケーソンを降したFDは船体内のバラスト水を排水して浮上させ、次のケーソンを製作すべく係留岸壁に戻る。猛暑の数か月間、汗水を流してようやく完成したケーソンがあつという間にFDの甲板から姿を消し、次のケーソン製作をまた一から始めなければならない。達成感と喪失感を同時に感じた、“ペーパー”時代のほろ苦い思い出である。



写真一3 フローティングドックと完成したケーソン

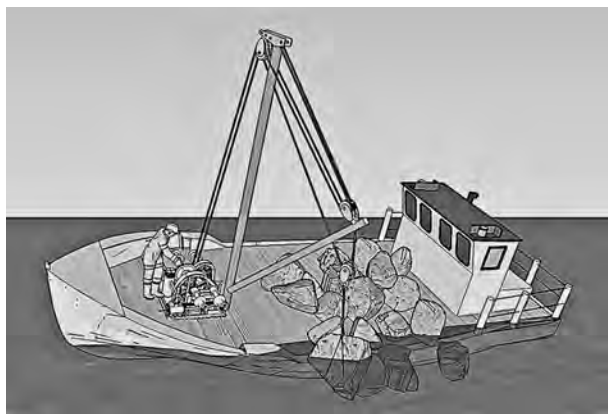
(4) 杭打船（写真一4）

文字通り、構造物の基礎杭を海上から打つための作業船である。最近では全旋回式のクレーンにリーダー（杭打ち用のガイド定規）がセットされ、クレーン操作だけで任意の位置に正確に杭を打ち込むことができ

る。また、斜杭であっても容易に正確な角度に設定することが可能である。しかし、以前は船体に固定した櫓にリーダーが取り付けられていたため、前述の固定式起重機船と同様、杭の偏心量規格値10 cmの精度で巨大な杭打船自体を移動調整しなければならない。測量誘導員と操船員の間には、“あうん”の呼吸と経験が求められる、いわゆる職人芸の世界であった。また現在の杭打ち工法は、掘削を併用して騒音や振動を発生させない中掘り方式や、打撃力の優れた新型の油圧ハンマーなどが多用されているが、以前、杭打ちと言えばディーゼルハンマーが主流であった。これは単気筒のディーゼルエンジンともいべきもので、ラム（ピストン）の落下エネルギーに加えて、燃料油混合気の爆発によるエネルギーを利用し、杭を打ち込むハンマーである。1960～70年代の邦画に登場する工事現場から聞こえる、高度成長期の槌音ともいべき“スコーン”という独特な杭打ち音はこのディーゼルハンマーのものである。しかしこのハンマー、油煙が出るのが難点であり、杭打船の周囲にはオイルフェンスを常備しなければならない。また、ハンマーの近くにいると作業服はもとより顔や手も油まみれとなり、3日もすると肌に油が沈着し、風呂に入ると湯船に油膜が浮くようになる。今ではほとんど見ることも無くなったが、ノスタルジーを感じさせる建設機械の一つと言えよう。

(5) 石材運搬船（図一2）

防波堤などの基礎として捨石が多用されるが、こういった石材は採石山より切り出した後、岸壁で運搬船に積み込み、現地まで海上を運搬して投入する。これにはグラブ付き自航運搬船（砂利運搬船、ガット船とも称される）が使用され、1回で1,000 m³以上の石材を運搬することができる。この石材運搬および投入作



図一 2 テント船（石材運搬船）

業に、以前は通称テント船という小型船が使われていた。“テント”とは“転倒”の意であり、読んで字のごとく、船体を転倒する寸前まで傾けて甲板に積んだほんの数十 m^3 の石材をずり落として海中に投入するという、なんとも荒っぽい作業船である。山田洋次監

督の「故郷」という映画にも登場するので、興味のある方はご覧いただきたい。

以上、筆者が従事した工事で稼働した数種類の作業船を紹介したが、これ以外にもいろいろな用途に用いられるものがある。最近では陸上機械と同様に、ICT を応用した作業船が主流となりつつあり、目視できない水中での施工精度も向上している。また以前に比べて、大型で能力の高い作業船が建造され、施工の効率化、工程短縮に一役買っている。こういった作業船が稼働する場所は、市街地から外れた港湾や海上であるので、一般の人が目にする機会は少ないが、国土の水際線を守るため、日夜活躍していることを報告して、本稿の締めとしたい。

——すぎもり あつし 東洋建設(株)三重営業所長——



JCMA 報告

i-Construction 施工による生産性向上推進本部 活動報告

(一社) 日本建設機械施工協会

i-Construction 施工による生産性向上推進本部 事務局

1. はじめに

平成 27 年 11 月に国土交通大臣が、「建設現場の生産性向上」を目指した「i-Construction」の推進を発表してから 3 年目に入った。発表の翌平成 28 年 4 月には「i-Construction」のうちトップランナーとして、ICT を全面的に活用した土工の施工（ICT 土工）の導入を可能とするための 15 の関係基準類について制定・改訂が行われると共に、国土交通省直轄事業において ICT 活用を求めた試行工事が続々と始められた。

さらに平成 29 年 4 月には、試行工事で得られた課題に対する「カイゼン」の取り組みが提示されるとともに、ICT 施工の工種拡大として「ICT 舗装工」への対応等 30 に及ぶ基準類について制定・改訂が行われ、平成 30 年以降も同様に臨機な「カイゼン」が継続されていくと期待されている。

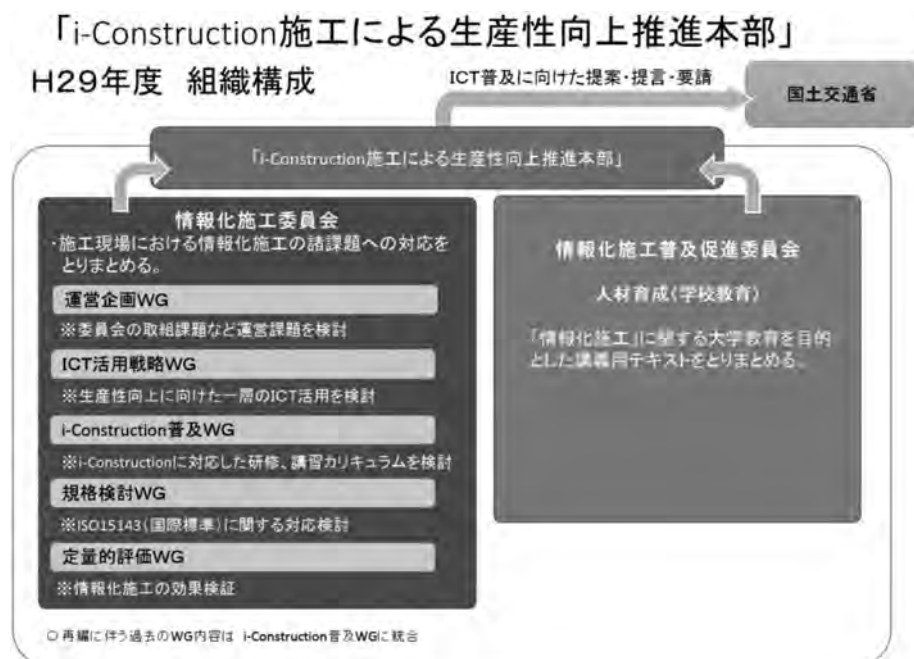
「i-Construction」に関しては多くの関心が寄せられており、前述した施策の内容についても周知のところである。しかし、これまで ICT を具体的な施工で取

扱うことはまれであり、様々な地域で ICT そのものの紹介から適用方法に関する講習が必要とされている。また、実現場で活用することによって初めて明らかになる様々な課題については発注・監督する立場での視点だけでなく、施工する立場においても迅速に把握し「カイゼン」へつなげることが ICT 施工の普及活動に関して不可欠である。

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下 JCMA）では、平成 13 年より情報化施工に関わる委員会・ワーキンググループ（以下 WG）活動に鋭意取り組んできた。先の「i-Construction」における ICT 施工の取組が発表されたことを受けて、これまでの活動を i-Construction（ICT 施工）の普及および改善に資するべく体制を強化し継続してきたので以下にその概要を紹介する。

2. i-Construction 施工による生産性向上推進本部の設置

前述したように、JCMA では調査・設計・施工・



図一 1 推進本部の構成

維持管理の建設生産プロセスのうち「施工」に注目し、ICTと各プロセスから得られる電子情報を利活用して高効率・高精度な施工を実現する「情報化施工」の推進に取り組んできた。

発表された「i-Construction」の柱の一つである「ICTの全面的な活用」では、これまで「情報化施工」として「施工」のなかでも部分的な活用であったものが、起工測量から完成検査まで全面的な活用をめざすこととして活用範囲の拡大が掲げられた。これまで以上にICTを活用した施工に関連する会員が増大し、そこで起こる各種課題へ対応することが必要となっている。そこで「ICTの全面的な活用」に対応した施工～i-Construction 施工～の推進に取り組むべく、平成28年3月末「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」を設置し、ICTを活用した施工に関して「技術を提供する立場」、「施工する立場」から関係機関に必要な提言等を行うとともに、i-Constructionで求められるICTの活用に対応できる人材育成や利用促進に関する情報発信、広報活動等を始めた（図—1）。

「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」の下で活動する委員会は2つ、「情報化施工普及促進委員会」と「情報化施工委員会」がある。

3. 委員会活動

「情報化施工普及促進委員会」では、入職前の大学教育段階で「情報化施工」に関する知識を修得した学生を一人でも多く輩出することで、建設生産現場でのスムーズなICT活用に寄与できると考え、学識者の指導を受け大学教育に使うことを目指した講義用テキストやプレゼンテーションスライド・動画などの講習ツールを作成する活動を行っておりH30年度にテキストの印刷、出版を行う予定である。

「情報化施工委員会」は平成13年より活動を行ってきたが、「i-Construction」の政策動向を受けてより積極的な活動を行うため、委員会内のワーキンググループ（以下WG）を見直した。これまでの活動も継続する一方で、一定の成果を得たWGを解散し、新たに活動を開始したWGもある。

委員会およびWGには、それぞれに希望する会員が参加してきたが特に新たな活動を開始したWGについては、その都度会員に対して積極的に参加を募り「ICTの全面的な活用」へ向けて加速的に取り組むこととした。

(1) ICT 活用戦略 WG

「ICT活用戦略WG」は、今回新たに設置したWGである。ここでは、「ICTの全面的な活用」にむけて現行のICT施工をより望ましい形で発展させるべく、会員それぞれの立場での課題把握を行っている。そこで集められた課題は、上位の委員会・推進本部会議においてさらに精査し、国土交通省に提案・提言・要請として提出することとしている。

平成29年7月31日に開催された国土交通省「第5回ICT導入協議会」では、6つの課題と要望を報告した（図—2）。

「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」提言内容

本推進本部では、建設生産性の向上と施工品質の確保にむけて以下の提言をいたします

課題 現在のICT施工では、施工段階に2次元から3次元へ「設計データの変換」が行われている。これは3次元設計データの入手に手間がかかることになり、経験の少ない施工者の場合はより顕著である。

・測量設計の段階でUAVやIS等を用いた現況計測を行い、手取りのない設計とされることが重要であり、測量設計・計画の段階でICT活用を推進していただきたい。

・測量設計の段階で作成される「中心線形」や「標準断面」などの基礎的な設計データについても、現状では設計図書から読み取っている。完成出来形に關わる基礎的諸数値については、3次元の電子データでの提供を推進していただきたい。

課題 地方自治体への普及拡大を進めるにあたり、発注者のメリットとして業務負担の軽減など、生産性向上につながる仕組みを合わせて示す必要がある。

・ICT施工の実施件数が増え、発注者の効果事例について積極的に公表していただきたい。

・ICT施工の試行工事において、発注者の生産性向上につながる取組が試行し制度化されることを要望します。

※ 施工履歴や進捗のデータにトレーサビリティがあることを踏まえ、発注者の立会を無くす遠隔での確認など監督行為や検査の効率化の検討をお願いしたい。

課題 現在のICT施工では土工が主体であり、周辺の付帯構造物については従来の管理が必須である。ICTを用いた施工管理手法（メリット）が生かされ切れない。また、電子化のメリットを活かす業務の仕組みが必要である。

・工事全体を通じた効率化が必要であり、ICT工とトンネルや橋梁等と連続した施工・管理・監督・検査による効率化に取り組むことが必要です。

・ICT工においても工事全体を俯瞰し、人力土工、付帯構造物設置など小規模工事へもUAVやIS等を活用した「ICT施工の導入」や効率的な監督・検査手法が必要です。

・監督、検査の業務フローについても、ICT・通信インフラを活用した遠隔地での確認行為や、電子の確認による紙面作成の省略などICTの活用を促進できるように関係基準の改定を要望します。

課題 ICTを用いた施工技術を開発するには、多様な取組や期間を要する。しかし標準的な積算基準や経費計上で処理される現在の積算・契約方法では、技術開発に投資をしても報われない。

持続的な技術開発を可能とする多様な工事発注形態の拡充と推進を要望する。

・技術提案・交渉方式
・総合評価方式・新技術導入促進 I・II型 等

試行として各地方で行う工事については、担い手育成としても適切な経費の計上を行っていただきたい。

○ICT工の割合が小さくなると経費負担の増加等が懸念される事例

1. ICT算機の短期活用では実勢経費が試算と乖離し増加する。

2. ICT施工に精通した人員が限られているため分業配置や応援要員など増員が必要となり経費が増加する。

3. 機器やソフトウェアの更新スピードが早く、初期投資の回収が困難となる。

○経費負担の実情が課題となる事例

4. 2D設計の3D化や3D計測に關わる経費の計上基準が明確でない。

5. MC/バックホウとMG/バックホウでは構造・機能のレベルが異なるため、活用された機械に見合った経費を計上。

課題 普及に向けて、ICTの活用による安全性の向上についてもより積極的に公表する。

・ICTの活用により施工時のみならず準備段階からも安全に寄与することが期待される。

・建設生産活動で旧3Kを払拭し、新3Kの実現に向け重要な視点であり、ICTの安全への効果を総合的に公表していただきたい。

課題 建設産業の各業種におけるi-Constructionの波及効果への配慮

・新3Kに向けて、建設業・建設関連業を構成する業種の中では、i-Constructionにより事業規模が変化していくものがある。イノベーションによる業種の変化は避けられないものであるが、急激な変化には追いつけない部分があり、各々の業種においても希望の持てる取組として進めていただきたい。

図—2 「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」の提言内容

これらの提言後、平成30年3月6日の国土交通省「第6回ICT導入協議会」では「H30年度より開始する事項」が示されており、関連する内容としては以下のものがある。

- ・中小企業への支援策として、ニーズに沿った3次元設計データの提供
- ・ICTに関する研修の充実（3次元データ作成実習等の充実）
- ・小規模工事でのICT施工に関する積算上の対応

また、「今後の取組」でも関連する事項として以下が示された。

- ・IoT技術等の全面活用による監督検査の合理化(高速通信の活用による遠方からの確認, 網羅的な記録によるトレーサビリティ)
- ・ICT土工と周辺工種でのシームレスな3次元データ活用
- ・施工機械の履歴データ活用(工種拡大)
- ・人力施工の改善に関する検討

今後も、ICT活用の事例が増加すると共に常に新たな課題が現れてくることが想定される。「ICT活用戦略WG」では新たな課題の把握に努めると共に、提言した内容についてもフォローアップを行い、その時点で新たに必要の提言を行っていく。

