

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2016

建設機械施工 **7**

Vol.68 No.7 July 2016（通巻797号）



特集 コンクリート工事 コンクリート構造

市立吹田サッカースタジアム
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

巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上

グラビア CONEXPO LATINAMERICA（その4）

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

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

技術報文

- 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
- 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 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな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

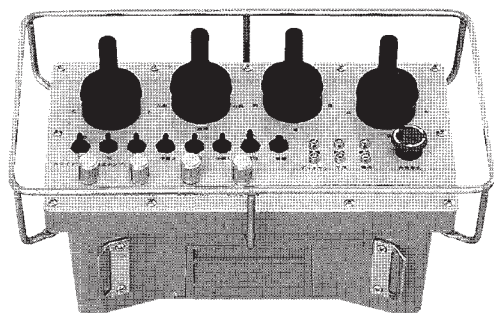
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

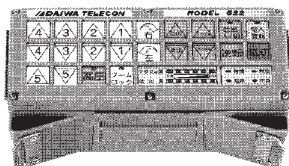
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171

TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005

ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>

e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他



「平成28年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻 靖三)は、書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の“建設機械等損料算定表 平成28年度版”の内容に準拠)を掲載したものです。

工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料であり、広く活用頂ければ幸いです。

***** 記 *****

■発売日 : 平成28年5月9日

■体裁 : A4版、モノクロ、約460ページ

■本体価格(送料別)

一般価格 8,640円(本体8,000円)

会員価格 7,344円(本体6,800円)

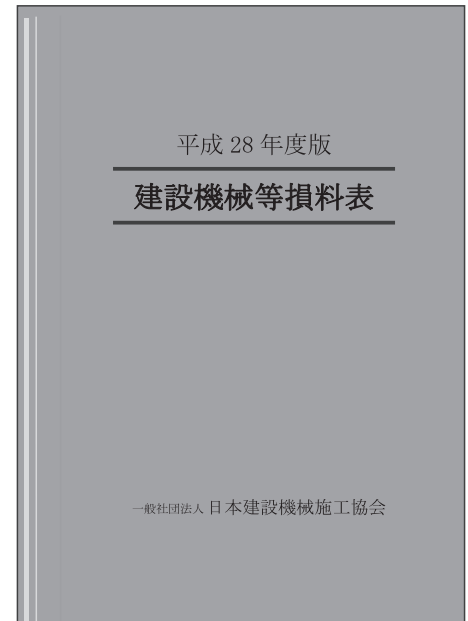
■内容・特長

- (1) 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- (2) 機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- (3) 燃料・電力消費率を掲載
- (4) 書籍のサイズを、これまでのB5版からA4版に拡大

■備考

従来当該書籍に掲載していた損料諸数値や損料補正等の計算例、運転単価表の作成例、機械器具等の概要解説(図・写真付)は削除し、これを別冊の解説書(下記参照)に集約する事によって両書籍間の役割分担を明確化。

***** 以上 *****



書籍の表紙イメージ

■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

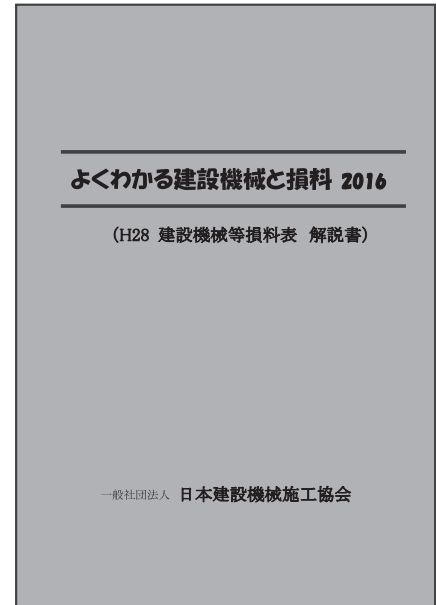
一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

「平成28年度版 建設機械等損料表」の解説書
「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻靖三)は、5月31日に書籍「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

本書は先に発刊した書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、下記のような多くの特長を持っています。

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



書籍の表紙イメージ

■発 売 日 : 平成28年5月31日

■体 裁 : A4版, 一部カラー, 約320ページ

■価格(送料別途)

一般 : 税込 6,480円 (本体 6,000円)

会員 : 税込 5,508円 (本体 5,100円)

■内容・特長

- (1) 損料表の構成・用語の意味, 損料補正方法などを平易な表現で解説
- (2) 17件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (3) H28損料表の主要な改正・変更点を一覧表にして紹介
- (4) 損料表に掲載の機械について, 大分類別にコード体系を図示
- (5) 損料表に掲載の機械について, 写真・図を添えて概要・特徴を紹介
- (6) 主要な建設機械については, メーカー・型式名を一覧表にして紹介
- (7) 「俗語⇒損料表における機械名称」対照表を掲載
- (8) 書籍のサイズを従来のB5版からA4版に拡大

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

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ーカ
- ・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 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	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る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

建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び、建設施工における本問題を理解し、実践するための必携書として、これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため、この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し、建設現場での実践に役立てて頂きたいと思えます。

◇主な内容

- ・建設施工における工法、資材、建設機械及びその運転方法等について、CO₂の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
- ・各工種の標準的な工法におけるCO₂排出量を算出すると共に、その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
- ・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く、地球温暖化対策に関連する8工種を選定した。

◇掲載工種

土工／法面工／擁壁工／基礎工／仮設工（鋼矢板工）／道路舗装／トンネル工／橋梁工（参考資料のみ）

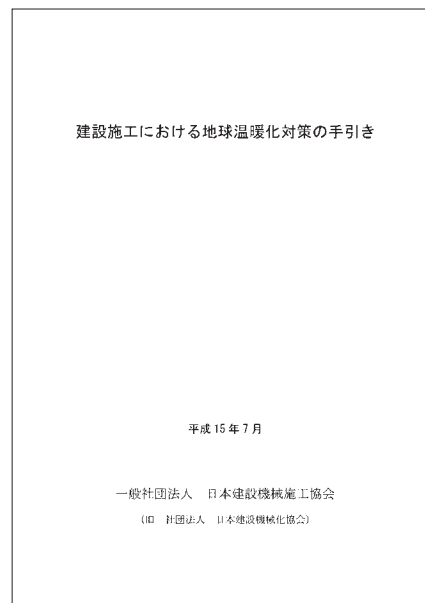
◇体裁・定価

A4判、85頁

価格 一般価格 1,620円（本体1,500円）

会員価格 1,512円（本体1,400円）

送料は一般、会員とも400円



「建設施工における地球温暖化対策の手引き」準拠 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので、地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を、具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

◇主な内容

基本事項、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ、ローラ、ホイールクレーン、クローラクレーン、ダンプトラック、点検整備

◇体裁・定価

B5判、50頁

価格 一般価格・会員価格共 540円（本体500円）、送料250円



論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。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。 ○抛出金の不返還:既納の会費及びその他の抛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	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
2	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	500
3	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
4	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
5	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
6	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	400
7	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
8	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	600
9	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
11	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
12	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
13	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	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	400
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
19	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	400
20	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		400
21	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		400
22	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
23	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	500
24	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	400
25	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
26	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
27	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
28	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,888	3,456	500
29	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
30	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
33	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
34	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック	6,480		500
35		建設機械履歴簿	411		250
36	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			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。

目次

コンクリート工事、コンクリート構造 特集

3	グラビア CONEXPO LATINAMERICA (その4)	
7	グラビア 2016 NEW 環境展 at 東京ビッグサイト	
11	巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上	二羽淳一郎
12	場所打ち UFC による PC 道路橋	デンカ小滝川橋
	渡邊 有寿・一宮 利通・川崎 文義	
18	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	
	淙徳橋上部工連続化工事	安藤 直文
25	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	松尾 享
32	火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法	小澤満津雄
38	場所打ち函渠における品質確保の取り組み	
	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	神崎 恵三
44	設計基準強度 300 N/mm ² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用	
	山本 佳城・今井 和正・水谷 太朗	
49	スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性	
	森濱 和正・加藤 祐哉・古賀 裕久	
56	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	
	山口 治・三澤 孝史・廣中 哲也	
62	電子制御式コンクリートミキサー車の紹介	川島 茂
66	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	
	奥野 功一・鈴木 好幸・田中聖一朗	
71	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	
	澁谷 啓・片岡沙都紀・白 濟民	
79	交流の広場 日本コンクリート工学会年次大会 2015 (千葉)	
	キングオブコンクリート参加を振り返って	鉄羅 健太
83	ずいそう 富岡製糸場の世界遺産に思う	今井 幹夫
84	ずいそう 「仕事」と「癒やし」	有田 衣里
86	CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工	
	一省エネ効果の検証試験	佐藤 充弘・稲葉友喜人
91	部会報告 除雪機械の変遷 (その 20) 小形除雪車 (2)	除雪機械技術委員会
97	支部報告 古川工業高等学校の情報化施工セミナー	三浦 克洋
102	新工法紹介	機関誌編集委員会
106	新機種紹介	機関誌編集委員会
107	統計 建設企業の海外展開	機関誌編集委員会
112	統計 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
113	行事一覧 (2016 年 5 月)	
116	編集後記	赤神・中村

◇表紙写真説明◇

市立吹田サッカースタジアム
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

写真提供: (株)竹中工務店

市立吹田サッカースタジアムは大阪府吹田市の万博記念公園内に建設され 2015 年 9 月末に竣工を迎えた J

リーグ、ガンバ大阪のホームスタジアムである。その事業スキームは、サポーター並びに企業からの寄付金等で建設するという日本で初めての取り組みであり、収容人員 40,000 人の全観客席が屋根に覆われたヨーロッパスタイルのサッカー専用スタジアムとして、西日本最大の規模かつ国際サッカー連盟 (FIFA) 主催の大会を誘致できる基準を満たしている。

平成 28 年度 建設機械施工技術検定試験のご案内

平成 28 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験（建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験）を以下のとおり実施いたします。なお、平成 28 年度より、試験実施年度末（平成 29 年 3 月 31 日）の時点で 17 歳以上となる方は、実務経験や学歴に関係なく 2 級の学科試験のみを受検することができます。

1. 申込み方法

受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等から購入の上申込み願います。

2. 申込み受付期間

3 月 4 日（金）～ 4 月 4 日（月）；済

3. 試験日

学科試験：6 月 19 日（日）；済

実地試験：8 月下旬～ 9 月中旬

4. 受検資格

学歴等の資格区分に応じ実務経験年数が必要となります（2 級（学科試験のみ）は除く）。詳しくはお問合せ願います。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人 日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1575

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

平成 28 年度版 建設機械等損料表 発売のお知らせ

建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値を掲載。工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料です。

1. 内容・特長

・国交省制定「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

・燃料・電力消費率を掲載

2. 発売日

平成 28 年 5 月

3. 体裁

A4 版、約 460 ページ

4. 本体価格（送料別）

一般：8,640 円

会員：7,344 円

詳細問い合わせ先：

一般社団法人 日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1575

http://www.jcmanet.or.jp

2016 年版 日本建設機械要覧 電子書籍（PDF）版 発売のお知らせ

2016 年 3 月に発行した「日本建設機械要覧」の、2 種類の電子書籍（PDF）版を発売。PC、タブレット、スマートフォンからアクセスでき、現場技術者の工事計画の立案、積算や、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用できます。購入は HP（<http://www.jcmanet.or.jp/>）からお申込みください。

1. 商品名、価格（3 年間、税込）

・日本建設機械要覧 2016 電子書籍（PDF）版

会員 54,000 円／非会員 64,800 円

・建設機械スベックー覧表 電子書籍（PDF）版

会員 48,600 円／非会員 59,400 円

2. 購入特典

Web サイト「要覧クラブ」において、過去の日本建設機械要覧が閲覧、ダウンロード可能。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人 日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1575

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

日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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。

会費：年間 9,000 円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、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、

に、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人 日本建設機械施工協会
個人会員係

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

http://www.jcmanet.or.jp

CONEXPO LATINAMERICA

at エスパシオ リエスコ イベント & コンベンションセンター

チリ共和国首都州サンティアゴ市

2015年10月21日～24日【レポート Part 4】

先月号に引き続き、ISO 専門委員会で取り扱う建設機械の適用範囲、定義及び分類に従い、使節団が調査した世界各国の展示製品を系統だて、可能な限り幅広く紹介する。

クレーン及び関連装置 — ISO/TC 96 Cranes and lifting appliances

自走式クレーン Mobile crane



Maniowoc (アメリカ)



Link-Belt (アメリカ)

定置式クレーン Stationary crane



Fassi (イタリア)

産業車両 — ISO/TC 110 Industrial trucks

フォークリフト Fork lift



Hyundai (韓国)



トヨタ



ニチュ



Manitou (アメリカ)



Navigator (アメリカ)

テレハンドラ Telehandler



JLG (アメリカ)



Manitou (アメリカ)



Xtreme (アメリカ)



Bobcat (アメリカ/韓国)



MST (トルコ)

昇降式作業台 — ISO/TC 214 Mobile elevating work platforms

高所作業車 Aerial work platform



Socage (イタリア)



Haulotte (フランス)



Manitou (アメリカ)



JLG (アメリカ)



Snorkel (アメリカ)



Alo Lift (チリ)

【終わり】

2016 NEW 環境展 at 東京ビッグサイト

2016 年 5 月 24 日～ 27 日



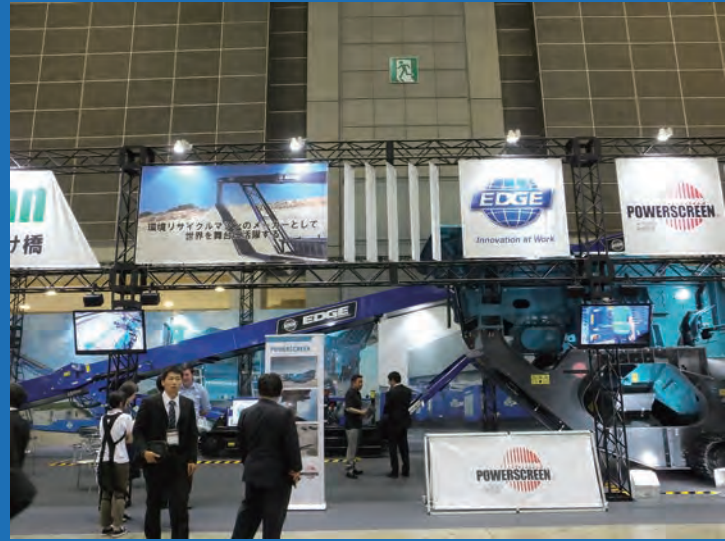
第 25 回 NEW 環境展及び同時開催の第 8 回地球温暖化防止展で展示された環境関連製品のうち、建設リサイクル機械等を紹介する。



自走式コンクリート破碎機／木材破碎機



自走式木材破碎機／土質改良機／コンベヤ



圧砕機アタッチメント



つかみ機アタッチメント



選別機アタッチメント



ハンドリング・運搬・積込み機械



巻頭言

プレキャスト技術による耐久性の向上

二 羽 淳一郎



コンクリート構造やプレストレストコンクリート（以下 PC と略記）の分野では、一時の維持管理一色の時期を経て、現在では生産性向上に向けた動きが盛んである。2012 年 12 月の笹子トンネルの天井板落下事故を契機にわが国では社会インフラの維持管理の重要性が再認識され、国交省は道路構造物に関して、5 年に 1 度の近接目視点検を義務付けることとなった。今後、これによるメンテナンスサイクルが機能し、道路構造物の維持管理が着実に進められていくことが期待される。維持管理が好転していけば、次の課題は今後の少子高齢化社会に向けて、省資源、省人化を積極的に推進するための生産性向上であることは十分に理解できるところである。コンクリート構造、とりわけ PC 分野においては、生産性向上の中でも特にプレキャスト技術に注目が集まっている。

プレキャスト技術は特に目新しい技術ではなく、PC 構造においてはその揺籃期から実用化されてきたものである。1946 年以降、フランスでは PC の創始者の一人であるフレシネーがマルヌ川に複数のプレキャスト PC アーチ橋を架設している。特にその内のマルヌ 5 橋といわれるものは、スパン 74 m でアーチライズ 4.96 m の非常にフラットなプレキャスト PC アーチ橋であるが、5 橋とも全く同じ形状・寸法という特徴がある。これら 5 橋はいずれも 6 本の I 型桁で構成されているが、各 I 型桁はそれぞれ 32 個のプレキャストセグメントからなっており、1 橋あたり 32 × 6 で 192 個のセグメント、5 橋全体では 960 個のセグメントが使用されている。

これら 5 橋はいずれも竣工後 65 ～ 69 年を経過しているが、現在も何ら問題なく道路橋として供用されており、プレキャスト化されたコンクリート部材を PC 鋼材により一体化することで、耐久的なコンクリート構造物が建造できることを実証している。

さて、現在においてプレキャスト技術は、ややもすれば工期短縮、省力化、省人化といった観点から注目を

集めがちであるが、プレキャスト技術と PC を併用することにより、耐久性の観点からも優れた構造物を建設することができるのであり、プレキャスト技術によるこのような付加価値の創造に対して、より積極的に取り組むことにより、生産性の向上に結び付けることができよう。

プレキャスト技術における最近の着目すべき事例をいくつか紹介したい。

2010 年に竣工した羽田空港の D 滑走路では、北側では埋立て方式が用いられたが、南側は多摩川の河口にあたり、河川の流れを阻害しないように、栈橋方式が用いられた。このため鋼製ジャケットの上にコンクリート製の床版を配置する構造となった。滑走路本体には剛性の高い PC 床版が用いられたが、その他のエプロン部分には耐久性が高く、しかも軽量で高強度の超高強度繊維補強コンクリート（UFC）床版が大量に使用された。これら UFC 床版は千葉県富津市の専用工場にてプレテンション方式で製作された。総数は約 7000 枚である。これらのプレキャスト UFC 床版は東京湾を曳航され、現地に運搬・架設された。

中東の UAE、ドバイにはドバイメトロと呼ばれる都市内高架鉄道があるが、この高架橋はわが国の大手建設会社により、プレキャスト方式で建設された。高架橋部分の総延長は約 61 km で支間数は約 1700 であるが、ここでは合計約 16000 個のプレキャストセグメントが製作され、使用された。プレキャストセグメントは西側の終点近くの約 50 万 m² の広大なヤードで製作された。主桁だけでなく、橋脚の横梁もプレキャスト化されている。

場所打ちのコンクリートに比較すれば、プレキャスト製品は品質に優れていることから、単なる工期短縮、省力化、省人化といった観点からだけではなく、もっと踏み込んで、耐久性の向上という観点からも、是非検討を進めるべき時期に来ていると思う次第である。

——にわ じゅんいちろう

東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授——

場所打ち UFC による PC 道路橋

デンカ小滝川橋

渡 邊 有 寿・一 宮 利 通・川 崎 文 義

「小滝川発電所 2 号機リニューアル橋梁架替え工事」は、新潟県糸魚川市にある民間の発電所設備の増強計画に伴い、建造後約 100 年経過した吊橋を架け替えるものである。本橋では、長寿命化によって凍結防止剤による塩害や凍害に対する維持管理性を向上させることを目的として、超高強度繊維補強コンクリート (UFC) を採用した。本橋は、構造物全体を UFC で場所打ち施工した初めての事例であるとともに、新たに開発された高強度プレグラウト PC 鋼材も初めて適用した道路橋である。本報では、UFC の場所打ち施工における各種取組みと施工結果について報告する。

キーワード：超高強度繊維補強コンクリート、場所打ち、大量施工、現場養生、高強度 PC 鋼材

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート (Ultra-high strength Fiber reinforced Concrete: 以下, UFC) は、その名のとおり多量の繊維 (鋼繊維) を用いた超高強度コンクリート (厳密にはモルタル) であり、圧縮強度 150 N/mm^2 以上、引張強度 5 N/mm^2 以上の特性値と高耐久性を有している。その優れた特性を活かすことで、部材の軽量化や長期耐久性付与など、設計・施工に多くの自由度と付加価値を見出すことができる。2004 年に超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案)¹⁾ (以下, UFC 指針) が発行されて以降、PC 橋梁や PC 床版、埋設型枠ならびに建材などへの適用を増やしている。UFC を用いた世界で最も大規模な工事としては羽田空港 D 滑走路拡張工事があり、約 19 万 m^2 (約 $22,000 \text{ m}^3$) に UFC プレキャスト床版が用いられている^{2), 3)}。これまで UFC は、極めて高い性能を発揮させるために、給熱養生設備を有する工場でのプレキャスト部材を中心に展開されてきたが、常温環境でも性能が得られるものも開発されており⁴⁾、施工におけるさらなる自由度の向上、合理化が期待されている。

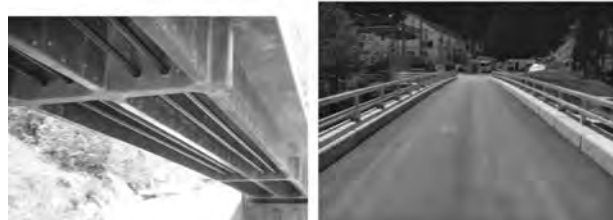
2. 小滝川橋

(1) 工事概要

小滝川発電所は新潟県糸魚川市の小滝川 (姫川水系) の急流を利用した水力発電施設であり、国の天然記念

物に指定された小滝川硬玉産地 (ヒスイ峡) にほど近い場所に位置する。同発電所では、発電設備の増強計画に伴うリニューアル工事が進められており、建造後約 100 年経過した吊橋の架替えが行われた。完成後の全景を写真—1 に、工事概要を表—1 に示す。

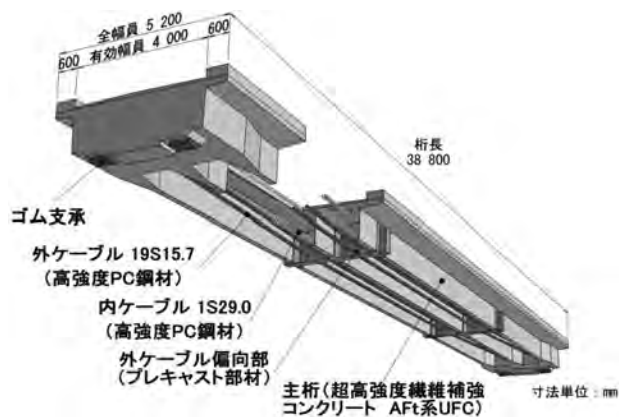
本橋には、凍害を受ける地域に建設されることや凍結防止剤が散布されることを踏まえ、今後 100 年までの維持管理費の削減を目的に UFC が採用された。上部工の構造パース図を図—1 に示す。本橋では、橋



写真—1 完成状況 (全景)

表—1 工事概要

工 事 名	小滝川発電所高効率化リニューアル橋梁掛替え工事
発 注 者	デンカ(株)青海工場
設計・施工	鹿島建設(株)
工 事 場 所	新潟県糸魚川市
工 期	2013 年 10 月～2014 年 4 月 (橋梁工事分)
工 事 内 容	【上部工】単純 PC ポストテンション方式 T 桁橋、橋長 39.0 m、有効幅員 4.0 m 【下部工】逆 T 字式橋台 2 基



図—1 構造パース図

梁全体を UFC の場所打ちで構築する方法を採用した。この背景には、架設地点までは山間部の幅員の狭い道路を通行する必要があるため、大型のプレキャスト部材では運搬が困難であったことや、その対策として部材を細かく分割する方法では耐久性上の課題となる継目が増えてしまうことがある。

(2) 使用材料

本工事で用いた UFC の配合を表—2 に示す。本材料はエトリンナイト生成系 UFC (以下、AFt 系 UFC) と言われ、土木学会で UFC としての技術評価を受けているものの一つである。本工事では、場所打ち施工におけるひび割れ発生リスクを抑えるために、自己収縮を低減させたタイプを採用した。ここで、養生については、UFC 指針では、打込みから脱型やプレストレス導入に必要な初期強度が得られるまで実施する「初期養生」と、最終強度を発現させるまで実施する

「標準熱養生」の二段構えを基本としている。AFt 系 UFC では、この標準熱養生として最高温度 85℃ の蒸気養生を 20～24 時間行うこととしているが、これらは十分な設備を有する工場製作のプレキャスト部材を想定したものである。しかし、本橋では渇水期である冬期に施工する必要性から、積雪山間部である架設地点で工場のような理想的な養生を施すことが困難である。そこで、現場で実現可能な養生によって達成できる強度を勘案し、UFC 指針の適用範囲の下限値である 150 N/mm² を圧縮強度の設計基準強度に設定した。その他、本橋に用いた UFC の特性値および設計値を表—3 に示す⁵⁾。

表—3 UFC の特性値および設計値

項目		単位	場所 打ち	工場 製作
圧縮強度 (設計基準強度)	f'_{ck}	N/mm ²	150	180
曲げ圧縮応力度の制限値 (許容曲げ圧縮応力度)	$0.6 f'_{ck}$	N/mm ²	90	108
ひび割れ発生強度 ・ 許容曲げ引張応力度 ・ 許容斜引張応力度	f_{crk}	N/mm ²	4.0	8.0
引張強度	f_{tk}	N/mm ²	6.5	8.8

(3) UFC を用いた PC 橋に適した構造計画

まず、UFC の高い圧縮強度をより有効活用するには下路桁形式が望ましいが、景観性および冬期の除雪作業を勘案して上路形式を採用した。次に、本橋では UFC の場所打ち施工による構築を基本としたが、中間横桁のみプレキャスト部材を用いている (写真—2)。これは、主桁へのプレストレス導入で主桁下縁の橋軸方向に生じる圧縮応力により、その直角方向の大きな引張応力が中間横桁に生じるため、プレキャスト化によって局所的な発生応力に抵抗させるためである (図—2)。このことは、施工や品質確保の上でもメリットとなり、中間横桁を打込み境界 (妻型枠) とすることで、全長約 39 m (約 90 m³) の部材を 3 回 (3 日) に分けて施工することが可能となり、コンクリートの供給能力や打込み能力が確保でき、流動距離が抑制でき、さらには鉛直打重ねを解消することができ

表—2 UFC の配合 (AFt 系)

水結合材比 (%)	単位量 (kg/m ³)						補強繊維 (kg)
	水*	結合材 (収縮低減タイプ)	細骨材	収縮低減剤	高性能減水剤	消泡剤	
15.2	195	1,287	905	12.9	36.0	6.4	137.4 (1.75 vol.%)

※高性能減水剤中の水分を含む

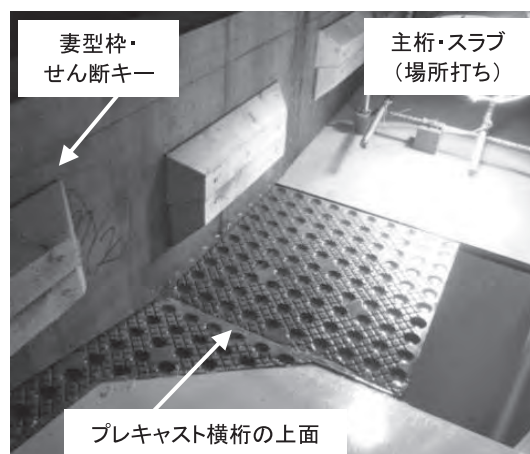


写真-2 プレキャスト化した中間横桁

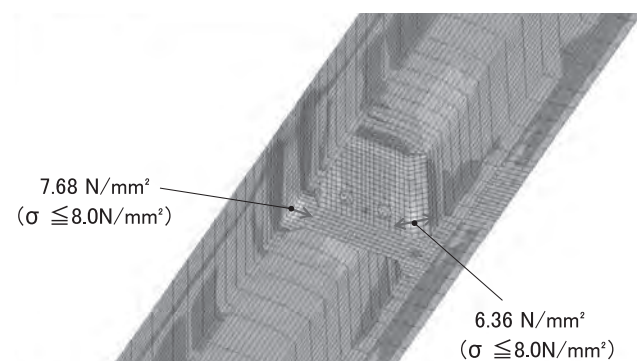


図-2 中間横桁部の応力照査

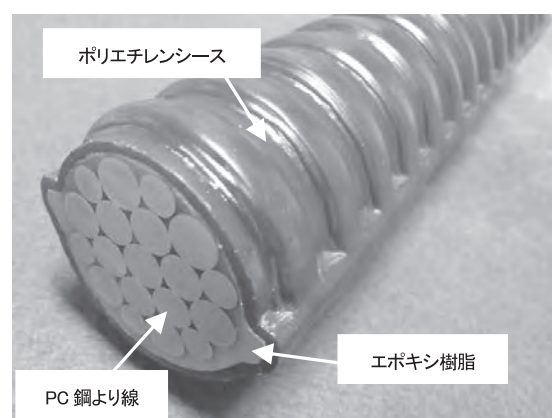


写真-3 プレグラウト PC 鋼材

た。横桁の上面は場所打ち UFC との一体化を図るため、凹凸を設けている。

PC 鋼材の仕様を表-4 に示す。本橋では、UFC の高強度の効果に加えて、より断面のスリム化が可能となるように、内・外ケーブル併用配置とし、配置本数が低減できる高強度 PC 鋼材を内・外ともに採用した。防食仕様として、内ケーブルは低温環境での施工となることから、グラウト作業を省略できるプレグラ

ウトタイプとした。内ケーブルは新たに開発された湿気硬化型の高強度プレグラウト PC 鋼材 (1S29.0) であり、本橋が初適用となる (写真-3)⁶⁾。外ケーブルは、桁外であるがウェブ間に配置されることやコスト面を配慮し、エポキシ被覆ストランドをポリエチレン管内に配置し、セメントグラウトにて充填する 3 重防食仕様とした。鉄筋の使用は、定着体周り (補強筋) および地覆のみである。

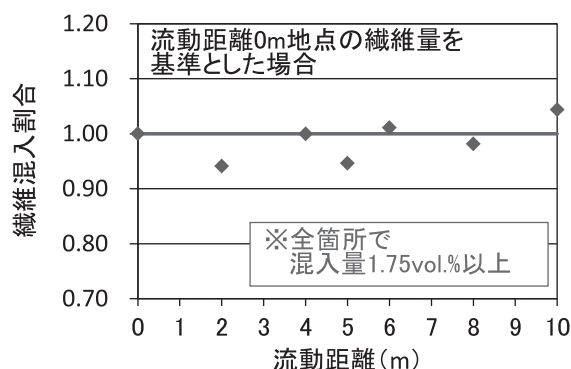
表-4 PC 鋼材の仕様

項目	単位	内ケーブル 19 本より線 1S29.0	内ケーブル 7 本より線 19S15.7B
断面積	mm ²	547.5	2,850
0.2% 永久伸びに対する荷重 (鋼材の降伏点)	kN (N/mm ²)	996 (1,810)	5,415 (1,900)
引張荷重 (引張強さ)	kN (N/mm ²)	1,139 (2,080)	6,365 (2,230)
導入力 (導入応力)	kN (N/mm ²)	783 (1,430)	4,380 (1,540)
見かけのリラクセーション率	%	1.5	5.0
セット量	mm	7.0	11.0

3. 実施工に向けた検討および施工結果

(1) 鋼繊維の均一性確保

UFCを場所打ち施工する場合には、設備が整った工場と異なり、種々の条件で打込み位置が制限されることが想定される。本工事においても、クレーンの作業半径と降雪によって、クレーンの作業半径や屋根の開閉箇所の制限により打込み位置が制限された。そこで、事前に主桁を模擬した10mの部材を用いてUFCの流動勾配や鋼繊維の均一性が確保される流動距離の限界を把握した(図—3)。流動先端の鋼繊維の量を測定した結果、10m流動後も繊維が均一に分散されていることを確認した上で、実施工では安全率も踏まえて8m以下の流動距離となるように打込み位置を決定した。



図—3 流動距離と繊維混入割合の確認

次に、長時間の打込みに伴う打重ねについては、ブリーディング(浮き水)が生じずに表面が乾燥しやすいUFC特有の性状や、鋼繊維の架橋による一体化の確保を考慮し、打込み空間の保湿方法(継続的な水の噴霧)および突き棒によるかき乱し方法を事前検討⁷⁾によって決定した。施工状況を写真—4に示す。実施工では最大1.5時間程度の打重ね時間間隔が生じた

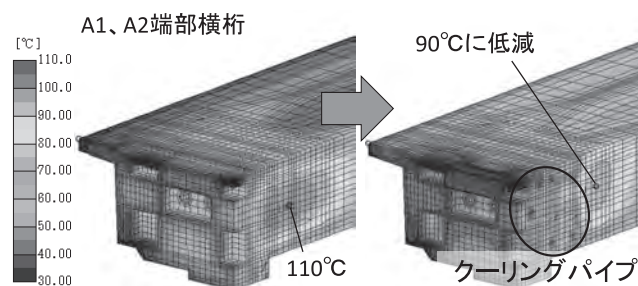
が、打重ね線や表面気泡のない、きれいな仕上がりとなった。

(2) UFCの製造および運搬

AFt系UFCの製造は、糸魚川市内の生コンプラント2社(二軸強制練りミキサ)で行い、約90m³を3日間で製造した(各日約30m³)。1パッチ当りの練混ぜ量は、両プラントともに2.0m³とし、1プラント当りの製造量は平均4.0m³/h、最大7.0m³/hであった。UFCはアジテータ車(2.0m³積)により約40分で現場まで運搬後、バケット(容量1.0m³)で場内運搬した。

(3) マスコンクリートへの対応

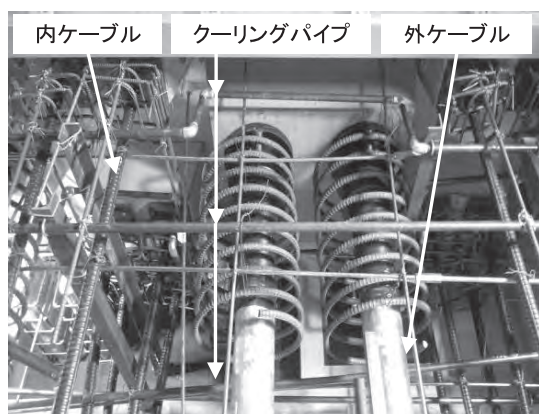
本橋の端部横桁は約2.0×4.0×1.5mのマスコンクリートであり、単位結合材量の多いAFt系UFCによって中心部の最高温度が110℃まで上昇することが事前の温度応力解析において予想された。これにより、部材内外の温度差による温度ひび割れリスクの他に、プレグラウトPC鋼材に使用されているエポキシ樹脂の硬化が進んでしまい、緊張工程への影響が懸念された。そこで、水温5℃の河川水を利用したパイプクーリングを実施し、中心部の温度上昇を抑制した(図—4、写真—5)。実工事においても事前の予測どおりに20～25℃程度最高温度の低減が図られ、前述の給熱保温養生で施工エリアの雰囲気温度を上げた効



図—4 端部横桁の温度解析(パイプクーリング)



写真—4 施工状況

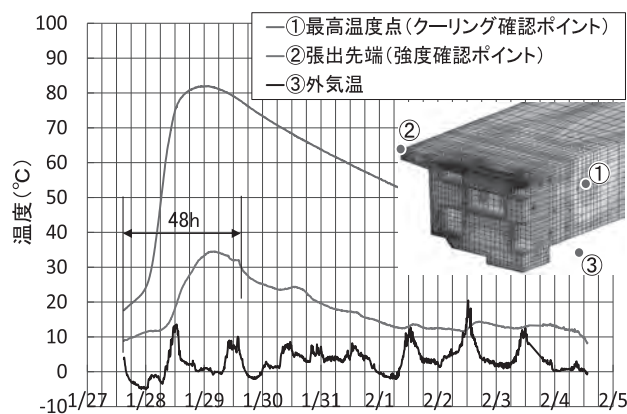


写真一五 端部横桁のパイプクーリング

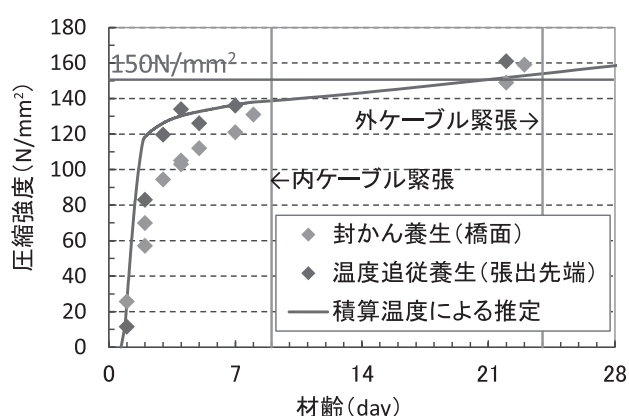
果も相まって、有害なひび割れの発生を抑制することができている。なお、プレグラウト PC 鋼材を埋め込んだ AFt 系 UFC の簡易断熱試験により、仮に最高温度 100℃ を経験しても材齢 36 日までは緊張可能であることを事前に確認したことも付け加えておきたい。

(4) 冬期施工における現場養生

本工事は冬期（渇水期）の施工となったため、低温環境でもプレストレスを導入する材齢（工期）までに確実に強度を発現させる必要があった。そこで、現場で実現可能な給熱保温養生として、ユニット式養生パネルと二重の防災シートで施工エリア全体を覆い、打込み後の雰囲気温度の目標を 30℃ とし、熱交換式温風機（熱出力 68, 700 kcal/hr × 6 台, 28, 600 kcal/hr × 2 台）を使用する計画とした（写真一六）。特に自己発熱の小さい薄肉部（床版の張出部など）の強度発現を確実にするため、積算温度による強度推定手法を用いながら、打込みから 48 時間までに強度発現のアクセラに必要な 30℃ を経験するように管理した（図一五）。AFt 系 UFC の現場養生供試体の強度試験結果を図一六に示す。図に示すように、打込みから材齢 22 日で目標の圧縮強度 150 N/mm² に到達した。ま



図一五 温度計測結果（パイプクーリングと給熱保温養生）

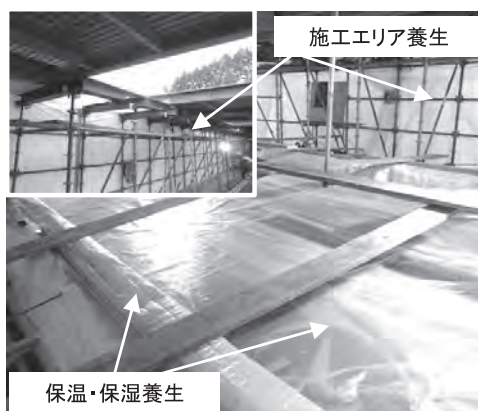


図一六 現場養生供試体の強度試験結果

た、前述の薄肉部で保温養生した供試体の強度は、当該部位の温度計測結果を用いた積算温度の推定値とほぼ同等であった。

(5) プレストレスの導入

前述のように、最終日（3日目）に打ち込まれた AFt 系 UFC が所定の圧縮強度 150 N/mm² に達していることを確認した後、内・外ケーブルを緊張した。外ケーブル緊張後のたわみは設計値 153 mm に対して 148 mm（上向き）であり、ほぼ設計通りの挙動であった。



写真一六 養生状況

4. おわりに

UFC (AFt 系 UFC) の場所打ち施工となる橋梁の構築に際し、場所打ち施工に向けた各種検討を行い、これらを実施工へ反映させ、良好な結果を得た。今後は、新設工事のみならず道路床版の更新⁸⁾や、補修・補強分野においても UFC の場所打ち施工のニーズが高まることが予想される。本報が今後の用途拡大・新構造への参考になれば幸いである。最後に本工事にご尽力頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），コンクリートライブラリー 113，2004
- 2) 武者浩透，渡辺典男，稲原英彦ら：UFC（ダクタル）を用いた構造物の特徴と展開，大成建設技術センター報，第 42 号，pp.20_1-20_8，2009
- 3) 渡邊有寿，柳井修司，渡邊賢三ら：超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の耐久性と最近の適用事例，鹿島技術研究所年報 第 58 号，pp.177-184，2010
- 4) 石関嘉一，平田隆祥，渕田安浩：「スリムクリート」の港湾構造物リニューアル工事への適用，大林組技術研究所報 No.75，pp.1-8，2011
- 5) 伊藤康輔，別府 教，森田 遼，一宮利通：場所打ちによる超高強度繊維補強コンクリート製道路橋の設計，プレストレストコンクリート工学会 第 23 回シンポジウム論文集，pp.527-530，2014.10
- 6) 田中秀一，大島克仁，松原喜之ら：極太径 29.0 mm プレグラウト高強度 PC 鋼より線の開発，プレストレストコンクリート工学会 第 23 回シンポジウム論文集，pp.705-708，2014.10
- 7) 青山達彦，柳井修司，渡邊有寿ら：超高強度繊維補強コンクリートの打重ね部の一体性確保に関する基礎的実験，土木学会第 69 回年次学術講演会，pp.489-490，2013.9
- 8) 小坂 崇，佐藤彰紀，一宮利通ら：UFC 道路橋床版の開発と大規模更新への適用性検討，コンクリート工学，Vol.54，No.1，pp.21-27，2016

【筆者紹介】

渡邊 有寿（わたなべ ゆうじ）
鹿島建設株式会社
技術研究所 土木材料グループ
主任研究員



一宮 利通（いちのみや としみち）
鹿島建設株式会社
技術研究所 土木構造グループ
上席研究員



川崎 文義（かわさき ふみよし）
鹿島建設株式会社
土木管理本部 土木技術部



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

淙徳橋上部工連続化工事

安 藤 直 文

淙徳橋は、1980年に建設されたPC5径間連続有ヒンジラーメン橋である。施工後30年以上が経過し、走行性・耐震性・維持管理性の改善のため、主桁の補強および3箇所の中央ヒンジについて連続化する工事を行った。本工事の課題として以下の項目が挙げられる。

- ・外ケーブル補強において、横桁横締めが多数配置された柱頭部横桁を貫通させる必要があった。
- ・本橋は地域の重要な幹線道路であり、全面通行止めによる施工は不可能であった。

これらに対して設計時点から細やかな具体的配慮がなされていたが、工事着手前の発注者、設計者を交えた連絡会議を行い、構造性能・品質の低下をもたらすことなく経済性、施工性を向上させる手法を検討した。本稿では、課題を解決するために契約後VEとして採用された外ケーブルの合理的な配置とそれを実現するための施工の工夫を中心に報告する。

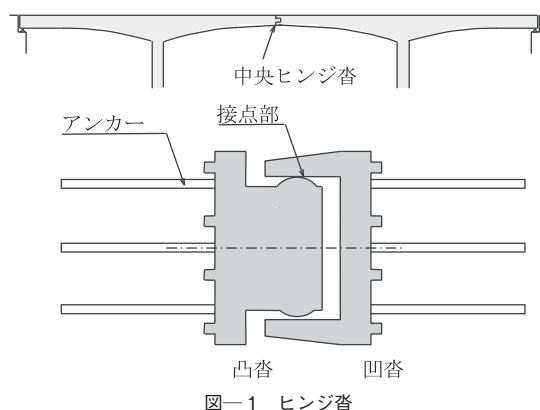
キーワード：有ヒンジラーメン橋、連続化、耐震補強、外ケーブル、炭素繊維シート、通行止め回避