(2) i-Construction 普及 WG

「i-Construction 普及WG」は、過年度まで活動を行っていた「復興支援WG」等の活動を統合し新たに発足したWGである。「復興支援WG」では、東北の震災復興工事において「情報化施工」の未経験な施工者を対象として、情報化施工に携わる各業種の会員で構成されたWGメンバーが「情報化施工」技術の活用・普及に向けて、実施工現場で指導、支援を行ってきた。具体的には、現場に導入する「情報化施工」技術の選定・提案から始まり、技術を運用するためのデータ作成方法の教育、ICT建機の操作指導、発注側への技術説明や見学会開催など、施工者のサポートとして竣工までの期間度々現地に赴いた。「i-Construction 普及WG」では、この「復興支援WG」での活動経験を踏まえて、喫緊の課題であるICT土工に対応できる技術者の確保・育成に向けた活動を行っている。ICT土工ではその実施に当たって多分野にわたる技術に関する知識が必要であり、適切な講習会等の実施が普及に当たって重要な要素となる。

WGの重点活動として、1つにJCMAとして講習会を実施する場合、いかなる講習の場においても、一定のレベルを確保することを目標として、普遍的な説明ができる標準講習テキストの作成に取り組んでいる。ここでは先の「復興支援WG」と同様に、各業種の会員に参加を募り、ICT施工の「全体概要」から「流れと特徴点」、起工測量や面的管理に係る「各種の個別技術」など、講習の内容に合わせて内容を選択できるテキストの作成を行った。

重点活動の2つめとして、講習講師の育成がある。講習用のテキストがあったとしても、その所属企業に関わらずポイントをおさえた普遍的な説明ができる講

師の確保が不可欠である。このため、WGでは講師の任を担う予定者を対象に、上記テキストの理解度を確認すべく、内部向け理解度確認試験も行った。

この試験は一般向けの資格試験とは異なり、WG参加メンバーを対象とした講師候補者の育成が重要な目的である。そのため試験参加者は、回答後に自ら正誤確認を行い、その場で試験問題作成者と自らの回答の正誤について意見交換を行うこととした。これによりテキスト記述内容の意図や要領・基準の背景についても触れることができ、内容の理解を深めることに貢献できた。試験参加者は、平成29年末の時点で、会員企業からの参加者が370名を超えることとなり、それぞれがこの経験をきっかけとして今後講習会等での活動が期待されている(図-3)。

i-Construction 普及WG

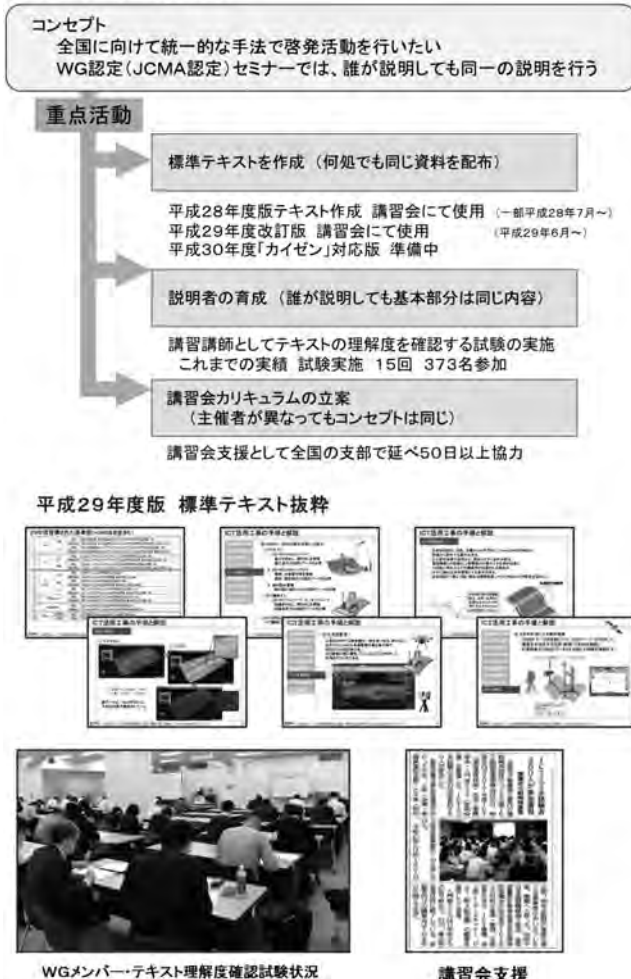


図-3 i-Construction 普及WGの活動

重点活動の3つめは、講習会のカリキュラムの提案・助言である。本部や各支部より協力を要請された講習会について、経験豊富なWGメンバーが計画段階から「講習内容(要望)」をふまえた講習項目及び必要な

時間配分」や「講習予定時間に応じた説明内容」等の提案・助言を行っている。

平成 29 年度は前述の標準講習テキストを用いて、理解度確認試験を受けた講師が担当した講習会は、北海道から九州までの JCMA 各支部（発注者側との共催講習等も含む）で実施され、50 日以上を数えることとなった。

(3) 規格検討 WG

「規格検討 WG」は、建設機械・建設施工の ICT 化により電子データの流通・利活用が求められることを想定して設置されたものであり、従来から JCMA の活動の 1 つである標準化活動と連携して活動を実施してきた。

昨年 4 月、国土交通省で盛土の締固め回数管理に関わる要領が見直された。この要領に基づく管理を実施した場合、発注者側へ提出する管理記録データ（電子

規格検討WG

- ・ 受注者から発注者へ提出される、締固め回数管理データの流通を目的とした標準データ交換仕様に関して関係者の意見交換を実施する。

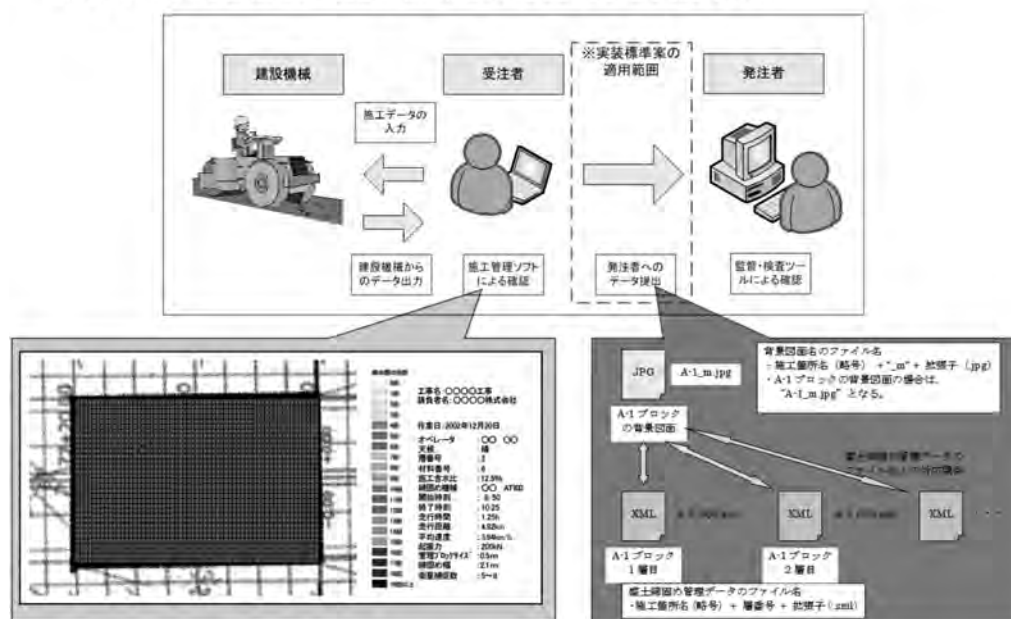


図-4 規格検討 WG の活動

定量的評価WG

- ・ 土木研究所と、実験参加を希望したWG参画5社による共同研究を実施 (H27年度～H28年度)

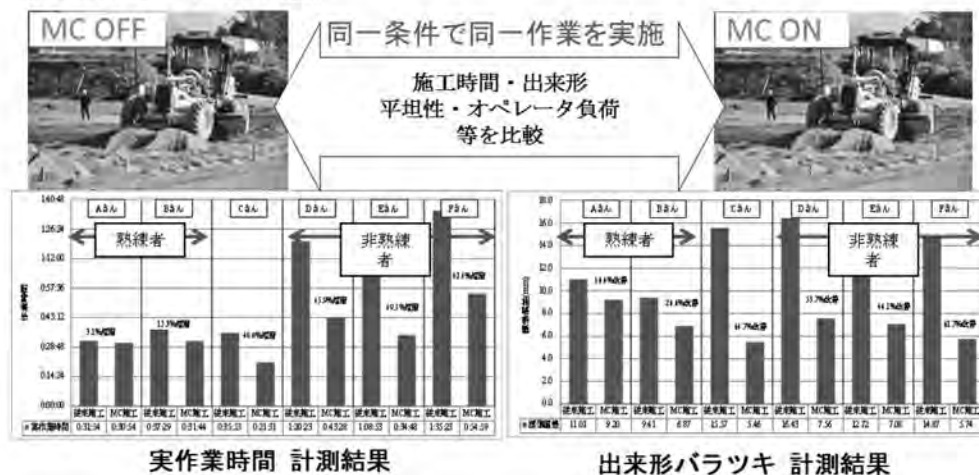


図-5 定量的評価WGの活動イメージ

データ)は、将来的にはISO15143に準拠したものにしていことが示されている。本WGでは、過去よりISO15143の原案作成に寄与してきた(国研)土木研究所の参加を頂いており、今後規定される予定の提出データの形式・要素等について議論を交わしている(図—4)。

(4) 定量的評価WG

「定量的評価WG」は、ICT施工を適用した際の具体的効果について、定量的な検証を行い、その利点を明らかにすることによりICT施工の普及に寄与することを目的として活動を行ってきた。

検証実験は、土木研究所とWG参画会員企業のうちの5社とによる共同の研究活動として実施した。検証実験にはMC(マシンコントロール)機能を搭載したモータグレーダを用いて、路盤材の敷均し作業をMC機能のON/OFF以外は同一条件で同一の作業を行い、その効果として施工時間や仕上がり、オペレータの疲労度合い等を確認した。結果については土木研究所より論文等で公表された(図—5)。

4. おわりに

JCMAが設置した「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」の活動について概要を紹介した。「i-Construction」はより良い建設生産活動を実現するために、常に進化し続けることが求められ、また大きな変革が許される取組であると考えている。推進本部では今後も活動方針として、継続して会員からの要望や課題を把握し、関係機関への提言活動をするとともに、技術者の育成などによる普及活動を行い、また進化や変革に臨機に対応するために、適宜WGの新設も行って「i-Construction」の推進に寄与していく所存である。

謝 辞

末筆ながら、推進本部活動には関係各位より多大なるご支援をいただいたことに感謝申し上げますとともに引き続きご協力をお願いいたします。

JCMA

部 会 報 告

(株)流機エンジニアリング現場見学会

機械部会 トンネル機械技術委員会

1. はじめに

機械部会のトンネル機械技術委員会では、平成 29 年度メーカー工場見学会を 2018 年 2 月 23 日に茨城県筑西市の(株)流機エンジニアリング様のつくばテクノセンターにおいて実施したので本誌に紹介します。

参加者は事務局を含め 23 名でした。

2. 見学会スケジュール： 平成 30 年 2 月 23 日（金）

9:30 JR 東京駅集合
9:45-11:45 貸切バスにてつくばテクノセンターまで移動
11:45-12:20 昼食、事務所にて着替え
12:20-12:30 (株)流機エンジニアリング社長、会長挨拶ほか
12:30-13:15 会社概要、企業方針等説明（西村社長パワーポイントにて）
13:30-15:00 工場見学
15:10-15:30 着替え、質疑応答
15:30-17:10 貸切バスにて東京駅まで移動
17:15 JR 東京駅着、解散

3. 見学場所：

- ・(株)流機エンジニアリング つくばテクノセンター
- ・住所 〒308-0114 茨城県筑西市花田 90-1



写真—1 工場写真一部（手前左の建物が説明等を受けた事務所棟）

工場の周りは梨畑などがのどかに広がる土地で、そこに一大拠点として 60,000 m² 超の敷地を有しているそうです。

4. 工場見学

(1) 事務所にてパワーポイントを使用していただきながら

- ・会社概要
- ・今後の展望
- ・安全への取り組み
- ・社長パーソナリティー紹介

などを西村社長に熱くユーモアを交えながら説明していただきました。



写真—2 説明会場



写真—3 西村社長による説明



写真—4 参加者集合写真



写真—7

少数精鋭の従業員を擁し、機械の販売、レンタルのみならず、自社での開発業務も多数手がけられていることに、一同感心しました。また社内行事が非常に多く、非常にオープンな感じがして、従業員もいきいきと働ける環境を企業トップ自らが作り出していく姿勢は非常に良いところと感じました。

(2) 屋外にて、見学

〈機器のデモ① (φ 900 ノンリークダクト 加圧無漏風検証) 見学〉



写真—5



写真—8



写真—9

〈機器のデモ② (φ 2,500 長尺風管 自動収納装置) 見学〉

施工能力：φ 2,500 mm 長尺風管 100 m を 15 分で収納。



写真—6

〈機器のデモ④ (新型集塵機 + 新型吸引ダクト (発破検知自動延伸・障害物検知自動停止) 見学〉



写真—10



写真-11

〈その他工場内設備見学〉



写真-12 集塵機フィルター洗浄機



写真-13 集塵機フィルター（新品）



写真-14 3,000 m³/分（160 kW × 4 連）ファン性能試験



写真-15 トンネルクーラー（左：クーリングタワー、右：ラジエーター）

5. 質疑応答

現地で社員の方が随行の為、各自が都度質問できたため、特になし。

6. 考察

- ・ 広大なヤードには整備中の機器も多数あり、稼働率向上が課題（西村社長）
- ・ 現場の整理整頓が行き届いていて、安全看板もそつがなく、きれいな工場と感じた

7. 謝辞

今回の案内をして頂いた㈱流機エンジニアリング様には、当委員会見学を快くお受け頂き、感謝申し上げます。会長、社長をはじめ、工場にお勤めの皆様も忙しい中、デモ等にご協力いただきまして、ありがとうございました。社員様総出の送迎も痛み入りました。

J C M A

【筆者紹介】

岩野 健（いわの たけし）

清水建設㈱

土木技術本部 開発機械部

課長、技術士、

（一社）日本建設機械施工協会

機械部会 トンネル機械技術委員会

委員長



部 会 報 告

高速 1 号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新工事 現場見学会

建設業部会

1. はじめに

建設業部会主催の機電技術者の若手現場見学会が2月26日に、1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新工事の現場において実施されたので紹介する。参加者は、事務局を含め25名であった。

2. 工事概要

羽田線の東品川栈橋・鮫洲埋立部は昭和38（1963）年の開通から50年以上が経過している。日々、点検・補修を行っているが、過酷な使用状況や激しい腐食環境などから重大な損傷が多数発生しており、長期的な安全性を確保する観点から、長期耐久性・維持管理性に優れた構造物の更新が必要となった。

更新区間は、品川シーサイド駅近辺の京浜運河沿い東京モノレール沿線に近接した、約1.9kmの区間である。区間の内訳として、鮫洲埋立部の約0.5kmと東品川栈橋部の約1.4km区間である（図—1）。