1. はじめに

我が国において本格的にプレストレストコンクリート（PC）橋が建設され始めてから既に50年余りが経過し、そのストックは膨大な量になっている。近年では橋の老朽化対策や通行車両の大型化、交通量の増大への対応、耐震性能の向上対策等、様々な社会的ニーズがあり、今後これらの橋梁を適切に維持管理していくことが社会的な使命となっている。

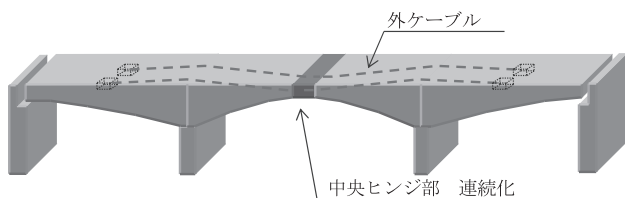
有ヒンジラーメン橋とはPC橋の構造形式の一つである。これは1960年代から1980年代にかけて建設されたPC長大橋に多く採用された。この構造形式は中央径間に中央ヒンジを設けていることが特徴である。中央ヒンジは、上部工の軸力、面内曲げを伝えず、面内せん断力のみを伝えるヒンジ沓と、橋軸直角方向地震時の水平方向のせん断力のみを伝える水平沓で構成される（図—1）。ヒンジ沓は箱桁ウェブに、水平沓は下床版に取り付けられる。ヒンジ沓は金属製で、凸沓と凹沓で構成され、上下の接点で線支承の状態となっていることが多い。

この構造は、全体構造を静定構造とするもので、架設系と完成系の断面力状態が類似し、張出し架設に適していること、中央径間の連続鋼材が不要なため経済性に優れていること、各橋脚の地震時負担力が明快であること、構造解析が比較的簡便であることなどの特



徴を有する優れた構造形式である。

ところが、本構造を長期間供用していくなかで幾つかの問題が生じた。コンクリートのクリープたわみの誤差による中央径間の垂れ下がり現象、中央ヒンジ部の角折れによる走行性の悪化、中央ヒンジの接点部が摩耗し隙間が生じ車両通行時に路面に段差が生じること、特に大型車が通行する際には大きな打撃音が生じることがある。これに対して、現在では橋梁の構造解析技術が発達したこと、維持管理面のニーズが重視されるようになったことから、徐々に採用事例が減っている。このような中央ヒンジ橋の問題を解消するための対策のひとつが連続化工法である。外ケーブル工法を用いて中央ヒンジを連続化することにより、走行性・耐荷性・耐久性・耐震性を改善するものである（図—2）。

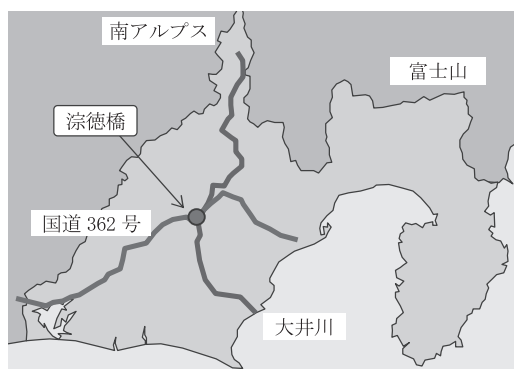


図一 連続化の概念

2. 橋梁概要

国道 362 号は愛知県豊川市から静岡県中西部の山村地域を抜けて静岡市に至る山岳道路である。南アルプスに源を発する大井川は急流として知られている。そのため危険地域を避け交通の安全を図り生活道路を確保するため徳山バイパスが整備され、その一部として淙徳橋が建設された。本橋は、茶どころ川根本町の地場産業の発展はもとより、南アルプスへ通じる奥大井県立自然公園への幹線として、SL を動態保存する大井川鉄道とともに観光開発にも大きな役割を果たしてきた。

淙徳橋は橋長 243 m（支間割り 40 + 54 + 54 + 54 + 40 m）、全幅 13.3 m、3 箇所の中央径間に中央ヒン



図一 淙徳橋 位置



写真一 淙徳橋全景

表一 淙徳橋諸元

位置	静岡県川根本町徳山
構造形式	補強前：PC5 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋 補強後：PC5 径間連続ラーメン箱桁橋
橋長	243 m (40 + 3 × 54 + 40 m)
荷重	補強前：TL20 補強後：B 活荷重
建設	1980 年（昭和 55 年）

ジを有する PC 橋である。本橋の位置図を図一 3、全景を写真一 1、構造諸元を表一 1 に示す。

3. 工事概要

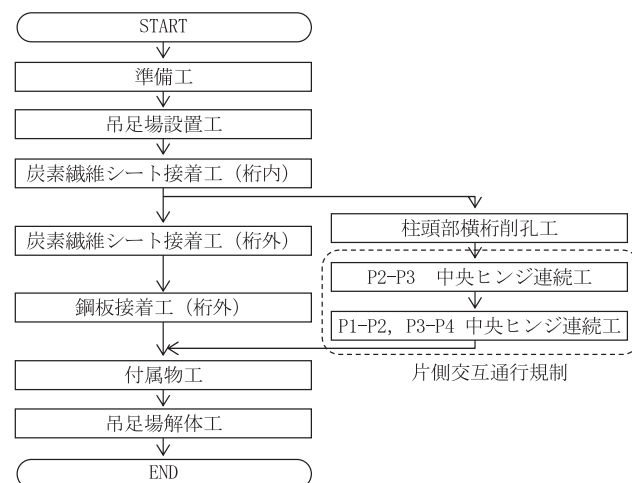
工事概要を表一 2、施工フローを図一 4、補強構造図を図一 5 に示す。3 箇所の中央径間に外ケーブルを配置して中央ヒンジ部を連続化し、耐震補強として上部工の曲げ補強として鋼板あるいは炭素繊維シート、せん断補強としてウェブ内面に炭素繊維シートを施した。鋼板と炭素繊維シートは、施工性および必要補強量で使い分けた。

4. 外ケーブルに関する課題

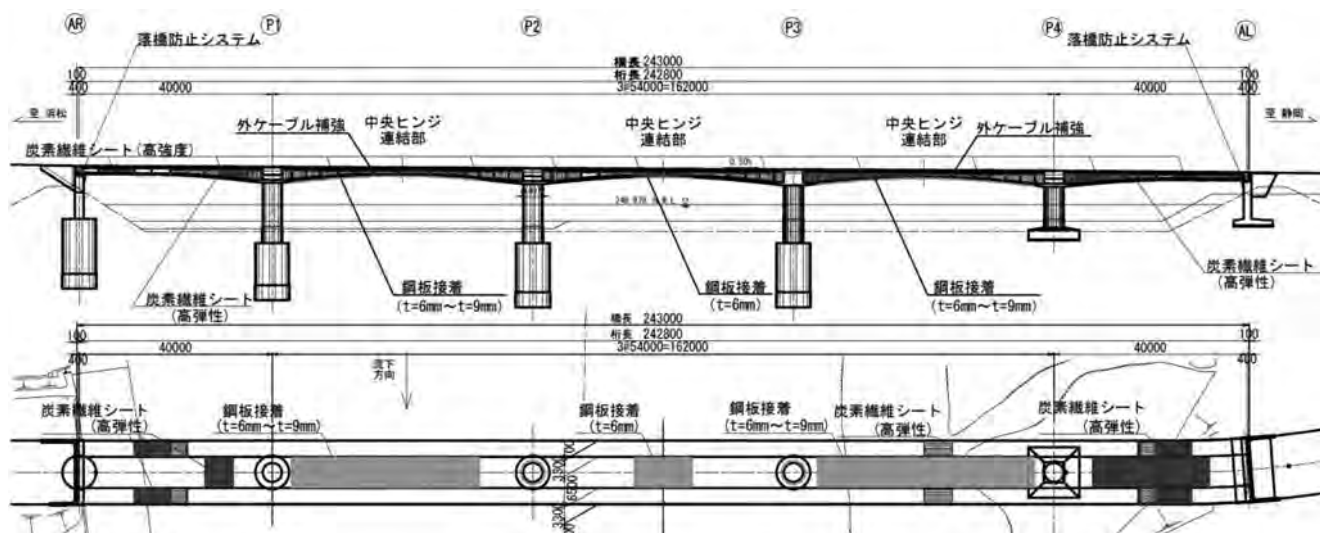
本橋の設計における外ケーブル配置の基本的な考え方を述べる。上部工の支間中央断面で外ケーブルが配置可能な偏心位置を踏まえた構造解析より、各中央径間に必要な補強外ケーブルの総容量は総有効緊張力として 12000 kN 程度が必要である。また、主桁断面内での外ケーブルの配置本数は、主桁断面形状から最大 6 本程度に制限される。外ケーブルの定着位置は、解

表一 2 工事概要

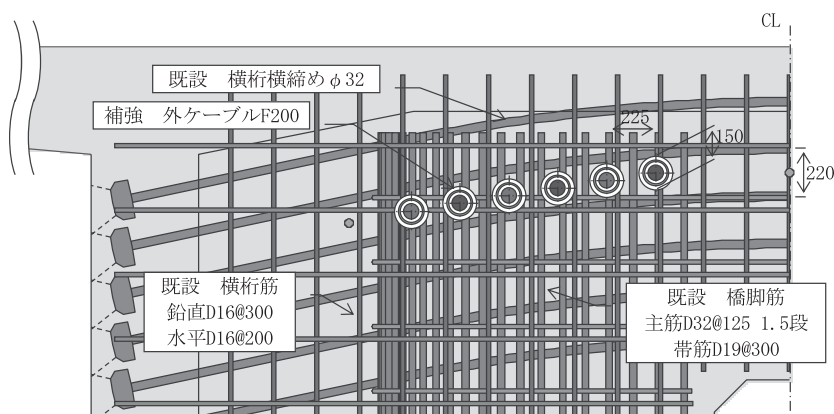
工事名	平成 24 年度（国）362 号社会資本整備総合交付金（全国防災）国道橋梁補修工事（淙徳橋上部工補強工）
発注者	静岡県 島田土木事務所
工事内容	・ PC5 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋の連続化 ・ 外ケーブル F200TS（L = 58.5 m 18 組） ・ 主桁側面・下面 炭素繊維シート 1,006 m² ・ 主桁下面 鋼板接着 470 m² ・ 落橋防止システム



図一 4 施工フロー



図—5 補強構造図



図—6 柱頭部横桁における外ケーブルと横桁横締めの取り合い

析上補強が必要な範囲を満足すること、大きな局部応力が生じる定着部付近の既設部材の耐荷性、定着部を固定するアンカーと内部鋼材の干渉の程度、外ケーブルの緊張作業に必要な空間、緊張ジャッキの搬入経路などを比較し決定された。これらの結果、本橋では1本あたりの引張強度が2000 kN級の外ケーブルを各径間6本、中間支点部の柱頭部横桁に擽がけ定着する計画とされた。擽がけ定着のため、P2およびP3の柱頭部横桁には12箇所の削孔が必要となる。なお、狭隘な箱桁内での施工性を考慮し、工場で緊張材と定着具が一体化され、緊張材の表面はPE被覆が施されたプレハブケーブル（SEEE F200TS）が選定された。

工事着手前に発注者、設計者を交えた連絡会議を行い、外ケーブル施工における課題を再検討した。外ケーブルが定着される柱頭部横桁には横桁横締めとして曲線形状のPC鋼棒φ32mm（シース径38mm）が鉛直方向に220mm間隔で6段配置されており、これが横桁部材厚4mに750mm間隔で5列配置されている。外ケーブル配置のための削孔径は、外ケーブルの形状

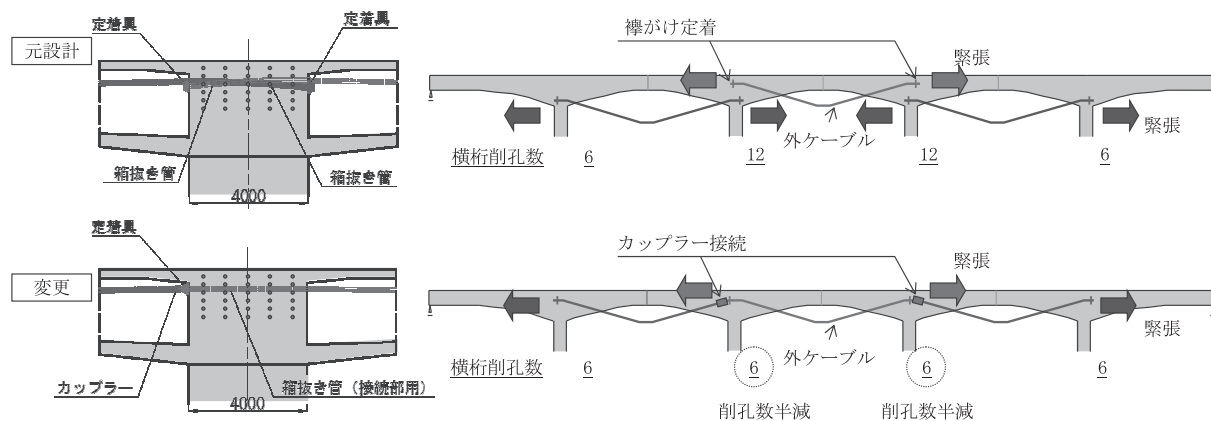
（マンション部の外径φ82、標準部の外径φ63mm、外ケーブルの偏向具を設ける鞘管の外径φ110）から150mmが必要である（図—6）。横桁横締めと削孔の鉛直方向の余裕が少ないこと、曲線形状・多列配置の横桁横締めの位置誤差が懸念されること、削孔同士の横方向間隔が少ないこと、横桁部材が厚いため削孔方向の誤差があることが懸念された。

このような技術的難度の高い削孔を実現するため、既設鋼材の損傷リスクを回避し、品質を確保したうえで確実に削孔する方法を検討、提案した。具体的には、既設鋼材の確実な位置探査の方法、削孔精度を確保する方法、既設鋼材を損傷しない削孔方法、削孔数の減少方法である。

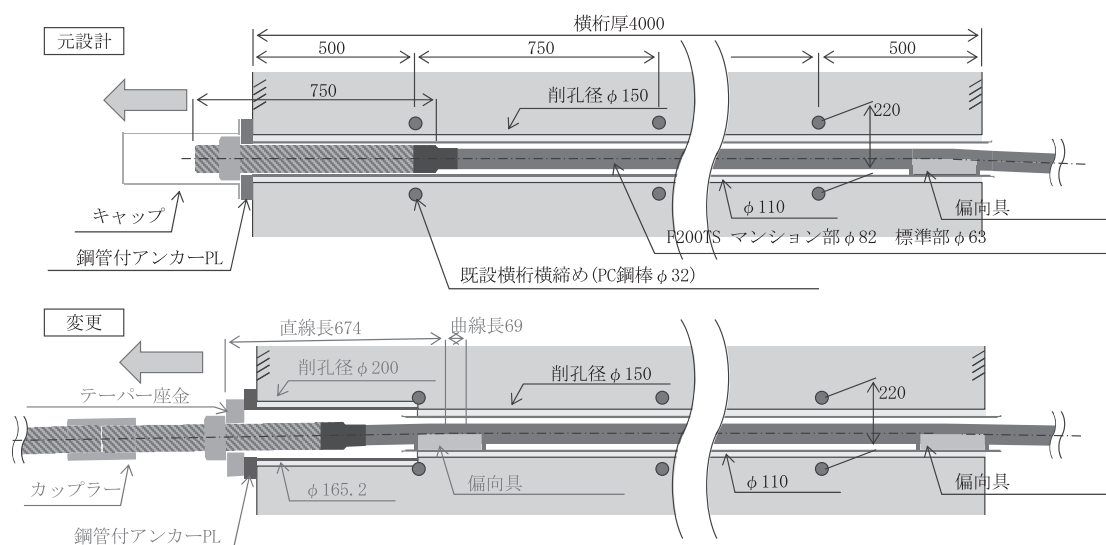
5. 外ケーブルの施工

（1）外ケーブルの合理的な配置

補強外ケーブルの配置は、柱頭部前面でカップラーにより接続するように変更した（図—7）。これはカッ



図ー7 外ケーブルの配置変更



図ー8 横桁内の外ケーブルの配置

プラーによる接続が容易であるプレハブケーブルの特性を生かした変更である。この結果、P2、P3の柱頭部横桁の削孔を12箇所から6箇所に半減することができ、削孔による既設鋼材の損傷リスクの低減、削孔の横方向間隔を十分に確保することができた。

外ケーブルのカップラー接続に伴い、外ケーブル偏向具の設置位置が横桁内部に650 mm 奥まった（図ー8）。これに対して実橋を再現した施工性試験を行い、外ケーブル偏向具取付けの手順を考案し、確実な施工ができることを確認した。

本変更により、中央径間の連続化施工は、P2～P3を先行し、その後P1～P2およびP3～P4を施工する順序とし、外ケーブルの緊張方法は、P2～P3間は両引き、P1～P2間とP3～P4間は片引きとした。なお、緊張方向を変更しても外ケーブルの導入緊張力は当初計画と大差ないことを確認している。

この外ケーブルの配置変更は、品質を低下させることなくコスト縮減につながる契約後VEとして提案し、経済的な効果が認められて採用に至った。

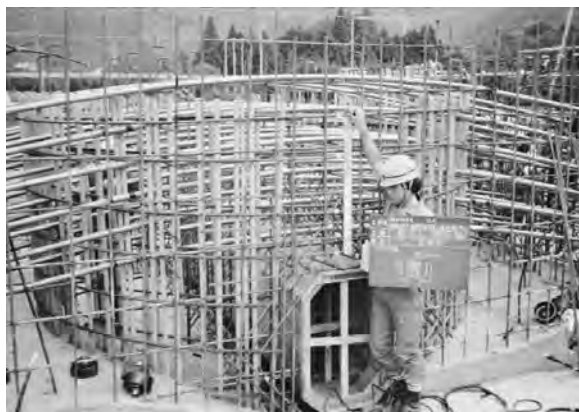
(2) 既設鋼材の探査

本橋の横桁横締めは曲線加工されたPC鋼材φ32 mmであるため、横桁内部では位置誤差が懸念される。また、横桁表面から深く配置されているため、通常のRCレーダーでは探査が不可能である。そのため、主桁外面から横桁横締め定着端の位置測量を行い、横桁内部での配置形状を立体的に把握し、外ケーブル位置との関係を調査した。これにより、既設横桁横締めと干渉しないように、外ケーブルの削孔位置を決定した。

また、幸いにも本橋の建設当時の資料が保管されており、横桁横締めの建設時の支持方法が明確に判明し、位置推定の大きな参考となった（写真ー2）。削孔後に判明した横桁横締めの位置誤差は微小であり、外ケーブルの配置位置の調整には至らなかった。

(3) 外ケーブルの貫通削孔

外ケーブルの配置位置は橋梁全体の構造的なことから決定されているため、削孔位置を大きく変更することは



写真一2 柱頭部横桁の施工状況（建設時資料より）

きない。本工事では横桁横締めを損傷させることなく所定の位置に削孔するウォータージェット工法（以下WJ）を用いた。

① WJ 長尺削孔の施工性試験と WJ 固定方法

WJで長尺削孔を行う場合、削孔が進むにつれランスがたわみ、方向誤差が生じる傾向がある。そこで、事前に施工性確認試験を行い、WJの長尺削孔における方向誤差を確認した。これを踏まえて、厚さ4.0mの既設横桁に対する実施工でのWJ機器の固定方法や作業標準を決定した。機器の固定状況を写真一3に示す。



写真一3 WJの固定

② WJによる一次はつり出し

WJ削孔に先立ち、柱頭部横桁の表面鉄筋をWJではつり出し、表面鉄筋が所定の位置に配置されていることを確認した。横桁表面から深さ500mmに位置されている1列目の横桁横締めをWJではつり出し、目視による確認を行った。さらに、2～5列目に配置されている横桁横締めについてもWJの到達直前で停止し、削孔位置と干渉がないことを確認し、慎重な確認作業を実施した。

③ WJによるWJ小径先行削孔と拡張削孔

削孔は、小径のWJ削孔を先行して行った。削孔径

はWJ工法として4.0mの貫通精度の確保が可能と考えられた $\phi 75$ mmとし、横桁横締めとの純間隔を確認しながら、横桁の片側より行った。WJの方向性は施工性確認試験の結果を反映させ、孔の方向、直線性、削孔角度など、削孔機械が削孔中に振動しないよう固定した。削孔径の拡大は先端ノズルを取り替え、 45° 角で高圧水を噴射し、最終的に $\phi 150$ に拡張した（写真一4）。こうした改善により、横桁横締めを損傷させることなく、予定の削孔位置に外ケーブルの貫通削孔（ $\phi 150$ $L = 4.0$ m）を実現した。写真一5にWJ小径先行削孔、写真一6にWJ拡張削孔完了状況を示す。



写真一4 WJ拡張ノズル



写真一5 WJ小径先行削孔



写真一6 WJ拡張削孔

6. その他の工種

施工において技術的検討を行ったその他の工種について述べる。

(1) 吊足場における工夫

吊足場はパネル式システム吊足場を採用した。従来の吊足場が①吊チェーン、②根太パイプ、③コロバシパイプ、④足場板、⑤安全ネットにより構成されているのに対し、パネル式システム吊足場は、②～⑤がパネルとして構成され、組立解体時の施工性・安全性に優れたものである。PC 橋の補修補強工事では、劣化したコンクリート部材へ設置するアンカーの信頼性、吊足場撤去後の残アンカーの処理が課題となる。アンカーの信頼性については入念なたき調査、残アンカーについては、ネジ固定式アンカーを用いることで撤去後にアンカー本体を躯体に残さない方法とした

また、吊足場と桁下面の曲線形状を合わせて、作業空間が約 1.8m で一定間隔となるようにした。足場の



写真—7 吊足場

段差や隙間、施工箇所までの高さの変化を無くすことにより、作業性・安全性の向上および炭素繊維シート接着工および鋼板接着工の施工性を向上させることができた（写真—7）。

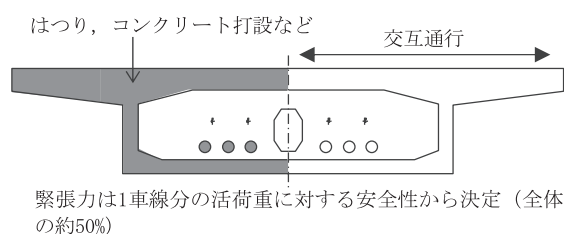
(2) 中央ヒンジ部の連続化における工夫

中央ヒンジ部の連続化は既設伸縮継手を撤去し、コンクリート部材のはつり、連続化部の鉄筋組立およびコンクリート打設の後、外ケーブルの緊張を行った。連続化工事においては、迂回路を確保したうえで道路を一時通行止めにして工事を行うことが一般的である。しかし、本工事は近隣に迂回路がなく、地域住民の生活道路として利用されていたため、通行止めを実施することが困難であった。このため、主桁を半断面ずつ施工することとし、1車線を昼夜片側交互通行で対応することにした。まず、連続化構造に対する応力検討結果を踏まえ、半断面のコンクリートを打設し外ケーブルを部分的に緊張した（図—9 STEP1）。次に交通規制を入れ替え反対側の半断面を施工した（STEP2）。その後、連続化断面に均等に緊張力を導入するため外ケーブルの張力調整を行い1箇所の中央ヒンジの連続化を完了した（STEP3）。これを3箇所の中央ヒンジ部分について繰り返した（STEP4）。張力調整は再緊張が容易なプレハブケーブルの特性を活用したものである。

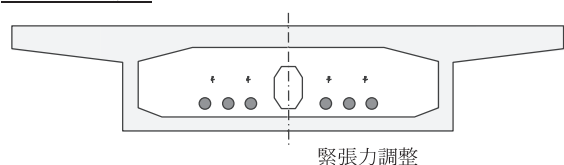
7. おわりに

本工事は、狭隘な空間での主桁連続化工事であり、多くの検討を行い施工を進めた。当時としては煩雑な柱頭部横桁横締めを高い精度で建設した技術に敬意を

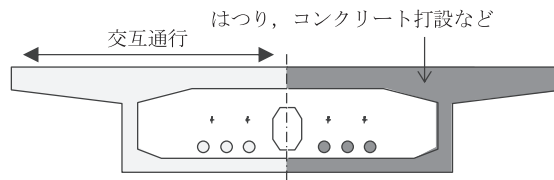
STEP1 車線規制、半断面の施工



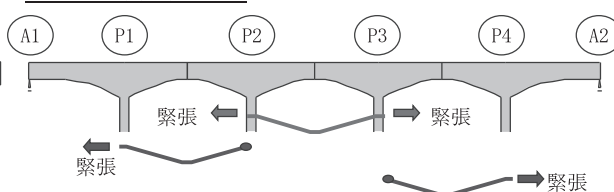
STEP3 張力調整



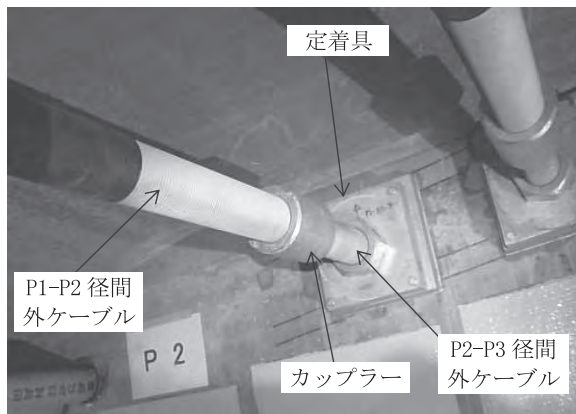
STEP2 反対側の半断面を施工



STEP4 3箇所を繰り返し



図—9 施工ステップ



写真一8 外ケーブル接続完了（防食被覆前）



写真一10 完成（桁内）



写真一9 完成全景

表するとともに、維持管理業務における資料保管の重要性を再認識した。外ケーブルのカップラーによる接続完了状況を写真一8、完成全景を写真一9、10に示す。本工事に関して多大なるご指導、ご協力を賜った関係者各位に深く御礼申し上げますとともに、本報告が類似工事の一助となれば幸いである。

J C M A

【筆者紹介】

安藤 直文（あんど う なおふみ）
三井住友建設
土木本部土木リニューアル推進室



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

松 尾 享

我が国における大規模スポーツ施設は15年前後の周期で建設ブームがあり、2020年オリンピック関連施設を筆頭に新スタジアム建設、既存施設の更新がここ数年活発化している。一方で、建設技能労働者の減少、施工管理者不足、また短工期・ローコストへの対応等から建設工事の生産性向上ニーズはますます高まっている。本稿では、設計と施工の早期協業による構造躯体のプレキャスト化推進、プレキャスト（以下、PCaという）と現場在来工法の最適化を図った設計施工の取組みについて紹介する。特に大規模スタジアム空間での省仮設、省人化、安全・品質の向上に大いに貢献した複数PCa部材の大型地組ユニットとその揚重方法について解説を行う。

キーワード：プレキャスト、短工期、省人化、安全先取り、早期協業、大規模空間、大型地組み

1. はじめに

市立吹田サッカースタジアムはJリーグ、ガンバ大阪のホームスタジアムである。その事業スキームは、サポーター並びに企業からの寄付金等で建設するという日本で初めての取組みであり、収容人員40,000人のサッカー専用スタジアムとして西日本最大の規模かつ国際サッカー連盟（FIFA）主催の大会を誘致できる基準を満たしている。設計施工一括方式で計画されたプロジェクトとして、設計に先立ち予算、工期等の多くの課題があったが、特に躯体職を中心とした労務職不足は深刻であった。その打開策として合理的な架構と生産性の向上をめざし、着工の1年半前から設計者と施工者が協業し、躯体のプレキャスト化を軸とした設計・施工計画がスタートした。

2. 建築計画概要

(1) 設計概要

建物の完成写真を写真—1に、建物概要を下記に示す。設計にあたっては以下の5つの要件を満たしたヨーロッパスタイルのサッカー専用スタジアムをコンセプトに計画された。

- ①サッカー専用とし観客席をピッチに近接させる
- ②客席の全席を覆う屋根を設置する
- ③社交場となるVIP施設を充実させる
- ④収容人数は40,000人とする



写真—1 完成写真

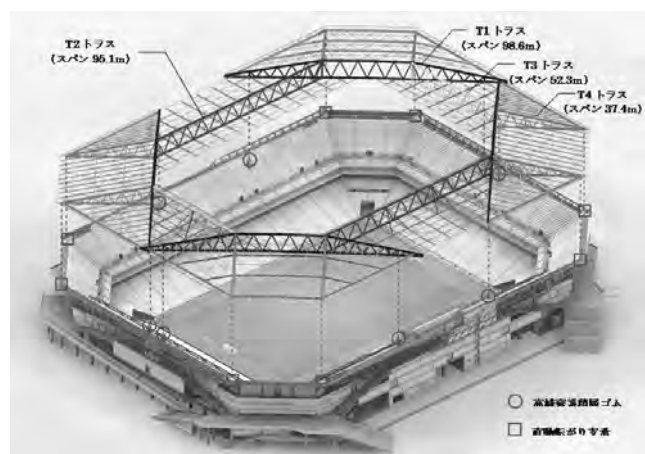
- ⑤災害に対する高い安全性を確保する

【建物概要】

建物名称	市立吹田サッカースタジアム
建築地	大阪府吹田市千里万博公園内
設計・施工者	（株）竹中工務店
建築面積	24,695.51 m ²
延床面積	63,908.71 m ²
建物高さ	40.33m
階数	地上6階
構造種別	下部構造：鉄筋コンクリート造 （一部PRC造）
屋根構造	鉄骨造（屋根免震構造）
基礎形式	杭基礎
工期	2013年12月～2015年9月（22ヵ月）

(2) 構造概要

スタンドの主要構造体は鉄筋コンクリート造（以下、RC）とし、試合観戦時の多人数による歩行やジャンプによる振動防止、建物剛性を確保するとともに、コンクリート断面の縮小やひび割れ防止を目的として、プレストレスト鉄筋コンクリート（以下、PRC）梁を併用した純ラーメンの架構システムとした。またスタンド躯体全体のエネルギー吸収用にオイルダンパーを51台架設し、コンクリート強度は柱及び大梁はFc45、床はFc24、屋根荷重を受ける柱はFc100とFc60の組合せとなっている。またホームスタンドの一部柱にはFc200を適用した。屋根架構は大スパンの実現や軽量化を図る目的から鉄骨造のシングルトラス構造を採用し、屋根直下に免震装置が配置された屋根免震構造とした（図—1）。通常、大スパン屋根の荷重を受ける柱には、温度変化による屋根全体の伸縮応力や地震時の水平力等の大きな力がかかるが、屋根免震構造の採用は、地震時の屋根水平力が1/10に低減されるなど地震等に対する安全性向上に加え、屋根直下の柱のスリム化とスタンド架構全体のシンプル化にも大いに寄与した。



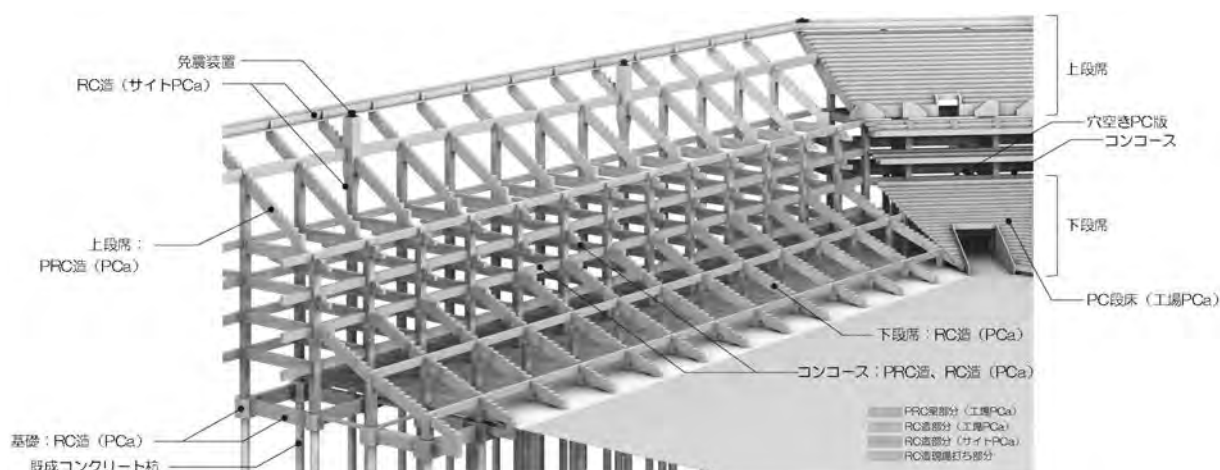
図—1 屋根免震構造

(3) PRC 梁の採用

スタジアム建築において、屋根及びスタンド段床をどのように支持するかは構造計画上の重要なポイントとなる。特に40,000人規模のスタジアムになると観客席スタンドは下段と上段に分かれた複層構成となる。本計画では約20,000席を有する上段スタンドを支持する柱・梁の配置が、下階のコンコース空間の構造並びに杭配置にも大きな影響を与えた。つまり、段床を支える梁スパン長と柱割が、杭を含んだ躯体全体数量並びに施工計画の最適化に最も大きな影響を与えることとなり、本スタジアムでは、これら諸条件の最適化を図るため、スパン長10.75mの柱梁接合部一体型のPRC梁を採用した（写真—2）。また、上部スタンドを支持するPRC段梁（傾斜角35度）は、全長18m～20m、部材重量50t～85tとなるため工場製作や運搬上の制約から一体型でのPCa化は不可能であったため、構造的に無理のない所で分割し、現場での圧着接合にてPRC梁を接合するポストテンション併用型とした。図—2に構造フレーム全体を示す。



写真—2 柱梁接合部一体型 PRC 梁



図—2 構造フレームパース

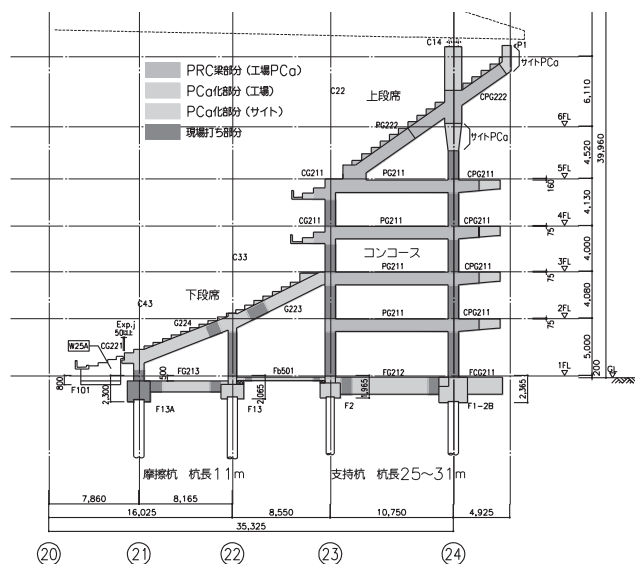
3. 施工計画概要

(1) プレキャスト化の基本方針

一般的に PCa 化は在来工法と比較してコストは高くなる傾向があるが、型枠の転用回数を上げるための部材の標準化や PCa 工場の製作工程（山積み予定）を考慮した計画的な製作等、設計的な工夫と PCa 工場との連携を図ることにより、仮設工事を含めた総合的な比較では在来工法を上回る成果を得ることが可能である。特に大規模建築において在来工法では多くの労務職を必要とし、かつ外部側での高所作業が多い場合には、揚重機の条件がクリアできれば安全性向上、仮設資機材の大幅な削減等 PCa 化が非常に有効であることは周知のとおりである。一方で、過度の PCa 化依存はコスト面や PCa 製作納期等の工程面でもリスクが高いため、在来工法との最適なバランスを図ることが施工計画上の重要なポイントとなる。施工計画時に PCa 化が困難またはメリットの少ない部位、PCa 部材間の接続部等は在来工法で計画されるが、そのような部位は手間がかかり施工歩掛が伸びないことが多い。従って在来部分の労務条件としてのバランスも考慮し、一定量の施工歩掛が伸びる部分とうまく組み合わせることにより、鉄筋工及び型枠大工の業務量の平準化を図ることが現場運営上の鍵となる。言い換えれば、在来躯体職の業務の平準化は信頼できる優秀な躯体職メンバーによる一貫した施工を可能とし、PCa 接合部等重要部位の施工の品質面の安定化を意味する。更にある一定量の在来施工部分があることは、特に大規模建築ではコンクリートをはじめとした躯体材料手配の地元還元も図ることが出来、総合的な調達面でのバランスを考慮することもプロジェクト運営上非常に重要な要素となる。以上の複合的要因も踏まえ、本プロジェクトでは柱を在来工法（システム型枠と地組鉄筋）、梁を PCa 化という大きな方針を立て、さらには現場の躯体職混成チームによるサイト PCa を組み合わせることで PCa 化と在来工法の最適化を図った（図－3）。

本スタジアム施工計画での PCa 化と在来工法の組合せの基本方針は以下のとおり。

- ①柱在来システムと PCa 大梁の短工期タクト施工
- ②仮設設備の排除〈支保工、足場の徹底的削減〉
- ③大型揚重機の適材適所配置〈450 t クラスと 150 t クラスのクローラーの最適な組合せ〉
- ④躯体職の少数精鋭化〈鉄筋工・型枠大工の業務平準化と、PCa 関連部材（PCa 大梁、小梁鉄骨、PC 段床、床スパンクリート他）の揚重・仮設工事の薦工によ



図－3 PCa, サイト PCa と在来区分

る多能工化〉

- ⑤サイト PCa の積極的採用〈小型の大量部材、及び高所作業削減や工期短縮・品質安定につながる部位へのサイト PCa の取組み〉

(2) 基礎 PCa 化の取組み

フーチング基礎は一般的に杭接合部での複雑な鉄筋配置等により在来工法で施工されている。本工事では約 23,000 m² に及ぶ基礎を約 2.5 か月で完了させる必要があり、それには 300 人／日近い躯体労務職の動員が必要で工程及び労務調達の面で非常に困難な状況であった。そのため、基礎においても全面的に PCa 化を図ることとし、フーチング（206 ピース）並びに基礎梁（460 ピース）について工場製作 PCa 化に取り組んだ（写真－3）。最もグラウンドに近い列は引抜き力がかかるため現場打ちとしたが、それ以外の基礎は杭頭半剛接で設計し、杭とフーチング PCa 接合部は下部に切欠き部を設け杭の施工誤差を吸収するとともに PCa 設置後、ポンプ圧入によるコンクリート充填での接合により一体化を図った。

通常、基礎は工程上一番始めに必要となるため、工



写真－3 フーチング PCa 取付状況

事期中での変更は困難な部位であるが、設計施工のメリットを活かし着工の1年前から基礎PCa化の方針を定めPC協力会社との連携を開始した。半年前からは基礎躯体図の作成によるPCa鉄筋配筋及びピット内設備スリーブとの整合チェックを重ね、着工3か月前から各PCa製作単品図の作成・承認を順次行った。杭着手時にはPCa工場での基礎PCa製作をスタートし、杭工事完了エリアから順次フーチングPCaを搬入し、鳶工3人でセットするという非常に整然とした形で超短工期での基礎工事を進めることが可能となった。この工法ではフーチングPCaと基礎梁PCaのジョイント部のみが現場打ちとなるが、その部分のジョイント用鉄筋をPCa工場で事前にセットし、型枠を鉄板型枠（仮設敷鉄板リース材を利用）としてPCa設置の鳶工事の一式工事に含めることで、在来工法での型枠・鉄筋工事をゼロとし、当初の計画に対し1/6の人員で基礎工事全体を整然と行うことが出来た（写真—4）。



写真—4 基礎PCa配置状況

(3) 地上躯体の施工システム

前述のプレキャスト化の基本方針に基づく地上躯体システムの施工手順を以下に示す。

- ①先組鉄筋とシステム型枠を用いて柱を構築
- ②PRC大梁（柱梁仕口部内蔵型）を支保工無しで直接柱に設置（写真—5）
- ③仕口部の柱鉄筋とシース管内にジョイント用の高強度グラウト材を充填
- ④桁行方向の大梁PCaを中央1か所の支保工で受け、PCa接続部の配筋・型枠を施工
- ⑤床設置（一般エリアは中空PC板、それ以外は鉄骨小梁+デッキ床）及び配筋
- ⑥床コンクリート打設

PCa部材を多用する地上躯体計画では、現場でのコンクリート打設が毎日少量かつ梁ジョイント部のみ等、限定的となる特徴がある。現場打ちコンクリート



写真—5 無支保工でのPCa接合

柱の打設は一本当たり約 2.5 m^3 で、多い日でも打設は8本。また床についても中空PC板の上部にトップコンクリート厚約120mmを工区毎に打設するサイクルであるため、床でも打設量が $60\sim 80\text{ m}^3$ 程度である。一方で、スタジアム空間は非常に大きいためコンクリート打設範囲は非常に広く、少量であっても10tロングのブーム車で配管をしないと打設できないような場所が多く非常に非効率な状況が発生する。そのため、大型揚重機が常駐している特徴を生かし、 5 m^3 用の大型電動ホッパー（ホッパー自重含め 5 m^3 で約13.5トン）を躯体工事期間中リース採用することで、大型クレーンによるピンポイント施工かつ品質面でも筒先のコンクリート分離がない状態でコンクリート打設を行うことが出来た。また配管が不要なため残コンが発生せず、環境面でも非常に効果的であった（写真—6）。

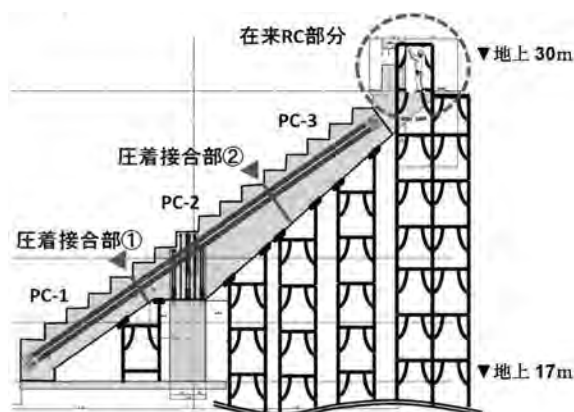


写真—6 大型ホッパー（ 5 m^3 ）によるCON打設

4. 大型地組みによる工期短縮、省人化、安全施工の取組み

(1) 工程の逼迫と解決策の模索

下部スタンドと5階床までの躯体施工システムは前述の基本方針に基づきフロア毎に習熟度を高め、順調に施工が進んだ。しかしながら5階以上の上部スタンド躯体は、これまでの躯体と全く違ったものであった。1周約600mのスタジアム上部を囲む約20,000席の観客席は上級スキーコース並みの傾斜角35度のスタンドであり、それを8.6mスパン毎に支えるPRC斜梁（全長18m～20m、一体化後の自重が50t～85t）は、2分割された状態で製作・納入され、斜めの状態で現場にて圧着接合することが求められた。しかもPRC梁最頂部では、更に在来工法で梁頂部を約2m延長し、覆い壁と呼ばれる巨大な外壁パネルのブラケット鉄骨を埋設する必要があった。その頂部高さは地上より約30mかつ、作業床である5階（地上約17m）の床端部より外部側に6m跳ね出している条件となっていた。これら全ての条件を満たして施工するには膨大な仮設支保工が必要となり、施工精度上の品質面及び高所での安全面での大きな懸念とともに、工程面でもこの上部スタンド躯体を2.5か月で完了させて屋根鉄骨工事をスタートさせることは非常に困難な状況であった（図—4）。