工 事 名：高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新工事

工事場所：東京都品川区東品川2丁目～同区東大井一丁目

工 期：平成27年8月6日～平成37年7月31日（120か月）

発 注 者：首都高速道路㈱

受 注 者：大林組・清水建設・三井住友建設・東亜建設工業・青木あすなろ建設・川田工業・日

本ファブテック・MMB・宮地エンジニアリング

高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新異工種建設工事共同企業体

・土木グループ：大林、清水、三井住友、東亜、青木あすなろ

・鋼橋グループ：川田、日本ファブテック、MMB、宮地

3. 現場見学

現場見学会の順序として、

①事務所にて工事概要の説明（図—2）

②現場事務所屋上にて鮫洲埋立部の全景確認

……………写真—1

③事務所内の展示エリアにて工事概要や各施工状況写真・模型の閲覧……………写真—2

④徒歩にて施工箇所の現場見学（約1.9km）

……………写真—3、4

⑤大井JCT作業構台箇所の現場見学 写真—5

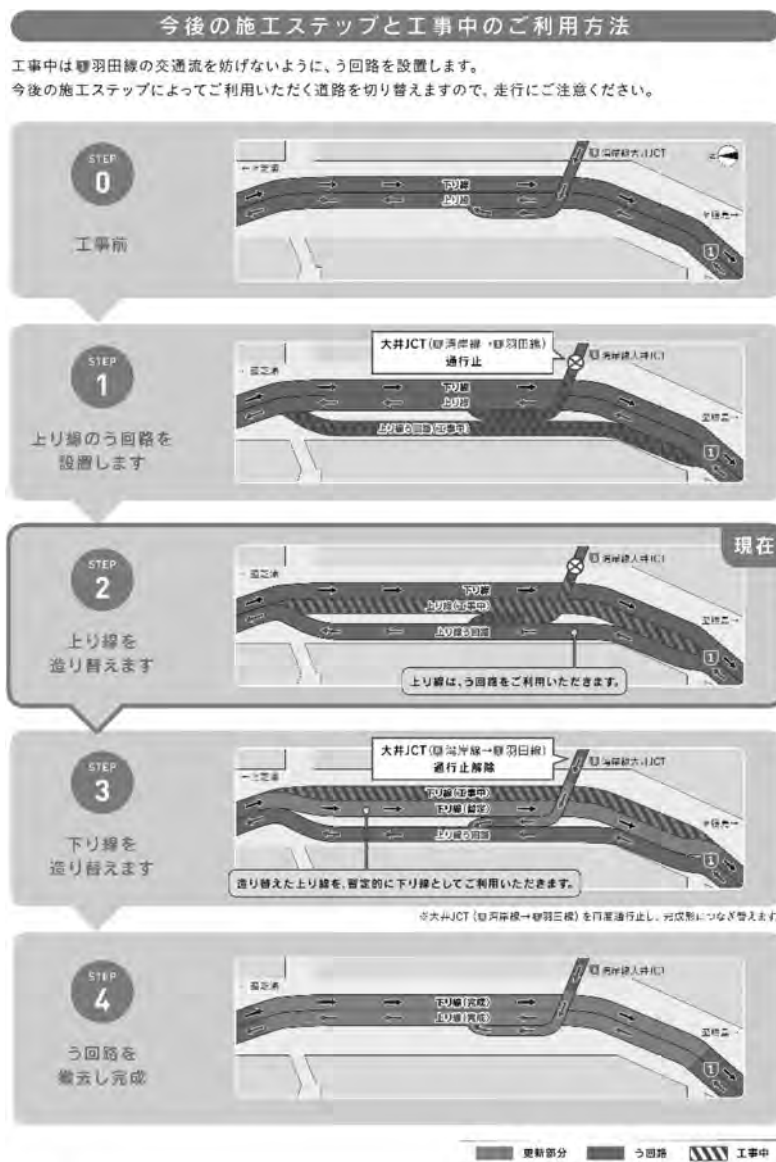
⑥事務所にて連絡路撤去・水管橋架替えにおける話、現場質問……………写真—6

の流れで、見学会が行われた。

最初に、事務所で施工を担当するJV土木グループの山口様から工事概要について説明を受けた。高速1号羽田線の更新工事であり、現在の現場状況は迂回路の設置が終了し、上り線の造り変え中であると説明があった。工事は平成27年8月から始まり平成37年ま



図—1 現場平面図



図ー2 施工ステップ説明図



写真ー1 鮫洲埋立部の全景（迂回路）



写真ー2 事務所内の展示エリア内

で、10年にも及ぶ長期的な工事である。

工事概要説明後、事務所の屋上から本工事の施工区間（鮫洲埋立部の約500m）を見学した。迂回路の設置状況を見て、道路やモノレール本線、マンションな

ど大変密集した中での工事現場であった。また、1日に約7万台という通行量と聞き、工事についての迂回路の重要性を感じた。

事務所内の展示スペースでは、高速羽田線の歴史や



写真—3 現場見学（橋脚 基礎部）



写真—5 大井 JCT 構台箇所見学



写真—4 現場見学（橋脚基礎 内部）



写真—6 現場見学後 質疑応答

この工事の施工状況、模型などを見た。模型により、現場位置や周辺環境の状況を分かりやすく確認することができた。

次に場内の現場見学をし、まず工事沿線の長さが長距離で延々と続いていたのと作業人員の多さから、現場のスケールの大きさに圧倒された。

橋脚基礎において複数台のサイレントパイラーで複数の箇所を施工している状況や、25tラフタークレーンも複数台違う箇所で使用されており、使用する重機の多さに驚いた。また、クレーン作業において介錯ロープの使用や監視人の配置、立入禁止エリアにカラーコーンの配置など、密集した中での作業において安全を気にかけている様子が確認できた。その他、場内全線に鉄板が敷設されていたり、制限速度や津波警報時の「避難ルート」の掲示など、安全や災害、周辺地区などに大変気を配っている印象を受けた。解体前の橋台部を見て、表面の剥離や変色の状況を確認しコンクリートの劣化が進行しているの、今回の工事における必要性を増々感じた。

事務所に戻り鋼橋グループの小泉様より、連絡路撤去や水管橋架替えにおける作業手順や苦労話を聞き、

モノレールの線路に近接した作業で夜中1時～3時半までの短い作業時間で撤去作業を行ったということから、作業の手際さと事前の密な打合せが入念にされていて感銘を受けた。

4. おわりに

今回、若手機電技術者を対象とした現場見学会に参加することで、大変貴重で有意義な経験ができた。ほとんどが20代後半から30代前半の参加者であり、機電職員においてはじめてみる工種で非常に勉強になったという意見が多数であった。

更新工事の状況を徒歩で見て回り、施工機械や重機を間近で見てスケールの大きさに圧倒されつつ、場内の安全設備の充実や整理整頓されたきれいな現場に感心しました。

謝 辞

最後に大変お忙しい中、丁寧に案内して頂いた山口様、小泉様や現場の方々に深くお礼申し上げます。

JCMA 支部報告

道路除雪オペレータの実態調査報告

(一社) 日本建設機械施工協会 北陸支部 雪氷部会

雪国の道路除雪を支える、除雪機械オペレータの実態を把握するためにアンケート形式の調査を平成3年から概ね5年毎に行っている。この度、平成27年度調査の結果を取りまとめたので報告する。

これまでの調査で、オペレータの高齢化、若手オペレータの減少、労働条件や除雪機械確保等、いくつかの課題が指摘されていたが、今回の調査においてもそれらの課題については変わらず、さらに顕著になっているといえる。

キーワード：道路除雪、除雪機械、オペレータ、高齢化、実態調査

1. はじめに

豪雪地帯は、国土の約51%に及ぶ広大な面積を占め総人口の15%を擁し我が国の経済社会において重要な地位を占めている。この地域で、道路除雪は、冬期の日常生活や経済・社会活動を支え、冬期の移動手段確保に重要な役割を果たしている。

この道路除雪においては、担い手である除雪機械オペレータの高齢化や除雪機械の確保などの課題があり、(一社)日本建設機械施工協会北陸支部では、オペレータの実態の経年変化の状況を把握するため北陸地方整備局直轄、新潟県(新潟市を含む)、富山県、石川県(以下「北陸3県」という)の道路除雪の受注者を対象に、平成3年から、概ね5年程度経過した時点を目途にアンケート形式でオペレータ実態調査を行い、経年変化を把握する調査を行ってきた。

これまでの調査年度は、平成3年、平成6年、平成10年、平成16年、平成21年であり、平成27年の調査で6回目となる。

ここで、その概要を報告する。

2. 調査方法ととりまとめの考え方

調査は、北陸地方整備局直轄、北陸3県の道路除雪の受注者にアンケート形式で記入してもらい、回答があった調査票についてとりまとめを行った。回収時期は、道路除雪のほぼ終了する3月初旬に設定し、その年度の実態を把握することとしている。

過去の報告書において、「平成3年度は、北陸地方の72社から回答、平成6年度は、91社(直轄31社、県60社)に発送し、61社から回答を得た」とあるが、

詳細データが現存していない。

そこで、平成16年度調査から調査対象会社を固定し同一会社を調査することとし、経年変化をより明確にとらえることができたようにした。

なお、平成27年度の調査対象業者は、平成21年度以降廃業した業者、除雪作業を受注しない業者及び連絡がつかなかった業者(計6社)について調査対象から除いたことで、調査依頼は114社となった。

今回の調査で、平成16年、平成21年、平成27年の過去3回分の調査結果を比較取りまとめをすることとしたが、できるだけ過去にさかのぼり傾向を把握するため、母数は若干異なるが、平成10年調査のデータを追加して比較した。

また、調査票は多少の追加項目はあるが、基本的に同じ項目で調査した。

その結果、若干母数の変動はあるが、とりまとめは基本的に割合で整理することとして、母数の変動に対応している。

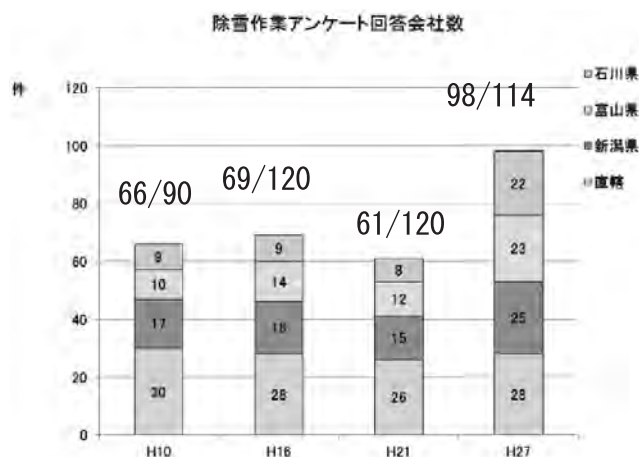
3. アンケート回収結果

アンケートの回収結果及び地域分布を図—1に示す。

平成27年度の回収率は86.0%である。

アンケートの地域分府は、図—1のとおりで、直轄は全社、北陸3県の調査会社は、できるだけ地域を隔たらないよう抽出していることから、調査結果は北陸地方をまんべんなく網羅していると考えている。

平成27年度の回収率向上は、母数である依頼数が減少したことから調査票送付後、再度お願いしたことで回収率が向上したものと考えられる。



図ー1 アンケート回収の地域分布

取りまとめにあたっては、基本的に直轄を含めた北陸地方のオペレータ全体（以下「全体」と表記する）で行うこととした。

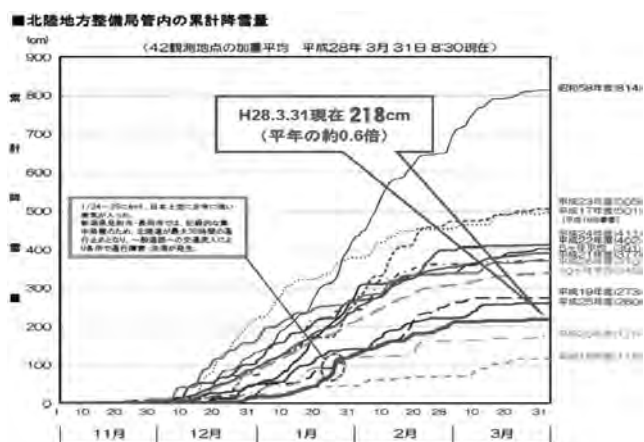
なお、図中「直轄」とあるのは、北陸地方整備局の除雪作業受注者、「3県」とあるのは、北陸3県の集計であり、以下報告書内の表記は同様である。

4. 平成 27 年度の北陸地方の降雪状況

調査年度の北陸地方における平成 27 年度の降雪状況を図ー2 に示す。

図ー2 によれば、平成 27 年度の累計降雪深は、いわゆる平年雪の 0.6 倍となっている。

ただし、除雪作業にあたっては、累計降雪深の要素は大きいものであるが、降雪強度（図の立ち上がり部分）がより大きく影響すると考えられるため、除雪作業の負荷が低減しているとはいえないと考えられる。



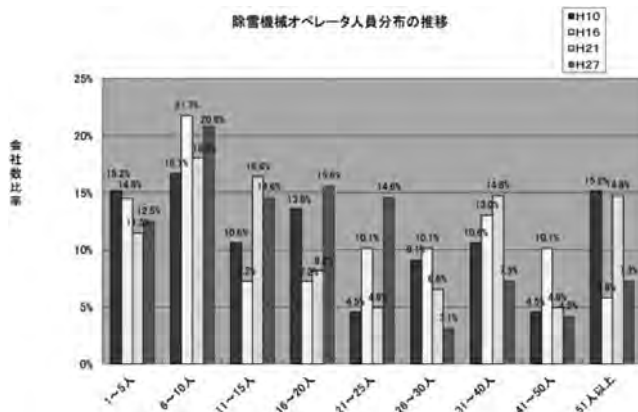
図ー2 北陸地方における降雪状況
出展：北陸地方整備局「平成 27 年度今冬の記録」

5. アンケート調査結果

(1) 除雪機械オペレータの人員確保状況

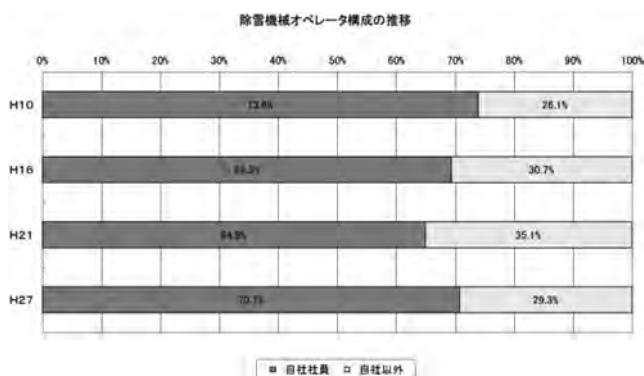
図ー3 は受注者あたりのオペレータ数の分布である。北陸地方のオペレータ確保の傾向を把握するため全体をまとめたものである。

北陸3県においては、比較的小規模の事業所が多いが、全体としては、一事業所あたりの確保人員は、減少傾向にある。



図ー3 各社（事業所）毎のオペレータ数の推移（全体）

オペレータをどのように確保しているかの回答では自社社員と協力会社や臨時雇いなどの自社以外のオペレータの割合は、図ー4 のとおりであり、自社社員以外は概ね 30% 前後で推移している。