図—4 当初設計条件に基づく上部スタンド斜梁構築計画

(2) PRC 斜梁の大型地組み化による課題解決

前述の条件を克服するには従来の発想をゼロベースでリセットする必要があった。どういう状態でありたいかという理想的な姿を描くことにより、解決の糸口を探った。

【課題克服のアイデア（理想的条件）】

①膨大な支保工をゼロにする⇒大型 PRC 斜梁を最終形状にて本設柱に直接設置する

- ②上部での斜め接続等の難しい仕事を無くす⇒圧着接合はフィールドで行い、水平作業で行う
- ③地上で圧着接合した超大型部材（吊治具込で100t×旋回範囲70m）の楊重が可能な揚重機を探す
- ④超大型部材の相吊りなど危険な建て起こしはせず、簡単にする
- ⑤スタンド傾斜角調整は事前に地組ヤードで行い、35度傾斜の状態での現場まで揚重する
- ⑥最頂部の在来部分はサイト PCa とし、鉄骨まで仕込んだ状態で地組時に PRC 斜梁と事前接合する
- ⑦毎日2スパンずつスタンド躯体のフレームが出来上がる基本サイクルとし、PCa 工場の製作サイクルと合わせることでフィールド内の地組ヤード架台を最小限のユニット数とする



写真—7 大型 PRC 斜梁地組状況（コーナー部材）



写真—8 地組ヤードでの安全な圧着接合作業



写真—9 圧着接合完了及び頂部サイト PCa 接合後の地切り状況

上記のアイデアは、実際に1/600及び1/100程度のスケールで分割製作されたユニット部材模型をつくり、地面に寝かせたり立てたりすることで、浮かんできたものである。困難な施工条件に対し、俯瞰的に見つめなおすことで関係者一同これまでの閉塞感が解放され、一気に前に突き進んだ感覚を覚えた。

このPRC斜梁大型地組化は、圧着接合工事及び最頂部サイトPCa部材の接続という工程及び品質上の重要なサイクルを地組ヤードで行うことによりこれらの作業を全体工程のクリティカルから外すことが出来たことに非常に大きいメリットがあった。その結果、超大型PRC斜梁を柱の上に直接載せるだけという従来の施工サイクルが踏襲されることとなり、複雑であった施工サイクルが非常にシンプルでわかりやすいものになり、安全・品質・工程・コスト全ての面において所期の目的を達成することが出来た（写真—7～9）。

(3) 大型揚重機と大型電動チェーンブロックによる重量斜梁の安全揚重

当時日本に2台しかないドイツ製の600tクローラークレーンを運よく2か月限定で確保でき、機械本体に追加の200tカウンターウエイトをつけることで、吊治具込で重量100t×旋回範囲70mという建築分野ではまず体験できないレベルの施工が実現した。この最新の大型揚重機はカウンターウエイトをつけてもウエイトが地面より50cm程度浮き、かつメインジブの起伏に応じてウエイト部分も前後に移動するため600tクローラーという100t級の部材を吊るには比較的小さい車体でありながら超重量物を広い旋回範囲で揚重することが可能な機械である。一般的にカウンターウエイトが付加できる500t前後のクローラークレーンはカウンターウエイトが台車に載っており、平滑な作業地盤でないとクレーン旋回と同時にカウンターウエイトが動かない場合が多い。通常スタジアム等の大空間建築工事では敷鉄板での作業地盤が多いため、これがカウンターウエイト装着時のネックになることが多い。今回選定した機種はまさにこの施工条件をクリアするに最適の機械であった（写真—10, 11）。

揚重機が確保でき、もう一つの大きな課題は、地組み時の状態のまま安全に揚重し、スムーズに回転させ、最終形の35度の傾斜角のまま一体化されたPRC斜梁を現地に取付ける仕組みであった。当初クレーンの相吊りによる建て起こし等の検討を行ったが、超大型揚重機同士の接近作業は非常に危険であるため、クレーンによる建て起こしではなく、クレーンは吊るだ



写真—10 600tクローラークレーン（追加ウエイト付）



写真—11 600tクローラーによる広旋回範囲での揚重

けに限定し、回転は30tの電動チェーンブロックで行う形で揚重と回転を分離して考えた。まず一体型のPRC斜梁（自重50t～85tまでの6タイプ）の重心位置を出し、重心を起点に左右約3.8mずつ離れたポイントに100φの鋼管を埋設、揚重時に80φの回転用鋼棒（モリブデン鋼）を差込むことで、30t×4台のチェーンブロックの長さ調節だけで自由に回転できる機構を考案した。揚重手順としては、この4つの30tチェーンブロックを支えるトラバーサーにて地切り後35度の高さ調節ができる程度の高さまで一旦水平に吊上げ、その段階で電動チェーンブロックのリモコンボタンで所定の長さ調節（下側のチェーンブロック2台のみの操作）を行い、地組みヤードにて事前に角度調整を行った斜梁を、大型クレーンにて所定の位置まで揚重・取付するという手順となる（写真—12, 13）。

5. おわりに

建設業全体として生産性の向上は将来にわたって継続的な課題となる。その中でPCa化は省人化、短工期化及び安全・品質の向上に対して大きく効果のある工法としてますます展開されるであろう。PCa化のプロジェクトは、事前に製作されたPCa部材が整然



写真—12 傾斜回転用治具（トラバーサー & 30tチェーンブロック）



写真—13 電動チェーンブロックのリモコン操作にて35°傾斜実現

と運ばれてくるため一見簡単のように見えるが、そこには設計者と施工者の長きにわたる事前の作りこみ、そして一つずつの部材に対する PCa 工場の設計・工場関係者の緻密かつ昼夜にわたる懸命の努力がある。建設業での PCa 化の推進を PCa 業界としても継続発

展していくしくみとして共に改善・向上の取組みを行っていくことが大切であると考えます。また、今回のように大規模空間建築での PCa 化は大型揚重機に代表される建設機械の性能とも大いに関係する。今後も開発・改善事例の交流が互いの発展に寄与することを願う。

本スタジアムでは2016年のJリーグ開幕に先がけ、こけら落しの試合が行われた。スタジアム完成を待ちわびた満員のサポーターによる大歓声はまさにヨーロッパのスタジアムに負けない、これまでの日本のスタジアムでは感じたことのない臨場感と興奮に包まれたものであった。このプロジェクトに携わった関係者の一人としてサッカー界発展の一助となれば幸いである。

J|C|MA

《参考文献》

奥出久人, 大野正人, 木原隆志, 松尾享: (仮称) 吹田市立スタジアムの設計・施工, プレストレストコンクリート Vol.57, No.4, pp.50-57, 2015.7

【筆者紹介】

松尾 享 (まつお すすむ)
 ㈱竹中工務店
 市立吹田サッカースタジアム作業所
 所長 (現所属 生産本部生産企画部副部長)



火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法

小 澤 満津雄

鉄筋コンクリート構造物が火災を受けると、表層部が爆発的に剥離・剥落するいわゆる爆裂現象が生じる。爆裂は、熱応力と水蒸気圧がメカニズムとして考えられ、拘束条件下において爆裂規模が大きくなるとされている。本稿では、コンクリートの耐爆裂性評価手法について紹介する。すなわち、リング拘束供試体を作製し開口部の一面加熱を実施し、熱応力と蒸気圧を計測し対象のコンクリート配合の解析的検討についても紹介する。

キーワード：コンクリートの爆裂、拘束リング供試体、熱応力、水蒸気圧

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物が火災を受けると、表層部が爆発的に剥離・剥落するいわゆる爆裂現象が生じる。コンクリートが剥落すると内部鉄筋は露出し高温により品質は大きく低下する。その結果、構造物の耐荷性能は著しく損なわれ、極めて危険な状態となる。鎮火後の構造物の復旧に際しても、費用の増大は避けることができず、社会的な損失は大きなものとなる。これらのことから、爆裂はコンクリート工学における重要な研究テーマとなっている。既往の研究により、爆裂は熱応力説¹⁾と蒸気圧応力説²⁾によって生じるとされている(図-1, 2)。

Bailey ら³⁾は、爆裂を分類し、それぞれの性状について説明している。表-1に爆裂の分類を示す。コンクリートの爆裂は、6つに分類することができる(写真-1)。すなわち、a) 骨材の剥離、b) 隅角部の

剥離、c) 表層の剥離、d) 爆発的な剥離、e) 脆弱的な剥離、f) 冷却後の剥離である。それぞれを明確に区分けすることは難しいが、a) ~ c) は火災の初期に生じ、d) ~ f) は火災後しばらくしてから生じるとされている。

国内では日本コンクリート工学会が2009年に「コンクリートの高温特性とコンクリートの耐火性能研究委員会」が設置され、調査・研究がなされた⁴⁾。

2012年10月から、土木学会においても「コンクリートトンネル構造物の耐火技術研究小委員会(207)」が設置され、トンネル耐火工の設計施工指針(案)を取りまとめた⁵⁾。以上のように、国内外においてコンクリートの耐火性について精力的な研究がなされている。また、爆裂の抑制方法は蒸気圧低減効果を期待して合成繊維であるポリプロピレン繊維(PP繊維)を混入する方法が一般的に用いられている。しかしながら、①熱応力説と蒸気圧説のどちらが支配的であるの

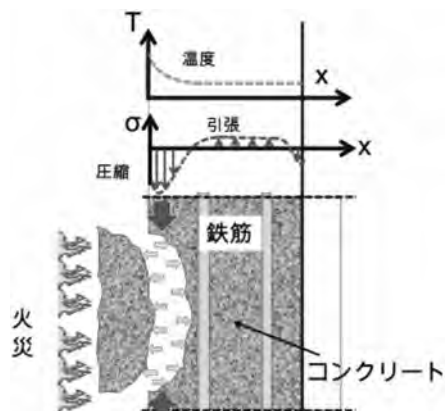


図-1 熱応力説

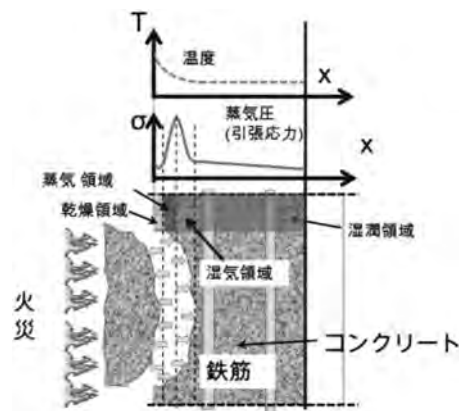
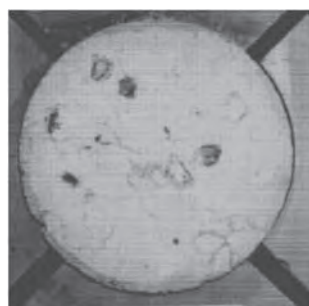


図-2 水蒸気圧説

表－1 コンクリートの爆裂の分類

現象	加熱からの時間	爆裂の性状	爆裂音	影響度合	影響因子
骨材の剥離 (Aggregate spalling)	7-30 分	骨材の割裂	ポップアウト	表面の破壊	H, A, S, D, W
隅角部の剥離 (Corner spalling)	30-90 分	激しくない	/	甚大な損傷になる 可能性あり	T, A, ft, R
表層の剥離 (Surface spalling)	7-30 分	激しい	クラッキング	甚大な損傷になる 可能性あり	H, W, P, ft
爆発的な剥離 (Explosive spalling)	7-30 分	激しい	大きな衝撃音	甚大な損傷	H, A, S, fs, G, L, O, P, Q, R, S, W, Z
脆弱的な剥離 (Sloughing-off spalling)	加熱後, コンク リートが脆弱化後	激しくない	/	甚大な損傷になる 可能性あり	T, fs, L, Q, R
冷却後の剥離 (Post-cooling spalling)	加熱後, 水分が 蒸発後	激しくない	/	甚大な損傷になる 可能性あり	T, fs, L, Q, R, W1, AT

影響因子：A：骨材の熱膨張，D：骨材の熱拡散，fs：コンクリートのせん断強度，ft：コンクリートの引張強度，G：コンクリートの材齢，H：加熱速度，L：荷重，拘束，O：加熱特性，AT：骨材の種類，P：通気性，Q：部材の断面形状，R：鉄筋，S：骨材の寸法，T：最高温度，W：含水率，Z：部材の断面寸法，W1：吸水特性



a) Aggregate spalling



b) Surface spalling



c) Corner spalling



d) Explosive spalling

写真－1 爆裂の分類

か？ ②PP 繊維を混入しても爆裂が抑制できない状況ではどうするのか？ など，まだ，未解明の課題がある。

各学会においてコンクリート構造物の耐火設計の基準がある。すなわち，日本建築学会⁶⁾では，設計基準強度 80 MPa 以上の高強度コンクリートを対象として，爆裂対策を設計に反映するよう求めている。加えて，爆裂対策の効果を確認するために実部材レベルの耐火試験を義務付けている。土木学会⁷⁾においても，高強度コンクリート（60 MPa 以上）において，爆裂対策が必要であるとしている。加えて，両学会ともに高温環境下におけるセメント系材料の爆裂判定手法の標準化は未だになされていない。一方，著者⁸⁾らのグループでは，これまでに拘束リングにコンクリートを充填した供試体を作製し，下面開口部の一面加熱による耐爆裂性評価試験（以下，リング拘束試験）を考案し種々の検討を進めている。ここでは，リング拘束試験によるコンクリートの爆裂評価法について実験的・解析的検討を紹介する。

2. リング拘束試験による爆裂評価手法の実験的検討

(1) リング拘束供試体

図－3 にリング拘束試験方法の概要を示す。この方法は熱応力と蒸気圧とを合わせて考慮し，コンクリートの耐爆裂性を評価できるという特徴がある。すなわち，拘束鋼管の内部にコンクリートを打設し供試体を作製する。供試体開口部下面のコンクリート部分のみを加熱する。加熱には水平炉を用いる（図－4）。加熱によるコンクリートの膨張を拘束鋼管が拘束することにより，熱応力（圧縮応力）が生じる。コンクリートの膨張により生じる拘束鋼管のひずみを計測し，熱応力を算出できる。併せてコンクリート内部の蒸気圧を計測し，熱応力および蒸気圧を定量的に検討し，爆裂の有無と程度から爆裂判定が可能である。また，爆裂メカニズムとして引張ひずみ破壊モデルを提案し爆裂深さの経時変化を評価できる。

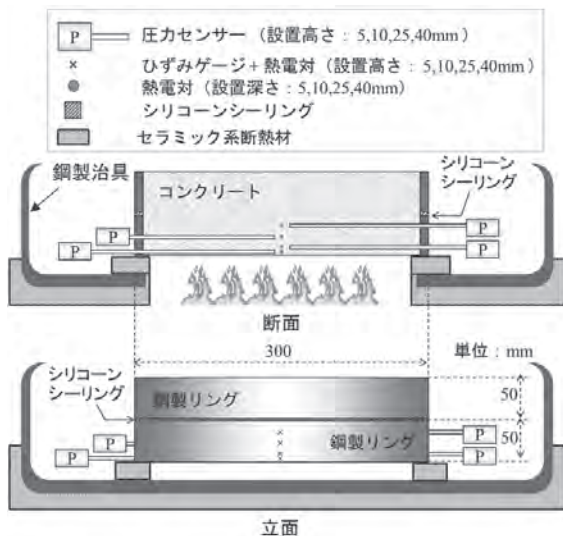


図-3 リング拘束試験方法



図-4 水平炉

(2) 拘束応力測定法

図-5に拘束応力測定方法を示す。図より、コンクリートの下面を加熱するとコンクリートは膨張する。この膨張を拘束リングが拘束するとき、拘束リングに円周方向ひずみ ε_θ が生じる。このひずみより、式(1)を用いてコンクリートに生じる拘束応力を計算することができる。拘束応力に含まれる成分は式(2)のように熱応力と蒸気圧である。蒸気圧は別途、計測が可能であることから、熱応力を評価が可能である。熱応力と蒸気圧を測定できることから、爆裂時のコンクリート内部の応力状態が推定可能であり、爆裂のメカニズムの解明に寄与することができる。

$$\sigma_{re} = \varepsilon_\theta \cdot E \cdot t / R \quad (1)$$

$$\sigma_{re} = \sigma_{th} + \sigma_{vap} \quad (2)$$

ここに

σ_{re} : 拘束応力, σ_{th} : 熱応力, σ_{vap} : 蒸気圧, ε_θ : 拘束リングの周方向ひずみ, E : 拘束リングの弾性係数, t : 拘束リングの厚み, R : 拘束リングの半径

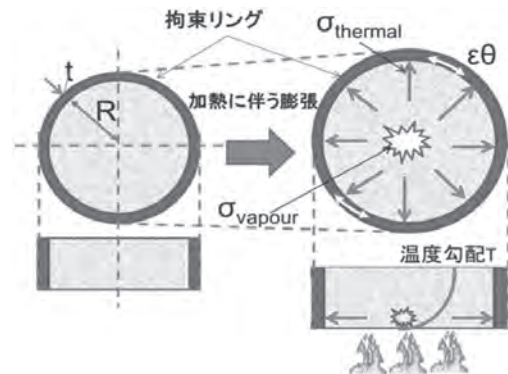


図-5 拘束応力測定方法

(3) 引張ひずみ破壊モデル

図-6に引張ひずみ破壊による爆裂モデルを示す。コンクリートの爆裂は2軸の圧縮破壊であると仮定した。加熱面に対して平行に生じる拘束応力とポアソン効果によって面外方向に生じる引張ひずみが限界値を超えると爆裂が生じると考えた。式(1)で得られた拘束応力を式(3)によってひずみに変換し、式(4)によってZ方向にひずみに変換する。式(5)によって、引張限界ひずみとZ方向の比をとり、引張ひずみ破壊指数が1.0を超える爆裂が生じるとした。ここで、弾性係数は温度依存性を考慮し、見かけのポアソン比と引張限界ひずみは既往の文献を参照したb)。

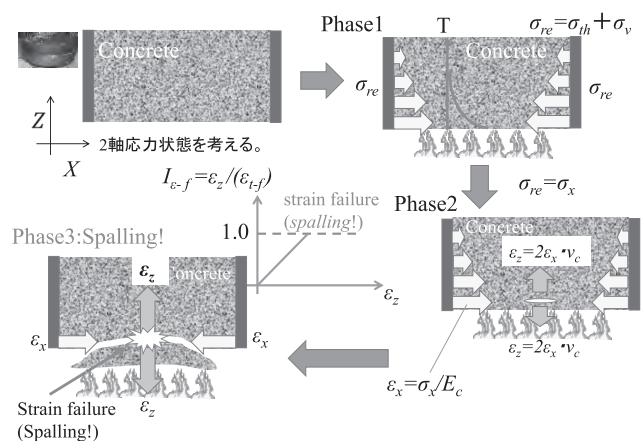


図-6 引張ひずみ破壊による爆裂モデル

$$\varepsilon_x = \sigma_{re} / E_c(T) \quad (3)$$

$$\varepsilon_z = 2 \cdot \nu \cdot \varepsilon_x \quad (4)$$

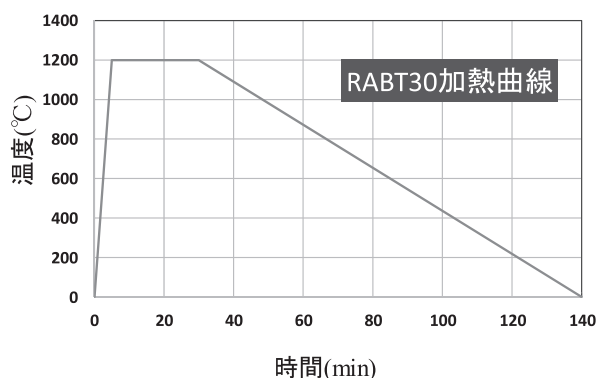
$$I_{\varepsilon-f} = \varepsilon_z / \varepsilon_{t-f} \quad (5)$$

ここに

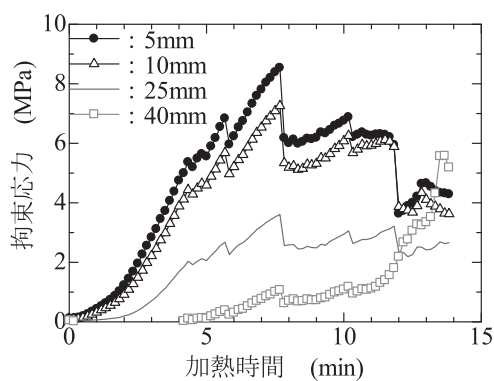
ε_x : 加熱面の平行な圧縮ひずみ, $E_c(T)$: コンクリートの残存弾性係数, ε_z : 供試体深さ方向の引張ひずみ, ν : 見かけのポアソン比, ε_{t-f} : 引張破壊限界ひずみ, $I_{\varepsilon-f}$: 引張ひずみ破壊指数