図ー4 除雪機械オペレータの自社社員・以外の割合の変化（全体）

(2) オペレータの年齢構成の推移

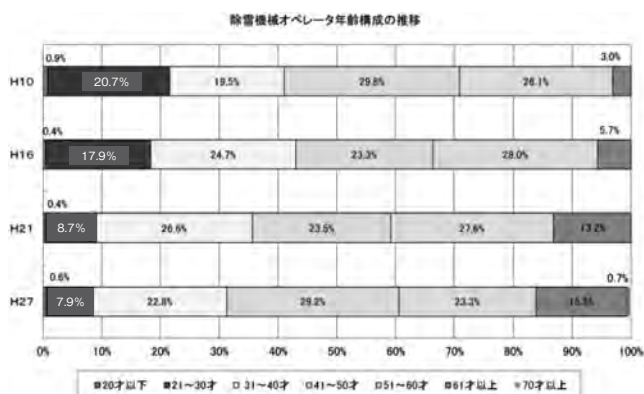
オペレータの年齢構成の推移を図ー5 に示す。

オペレータの年齢構成は、20 歳代は減少傾向、30 歳代は概ね同じ割合、40 歳代は増加傾向となっているが、60 歳代が年々増加傾向にありオペレータの高齢化が進んでいることを示している。

特に今回の調査において、始めて 70 歳以上のオペレータがわずかであるが除雪作業に従事していること

が明らかとなった。

これは、オペレータ不足から、これまでの経験者を引き続き採用しているものと推察される。



図—5 オペレータの年齢構成の推移 (全体)

年齢構成と併せて経験年数の調査の結果を図—6に示す。

図—6によれば、経験年数11年以上のオペレータの割合が60%と年々増加傾向となっている。特に31年以上の経験を持つオペレータの割合が、平成10年度調査より約6%増加している。図—5のオペレータの高齢化進展のなかでも経験者が引き続き除雪作業に携わっていることを表している。



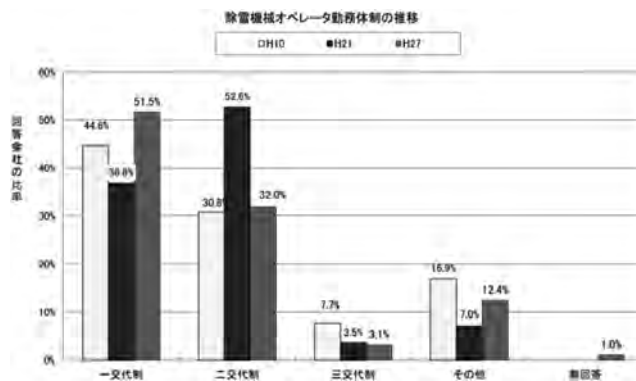
図—6 オペレータの経験年数 (全体)

(3) オペレータの勤務体制の推移

(a) 勤務体制の推移

オペレータの勤務体制について、平成10年度調査から平成21年度調査にかけては、1交代制から2交代制に移行している傾向が見受けられたが、今回調査では、逆に2交代制から1交代制への移行が見受けられる。この傾向は、北陸地方全体にあるといえる(図—7)。

これは、オペレータの不足から交代制をとることができないため、やむを得ずの措置ではないかと推察される。



図—7 オペレータの勤務体制 (全体)

(b) 勤務体制に関する「その他」の体制

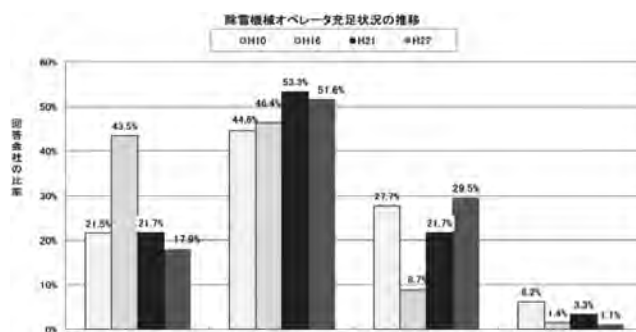
「その他」の体制として、下記の回答があった。

- ① 4交代制
- ② 交代なし
- ③ 5グループにて交代制
- ④ 決まった交代制はなく、その都度、状況により決めている
- ⑤ 機械車両によって1交代制～3交代制としている
- ⑥ 降雪予報に応じて決定

(4) オペレータの充足状況の推移

オペレータ数の充足について、充足状況を聞いたところ、図—8の回答があった。

図—8によると、オペレータの充足状況は「十分である」は前回から減少している状況にあり、依然として豪雪時の不足が高い割合であることや、交代要員の不足が増加していることは、依然としてオペレータ確保対策が課題であるといえる。



図—8 オペレータの充足状況 (全体)

(5) オペレータの不足人数の状況

オペレータの不足人員数を聞いたところ図—9(平年雪)の回答があった。

受注者の規模、除雪延長、配備台数の異なる会社からのアンケートなので、不足人員数に対し明解なコメントはできないが、平年雪でもオペレータ不足を感じて

いる現場代理人・主任技術者がいることから、豪雪時には、更にオペレータ不足を感じているものと思われる。

なお、他に

①オペレータだけなら不足はない。助手を含めた体制に不足がある。

②助手は不足。

との意見もあり、除雪体制全般の人員確保の観点で検討していく必要があると考えられる。

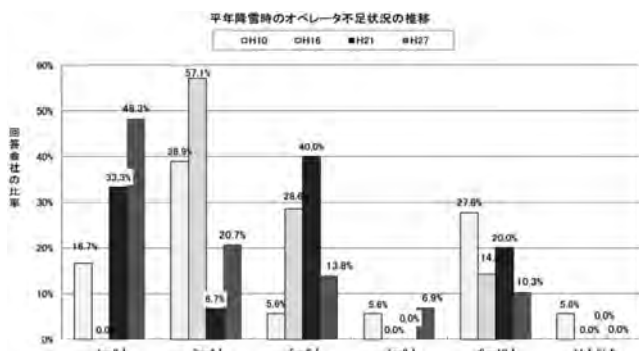


図-9 平年雪でのオペレータの不足状況

(6) 助手の確保状況

(a) 助手の確保状況

助手乗務については、多くの発注者で義務付けされており、除雪作業の必要人の観点から、助手の確保状況の調査を行っている。

助手の業務を「オペレータとは別に専属で行っている」が約66%となっており、前回調査から倍増している（図-10）。

なぜ急激に増加したのかは不明であるが、オペレータは免許（大型、大型特殊等）、資格（除雪講習会修了者）及び除雪作業経験年数が必要であることから、助手専用として確保しているものと思われる。

しかし、今回の調査内容では判断できないため次回の調査において助手の任務、資格等項目を追加する必要があると考えられる。

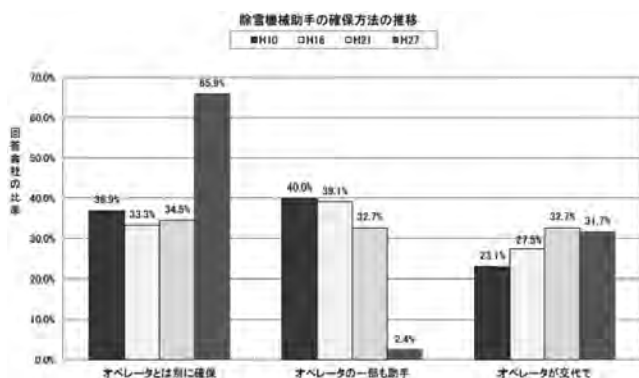


図-10 助手の確保状況

(b) 助手の確保状況についてのその他の意見

①助手の確保人数は5人。それ以外はオペが兼務。

②発注機関によって1人乗車あり。

③通常時はオペレータが交代で助手として乗車。

④異常時はOBなどをお願いし助手を増員。それでも不足する場合は、事務職員が搭乗。

⑤運転手1人乗車。国交省は助手4人。

⑥凍結防止剤散布車のみ、助手専属で3人確保。内、2名は女性のため昼勤のみ。

⑦運転手1人乗車。助手は後方から車にて追走。

(7) 除雪機械使用台数の構成

使用している除雪機械について、発注者からの貸与状況を聞いたところ図-11、12の回答があった。

なお、図中上段棒内の台数は、回答者からの総台数である。

直轄、北陸3県いずれも官貸与の割合は、若干増加しているが、直轄は85%，北陸3県は約60%と乖離がある。

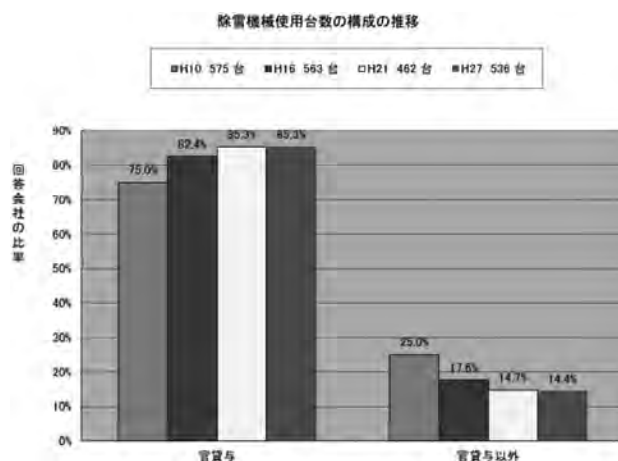


図-11 除雪機械の構成（直轄）

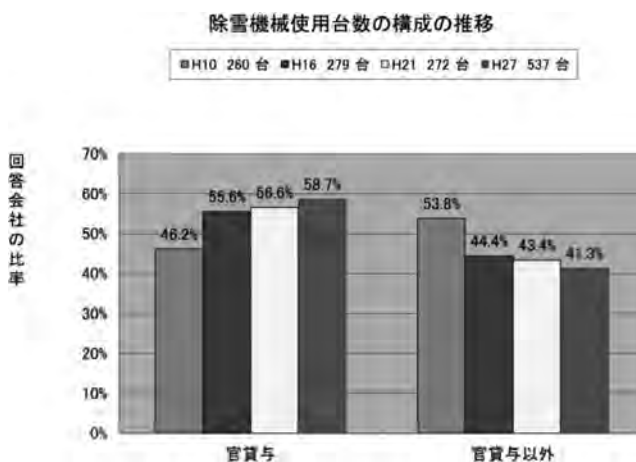


図-12 除雪機械の構成（3県）

6. アンケート結果のまとめ

- (1) 北陸地方の受注者1社あたりが確保しているオペレータの数が減少していることから総人数も減少しているものと推定される(図—3)。
- (2) 高齢オペレータの割合が増加している(図—5)。特に平成27年度調査からは、70歳以上のオペレータがみられる。
- (3) オペレータの勤務体制は、2交代制3交代制から1交代制への移行の傾向がある(図—7)。
- (4) オペレータの充足状況は、「十分である」が減少傾向で、豪雪時・交代要員の不足がある(図—8)。
- (5) 助手は、今回調査から助手として確保する割合が増えているが、今回の調査内容では判断できないため、次の項目を追加する必要があると考える(図—9)。
- (6) 自由記述として意見・要望を聞いたところ下記の意見・要望が多かった。
 - ①オペレータの確保対策として、
 - ・待機補償の充実
 - ・資格・免許取得の補助制度
 - ・オペレータを夏期を含め常時雇用できる制度
 - ②除雪機械の確保対策では、
 - ・リース機械の実費支払い
 - ・機械の購入費や維持管理費の補助
 - ・官貸与機械の増台
 - ③除雪作業全般については
 - ・地域住民の協力を得るための広報のさらなる充実
 - ・除雪関係機関の連携
 - ・(官貸与の)老朽化した機械の更新要望
 などがあり、除雪体制の維持に危機感を募らせている状況が見える。

平成21年度調査結果では

- ・除雪オペレータの高齢化が進展している。
- ・除雪オペレータが豪雪時と平時の交代要員確保で不足している。
- ・次世代を担う人材確保が困難である。
- ・24時間1交代勤務制が多く採られている。
- ・除雪機械の自社負担が数多くあり、今後は自社での確保が困難になる(県発注)。

等となっているが、平成27年度調査においても、その傾向は変わらず、更に顕著になっている。

特に高齢オペレータの割合の増加は深刻で、61歳以上のオペレータが16.2%と前回調査から3%増加している。30歳以下のオペレータが8.5%であることを考えると、現在のオペレータがこのまま続けたとして、今後10数年以内にその差の7.7%のオペレータが不足する。

7. おわりに

道路除雪は、雪国の道路交通を確保し、地域の経済活動やそこに住む人々の日常生活のために必要不可欠な事業である。今後も適切に維持運営されることを願うものである。

本報告は、「道路除雪オペレータ実態調査」の抜粋であり、報告書全体については、(一社)日本建設機械施工協会北陸支部のホームページに掲載しているので、ご一読いただければ幸いである。

謝 辞

最後にこの調査にご協力いただいた関係各位に謝意を申し上げます。

J C M A

JCMA 支部報告

建設業へ新規入職する人たちに ICT を活用した建設技術を紹介

(一社) 日本建設機械施工協会 中部支部

中部支部では、国土交通省中部地方整備局からの依頼により、平成 30 年 3 月 6, 13, 20, 27 日の 4 日間において、主に東日本地区（青森県～岐阜県）で高校等を卒業して平成 30 年 4 月に建設業へ新規入職する人たち 275 名に「ICT を活用した建設技術」を静岡県富士宮市の富士山大沢川遊砂地にて紹介いたしました。

ご協力頂きました会員会社は、ICT 建機ではコベルコ建機(株)、コマツ、日立建機日本(株)、測量関係では(株)シーティーエス、(株)トプコンソキアポジショニング

ジャパン、建設 ICT 関係図書では西尾レントオール(株)、福井コンピュータ(株)の皆様でした。ご協力、ありがとうございました。

参加者の高校等を卒業したばかりのフレッシュマンたちは、ICT 建機や地上型レーザースキャナー、ドローンによる写真撮影による測量等を熱心に見学して、ぜひ、自分たちがこれらを使って仕事をしたいという意気込みが感じられました。

今後のみなさんの活躍に期待いたします。



写真—1



写真—2



写真—3

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-391	連続ベルトコンベア昇降装置	鉄建建設
--------	---------------	------

概要

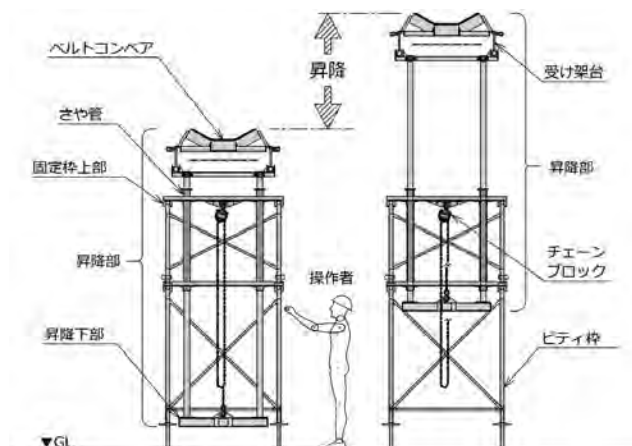
山岳トンネル工事においては、連続ベルトコンベアを用いた掘削ズリ（岩石・土砂）の坑外運搬方式を採用すると、ダンプなどの大型運搬車両の坑内交通量が少なくなるため、安全性が向上するほか、排気ガスや粉じんの飛散が低減されることで坑内環境の向上が図れる。このため、近年の長大トンネル工事におけるズリ運搬方式は、ダンプトラック方式に代わり連続ベルトコンベア方式が主流になりつつある。一方で、連続ベルトコンベアは重量物であり、必要箇所での昇降には多大の労力と危険を伴う。この昇降作業を簡単、安全、スムーズにできる装置として「連続ベルトコンベア昇降装置」を開発した。