(4) 実験結果

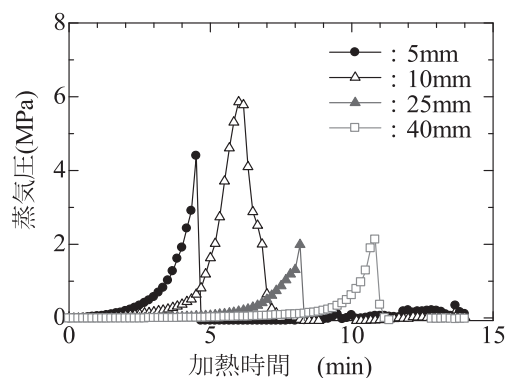
ここでは、高強度コンクリート ($f_c 90 \text{ MPa}$) を対象とし、リング拘束加熱試験を実施した。加熱の温度条件は RABT30 加熱曲線 (図—7) を用いた。RABT30 加熱曲線は 5 min で 1200°C まで昇温、 1200°C を 25 min 保持、その後 110 min で常温まで除熱するドイツ規格の加熱曲線である。爆裂時間は、加熱開始 4-10 分程度であった。図—8～11 に拘束応力、蒸気圧、爆裂状況、爆裂深さの推定結果を示す。拘束応力と蒸気圧の最大値は、 8.6 MPa と 6.0 MPa であった。爆裂深さの最大値は 60 mm であった。引張ひずみ破壊モデルにより、爆裂深さを推定 (見かけのポアソン比: 0.2, 引張破壊限界ひずみ: $200, 300 \mu$) した結果、実験値を精度よく推定できることがわかった。



図—7 RABT30 加熱曲線



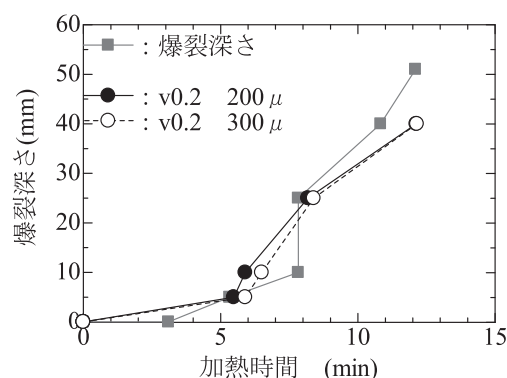
図—8 拘束応力



図—9 水蒸気圧



図—10 爆裂状況

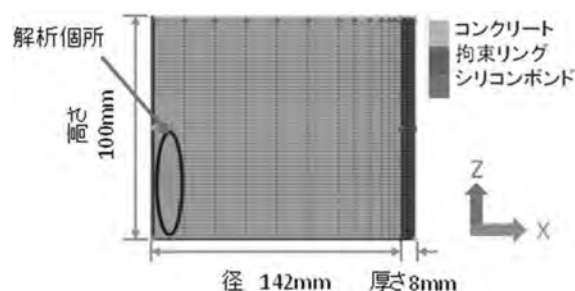


図—11 爆裂深さ (実験値と解析値の比較)

3. コンクリートの爆裂解析

(1) 解析モデル

FEM 解析にはコンクリートの温度応力解析ソフト (ASTEAMACS) を使用した。図—12 に解析モデルを示す。



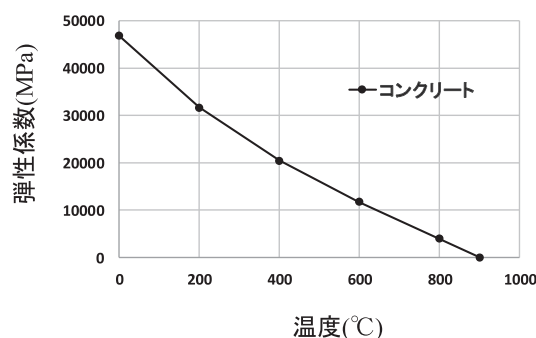
図—12 解析モデル (軸対称モデル)

解析では、拘束リング供試体の 1/2 軸対称モデルを用いた。供試体は高さ方向に 1.65 mm で 60 分割、径を 12 分割とし、拘束リングは厚さ 8 mm を 2 分割とした。本研究で使用した物性値は下記のとおりである。剥離モデルは、計算により得られた引張ひずみが引張破壊ひずみの値を超えることで要素が剥離するとした。

表—2 にコンクリートと鋼材およびシリコンの密度と初期温度および見かけのポアソン比を示す。コンクリートと鋼材の熱特性（熱伝導率、比熱）および力学特性（弾性係数、圧縮強度、引張強度）を組み込んだ。図—13 にコンクリートの弾性係数と温度との関係を一例として示す。シリコンボンドの熱伝導率、比熱、弾性係数、圧縮強度、引張強度は一定とした。コンクリートおよび鋼材の弾性係数と圧縮強度および引張強度は日本建築学会¹⁰⁾の高温時残存比をもとに設定した。また、コンクリートおよび鋼材の熱伝導率と比熱は田嶋ら¹¹⁾の研究をもとに考慮した。

表—2 材料の物性値（初期）

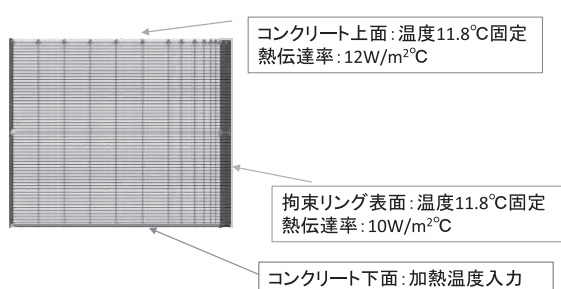
	コンクリート	鋼材	シリコンボンド
密度 (kg/m ³)	2400	7850	5800
初期温度 (°C)	20	11.8	20
ポアソン比	0.2	0.3	0.45



図—13 弾性係数と温度の関係（一例）

図—14 に熱伝達境界条件を示す。コンクリート上面の熱伝達率を $12 \text{ W/m}^2\text{°C}$ とし、鋼材の熱伝達率を $10 \text{ W/m}^2\text{°C}$ とした。加熱面の熱伝達率は $30 \text{ W/m}^2\text{°C}$ とした。

本解析では、式（5）に示す I_{e-f} が 1.0 を超えると、爆裂が生じると仮定した。爆裂が生じると、加熱面の要素が剥離し、次の要素に新しく熱伝達境界が形成さ

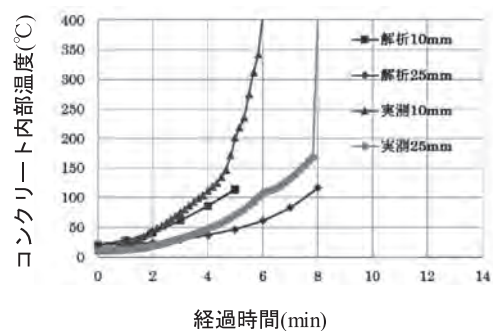


図—14 熱伝達境界

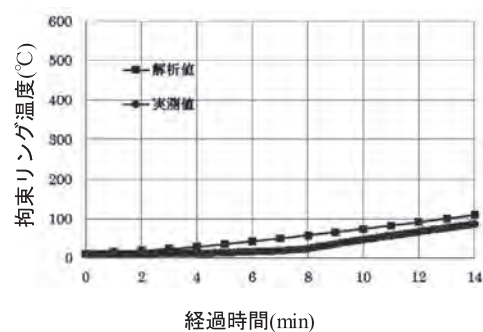
れるものとした。解析で検討した項目は、コンクリート内部温度、拘束リング温度、爆裂深さとした。それぞれの項目の解析値を求め、実験値と比較した。引張ひずみ破壊指標による剥離モデルでは、限界引張ひずみは 500μ とした。加熱に伴うみかけのポアソン比は 0.2 とした。加熱面の熱伝達率 h_c は $30 \text{ W/m}^2\text{°C}$ とした。

(2) 解析結果

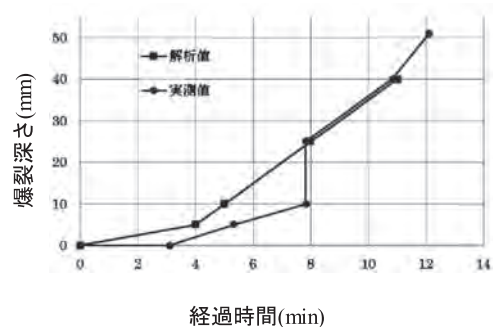
図—15～17 にコンクリート内部温度と拘束リング温度および爆裂深さの経時変化を示す。コンクリート内部温度は、10 mm と 25 mm それぞれ解析値が 5 min と 8 min まで実測値をよく再現できている。これは、爆裂が生じたため要素が剥離したことを意味している。コンクリート内部の実測値も爆裂によって、急激な温度上昇を生じていることを確認できるため、解析値は実測値をよく評価できていると考えられる。



図—15 コンクリート内部温度（解析値 VS 実測値）



図—16 リング温度（解析値 VS 実測値）



図—17 爆裂深さ（解析値 V.S. 実測値）

拘束リングの温度の解析値は、実測値と比較してよく一致していることがわかる。これによって、加熱に伴うコンクリートの膨張を、拘束リングが拘束する現象を実験値に近い状態で再現できていることを意味している。爆裂深さの経時変化において、解析値は実測値をよく評価できている。すなわち、実測値は加熱後 3 min で爆裂が開始し 5 min で 5 mm, 8 min で 25 mm, 11 min で 40 mm となっているが、解析値も同様な傾向を示している。

図—18 に加熱開始から 3 min と 8 min および 12 min の爆裂深さと温度分布を示す。図より、加熱開始から 3 min では爆裂は生じていないが、コンクリート表面の温度は 120℃ である。8 min の時点では供試体中央部が 25 mm ほど爆裂し、爆裂によって生じた加熱境界面の温度は 220℃ である。加熱開始後 12 min で、爆裂深さは 40 mm 程度であり実験値をよく評価できていることがわかる。一方で、加熱後 30 min では、すべての要素が爆裂してなくなった。これは、爆裂によって、剥離境界面に新たに加熱境界が形成され、温度上昇から熱応力の上昇、深さ方向 (Y 方向) のひずみが上昇し爆裂が進行するため、爆裂が止まらなかったと考えられる。また、本研究の解析モデルで

は、水蒸気圧及び含水率、潜熱による影響が含まれていない。そのため、コンクリートの含水率に影響する比熱の値が本来の値よりも小さく設定されている。今後更に、検討を進めていく予定である。

4. おわりに

本稿では、コンクリートの爆裂評価手法としてリング拘束供試体による加熱試験の概要と実験結果を紹介した。加えて、爆裂の剥離を模擬した解析的検討について紹介した。今後は、実 RC 部材の耐火試験結果のある配合についても検討を行いコンクリートの爆裂評価手法の確立を目指したいと考えている。

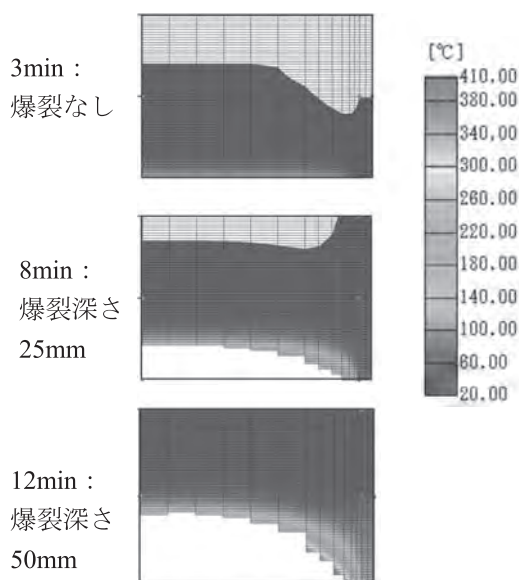
J C M A

《参考文献》

- 1) Bazant ZP., Proc. of the Int. Workshop on Fire Performance of High-Strength Concrete, NIST, Gaithersburg, Maryland; 1997, pp.155-164.
- 2) Anderberg Y., Proc. of the Int. Workshop on Fire Performance of High-Strength Concrete, NIST, Gaithersburg, Maryland; 1997, pp.69-73.
- 3) C. Bailey, G. A. Khoury: Performance of Concrete Structures in Fire, A cement and concrete industry publication, MPA-The Concrete Centre, 2011.
- 4) 日本コンクリート工学会：コンクリートの高温特性とコンクリート構造物の耐火性能研究委員会「報告書」, 2012.
- 5) トンネル構造物のコンクリートに対する耐火工設計施工指針 (案) 土木学会, 2014.
- 6) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS 5, 2009.
- 7) 土木学会：コンクリート標準示方書 (施工編), 2012.
- 8) 谷辺徹, 小澤満津雄, 鎌田亮太, 内田裕一, 六郷恵哲: 高温環境下での高強度コンクリートの耐爆裂性評価における爆裂発生指標の提案, 土木学会論文集 E2, Vol.70, No.1, pp.104-117, 2014.
- 9) 道越真太郎, 小林裕, 黒岩秀介: 圧縮力を受けるコンクリートの高温時におけるひずみ挙動, 日本建築学会構造系論文集, 第 621 号, pp.169-174, 2007.
- 10) 日本コンクリート工学会：コンクリートの高温特性とコンクリート構造物の耐火性能に関する研究委員会, pp.105-112, 2012.5.
- 11) 田嶋仁志, 岸田政彦, 神田亨, 森田武: 火災高温時におけるシールドトンネル RC 覆工断面の変形挙動解析, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.3, pp.606-618, 2006.9.

〔筆者紹介〕

小澤 満津雄 (おざわ みつお)
群馬大学大学院
理工学府 環境創生部門



図—18 爆裂コンター図 (解析ケース②)

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

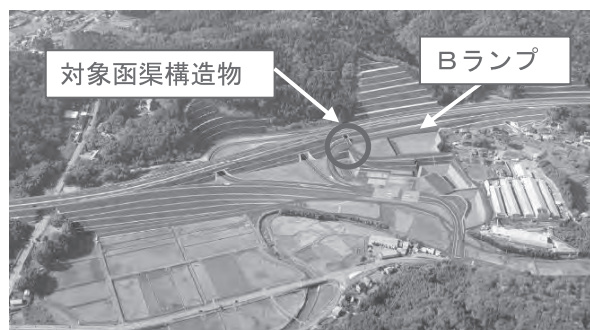
神 崎 恵 三

現場打ちコンクリート構造物は、配合、現場条件、気象条件などの要因により、品質、出来映えが大きく影響を受ける。このため、想定される品質劣化要因を抽出したうえで、コンクリートの品質を確保するための打設計画を立案することが重要である。本工事における場所打ち函渠の施工では、練混ぜ、打設ブロック割り、コンクリート打設、養生の各施工段階において、品質を確保するための取組みを計画し実施した。本報文において、SEC 工法（以下「本コンクリート練り混ぜ工法」という）、ND-WALL 工法（以下「本誘発目地工法」という）の両事例について記述するとともに、品質向上効果、出来映えについて報告する。

キーワード：場所打ち函渠, SEC 工法, ND-WALL 工法, スパイラルインナーバイブレーター, 給熱養生, 透気試験

1. はじめに

京都縦貫自動車道は、京都府の南北を結ぶ延長約 100 km の自動車専用道路で、行楽シーズンの国道 9 号と国道 27 号の渋滞の解消や、大雨等による周辺道路の通行止めが発生した場合の代替道路として機能する。「丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事」は、京都縦貫自動車道の一部区間である丹波綾部道路（29.2 km）の京丹波みずほ IC における工事で、対象となる場所打ち函渠は、京丹波みずほ IC の B ランプに位置する構造物である（図—1）。



図—1 完成イメージ図

2. 工事概要

工事名称：丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事

工事場所：京都府船井郡京丹波町和田地先～井脇地先

発注者：近畿地方整備局

工期：平成 25 年 3 月 7 日～平成 26 年 12 月 31 日

工事数量：道路土工 掘削 136,250 m³

盛土 237,000 m³

法面工 26,000 m²

函渠工 プレキャスト函渠 3 基

場所打ち函渠 1 基

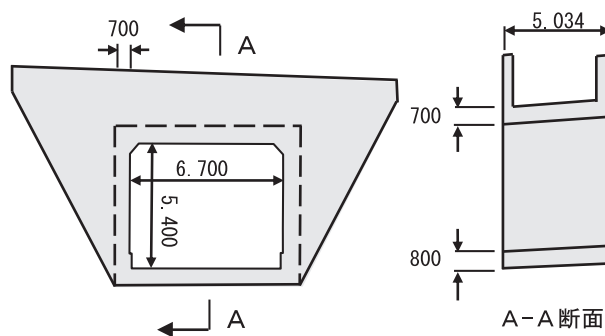
擁壁工 補強土壁 769 m²

緑化テール 1,039 m² 他

調節池工 連結水路プレキャストカルバート 2 基 プレキャストカルバート 1 箇所

排水工 一式

場所打ち函渠の構造寸法は、内空高さ 5.4 m、内空幅 6.7 m、側壁厚 0.7 m、延長 5 m である（図—2）。



図—2 函渠構造図

3. 品質確保への課題と取組み

場所打ち函渠の構造上の特徴として、構造物の土被りは小さいうえに、供用後は車両の通行が多い。側壁は壁状構造物のため、温度ひび割れが発生しやすい。気象条件として、施工時期は冬季となるため、施工箇所は山間部で昼夜の温度差が大きく、夜間は0℃を下回る、ことなどが挙げられた。

施工にあたり、想定される品質劣化要因と、各々に対する対策について抽出したものを表—1に示す。

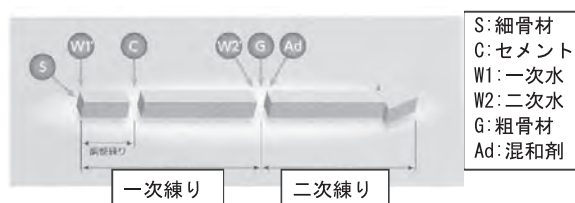
表—1 品質劣化要因と対策

品質劣化要因	対 策	施工時期
材料分離・ブリーディング	本コンクリート練り混ぜ工法	練混ぜ時
外部拘束ひび割れ	本誘発目地工法	側壁1リフト施工時
表層の締固め不足	締固めの工夫	コンクリート打設時
凍 害	給熱養生	打設後数日間

以下、各々の対策について記述する。

4. 本コンクリート練り混ぜ工法

コンクリート打設時の材料分離やブリーディングを減少するために、本コンクリート練り混ぜ工法を採用した。SEC (Sand Enveloped with Cement) 工法は、練り混ぜ水を一次練りと二次練りの2回に分割して練り混ぜを行う工法である(図—3)。



図—3 本コンクリート練り混ぜ工法イメージ図

具体的には、一次練りで一次水とセメントと細骨材を練り混ぜ、二次練りで残りの水と粗骨材と混和剤を練り混ぜる。結果として、細骨材の周囲が低水セメント比のペーストにより覆われ、かつ分割練り混ぜによりセメントが良く分散し、ブリーディングが少なく材料分離抵抗性の高いコンクリートとなるため、品質向上が期待できる。

通常、理論式(参考文献1)参照)により、一次水量 $W1$ は、式(1)で求められる。

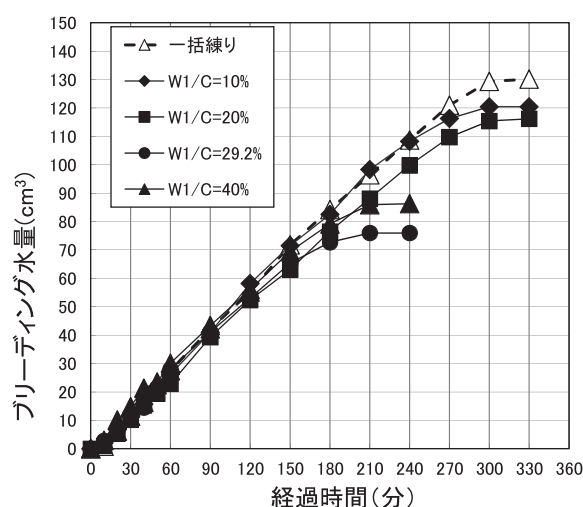
$$W1 = a / 100 \times C + \beta_{oH} / 100 \times S \quad \text{式 (1)}$$

ここに、 $W1$:一次水量 (kg/m^3)、 a :セメントのキャピラリー状態に必要な水セメント比(%), β_{oH} :細骨材の拘束水率(%), C :単位セメント量 (kg/m^3), S :単位細骨材量 (kg/m^3)である。式(1)から求まる一次水量 $W1$ とセメント C の比 ($W1/C$) は、29.2%となるが、本施工では、試験練りにおいて、 $W1/C$ の数値を29.2%に加え、0%, 10%, 20%, 40%の5ケースで実施し、各々のケースに対するブリーディング量を測定した。測定結果より、ブリーディング水量が最小となる $W1/C$ を本配合の最適 $W1/C$ として製造することとした。標準配合と各々の $W1$, $W2$ の単位水量を示す(表—2)。

表—2 コンクリート配合 (24-8-20BB)

単位量 (kg/m^3)						
水	セメント	細骨材		粗骨材		減水剤
W	C	S1	S2	G1	G2	SP
157	291	667	167	664	358	2.910
ケース 1	$W1/C = 0\%$	$W1 = 0.0 \text{ kg}/\text{m}^3$		$W2 = 157.0 \text{ kg}/\text{m}^3$		
ケース 2	$W1/C = 10\%$	$W1 = 29.1 \text{ kg}/\text{m}^3$		$W2 = 127.9 \text{ kg}/\text{m}^3$		
ケース 3	$W1/C = 20\%$	$W1 = 58.2 \text{ kg}/\text{m}^3$		$W2 = 98.8 \text{ kg}/\text{m}^3$		
ケース 4	$W1/C = 29.2\%$	$W1 = 85.0 \text{ kg}/\text{m}^3$		$W2 = 72.0 \text{ kg}/\text{m}^3$		
ケース 5	$W1/C = 40\%$	$W1 = 116.4 \text{ kg}/\text{m}^3$		$W2 = 40.6 \text{ kg}/\text{m}^3$		

ブリーディング結果を図—4に示す。試験結果より、 $W1/C = 29.2\%$ (ケース4:理論式の数値)の時、ブリーディング水量が最小となった。このため、今回の施工において、練り混ぜ水を一次練りで $W1 = 85 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、二次練りで $W2 = 72 \text{ kg}/\text{m}^3$ の割合で練り混ぜることとした。



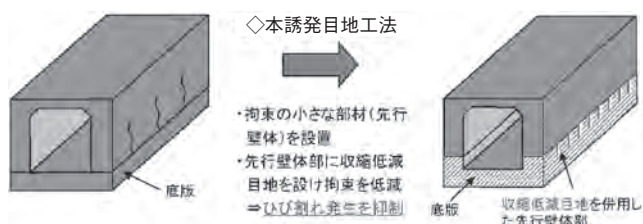
図—4 ブリーディング水量変化図

本コンクリート練り混ぜ工法により製造されたコンクリートは、材料分離やブリーディングが少なく、かつ充填性に優れていた。

5. 本誘発目地工法

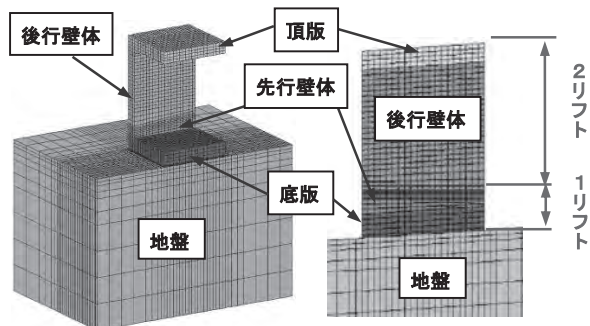
コンクリートは初期の温度上昇時に膨張し、また温度降下時に収縮する。この収縮変形が外部から拘束されず自由に収縮することができれば、温度応力は発生しない。しかし、下端が既設コンクリート等で拘束されると、自由な収縮変形ができず温度応力が発生する。特に今回の函渠構造物のような壁状構造物においては、温度応力が卓越するため、断面を貫通するような大きな幅のひび割れが発生することが想定された。

このため、拘束体からの拘束を緩和することが、温度応力の低減対策として特に有効となると考え、本誘発目地工法を採用した。本誘発目地工法は、底版と壁体部の間の拘束低減効果を有する誘発目地を設けた先行壁体部を、底版と同時に打設し、後行壁体部との拘束を緩和することで、温度応力の発生を低減するものである（図—5）。

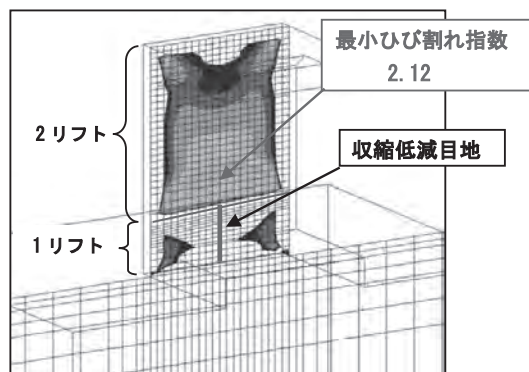


図—5 本誘発目地工法概念図

具体的な手順として、函渠の側壁を上下2分割し、先行壁体部（高さ約1m）と後行壁体部に分ける。コンクリート打設は、底版と先行壁体部を同時に打設（1リフト）し、次のリフトで後行壁体部と頂版を同時に打設（2リフト）した。先行壁体部の中心には、止水機能を有する誘発目地材「サンタックスパンシル」を設置した（断面欠損率約50%）。施工着手前に、本誘発目地工法の効果を事前に把握するために、実際の予定打設日に基づいた3次元FEM温度応力解析を実施した（図—6）。



図—6 温度応力解析モデル図

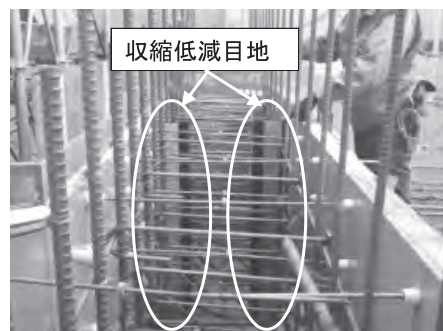


図—7 ひび割れ指数分布図

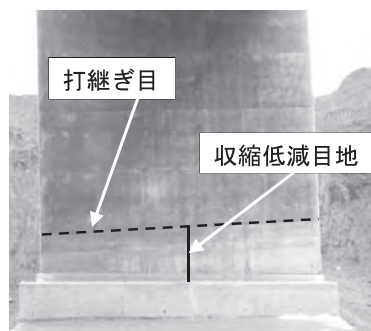
3次元FEM温度応力解析によるひび割れ指数分布の結果を示す（図—7）。

解析結果より、最小ひび割れ指数が2リフト（後行壁体部の下部）で2.12という結果となった（本誘発目地工法を使用しない場合の最小ひび割れ指数は同じ箇所でも0.9）。コンクリート標準示方書より、ひび割れ指数2.12は、ひび割れ発生確率が10%以下となる。

先行側壁部の収縮低減目地設置状況、及び打設完了後の仕上がり状況を写真—1、2に示す。本対策の結果、打設後6ヶ月以上経過した段階で外部拘束による温度応力が原因と想定されるひび割れは発生していない。



写真—1 収縮低減目地設置状況



写真—2 仕上がり状況

6. 締固めの工夫

施工部位毎に締固めの工夫を実施した。

全体の締固め作業には、締固め効率を高めるためにスパイラルインナーバイブレータを使用した。本バイブレータは、振動体の表面に螺旋状の凹溝を施して生コンクリートとの接触面積をできる限り大きくし、接触抵抗を大きくすることにより振動伝達効率を高めることができる（写真—3）。

側壁のかぶり部には、エア抜き及びPコン下の沈降ひび割れを抑制する目的で、細径のバイブレータを使用し、外部振動機（壁打ちバイブレータ）で再振動を実施した（写真—4、5）。



写真—3 スパイラルインナーバイブレータ



写真—4 細径バイブレータ（かぶり部）



写真—5 壁打ちバイブレータ

ウィング部斜面の再振動及び型枠表面のエア抜きには、先端に2～3m程度の鋼管パイプを使用した槍状のバイブレータを使用した（写真—6）。



写真—6 槍状バイブレータ

高欄部には、先端部が櫛形状のピカコンを型枠内面に当てるように挿入し、抜き取ることにより、コンクリート表面のエア抜きを実施した（写真—7）。



写真—7 ピカコン

これらの工夫により、コンクリート表層が密実な構造物を構築することができた。

7. 給熱養生

コンクリート打設は秋から冬にかけて実施し、夜間の気温が0℃を下回ることが予想されたため、打設直後の初期凍害による品質劣化が想定された。このため、凍害防止対策として、コンクリート打設直後から給熱養生を実施した。

外周足場及び屋根全体をシートで覆い、かつシート内にジェットファーンレスと風管を配置してシート内全体に暖気を行き渡らせ、シート内温度を常時5℃以上となるよう管理した。設置状況を示す（写真—8、9）。給熱養生の期間は、打設時に採取したテストピースにより圧縮強度試験を行い、圧縮強度が5 N/mm²以上



写真－8 給熱養生



写真－9 ジェットファーンネス設置

発現するまで実施した。

長期間湿潤養生の湿度管理や給熱養生の温度管理は、モバイル式コンクリート養生温度管理システム「温度ロイド」を使用し、養生中のコンクリート温度や湿度を24時間自動計測を実施した。測定項目を示す(表－3)。

表－3 測定項目一覧表

機器	測定項目	測定箇所
①	温度測定	外気温度
②	温度測定	室内温度
③	温度測定	コンクリート温度
④	湿度測定	頂版マット内湿度
⑤	湿度測定	側壁マット内湿度

各機器で設定した温度、湿度の管理値が警報値となった時点で担当職員の携帯電話にメールが自動送信されるとともに、パトライトユニットを事務所に配置し、点滅、警報で警告した。メール送信等により、温度、湿度が警報値まで下がった場合は、ジェットファーンネスの風量を調整したり、湿潤養生マットに散水して湿潤状態にすることで対応を行った(写真－10)。

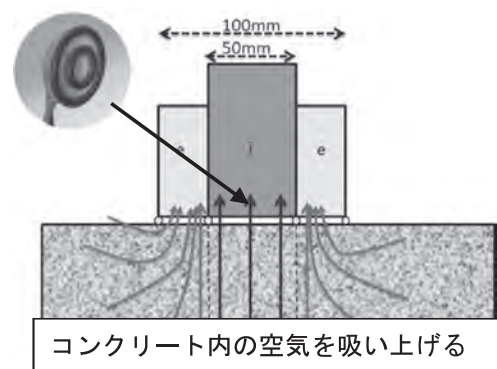


写真－10 養生マット散水状況

コンクリート打設後、外気温は0℃を下回ったが、これらの工夫により、凍害を防止することができた。

8. 透気試験

完成した函渠に対して、コンクリート表層の品質を評価する目的で、「トレント法による透気試験」を実施した。本工法は、コンクリート表層の気体の通しやすさ(透気性)を測定する方法で、透気試験機(パーマ・ツール)を使用して比較的容易に計測できる非破壊試験である(図－8、写真－11)。この試験の特徴は、一定の断面積(図－8の左上のインナーチャンバー



図－8 トレント法概念図



写真－11 透気試験器

50 mm) に対し、一定方向から吸引された空気量から透気性を求めることができ、表—4 に示す透気係数 (kt) で評価する。

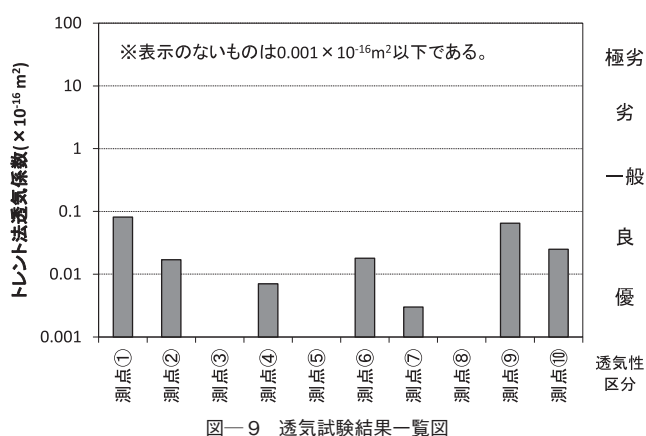
測定は、側壁内外面と底版・頂版上面 (スラブ面) の計 10 箇所で実施した (表—5, 図—9)。これより、全ての箇所で評価が「良」以上であった。コンクリート表層の評価として、目視だけでなく、定量的にも良好であることが判明した。

表—4 透気性区分評価

透気係数 KT ($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)	~0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1	1 ~ 10	10 ~ 100
評 価	優	良	一般	劣	極劣

表—5 透気試験結果一覧表

測定 位置	部位	透気係数 KT ($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)	測定 位置	部位	透気係数 KT ($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)
測点 1	側壁内面	0.081	測点 2	側壁内面	0.017
測点 3	底版スラブ面	0.001 以下	測点 4	底版側面	0.007
測点 5	頂版スラブ面	0.001 以下	測点 6	側壁内面	0.018
測点 7	側壁外面	0.003	測点 8	側壁外面	0.001 以下
測点 9	側壁外面	0.065	測点 10	側壁外面	0.025



9. おわりに

完成した函渠を写真—12 に示す。これら品質確保対策の結果、ひび割れ、ジャンカ、及びコールドジョイントなどのない構造物を構築することができた。本函渠構造物のこれらの取組みに対し、平成 25 年度近畿地方整備局の「コンクリート構造物品質コンテスト」において、栄えある特別優秀賞をいただいた。これを励みに今後ともコンクリートの品質向上に励むとともに、本報文が類似の工事の品質確保において参考になれば幸いである。



写真—12 函渠構造物完成写真

J C M A

《参考文献》

- 1) 建設技術審査証明報告書「性能向上のために分割練混ぜをしたコンクリート「SEC コンクリート」」(財団法人 土木研究センター) p68. 3.1.1 一次水量の算定式 平成 20 年 8 月

〔筆者紹介〕

神崎 恵三 (かんだき けいぞう)
 ㈱熊谷組
 土木事業本部 プロジェクト技術部
 副部長



設計基準強度 300 N/mm^2 の 超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用

山 本 佳 城・今 井 和 正・水 谷 太 朗

近年、超高強度コンクリートを利用した細径の鉄筋コンクリート柱に関する開発が進められており、建築分野では、超高強度コンクリートは、これまでの主な用途であった高層建築以外の建物にも適用されつつある。本稿では、このような細径の柱に関して、より開放的な室内空間と安全性の高い架構の実現を目指した取り組みとして、設計基準強度 300 N/mm^2 の超高強度プレキャストコンクリートを用いた細径の柱の開発と適用状況について紹介する。

キーワード：超高強度コンクリート，設計基準強度 300 N/mm^2 ，プレキャスト，RC 長柱，接合方法

1. はじめに

圧縮強度が 100 N/mm^2 を超えるような超高強度コンクリートは、これまで超高層集合住宅における下層階の鉄筋コンクリート柱（RC 柱）に主に用いられてきた。一方、近年では、コンクリートのさらなる高強度化やプレキャスト化に関する材料・製造方法の開発とともに、その有効な適用部材として細径の RC 柱に着目した開発も進められており、設計基準強度（ F_c ）が 200 N/mm^2 以上となる細径の RC 柱が高層建築以外の建物にも適用されている^{1), 2)}。

本稿では、このような細径の RC 柱に関して、従来のコンクリート強度を上回る $F_c 300 \text{ N/mm}^2$ の超高強度プレキャストコンクリートを使用し、さらに、柱の内法高さ L と直径 D の比（ L/D ）を、RC 規準³⁾の仕様規定である 15 を超えるようなものとした事例について紹介する。なお、本稿では、 L/D が 15 以上となるような柱を「RC 長柱」と称する。

2. $F_c 300 \text{ N/mm}^2$ の RC 長柱の開発

(1) 超高強度プレキャストコンクリート

$F_c 300 \text{ N/mm}^2$ のプレキャストコンクリートに関する開発では、コンクリートの強度や耐久性に関する試験室での実験や、コンクリートの施工性や部材製造に関するプレキャスト工場での実機実験を行い、コンクリートの使用材料、調合および養生方法などを定めた。実機実験では、実大 RC 柱のほかに、断面積やコンクリートの打込み方向を変化させた模擬部材を作製

し（写真—1）、そこから $\phi 100 \text{ mm}$ のコンクリートコア供試体を採取して（写真—2）、部材中における圧縮強度の発現状況を調査した。



写真—1 実機実験における模擬部材の例



写真—2 コア採取状況（ $\phi 200 \text{ mm}$ 模擬部材）

(a) コンクリートの使用材料および割合

Fc300 N/mm² のプレキャストコンクリートは、部材に高温養生を施して作製する。そのため、結合材は、フレッシュ時の流動性ととも、高温養生時の強度発現性が向上する産業副産物等をセメントに混合して構成した。その他の使用材料は、砕石、砕砂、収縮低減型のポリカルボン酸系高性能減水剤および鋼繊維である。水結合材比は 12.0 %，単位水量は 163 kg/m³，空気量は 2.5 % とし，スランプフローについては，細径の RC 柱への充填性を考慮して，70 cm 程度のフローが得られるように調合した。

(b) コンクリートの養生

脱型後のコンクリートには，はじめに，シート被覆等による湿潤養生を行い，その後，高温養生を施した。湿潤養生の期間は，プレキャスト部材と同じ条件で養生した $\phi 100 \times 200$ mm の供試体（同一養生供試体）の圧縮強度により判断することとし，120 N/mm² 以上が得られるまでとした。

高温養生における養生雰囲気最高温度は 190℃ とし，温度上昇勾配および下降勾配については，それぞれ 20℃/h 以下および 10℃/h 以下とした。

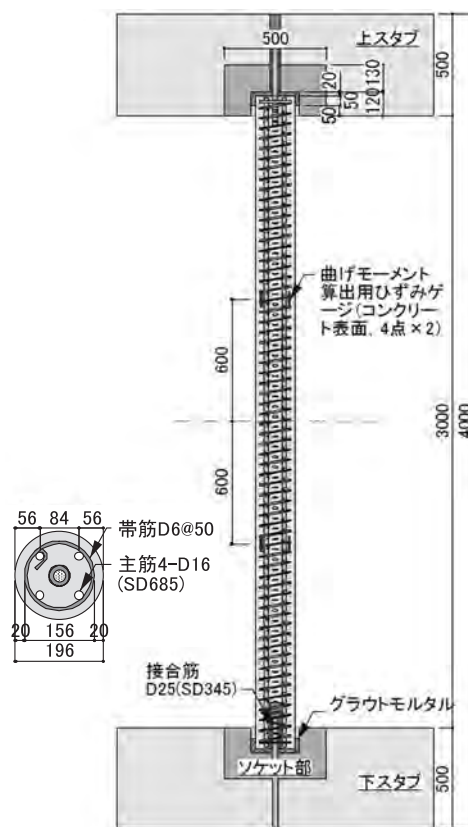
(2) 構造性能

(a) RC 長柱端部の接合方法

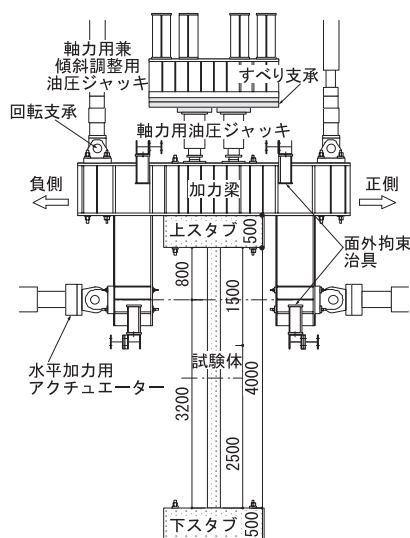
RC 長柱を適用する建物では，RC 長柱には主に軸力を負担させ，耐震壁により水平剛性を確保し，さらに免震・制振システムとの併用により，全体として地震時安全性を確保する架構を想定している。ここで，RC 長柱の端部の接合部には，火災時などにおいて座屈長さを抑制するため，水平変形が小さい時点では高い回転剛性が求められ，一方，地震時には優れた水平変位追従性も必要となってくる。これらを同時に実現させるため，RC 長柱とその端部の受け側とは接合筋のみで定着させ，受け側の凹状ソケットに挿入した端部周辺をグラウトモルタルで拘束する，半剛接合による方法を考案した⁴⁾（図—1）。

(b) 構造実験

圧縮強度 300 N/mm² 級のコンクリートを使用し，端部を考案した接合方法とした場合の，RC 長柱の地震時水平変位追従性や鉛直荷重支持能力などを把握するために，一定軸力下での水平加力実験および一定水平変位下での軸圧縮実験などを行った。試験体（図—1）の L/D は 15 または 20 とし，軸力比の水準は 0.17，0.25 および 0.33 とした。また，水平加力実験の加力方法は，一定軸力下で水平変位漸増正負交番繰返し載荷を行う曲げせん断加力とした（図—2）。

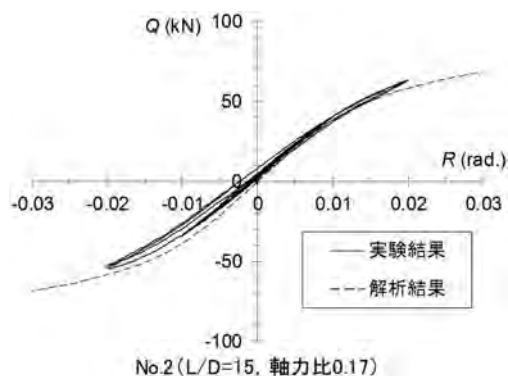


図—1 構造実験試験体の形状と配筋



図—2 加力方法

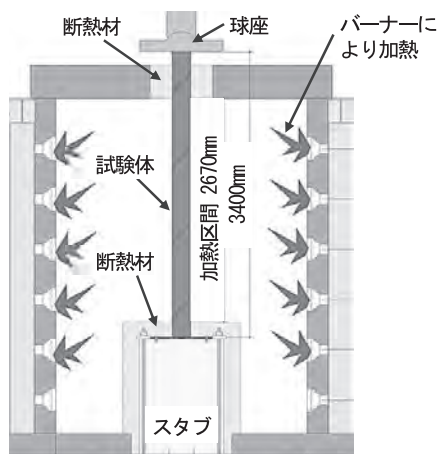
実験結果として，例えば，水平加力実験におけるせん断力 Q と部材角 R の関係（図—3）からは，超高強度コンクリートを用いた長柱の特徴である大きな弾性領域が見てとれる。また，いずれの試験体も $R = \pm 1/50$ rad. まで安定して軸力を保持しており，優れた水平変位追従性が確認された。以上のような実験に加え，付加曲げモーメントや座屈が構造性能に及ぼす影響などについても解析的な検討⁵⁾を行い，RC 長柱の設計に必要な資料を整備した。



図—3 セン断力—部材角関係の例

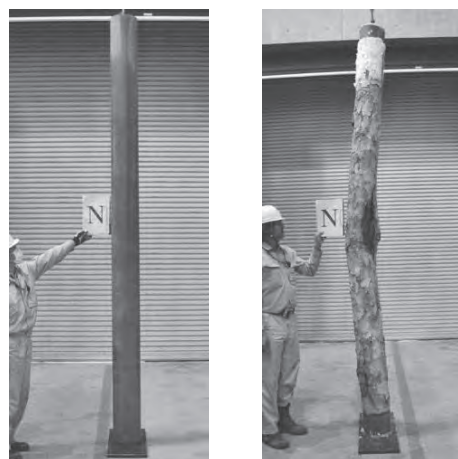
(3) 耐火性能

火災が生じた場合の細径の RC 長柱では、柱の断面が小さく温度が早期に上昇するため、鉄筋やコンクリートといった構成材料の力学性能の低下が部材の耐火性能に及ぼす影響が大きくなる。また、座屈長さ／直径が大きな場合では、高温時における構成材料のヤング係数の低下により部材の曲げ剛性が大きく低下するため、座屈破壊の可能性も高くなる。そこで、実際の建物（3章に示す）を想定した $Fc300\text{ N/mm}^2$ の実大 RC 長柱試験体を製作し、載荷加熱実験（図—4）により耐火性能を検証した。