特徴

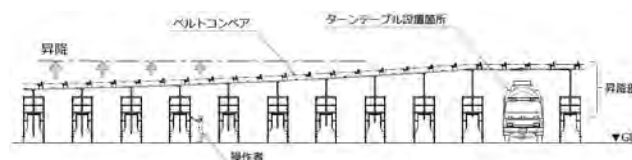
連続ベルトコンベアの坑内の「設置高さ」は、それぞれの現場の施工方針によりさまざまである。ビティ杵等で地面から支持し、低い位置に設置（S、L付近に設置した標準タイプ）した場合には、ターンテーブル（大型車両を回転させる装置）設置箇所や資材置場、インバート施工箇所等において、前述したように部分的に昇降させる必要がある。トンネル掘削では施工区間が前進していくため、このようなベルトコンベアの昇降作業が一定の間隔で発生する。また、高い位置に設置する場合には、吊りアンカーでトンネル天井付近から支持する。この場合FILM工法による防水シート施工区間では、この吊りアンカーが防水層を貫通するため、品質の向上が求められている。そこで、今回開発した昇降装置を支柱として使用すると、連続ベルトコンベアを下から支持でき、防水品質の信頼性を高めることが可能である。

この両方の設置高さにおいて、簡単にそして安全でスムーズに施工できる装置として「連続ベルトコンベア昇降装置」を開発した。

具体的には、次ページの図—1、2に示すように、ビティ杵の上部に取り付け、地上からチェーンブロックを操作するだけで、連続ベルトコンベアを昇降させることが可能な装置である。これまでのように4tトラッククレーン車で吊りながら、さらに高所作業車を用いて作業員がベルトコンベアの受け架台の取り付け、取り外しを行う作業が必要なくなる。これら多くの労力と設備や時間を要した危険が伴う作業が削減できるため、施工の効率性と安全性が大幅に向上している。



図—1 連続ベルトコンベア昇降装置（横断面図）



図—2 連続ベルトコンベア昇降装置（縦断面図）



写真—1 連続ベルトコンベア昇降装置 設置状況

用途

- ・連続ベルトコンベア設備の昇降
- ・FILM工法完成区間の連続ベルトコンベアの支柱

実績

- ・北海道新幹線 渡島トンネル（天狗）工事
- ・北陸新幹線 武生トンネル工事 他4現場

問合せ先

鉄建建設(株) 土木本部 エンジニアリング企画部
〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町二丁目5番3号
TEL：03-3221-2235
E-mail：eng@tekken.co.jp

新工法紹介

04-392	フォアプレート工法	戸田建設
--------	-----------	------

▶ 概 要

本工法は山岳トンネル工事の汎用機であるドリルジャンボのガイドセル（削孔機構部）に特殊改良を加えた鉄矢木打撃装置を用いて、削孔水を使用せずに天端斜め前方に鉄矢木を打設するものである（特許出願済：特願 2016-165363，図—1，2 参照）。

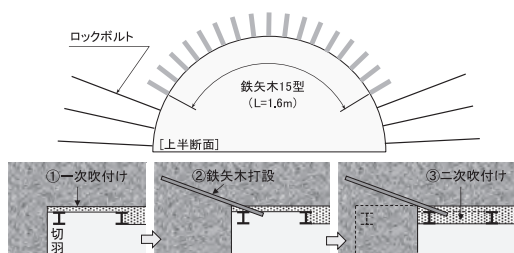
軟弱地山の天端安定対策としては、ボルト等を斜め前方に打設する充填式フォアボーリング工法が一般的であるが、この工法は削孔水を使用するため、砂質土等の軟弱地山の場合、天端斜め前方の地山をさらに緩める恐れがあることや、削孔時に孔壁が崩れ、モルタルの充填不足やボルトの挿入が困難になるなどの課題があった。

一方、鉄矢木による天端安定対策は従来から採用され、その効果が確認されてきたが、打設方法が人力打撃であり、切羽に近接した作業となるため、苦渋労働と共に労務災害の発生リスクが高い作業であった。

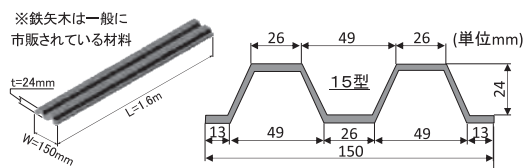
「フォアプレート工法」は、これらの地山安定性、作業環境および労働安全性の課題を一挙に解決した工法である。低強度で軟弱な地山の天端安定対策として、本工法を採用することにより、削孔水による地山の軟弱化を生じさせることなく、安全かつ施工性に優れた対策を実施できる。

▶ 特 徴（図—3，表—1，写真—1 参照）

- ・本工法では、ドリルジャンボに特殊改良を加えて作製した『鉄矢木打撃装置』を使用する。

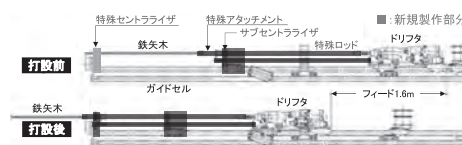


図—1 フォアプレート工法



図—2 フォアプレート工法に使用する鉄矢木の形状

- ・同一サイクルで行われるロックボルト施工時は、本装置を装着したまま施工可能である。
- ・あらかじめ削孔することなく、鉄矢木を直接、地山に挿入する工法のため、水を必要としない。
- ・機械化により、作業員は切羽前面で作業する必要がなく、安全な場所で鉄矢木をセット・打設できる。
- ・定着材を必要とせずに1工程で設置できるため、サイクルが短縮されるとともに、天端安定効果を即時に発揮できる。
- ・N 値の小さい砂質土や強風化花崗岩（マサ）や注入の施工が困難な粘土等、軟弱で劣化しやすい地山に適している。

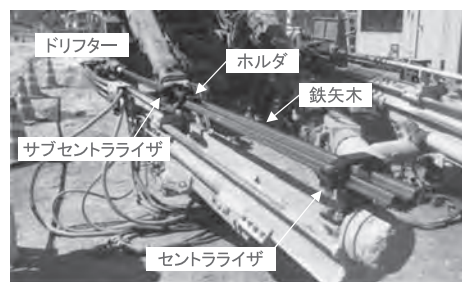


図—3 鉄矢木打撃装置

表—1 本工法と従来工法との相違点

工法名	フォアプレート工法	充填式フォアボーリング工法
設置方法	鉄矢木打設の1工程	水削孔⇒定着材充填⇒ボルト挿入の3工程
材 規格寸法	鉄矢木 (15 型 L = 1.4 ~ 1.6 m)	異形棒鋼 (D25, L = 3 m)
料 重 量	489 kg/m (6.8 ~ 7.8 kg/本)	3.98 kg/m (11.9 kg/本)
曲げ剛性	EI = 91.4 N・mm ²	EI = 38.4 N・mm ²
支持面積	15 cm (@60 cm で 25%)	4.5 cm (@60 cm で 7.5%)
適用土質	玉石を含まない土砂地山	ほぼ全土質・岩質に対応
施工時間*	73 分	136 分
材料費(参考)	1.5 千円/本	2.2 千円/本

※) 2 車線道路トンネルにおいて上半アーチ 120° 範囲の @60 cm, 21 本 / m の 1 ブーム施工時間。フォアプレート工法は実施工における実績値を、充填式フォアボーリング工法は『平成 28 年度土木工事標準積算基準書』に準拠した数値を示す。



写真—1 ガイドセルへの鉄矢木打撃装置の装着状況

▶ 実 績

当社施工中の二車線道路トンネルに適用し、鉄矢木打撃装置の有効性、適応性、施工能力等を確認した。

▶ 問 合 せ 先

戸田建設(株) 土木工事技術部

〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1

TEL : 0120-805-106 (お客様センター)

新工法紹介

08-53	次世代ポンプ浚渫システム (TOP SYSTEM-Auto)	東洋建設
-------	-----------------------------------	------

概要

国土交通省では i-Construction が推進され、ICT を活用した施工の生産性向上が図られている。しかし、浚渫工事においては、オペレータの経験や熟練度に依存した施工が主流となっている。そこで当社はポンプ浚渫工法において、ICT 技術を用い、ポンプ浚渫船（写真—1）の操船をサポートする3次元マシンガイダンス機能と、ラダー深度を自動制御するマシンコントロール機能を有する次世代ポンプ浚渫システム（TOP SYSTEM-Auto）を開発した。



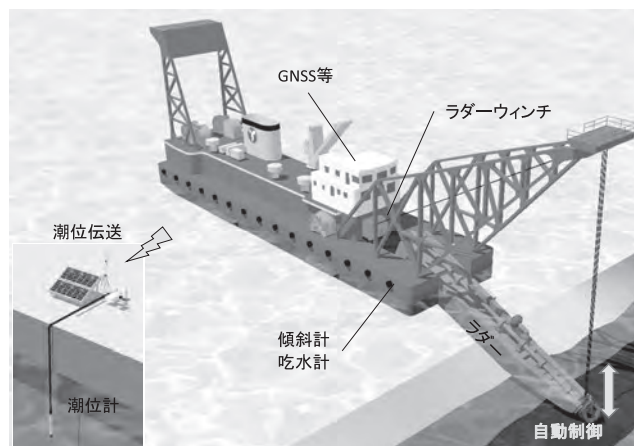
写真—1 ポンプ浚渫船

当システムはGNSSによるポンプ浚渫船の位置情報や、潮位計、ラダー傾斜計等各種センサーによるラダー先端深度情報などをもとに設定深度に従ってリアルタイムにラダーの深度を自動制御する（図—1）とともに、浚渫状況を3次元でアニメーション表示（図—2）する。

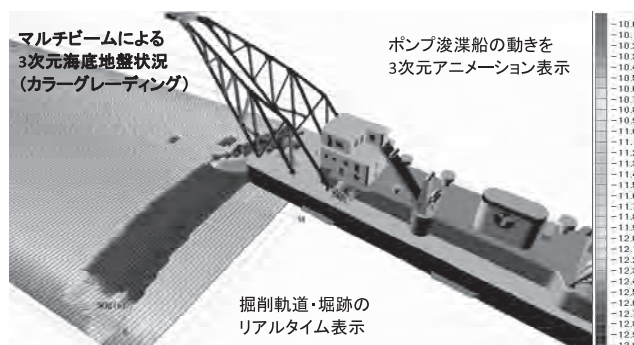
ラダーの深度を自動制御することにより、オペレータの技量や経験に左右されず、高い精度で効率的かつ省力化された浚渫が可能になる。加えて、水中施工箇所の3次元データを集約し、施工中変化する浚渫状況を“リアルに”『見える化』できるため、出来形管理の効率化、状況判断の迅速化・高度化を図ることができる。また、オペレータは繊細なラダー操作から解放され、負担が軽減される。

特徴

- ・船体情報（位置、傾斜）と潮位情報に基づく設定深度に合わせたラダーの自動制御により、浚渫の効率化、省力化及びオペレータの負担軽減が図れる。



図—1 ラダー自動制御



図—2 浚渫状況の3次元アニメーション表示

- ・カッターの掘削軌道をリアルタイムにモニター表示されるので、浚渫管理の精度が向上する。
- ・浚渫状況を3次元アニメーション表示し、常に掘跡確認ができるので確実な工程管理が行える。
- ・3次元モデルには、施工履歴（位置情報や機械情報、地盤情報等）が属性情報として付与されるので、トレーサビリティも容易になる。

用途

- ・ポンプ浚渫工事

実績

- ・平成29年度荻田港（本港地区）航路（-13m）浚渫工事

問合せ先

東洋建設株式会社 土木事業本部 技術営業部

〒135-0064

東京都江東区青海2丁目4番地24号 青海フロンティアビル

TEL：03-6361-5463

新機種紹介

機関誌編集委員会

▶ 〈02〉掘削機械

18-〈02〉-02	コマツ 軌道陸上兼用油圧ショベル PC78UUT-10	'18.1 発売 新機種
------------	-----------------------------------	-----------------

窒素酸化物（NO_x）と粒子状物質（PM）の排出量を大幅に低減したオフロード法 2014 年基準に適合した軌道陸上兼用油圧ショベルである。

軌道兼用ショベル専用装置として、駐車ブレーキのかけ忘れによる逸走を防ぐ車輪自動駐車ブレーキ機能や、車輪フレーム部分への大型工具箱の設置などの機能を搭載し、安全性の向上と効率化を図っている。

また KOMTRAX（機械稼働管理システム）により、車両管理業務（車両位置・稼働状況・コンディションの把握など）の効率化と燃料経費削減を図っている。

さらに、国内で初めて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）」が新車購入時から付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

表—1 PC78UUT-10 の主な仕様

	狭軌専用	標準・ 狭軌兼用
機械質量 (t)	10.5	10.9
エンジン定格出力ネット (kW/min ⁻¹)	48.8/1,950	
(PS/rpm)	[66.4/1,950]	
標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS) (m ³)	0.28/0.25	
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	0.650 (0.750)	
全長 (輸送時) (m)	6.375	
全幅 (m)	2.4	2.475
全高 (輸送時) ※回転灯除く (m)	2.745	
後端旋回半径 (m)	1.39	
走行速度 車輪走行時 (km/h)	30	
履帯走行時 (高速/低速) (km/h)	4.8/3.0	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	33.00 (狭軌専用)	



写真—1 コマツ PC78UUT-10 軌道陸上兼用油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)

ケア）」が新車購入時から付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

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

18-〈02〉-03	コマツ 超小旋回型油圧ショベル PC138UU-11	'18.2 発売 新機種
------------	----------------------------------	-----------------

窒素酸化物（NO_x）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 年基準に適合した超小旋回型油圧ショベルである。

機体のメインユニットを最適に制御するトータルピークルコントロール（機体総合制御）やオートアイドルストップ機能などにより、燃料消費量を自社従来機に比べ 10% 低減（※1）し生産性の向上を図っている。

KomVision（機械周囲カメラシステム）、ロックレバー自動ロック機能や、バケットの車体への干渉を防ぐ干渉自動回避システムにより安全性の向上を図っている。

また KOMTRAX（機械稼働管理システム）により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にするとともに、排出ガス後処理システムの選択触媒還元（SCR）に必要な AdBlue[®]（※2）の残量についても確認可能にしている。さらに、国内で初めて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）」が新車購入時から付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

※1. 自社従来機との比較（自社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

※2. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表—2 PC138UU-11 の主な仕様

機械質量 (t)	13.9
エンジン定格出力ネット (kW/min ⁻¹)	72.5/2,050
(JIS D0006-1) (PS/rpm)	[98.6/2,050]
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	0.45
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	0.833 (0.953)
全長 (輸送時) (m)	7.400
全幅 (m)	2.490
全高 (輸送時) (m)	2.900
後端旋回半径 (m)	1.480
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	17.50

新機種紹介



写真ー2 コマツ PC138UU-11 超小旋回型油圧ショベル
(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

17-(02)-12	住友建機 ハイブリッド油圧ショベル SH200HB-7	'17.10 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合したハイブリッドショベルである。
旋回方法に電動モーター方式を採用し、燃費面では、アシスト機構と省エネ制御によって、エンジンの負荷を軽減し、現行のハイブリッドショベル SH200HB-6 (オフロード法 2011 年基準適合) と比較した場合、同じ時間で、かつ同じ作業量を行った際の燃料消費量を 14% 低減している (自社試験結果)。お知らせ機能付きの周囲監視装置フィールドビューモニター 2 (FVM2) により後方視界 270 度の状況をモニター表示と音で、安全性の向上を図っている。



写真ー3 住友建機 SH200HB-7 ハイブリッド油圧ショベル

表ー3 SH200HB-7 の主な仕様

バケット容量 (新 JIS)	(m ³)	0.9
運転質量	(kg)	21,900
定格出力	(kW)	119.3
排気量	(L)	5.193
全長	(mm)	9,430
全幅	(mm)	2,800
全高	(mm)	3,130
クローラ全長	(mm)	4,180
クローラ全幅	(mm)	2,800
標準シュー幅	(mm)	600
走行速度：高速／低速	(km/h)	5.6/3.4
登坂能力	(%)	70% (3.5°)
旋回速度	(min ⁻¹)	10.5
バケット掘削力：通常／昇圧時	(kN)	142/154
アーム掘削力：通常／昇圧時	(kN)	103/112
価格	(百万円)	29.6

問合せ先：住友建機販売㈱ 営業企画部
〒141-6025 東京都品川区大崎 2-1-1

17-(02)-13	住友建機 油圧ショベル SH120-7/SH200-7/SH125X-7/ SH135X-7/SH235X-7	'17.09 発売 新機種
------------	--	------------------

尿素 SCR システムによりオフロード法 2014 年規制に適合した油圧ショベル 5 機種である。

燃費については代表的機種である SH200 で自社現行機比 15% の低減 (* 1) を達成、作業速度もサイクルタイムを 7 ~ 8% 短縮 (*



写真ー4 住友建機 SH200-7 油圧ショベル

新機種紹介

表—4 SH120-7/200-7/125X-7/135X-7/235X-7 の主な仕様

		SH120-7	SH200-7	SH125X-7	SH135X-7	SH235X-7
バケット容量 (新 JIS)	(m ³)	0.5	0.8	0.45	0.5	0.8
運転質量	(kg)	12,600	21,000	13,400	13,900	23,200
定格出力	(kW/min ⁻¹)	76.4/2,000	119.3/1,800	76.4/2,000	76.4/2,000	119.3/1,800
排気量	(L)	2,999	5,193	2,999	2,999	5,193
全長	(mm)	7,650	9,430	7,220	7,220	8,690
全幅	(mm)	2,500	2,800	2,490	2,490	2,990
全高	(mm)	2,810	3,130	2,790	2,790	3,090
クローラ全長	(mm)	3,500	4,180	3,500	3,500	4,180
クローラ全幅	(mm)	2,490	2,800	2,490	2,490	2,800
標準シュー幅	(mm)	500	600	500	500	600
走行速度：高速／低速	(km/h)	5.6／3.4	5.6／3.4	5.6／3.4	5.6／3.4	5.0／3.2
登坂能力	(%)	70 (35°)	70 (35°)	70 (35°)	70 (35°)	70 (35°)
旋回速度	(min ⁻¹)	14.3	11.5	12.5	12.5	11.5
バケット掘削力：通常／昇圧時	(kN)	90／95	142／154	90／95	90／95	142／154
アーム掘削力：通常／昇圧時	(kN)	62／66	103／112	62／66	62／66	103／112
価格	(百万円)	15.2	23.3	16.2	17	27

2) している。

また、情報化施工に対応した 2D マシンガイダンス (2DMG)、2D マシンコントロール (2DMC) を SH200-7 にオプション設定し 3D へのアップグレードもできる。

* 1 同作業量での燃費比較 (SH200-7 H モード vs SH200-6 SP モード比)。実際の作業内容によっては異なる場合がある。

* 2 作業モードにより異なる。

問合せ先：住友建機販売㈱ 営業企画部

〒141-6025 東京都品川区大崎 2-1-1

▶ 〈06〉基礎工事機械

17-〈06〉-03	日立住友重機械建機クレーン アースドリル SDX407-2	'17.12 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------	----------------------

拡底杭施工に用いられるアースドリルのモデルチェンジである。後端半径 3.82 m の車体とスムーズなセットアップを可能にする 3 段テレスコピックブーム、アースドリルアタッチメントは従来通りである。

モニタは 8 インチのディスプレイとし、アースドリル作業に必要な深度計やロータリテーブルの前後・左右角度を表示する傾斜計、掘削トルク計などを集約することによりオペレータの視線移動を低減し、視認性や操作性、安全性の向上を図っている。加えて、傾斜計や掘削トルク計は数値に加えターゲット式の見盛りバーグラフを追加し見やすくしているほか、ケーローブ交換の目安となる掘削長の積算が可能である。

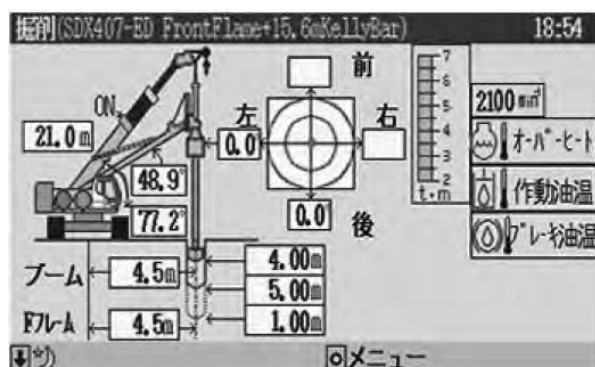
また、モニタはクレーン作業時には過負荷防止装置 (モーメントリミッタ) の表示部となり、ブーム角度、作業半径、つり荷重をはじめ様々な情報をグラフィックで表示し視認性の向上を図っている。

従来は別に配置してあったモーメントリミッタを集約したことにより、前方下側の視界を拡大している。



写真—5 日立住友重機械建機クレーン SDX407-2 アースドリル

新機種紹介



写真—6 8インチの新型ディスプレイ



写真—7 オペレータキャブ内

表—5 SDX407-2の主な仕様

ブーム長さ	(m)	10.5 ~ 21.0
ケリーバ 段数×長さ	(m)	4 × 15.6
最大掘削径 (軸掘り)	(m)	2.2
最大掘削径 (拡底)	(m)	1.4 ~ 3.1
最大掘削深度 (バケット接続ピン位置)	(m)	48.5
最大掘削トルク	(kN・m) (tf・m)	69 (7.0)
定格出力	(kW (PS)/min ⁻¹)	147 (200)/2100
全長×全幅×全高 (作業姿勢)	(m)	8.9 × 4.1 × 24.1
機械質量	(t)	68.6
価格 (税抜き)	(百万円)	126.5

(注) 機械質量はケリーバ、ホースリール付、バケットは除く。

標準の補助つり性能を11tから13tとし、大口径化が進むケーシングや鉄筋カゴといった重量物のつり上げ作業に対応している。

ウインチ制動用のブレーキペダルは、かかをつけたまま操作可能なつり下げ式とし、加えて調整機能を持つオペレータシートにより、微操作性や疲労軽減、居住性の向上を図っている。

問合せ先：日立住友重機械建機クレーン(株) 販売企画部
〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目9番3号

▶ 〈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

17-〈19〉-11	キャタピラージャパン 油圧ショベル Cat 320GC/320/323	'17.10 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

尿素 SCR システムによりオフロード法 2014 年基準適合に適合した油圧ショベル 3 機種のモデルチェンジである。

油圧システムには EH システム (Electro Hydraulic) のコントロールバルブを採用することにより、グレードアシストや E- フェンスなどの 2D マシンコントロールを実現している。電子制御の 2 ポンプシステムはタンデムレイアウトを採用し、ポンプ間の連動の効率化を図っている。

エンジンオイルレベルチェック、作動油レベルチェックなどの始業メンテナンスを地上から行えるグランドメンテナンスによりメンテナンス/サービス性の向上を図っている。

エアフィルタはプレクリーナー一体型となっており寿命が従来比 2 倍に、作動油リターンフィルタの交換間隔は 3,000 時間 (従来比 1.5 倍) に拡大されている。

電動冷却ファンは、リバースファン機能によりラジエータ等のコアに詰まったホコリや異物を吹き飛ばすことができるリバースファン機能を有している。この機能はモニタ上で作動させることができる。

キャブ内に装備された 8 インチモニタは、タッチスクリーンとジョグダイヤル、リモートスイッチで操作できる。エンジン始動には、エンジンキーシリンダに換えてプッシュスタートタイプのスイッチを採用し、車両の盗難防止のため、オペレータ ID 番号を入力することで始動するパスコードタイプのセキュリティシステムを標準装備している。オプションの Bluetooth 通信機能を持ったキー FOB やスマートフォン専用アプリを使えば、オペレータ ID 番号の入力作業をスキップしてエンジンを始動することもできる。

Cat 320/323 は、EH システムを活用した各種テクノロジーを搭載している。

ブームの操作を自動制御し、目標の深さおよび勾配を維持するグレードアシスト機能により、オペレータはレバー 1 本の操作で設計通りの掘削ができる。

法面整形や水平均し、仕上げ作業や溝掘削において、バケットの姿勢・対地角度を自動的に維持・固定するバケットアシストにより、法面整形や水平均し、仕上げ作業や溝掘削における作業効率の向上を図っている。

ブームアシストにより地山掘削などで硬い土質などを掘削する場合に頻発する車体の浮き上がりの回避を図っている。

予め設定した旋回角度で自動で旋回動作を停止する旋回アシストは、トラック積込や溝掘削など掘削する地点が固定されている場合に有効で、オペレータの疲労軽減を図っている。

新機種紹介

Cat ペイロード（バケット内の荷の重量を計量する機能）により作業中に動作を静止させることなく自動計測ができ、常に目標積載量に正確に合わせてトラック積込作業が行える。関連情報はリアルタイムでキャブ内の標準モニタ上に表示される。

E-フェンス（作業境界をモニタで設定して、油圧ショベルの動作を自動的に停止させる機能）は、上方に電線がある場合、地中にガス管が埋設されている場合、道路脇で作業する場合など、オペレータが作業範囲を制限したい場合に使用される。これは、Eシーリング（作業高さ制限機能）、Eフロア（作業深さ制限機能）、Eウォール（作業半径制限機能）、Eスイング（旋回角度制限機能）、キャブ干渉防止機能の5つの機能を有している。



写真—8 キヤタピラー Cat 320 GC 油圧ショベル

表—6 Cat 320GC/320/323 の主な仕様

		320GC	320	323
運転質量	(kg)	20,600	20,900	22,500
標準バケット容量	(m ³)	0.8	0.8	1.0
アーム掘削力	(kN)	100	108	108
バケット掘削力	(kN)	135	148	148
全長（輸送時）	(mm)	9,520	9,520	9,520
全幅（輸送時）	(mm)	2,800	2,800	2,980
全高（輸送時）	(mm)	2,960	2,960	2,960
後端旋回半径	(mm)	2,830	2,830	2,830
エンジン名称		Cat C4.4 ACERT	Cat C4.4 ACERT	Cat C7.1 ACERT
総行程容積	(ℓ)	4.4	4.4	7.1
定格出力	(kW)	90	121	121
標準販売価格（販売標準仕様、工場渡し、税別）	(千円)	21,676	21,976.5	25,348.5

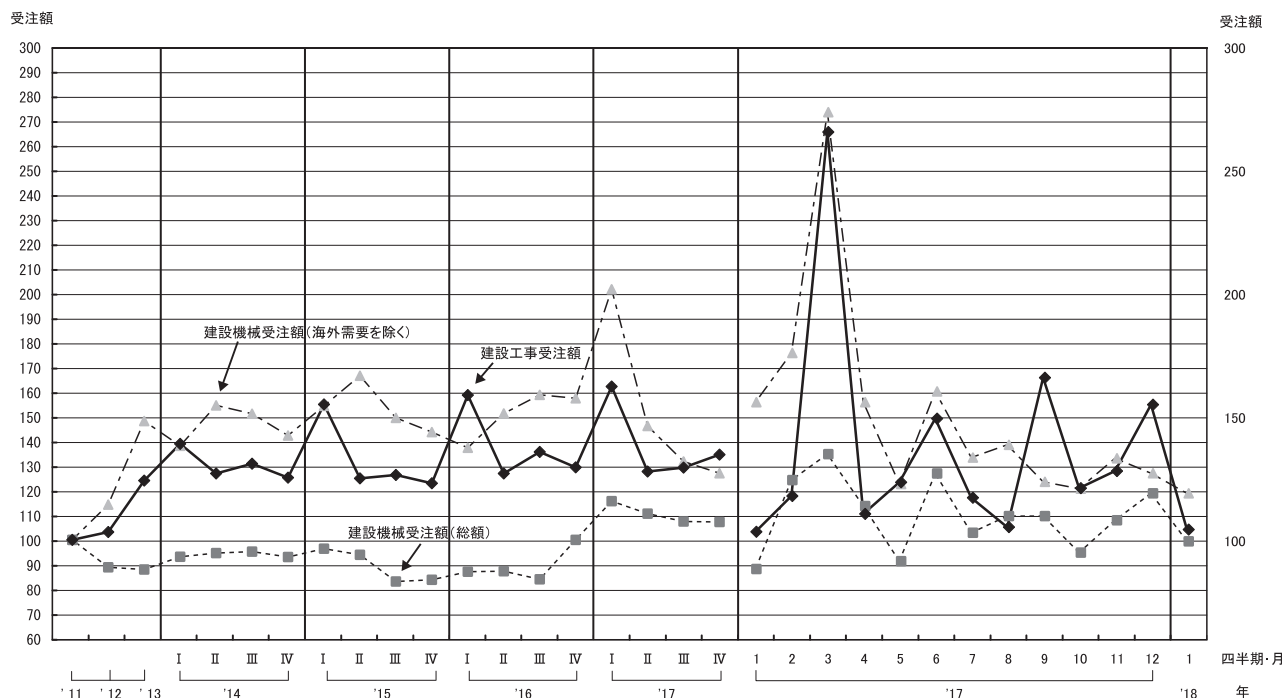
問合せ先：キャタピラー ジャパン合同会社

GCI Marketing Innovation

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい3-7-1

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 2011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 2011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							
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
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
2017 年 1 月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2 月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	152,452	10,560
3 月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	156,805	17,212
4 月	9,819	6,468	1,375	5,092	2,442	405	505	6,586	3,233	157,721	8,111
5 月	10,970	7,014	1,613	5,401	3,075	364	517	6,896	4,074	158,899	9,766
6 月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	159,386	12,772
7 月	10,407	7,374	1,477	5,898	2,471	402	160	7,487	2,920	161,416	9,378
8 月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9 月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	161,902	13,482
10 月	10,757	6,941	1,246	5,695	2,719	815	282	6,898	3,859	163,724	9,897
11 月	11,379	8,357	1,883	6,474	2,018	423	582	7,580	3,800	163,423	12,380
12 月	13,789	10,120	2,613	7,507	3,265	－	407	10,202	3,586	165,446	14,276
2018 年 1 月	9,256	6,082	1,439	4,644	2,213	491	469	6,269	2,987	－	－

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	17 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	18 年 1 月
総 額	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	1,433	2,024	2,196	1,851	1,485	2,067	1,674	1,785	1,785	1,542	1,757	1,936	1,617
海 外 需 要	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	866	1,384	1,199	1,284	1,039	1,484	1,189	1,281	1,336	1,103	1,273	1,474	1,185
海外需要を除く	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	567	640	997	567	446	583	485	504	449	439	484	462	432

(注) 2011～2013 年は年平均で、2014～2017 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2017 年 1 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

行事一覧

(2018年2月1日～28日)

機械部会



■情報化機器技術委員会

月 日：2月2日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか6名

議 題：① H29 年度の活動実績書と事業報告書の作成 ② H30 年度の活動計画について ③ 欧州の規制・規格について最新情報の共有 ④ INTERMAT 2018 の協会視察団について

■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月6日（火）

出席者：野中祥品委員長ほか8名

議 題：① 前回議事録の確認 ② コンクリート関連機器のメンテナンス不良によるトラブルについて継続議論 ③ 日本建設機械要覧の改訂について見直し依頼 ④ 委員交代について

■機械整備技術委員会

月 日：2月9日（金）

出席者：森三朗委員長ほか7名

議 題：① 日本建設機械要覧の改訂について見直し依頼 ② 尿素システムの取扱資料について ③ 平成 30 年度活動計画について ④ 工場見学の計画について ⑤ その他

■ショベル機械技術委員会

月 日：2月13日（火）

出席者：小澤学委員長ほか8名

議 題：① 日本建設機械要覧の改訂について見直し依頼 ② 機械災害の事例分析と安全に対する検討について ③ 今年度の活動纏めと来年度の計画について ④ 次期燃費基準の検討について ⑤ その他

■基礎工事事用機械技術委員会

月 日：2月14日（水）

出席者：関徹也委員長ほか15名

議 題：① 日本建設機械要覧の改訂について見直し依頼 ② 各社トピックスについての発表2件 ③ 来年度の委員会運営と内容について ④ その他

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：2月15日（木）

出席者：岩野健委員長ほか7名

議 題：① 日本建設機械要覧の改訂について見直し依頼 ② 今年度の総括及び纏め ③ H30 年度の活動・計画について ④ その他

■油脂技術委員会 タダノ志度工場見学会

月 日：2月16日（金）

出席者：豊岡司委員長ほか19名

議 題：① タダノ志度工場見学 ② 燃料エンジン油分科会（BDFの動向他） ③ 高効率作動油分科会（試験内容について他） ④ 規格普及促進分科会（マニュアル改定について他） ⑤ 委員会組織について他

■トンネル機械技術委員会 流機エンジニアリングつくばテクノセンター見学会

月 日：2月23日（金）

出席者：岩野健委員長ほか22名

議 題：① 流機エンジニアリングについて机上説明 ② つくばテクノセンターの見学（集塵装置・水再生処理装置等のデモンストレーションなど）

標準部会



■ISO/TC195 建設用機械及び装置委員会

月 日：2月6日（火）

出席者：山口達也委員長（鹿島道路）ほか19名

場 所：会館内会議室

議 題：① TC195 国際会議報告（2017年11月7～10日@オースティン） ② WG9 AHG 会議報告（2017年11月13～15日@ナッシュビル） ③ SC1・WG8・WG9 各分科委員会案件の審議 ④ TC195 親委員会案件の説明・協議 ⑤ TC297 対応関連—TC195 総会報告／国内審議委員会との連携 ⑥ 今後の活動方針—2018年・2019年 TC195 国際会議への対応

■ISO/TC127 土工機械委員会国内総会

月 日：2月20日（火）

出席者：正田明平委員長（コマツ）ほか23名

場 所：協会会議室

議 題：① TC127 親委員会・SC1～4 各分科委員会活動計画及び進捗報告 ② TC82 との関係 ③ ISO 規格の JIS 化 ④ 平成 29 年度活動報告及び平成 30 年度活動計画

■平成 29 年度第 2 回標準化会議

月 日：2月23日（金）

出席者：出浦淑枝委員長（コマツ）ほか9名

場 所：協会会議室

議 題：① 平成 29 年度活動報告・平成 30 年度活動計画 ② ISO/TC82 の標準化活動との連携 ③ 標準化活動の関連事項 ④ ISO 規格の JIS 化等

製造業部会



■製造業部会 小幹事会

月 日：2月21日（水）

出席者：細川秀樹部会長ほか6名

議 題：① H29 年度の事業報告と H30 年度事業計画について ② 日本建設機械要覧の見直し依頼について ③ i-Construction システム学（仮称）の東大教授説明会について ④ 電波暗室の選定について

建設業部会



■合同部会

月 日：2月8日（木）

出席者：植木睦央部会長ほか115名

議 題：① i-Con/ICT 等における国交省の今後の取り組みについて…〔発表者〕国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室 課長補佐 近藤弘嗣様 ② 衝突軽減システム『K-EYEPRO』のご紹介～現場事故ゼロを目指して～…〔発表者〕コベルコ建機(株) 営業促進部 ショベルマーケティンググループ 小見山昌之様 ③ 防げ!現場のヒューマンエラー…〔発表者〕国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター NEC 一産総研人工知能連携研究室 副室長 中田亨様 ④ その他意見交換

■クレーン安全情報 WG

月 日：2月15日（木）

出席者：久松栄一主査ほか11名

議 題：① クレーン安全衛生教育の視察について（1/21、28 報告） ② 教本改訂に向けての検討 ③ クレーン休業姿勢 アンケート結果報告書の骨子検討 ④ 災害事例報告 ⑤ 安全教育修了証の再発行について・「クレーン安全協議会」として5年以前の再発行は必要か・再発行について、他の団体はどうされているか ⑥ その他

■三役会

月 日：2月22日（木）

出席者：植木睦央部会長ほか4名

議 題：① 2/8 合同部会について ② 各 WG 報告 ● 機電交流企画 WG・2/26 開催予定 第2回若手現場見学会「首都高速東品川大規模更新工事（臨海）」について・H30 以降の3ヵ年計画について ● クレーン安全情報 WG・クレーン休業姿勢 アンケート結果報告書の骨子検討・クレーン安全衛生教育の視察について（1/21、28）・今後の改訂

作業に向けた動き ●新 WG (仮)「機電 i-Construction 現場 WG」進捗状況
③ 3/13 開催予定建設業部会について (JCMA 事業計画・事業報告含む)
④その他

■平成 29 年度第 2 回若手現場見学会

月 日: 2月 26 日 (月)
出席者: 植木睦央部会長ほか 26 名
工事名: 高速 1 号羽田線 (東品川栈橋・鮫洲埋立部) 更新工事
場 所: 東京都品川区東品川二丁目～同区東大井一丁目

発注者: 首都高速道路(株)

施工者: 大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなろ・川田・東骨・MMB・宮地高速 1 号羽田線 (東品川栈橋・鮫洲埋立部) 更新異工種建設工事共同企業体

内 容: 目黒川渡河部での桁材大ブロック撤去作業, 大型揚重機 (400 tAC × 2 台), 運搬台船他等

■機電 i-Con 現場 WG

月 日: 2月 28 日 (水)
出席者: 宮内良和主査ほか 9 名
議 題: ① (仮)「機電 i-Con 現場 WG」趣旨について ② WG 名称の確定について ③実施課題 (案) についての意見交換 ④ i-Construction (ICT 施工) 事例収集の方法について ⑤その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日: 2月 6 日 (火)
出席者: 平清二郎幹事長ほか 6 名
議 題: ①当年度分科会活動テーマに関する討議 ②その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日: 2月 7 日 (水)
出席者: 見波潔委員長ほか 18 名
議 題: ①平成 30 年 5 月号 (第 819 号) の計画の審議・検討 ②平成 30 年 6 月号 (第 820 号) の素案の審議・検討 ③平成 30 年 7 月号 (第 821 号) の編集方針の審議・検討 ④平成 30 年 2 月号～平成 30 年 4 月号 (第 816～818 号) の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日: 2月 14 日 (水)
出席者: 山名至孝分科会長ほか 1 名
議 題: ① 3 月号の原稿について ②その他

■新機種調査分科会

月 日: 2月 28 日 (水)
出席者: 江本平分科会長ほか 7 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

支部行事一覧

北海道支部



■小形水門等の点検技術に関する説明会

月 日: 2月 23 日 (金)
場 所: 寒地土木研究所 会議室
出席者: 北海道開発局藤谷機械施工専門官ほか 20 名
内 容: ①小形水門等の状態監視技術の試行について ②メンブランパッチを用いた RGB 色相による潤滑油診断技術について ③意見交換

東北支部



■田瀬ダムコンジットゲート機械遺産登録に関する打合せ

月 日: 2月 5 日 (月)
場 所: 支部会議室
出席者: 高橋弘支部長ほか 6 名
内 容: ①現地視察について

■ゆきみらい 2018in 富山における除雪機械展示・実演会ほかの視察

月 日: 2月 8 日 (木)～9 日 (金)
場 所: 富山市
参加者: 阿曾貢貴事務局長ほか 7 名
視察内容: ①除雪機械展示・実演会 ②ゆきみらいシンポジウム ③ゆきみらい研究発表会 ④ゆきみらい見本市

■東北土木技術人材育成協議会 第 4 回幹事会

月 日: 2月 13 日 (火)
場 所: 東北地方整備局 会議室
出席者: 稲葉護東北技術事務所長ほか 35 名
内 容: ①東北土木技術人材育成協議会について ②覚書 (案) について ③今後のスケジュールについて

■「(仮称) 建設 ICT 総合研修エリア運営協議会」設立に関する打合せ

月 日: 2月 19 日 (月)
場 所: 秋田県庁 秋田地方総合庁舎 会議室
出席者: 情報化施工技術委員会 鈴木委員長ほか 7 名
内 容: ①建設 ICT 研修の概要について ②研修場所について ③研修実施体制について

北陸支部



■ゆきみらい 2018in 富山除雪機械展示・実演会

月 日: 2月 8 日 (木)～9 日 (金)
場 所: 富山市五福公園駐車場特設会場
来場者: 約 1,900 名

中部支部



■技術・調査部会

月 日: 2月 6 日 (火)
出席者: 青木保孝部会長ほか 8 名
議 題: 春季講演会について

■情報化施工出前授業

月 日: 2月 15 日 (木)
場 所: 名古屋市立工芸高校
講 師: サイテックジャパン(株) 鈴木勇治氏, (株)シーティーエス 酒井満氏
受講者: 社会システム科 1 年 40 名

■i-Construction 出前講習会

月 日: 2月 28 日 (水)
場 所: (株)北村組
講 師: サイテックジャパン(株) 鈴木勇治氏, (株)シーティーエス 酒井満氏, コマツレンタル(株) 児玉浩氏, 福井コンピュータアーキテクト(株) 菅原誠志氏
受講者: 社員約 100 名

関西支部



■平成 29 年度 施工技術報告会

月 日: 2月 14 日 (水)
場 所: 建設交流館 グリーンホール
参加者: 166 名
内 容: ①導坑から地山改良を行い脆弱な盛土直下を掘削した事例 ②高速道路ランプ部への矩形シールド工法の導入実績 ③厳しい条件下での道路盛土工事における工期短縮事例 ④プレキャスト工法による大断面ボックスカルバートの施工 ⑤歴史的建造物 (レンガ建屋等) の改築更新・耐震化の施工例

■建設業部会, リース・レンタル業部会 合同討論会

月 日: 2月 21 日 (水)
場 所: ドーンセンター
出席者: 滝崎治行建設業部会長, 山本祥平リース・レンタル業部会長以下 27 名
内 容: ①「国土交通省における建設ロボットの取り組み」について…近畿地方整備局 企画部施工企画課 課長補佐

味田悟氏 ②「建設機械の自動化による次世代の建設生産システムへの取り組み」について…鹿島建設(株) 機械部 自動化施工推進室長 三浦悟氏 ③「働き方改革におけるサコスの提案」…サコス(株) 京都営業所長 松下博貴氏

四 国 支 部



■共催事業 ドローン操作訓練

月 日：2月20日（火）

場 所：国営讃岐まんのう公園（中央広場及び多目的広場）

共催者：（一社）建設コンサルタンツ協会 四国支部，（一社）四国クリエイト協会，（一社）日本建設機械施工協会 四国支部，（一社）日本補償コンサルタンツ協会 四国支部，（株）建設マネジメント四国

参加者：共催団体から10社81名，ドローン14機

JCMA 四国支部会員会社から3社8名参加，支部からは事務局長が参加

内 容：公園休園日を利用して，災害発生時に迅速に対応するため，各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■防災等に関する講習会

月 日：2月27日（火）

場 所：建設クリエイトビル5階第一会議室（高松市）

参加者：42名

内 容：①南海トラフ巨大地震時における四国地方整備局の対応について…（講師）四国地方整備局企画部防災課課長補佐 白川豪人氏 ②地震・津波等に関する話について…（講師）高松地方気象台地震津波火山防災情報調整官 立津秀樹氏

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：2月20日（火）

出席者：11名

議 題：①平成30年度事業計画について ②支部監査役の選任について ③H29年度第3回運営委員会について ④第7回支部総会について ⑤その他

■九州地方整備局とのi-Constructionに関する意見交換会

月 日：2月20日（火）

出席者：宮崎機械施工管理官ほか14名

議 題：①最新の取組み状況 ②平成29年度講習会の報告 ③ICT施工の課題について



“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
 - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
 - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
 - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
 - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
 - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
 - ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
 - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
 - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
 - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
 - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
 - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
 - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
 - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
 - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
 - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
 - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査 比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
 - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
 - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
 - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
 - ・「凸部、狹窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
 - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
 - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
 - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
 - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
 - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
 - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
 - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
 - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
 - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
 - ・グレーダ開発の変遷史
 - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
 - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
 - ・ベイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
 - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800 号記念、維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な活用
～地方の道をだれがいかんかに守っていくか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベル
の開発 施工効率向上を実現する Cat[®] グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工における ICT 施工と CIM 化への対応
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM

◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
 - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
 - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
 - ・最新型ホイールローダ 950MZ
 - ・新型 50 t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9 t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
 - ・ガソリン / LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ~ 3.5 トン
 - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
 - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
 - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
 - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
 - ・新世代 350 t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
 - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
 - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
 - ・鉄道クレーン車 KRC810N
 - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
 - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
 - ・安全の責任について考える ~ 技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚 ~
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年 ~ 50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)



大深度地下、地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
 - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
 - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
 - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム !! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING® 工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越 ~ 東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
 - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年 ~ 58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策、環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
 - ・二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
 - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
 - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
 - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
 - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
 - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
 - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
 - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
 - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
 - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
 - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
 - ・おもりを生かした工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
 - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）



解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
- ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
- ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
- ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
- ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
- ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その9）

◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号（第 808 号）



都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層（ときのけんそう）

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
- ・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発
- ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発
ハイブリッド雨水貯留システム
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
- ・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況
都市域における生物多様性向上を目指して
- ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- ・樹木対応型壁面緑化システムの開発
パーティカルフォレスト®
- ・時代の建層（ときのけんそう）
建設残土を利用した，時代を積み重ねる都市更新の提案

◆交流の広場

- ・セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その10）

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



基礎工、地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
 - ・高機能、施工の省力化、省資材化を達成した防潮堤の開発
ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
 - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事
 - ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例
超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
 - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 工法
 - ・都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工
阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
 - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発
ST マイクロパイル工法
 - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例
富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
 - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例
リフューズプレス工法
 - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS・S・MIX 工法
 - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム、GNSS ステアリングシステム、3D-ViMa システム
 - ・大口径掘削杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
 - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
 - ・低空頭、狭隘地で活躍する軽量小型の地中連続壁掘削機の開発
MPD-TMX 工法
 - ・地盤改良工事を全自動で施工管理
ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
 - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
 - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
 - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理
近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
 - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM
薬師寺食堂(じきどう)復興事業
 - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える
飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
 - ・経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋、清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み
大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事
土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家)、免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

◆交流の広場 博物館明治村

◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)

◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
- ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

◆統計 建設企業の海外展開

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化、これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
 - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
 - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
 - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工
用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
 - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
 - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み
神戸長田トンネル天井板撤去工事
 - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
 - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」
水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
 - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
 - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用
無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
 - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
 - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
 - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料
タフショットクリート®
 - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
 - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存
蔵上浄水場第 1 高区配水池改良工事
 - ・船場センタービル外壁改修工事
大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
 - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究
鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



建築 特集

◆巻頭言 人工技能研究のすすめ

◆行政情報

- ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
- ・建築物省エネ法の概要

◆技術報文

- ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
- ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
- ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
- ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
- ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
- ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
- ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC Co チェックシステム」アプリケーションの紹介
- ・ロボット溶接による建築現場溶接施工工法の開発と適用
- ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
- ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
- ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発

◆交流の広場

- ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

◆巻頭言 社会資本整備を考える

◆行政情報

- ・Lアラート：防災情報共有システムの現状

◆技術報文

- ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
- ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 函同時設け施工
- ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
- ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討

- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法

- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工

- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法

- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工

◆交流の広場

- ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)

◆部会報告

- ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告

◆統計 平成 29 年 建設業の業況

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



先進建設技術 特集

◆巻頭言

- ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」 具体化への期待

◆行政情報

- ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
- ・国土交通省における CIM の導入・推進

◆技術報文

- ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
- ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
- ・自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
- ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
- ・ドリル NAVI における新機能の開発
- ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
- ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例
- ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム
- ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減
- ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究

◆交流の広場

- ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減

◆部会報告

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

編集後記

新年度となつてから少し落ち着き始め、そろそろ連休の行動などを計画する頃でしょうか。

4月号は久しぶりにコンクリートを主題とした「コンクリート工、コンクリート構造」の特集です。

インフラと称される公共の施設や設備、構造物などに多く使われるため、建設業を代表する材料と思われるます。

以前、建設業界の予算削減を称した言葉として「コンクリートから人へ」などと言われた時期がありましたが、日本中のインフラなどの寿命や劣化の問題は年々激増しており、性能向上や腐食劣化対策、点検補修技術など、開発課題は非常に多いと思われます。

巻頭言は、東京大学社会基盤学専攻の前川教授より、「知識から知力に」と題して生産性向上と人工知能の重要性などをご執筆いただきました。

今や少子高齢化と人口減少による生産年齢人口や経済発展への影響は避けることができず、品質や生産性を維持することに加え、働き方改革も進められており、なかなか難しい問題が背景にあると感じております。

技術報文は、コンクリートに関連

したキーワードとして、①「材料・配合、高強度、高流動」、②「ひび割れ対策、打設・管理」、③「施工方法、プレキャスト、リニューアル」、④「劣化診断・調査、その他」に分類し、関連記事や論文等を参照して執筆依頼をさせていただきました。

4月号の原稿作成スケジュールは、10月から12月にかけて編集方針や執筆依頼、原稿の提出締切は2月20日までということで、年末から年度末の繁忙期に大変ご迷惑をお掛けしてしまいました。そのような中、執筆者の皆様にはご快諾をいただくとともに、大変貴重な原稿を作成いただきましたこと、改めて御礼申し上げます。

また、「交流のひろば」や「ずいそう」においても、突然のお願いをお引き受けくださり、大変興味深い内容をご執筆いただき有難うございました。

コンクリートに関連するキーワードや分類などは非常に多く、建設業界ではとても重要な分野と思われます。

今号の掲載原稿が今後の発展や品質向上、研究開発等、関係各所での参考としてご活用いただけることを祈念いたします。

(浅野・太田)

5月号「河川・ダム」の維持管理、点検補修」特集

・平成29年7月九州北部豪雨により被災した河川の早期復旧及び九州北部豪雨等の教訓を踏まえた対策の全国展開 ・鬼怒川堤防緊急復旧工事 ・鹿野川ダムリニューアル 水中作業での機械化 ・ハッ場ダム 廃線を生かした骨材ベルコン運搬 ・河川内のRC橋脚における曲げ補強工法の開発 ・会津若松市の水環境保全の取り組み ・日光川放水路及び青木川放水路の稼働実績 ・防災性を高めるスーパー堤防 ・東京の東部低地帯の河川堤防整備 ・深層学習方式を活用した河川のコンクリート護岸の劣化領域抽出 ・自律航行型（ASV）地形計測システムによる河川点検・維持・管理 ・河川維持管理に資する水中点検ロボットの開発事例紹介 ・水中3Dスキャナーを活用した水中可視化技術によるインフラの維持管理・点検技術 ・ダム点検・調査用水中調査ロボット「Cetus-V・Mark II」の開発 ・画像鮮明化技術を用いたダム維持管理ロボットシステム ・河川史

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料（12冊） 9,252円（税・送料込）

建設機械施工

第70巻第4号（2018年4月号）（通巻818号）

Vol.70 No.4 April 2018

2018（平成30）年4月20日印刷

2018（平成30）年4月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 田崎忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話（03）3433-1501；Fax（03）3432-0289；<http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話（0545）35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話（011）231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話（022）222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話（025）280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話（052）962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話（06）6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話（082）221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話（087）821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話（092）436-3322

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL：03-3664-0118 FAX：03-3664-0138

E-mail：san-mich@zam.att.ne.jp 担当：田中

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス **サテラ** **リソーサー** **離操作**

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し
装着可能

モデルチェンジ！
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N
●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機
セットで
15万円
(税別価格)

12操作標準型
RC-5812N
●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用
セットで
17万円
(税別価格)

16ボタン
モデル
16操作標準型
RC-5816N
●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-6016N
●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能

セットで
20万円
(税別価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
標準型
RC-8616N

●16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

セットで
22万円
(税別価格)



新 タフ頑強 ケーブルレス

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ
オーダー対応例



防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N
セットで
90万円～
(税別価格)

全押しボタン
RC-7126N
セットで
45万円～
(税別価格)



ジョイスティック
2本装着オーダー例

●操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

新型ジョイスティック
3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン
全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U



チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル
対応

標準型
RC-3208N
●8操作
8リレー

セットで
12万円
(税別価格)



片手で握り替えずに
正逆操作が行えます！

チップ部品採用で
ポケットサイズ化
トコト機能は絞って
コストダウン

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上
高い防水性能
送信機はIP65

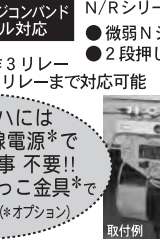
従来の機と
信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

セットで
10万円
(税別価格)



N/Rシリーズ

●微弱Nシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び！
●2段階押しスイッチ追加可能！(オプション)

ポケットサイズの本格派！

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)



リソーサー 離操作

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
標準型
RC-2512N

●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能
●見易くなった電池残量告知ランプ付



価格もサイズも
ハンディ並み！

セットで
22万円
(税別価格)



軽量コンパクト
ショルダータイプ

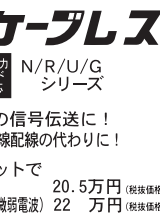
データケーブルレス

N/R/U/G
シリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

●機器間の信号伝送に！
●多芯の有線配線の代わりに！

標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (税別価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)



送信機
(外部接点入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
写真は
Uシリーズ

工夫次第で用途は無限！

MAXサテラ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)



金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン
装着タイプ
セットで
95万円
(税別価格)



無段変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置

発破番

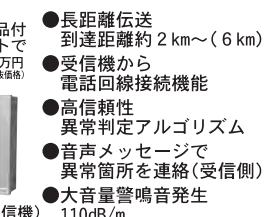
ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)



●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)
●受信機から
電話回線接続機能
●高信頼性
異常判定アルゴリズム
●音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)
●大音量警鳴音発生
110dB/m



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 [朝日音響](#) [検索](#)

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX:088-694-5544(代) TEL:088-694-2411(代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

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、構造がシンプルなので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>

「もう、こんな時間」を。
「まだ、こんな時間」に変えませんか?

まかせてください!



お気軽に
ご相談ください。

NPC
Communication
Power

会社案内・カタログ・社史・社内報・マニュアル・電子書籍

などの制作で、お困りのご担当者様はいらっしゃいませんか。ご担当

者様のお仕事は多岐にわたり、何かとご多忙のこととお察しいたします。

そんな方には、ぜひNPC日本印刷をご紹介します。私たちのご提供できるサービスは、版下づくり、印刷・製本ばかりではありません。膨大な資料の整理、講演のテープ起こし、インタビューをもとにした原稿づくりほか、企画から仕上げまで、トータルにお手伝いさせていただいております。もちろん、コストダウンに関するご提案も承ります。どうぞ、お気軽にお声をおかけください。

月刊誌

会社案内
カタログ

社史

社内報

マニュアル

電子書籍

etc. ▶

企画、原稿づくりから
仕上げまで、トータルに
お手伝いします。

NPC 日本印刷株式会社 ☎ **(03)5911-8667** (担当:海坂)

〒170-0013 東京都豊島区東池袋4-41-24 東池袋センタービル
TEL: (03) 5911-8660(代) FAX: (03) 3971-1212

URL: <http://www.npc-tyo.co.jp/>

建設機械施工

広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン ― お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： F A X：

E-mail：

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138



吸塵式乾式カッター

MCD-RY14HS

NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2

MLP-1212A



高周波バイブレーター

FX-40G/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイブロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー

MT-55L-SGK

NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター

MVC-F40S

NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー

MRH-601DS

低騒音指定番号5097

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: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

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

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



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

www.denyo.co.jp

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



DCA-25MZ

GAW-155ES

DIS-8

DIS-80LBE



デンヨー株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所第1課 019(647)4611
東北営業所第2課 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570

東京支店 03(6861)1122
横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(856)7222
金沢営業所 076(269)1231

大阪支店 06(6448)7131
 広島営業所 082(278)3350
 高松営業所 087(874)3301
 九州営業所 092(935)0700

それはいつまでも
青い空のために



コスモECOディーゼル

「DH-2」対応
ディーゼルエンジンオイル
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。



コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<http://www.cosmo-lube.co.jp/>

カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 支 店
西 部 支 店
三 重 工 場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

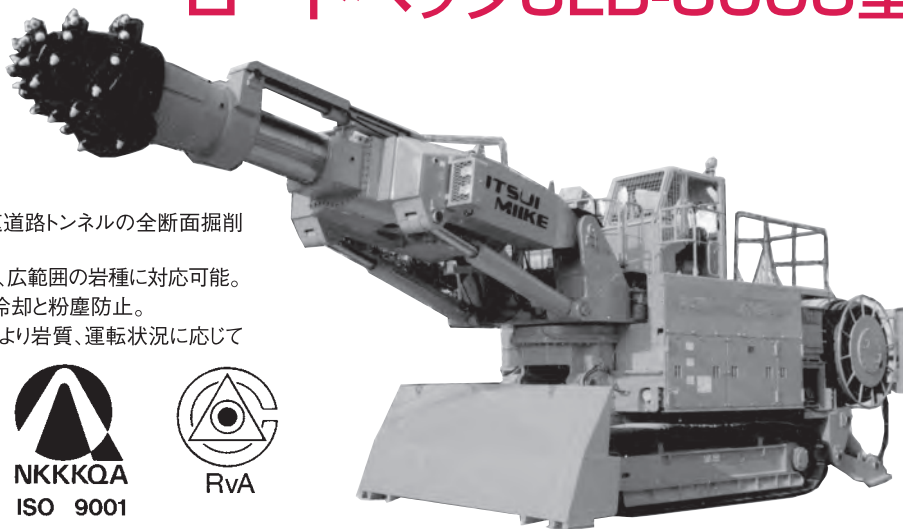
TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW・2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式/パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

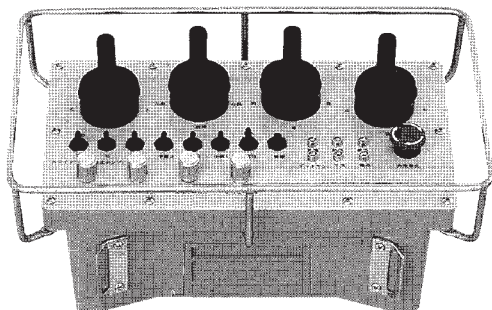
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

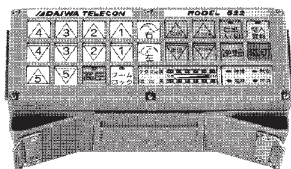
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

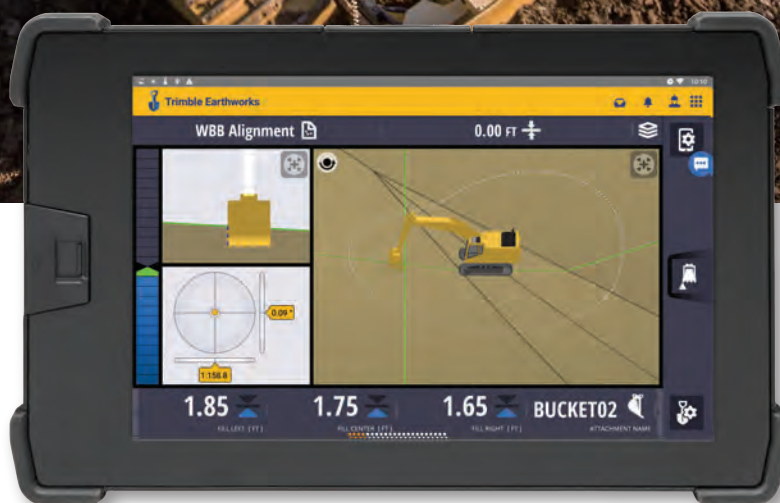


YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

SITECH-JAPAN.COM

i-Constructionを全力サポート

サイテックジャパンは、i-Construction・ICT 情報化施工の急速な拡大普及に伴い、それらに対応する最新の製品・機器及び最新のソリューションに関する「販売とサポート」の専門企業として 2017 年 9 月にスタートいたしました。「サイテック」は、「サイトテクノロジー(現場技術)」の意味を持ち、既に世界の各地域で 100 社以上が iCT 施工の専門企業として活躍している Trimble のグローバル販売・サービスネットワークです。建設マネージメントのあらゆる段階における最適なソリューションの提供が私どもサイテックジャパンのミッションです。



Trimble Earthworks

最新 マシン・コントロール
マシン・ガイダンスシステム

サイテックジャパン株式会社

〒144-0035 東京都大田区南蒲田 2-16-2
テクノポート三井生命ビル

SITECH-JAPAN.COM

03-5710-2594

info@sitechjp.com



雑誌 03435-4



4910034350483
00800

「建設機械施工」

定価 本体 800 円 (税別)