図—4 載荷加熱方法

実験では、鉛直荷重や座屈長さ／直径などの条件について、実際の建物を考慮して定めた。また、所定の鉛直荷重を載荷した後、ISO834 の標準加熱温度曲線に従った加熱を行い、試験体が荷重支持能力を喪失するまでの時間（耐火時間）を計測した。実験前後の試験体の状況を写真—3 に示す。実験後の試験体は「く」の字状に曲がっており座屈破壊したものと考えられるが、耐火時間については、適用建物に要求される 60 分に対して 112 分であったことから、十分な耐火性能を有しているものと判断された。



実験前

実験後

写真—3 実験前後の試験体の状況

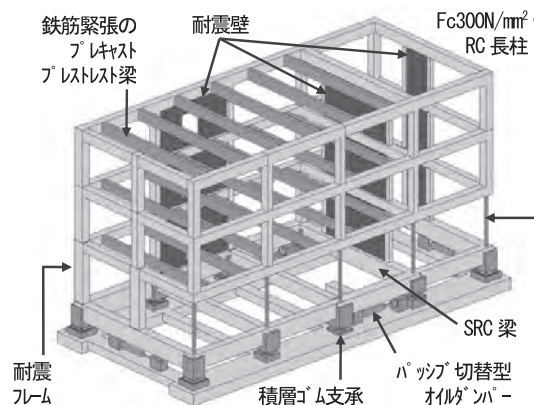
3. 建物への適用

(1) 建物概要

建物の外観を写真—4 に、構造概要を図—5 に示す。本建物は、約 $30 \times 14\text{ m}$ の矩形平面を有する事務所ビルである（地上 3 階、塔屋 1 階、軒高 12.75 m、建築面積 427.57 m^2 、延床面積 $1,277.32\text{ m}^2$ ）。基礎は直接基礎、地上部は両方向とも耐震壁付ラーメン構造の



写真—4 建物の外観



図—5 構造概要

鉄筋コンクリート造である。また、本建物では、天然ゴム系積層ゴム支承とパッシブ切替型オイルダンパーを用いた基礎免震を採用している。

Fc300 N/mm² の RC 長柱は 1 階南面の柱 5 本に適用し、2 章に示した検討結果などに基づき、柱の直径 D は 220 mm の円形、内法高さ L は 3,750 mm とした ($L/D \div 17$)。また、建物の東西面と北面に耐震要素をコ形に配置し、地震時の水平力とねじれに対する剛性を確保した。

(2) Fc300 N/mm² の RC 長柱の製造

(a) コンクリートの練混ぜ、養生および強度管理計画

コンクリートの調合および養生方法などは、事前の検討 (2 章) で定めた方法とした。コンクリートの練混ぜには二軸強制練りミキサ (1.5 m³) を使用し、打込みにはコンクリートバケットおよびバイブレーターを用いた (写真—5)。



写真—5 コンクリートの打込み状況

コンクリートの圧縮強度の検査では、RC 長柱と同一断面の模擬部材 ($\phi 220 \times 1,100$ mm) を作製し、ここから採取した $\phi 100 \times 200$ mm のコア供試体を用いて試験を行うこととした。本建物では、計 6 バッチ製造したコンクリートの全てについて模擬部材を作製し、材齢 28 日に試験を実施した。

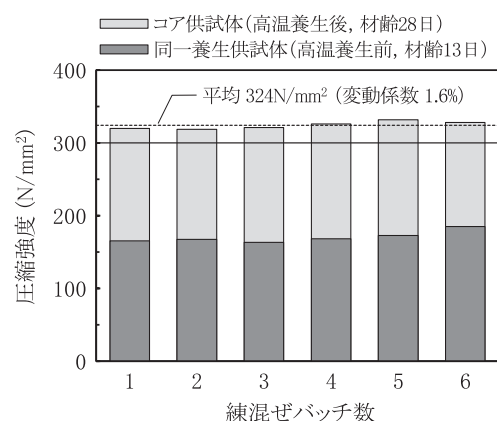
(b) コンクリートの品質

フレッシュコンクリートのスランプフローおよび空気量は安定しており、いずれも目標値と同程度の値が得られた。また、 $\phi 220$ mm への充填性を考慮してスランプフローを 70 cm と大きめに設定したが、材料分離や繊維の偏り等は生じなかった (写真—6)。

高温養生前における同一養生供試体の圧縮強度、および高温養生後におけるコア供試体の圧縮強度を図—



写真—6 コンクリートのフロー状況



図—6 圧縮強度の試験結果

6 に示す。高温養生前の強度は 163 ~ 185 N/mm² であり、材齢 13 日で所定の強度以上であることを確認した。また、高温養生後の材齢 28 日の強度は 319 ~ 332 N/mm² であり、いずれのバッチも Fc300 N/mm² を十分に確保するとともに、変動係数の小さな安定した品質が得られた。なお、材齢 91 日にも圧縮強度を測定したところ (代表的な 3 バッチ)、平均 333 N/mm² で材齢 28 日と概ね同等の強度であった。

写真—7 に RC 長柱の設置状況を示す。Fc300 N/mm² の超高強度コンクリートによる RC 長柱を適用



写真—7 RC 長柱の設置状況

することにより、一般的な強度のコンクリートを使用した場合に想定される柱と比較して、柱の断面寸法を1/3程度に低減することができ、開放的な室内空間と安全性の高い架構を実現した。

4. おわりに

$F_c 300 \text{ N/mm}^2$ の超高強度プレキャストコンクリートを用いた RC 長柱について、開発概要と適用事例を紹介した。開発にあたっては、コンクリートの製造方法の確立、地震時の水平変位追従性および火災時の鉛直荷重支持性能の確保などが特に重要な課題であり、これらを達成することで、安全性の高い架構で開放的な室内空間を実現することができた。本稿で紹介した技術が、超高強度コンクリートのさらなる普及・発展に貢献できれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 辰濃達, 山本佳城, 河合邦彦, 河本慎一郎: 超高強度コンクリートにより構築された立体都市広場の設計および施工, コンクリート工学, Vol.50, No.7, pp.621-627, 2012.7
- 2) 奥出久人, 木原隆志, 中野達男, 石川裕次: プレキャスト工法を活用した(仮称)吹田市立スタジアムの設計・施工, コンクリート工学, Vol.53, No.11, pp.986-991, 2015.11

- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, pp.144-147, 2010.2
- 4) 岡田直子, 今井和正, 村松晃次, 服部敦志, 小室努: 超高強度コンクリートを用いた RC 長柱の構造性能(その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.113-114, 2011.7
- 5) 岡田直子, 今井和正, 服部敦志, 小室努: 圧縮強度 300 N/mm^2 級の超高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート造長柱の構造性能, 日本建築学会構造系論文集, No.704, pp.1535-1545, 2014.10

【筆者紹介】



山本 佳城 (やまもと けいき)
大成建設㈱
技術センター 建築技術研究所
主任研究員



今井 和正 (いまい かずまさ)
大成建設㈱
技術センター 建築技術研究所
主任研究員



水谷 太郎 (みずたに たろう)
大成建設㈱
設計本部 特定プロジェクト部設計室
室長

スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性

森 濱 和 正・加 藤 祐 哉・古 賀 裕 久

コンクリート舗装にスラグ骨材を用いた場合の強度、耐久性など一般的な特性のほか、舗装にとって重要なすり減り抵抗性、すべり抵抗性について検討した。その結果、スラグ骨材を用いることにより、乾燥収縮は改善されることなどが明らかになった。

キーワード：スラグ骨材、舗装コンクリート、スケーリング、乾燥収縮、すり減り、すべり

1. はじめに

コンクリート舗装は耐久性が高く、アスファルト舗装よりもライフサイクルコストを低く抑えることができるので、普及が期待されている¹⁾。また、資源の有効利用の観点から、金属系スラグ骨材（以下「スラグ骨材」という。）などのコンクリート舗装への適用も期待されていることから、現在各種骨材の舗装への適用に関して検討した。そのうち本報告では、主にスラグ骨材を用いた場合の検討結果について紹介する。検討した内容は、舗装コンクリートに欠かすことのできない特性として、曲げ強度、走行安全性の観点からすり減り抵抗性、すべり抵抗性である。耐久性などについては、凍結融解抵抗性、スケーリング抵抗性、乾燥収縮特性である。なお、本文は、文献2)を加筆修正したものである。

2. 舗装コンクリートの性能と粗骨材の品質

舗装コンクリートに求められる性能と、それを確保するために粗骨材に求められる品質について、検討した内容は表—1のとおりであり、そのうち本文で紹介している項目はゴシックで示している。

コンクリートの曲げ強度、凍結融解、乾燥収縮の各試験方法はJISに、スケーリング試験はASTMに規定されている。一般に、凍結融解抵抗性を評価するに当たってはJIS A 1148による試験が行われているが、粗骨材の品質によっては、凍結時に表面付近の骨材が割れて剥がれ落ちるポップアウト等が生じやすくなるおそれもあり、ここではスケーリング試験も行った。すり減り試験とすべり試験は舗装調査・試験

法便覧^{5), 6)}に示されている。

粗骨材の密度・吸水率、すりへり減量、安定性、そのほか3章に示す一般的な物理試験方法はJISに規定されている。粗骨材の強度の指標となる破碎値試験とすべり試験はイギリス規格であるBS 812に規定されている。また、粗骨材自体の凍結融解、乾燥収縮試験は一般的には行なわれていない試験方法であるが、ここではスラグ骨材の品質を詳細に評価するために、土木研究所が提案している方法⁷⁾により試験を行なった。

3. 使用した粗骨材の種類と試験結果

使用したスラグ骨材は、産出された製鉄所の異なる3種類の高炉スラグ粗骨材（ここでは、これをSA、SB、SCとする）および電気炉酸化スラグ粗骨材SDの4種類である。比較用の天然骨材は、2種類の砂岩碎石A、B、安山岩碎石C、砂利Gの4種類である。舗装コンクリートに用いる粗骨材の最大寸法は、一般的には40mmであるが、スラグ骨材は粒径の大きいものを入手できなかったため20mmで検討した。砂利Gは40mmを破碎した玉砕25mmである。

骨材品質については、JISに基づく一般的な物理試験のほか、表—1に示す試験項目と方法によって実施した。表—2に粗骨材の種類と試験結果を示す。

SAは、すりへり減量、破碎値が大きく、使用した際のすり減り抵抗性に懸念がある。また、骨材の吸水率が4%以上であり、JIS A 5011-1による区分はL（低品質）であり、凍結融解抵抗性にも懸念がある。ただし、骨材単味での凍結融解損失質量は比較的小さかった。

SBは、良質な天然骨材と同程度の品質を有してい

表—1 検討内容

	舗装コンクリートの性能			粗骨材の品質	
	項 目		試験方法	項 目	試験方法
フレッシュ コンクリート	施工性	締固め・充填性	便覧 ³⁾ フローテーブル	最大寸法・粒度, 実積率	JIS A 1102, 1104
		材料分離抵抗性	材料分離試験	密度	JIS A 1110
		仕上げ面の変形 (ダレ) 抵抗性	ダレ試験	—	—
硬化コンク リート	強度特性	曲げ強度	JIS A 1106	破砕値 点載荷試験	BS 812-110 JGS 3421
		弾性係数	曲げ-たわみ 圧縮 JIS A 1149		
		曲げ疲労強度	便覧 ⁴⁾		
		引張軟化特性	JCI-S-001		
	走行 安全性	すり減り	便覧 ⁵⁾	すりへり減量	JIS A 1121
		すべり	便覧 ⁶⁾	ポリッシング (PSV)	BS 812-114
	耐久性	凍結融解	JIS A 1148	安定性, 吸水率	JIS A 1122, 1110
		スケーリング	ASTM C672	凍結融解	土木研究所資料 第 4199 号 ⁷⁾
	長さ変化	乾燥収縮	JIS A 1129	乾燥収縮	—
		自己収縮	JCI-SAS2	—	—
		線膨張係数	—	—	—
	圧縮強度による管理・検査		JIS A 1108	—	—

本文で報告している試験項目をゴシックにしている。

試験方法の JIS 以外の略称は, 便覧: 舗装調査・試験法便覧(日本道路協会), JCI: コンクリート工学会規格, ASTM (American Society for Testing and Materials): 米国試験材料協会規格, BS: イギリス規格, JGS: 地盤工学会基準。

表—2 粗骨材の種類と試験結果

骨材の種類			粒度 範囲	表乾 密度	絶乾 密度	吸水率	単位 容積 質量	実積率	粗粒率	微粒 分量	安定性 損失 質量	すり へり 減量	破砕値 ^{a)}	PSV ^{b)}	乾燥 収縮率 ^{c)} × 10 ⁻⁶	凍結融 解損失 質量 ^{d)} %	
			記号	mm	g/cm ³	g/cm ³	%	kg/L	%	%	%	%	%	%	%	%	%
スラグ 骨材	高炉	SA	20～5	2.536	2.421	4.76	1.397	57.7	6.88	1.6	2.7	26.4	25.5	－	20	3.0	
		SB		2.762	2.725	1.35	1.659	60.9	6.67	0.7	0.3	17.0	12.9	－	4	1.2	
		SC		2.635	2.537	3.86	1.498	59.0	6.52	1.0	1.7	32.5	27.5	44	21	3.5	
	電気炉 酸化	SD		3.735	3.698	1.00	2.114	57.2	6.86	0.3	1.3	14.7	15.0	47	9	2.3	
砕石	硬質 砂岩	A	25～5	2.676	2.665	0.42	1.609	60.4	6.63	1.1	0.1	12.9	7.7	49	101	3.9	
	B	2.648		2.629	0.70	1.651	62.8	6.70	0.5	1.3	16.0	9.7	－	284	18.1		
	安山岩	C		2.628	2.567	2.38	1.552	60.5	6.68	0.1	6.7	16.1	12.4	－	199	32.1	
砂利（玉砕）			G	25～5	2.639	2.605	1.32	1.594	61.2	6.83	0.1	4.9	14.6	11.2	－	396	23.9

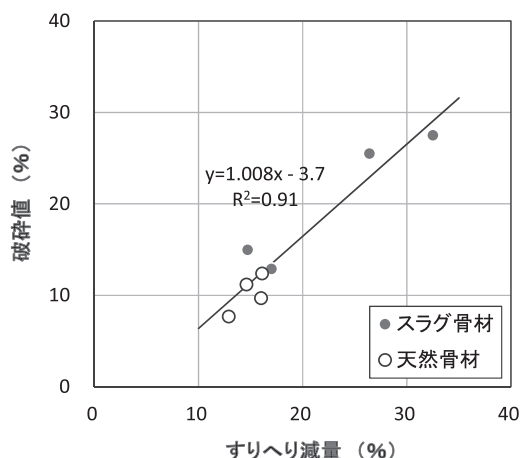
注 a) BS812-110。b) BS812-114。c), d) 土木研究所資料第 4199 号⁷⁾。ただし d) は, 塩水の濃度 3 %, 凍結融解 30 サイクルの結果。

た。SC は, SA と同様にすりへり減量や吸水率が大きかった。SD は, 密度が極めて大きいほかは, 良質な天然骨材と同程度の品質を有していた。

スラグ粗骨材の乾燥収縮率は, 4 種類とも極めて小さく, コンクリートの乾燥収縮の抑制が期待される。

一方, 比較用の天然骨材のうち, A は全ての試験結果が良好なものである。B, C, G は, 骨材の凍結融解損失質量, 乾燥収縮率が大きく, 凍結融解抵抗性, 乾燥収縮に懸念がある。

粗骨材のすりへり試験は, 通常, JIS A 1121 のロサンゼルス試験機を用いる方法によるが, 比較的大きい試験装置が必要であること, 試料の調整が大変であることなどの問題がある。強度の指標となる破砕値がすりへり抵抗性の指標にも使用できれば, 試験の合理化につながる可能性があることから, 破砕値試験も行った。すりへり減量と破砕値の関係は図—1 のとおりであった。両者は良い相関関係があり, すりへり抵抗性の評価を破砕値で代替できる可能性がある。



図一 1 すりへり減量と破碎値の関係

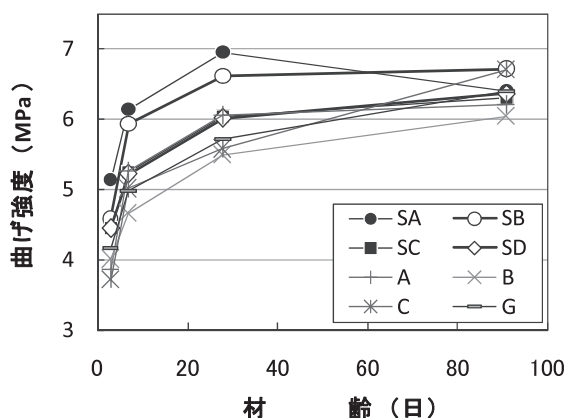
粗骨材のすべり (PSV) 試験を実施したのは SC, SD, A の 3 種類であるが、ほぼ同等であった。

4. コンクリートの配合と曲げ強度試験

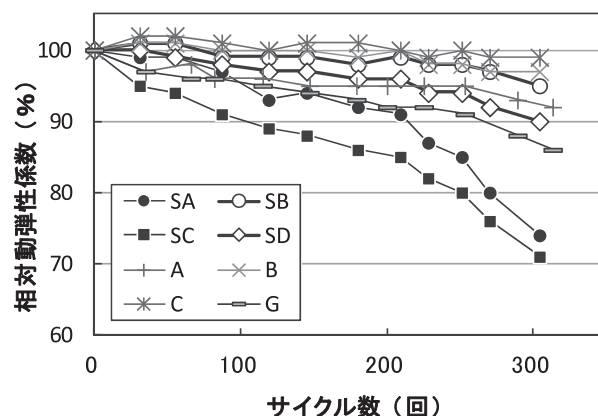
実験に用いたコンクリートの配合は表一 3 のとおりである。単位粗骨材かさ容積を 0.72 で統一し、曲げ強度 6.0 MPa, スランプ 5 cm を目標として、試験練りを行なって単位水量及び水セメント比 (W/C) を決定した。材齢と曲げ強度の関係は図一 2 のとおりである。材齢 28 日の強度は粗骨材によって多少異なっているが、材齢 91 日での曲げ強度は 6 ~ 7 MPa の範囲に入っていた。

5. 凍結融解試験

JIS A 1148 によるコンクリートの凍結融解試験 (A 法) を実施した結果を図一 3 に示す。SA, SC は 300 サイクルで相対動弾性係数が 70% 程度まで低下した。それ以外の骨材は 90% 程度以上で健全であった。一般に、



図一 2 材齢と曲げ強度の関係



図一 3 凍結融解試験の結果

300 サイクル経過後の相対動弾性係数が 60% 以上であれば、凍害に対して十分な抵抗性を有していると評価されるので、SA, SC の耐凍害性が不足しているとまではいえない。粗骨材の品質がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響については、通常、吸水率、安定性損失質量を指標としている。SA, SC は他の粗骨材よりも吸水率が高いことから、従来から行われている骨材試験により、スラグ骨材のうち比較的凍結融解抵抗性に劣るものを抽出することも可能と考えられる。

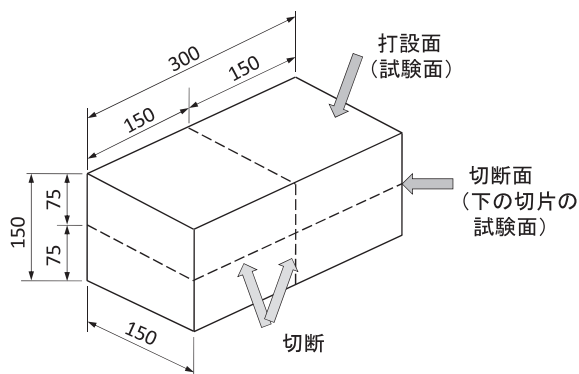
表一 3 コンクリートの配合

粗骨材の種類	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	単位粗骨材 かさ容積	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				28 日 曲げ強度 (MPa)	空気量 (%)
					W	C	S	G		
SA	20	37.2	0.72	39.8	160	430	673	1006	6.95	4.8
SB		41.8		36.9	153	366	652	1194	6.61	4.8
SC		47.8		40.6	160	335	719	1079	6.03	4.6
SD		48.4		40.9	160	331	727	1522	6.01	4.5
A		49.2		39.6	145	295	729	1158	6.05	4.6
B		52.9		37.9	145	274	705	1189	5.50	4.9
C		49.8		40.7	145	291	752	1117	5.58	5.4
G	25	43.9		38.3	145	330	695	1148	5.72	4.6

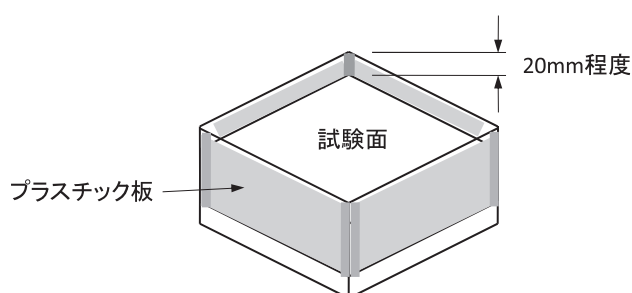
目標スランプ：5 cm, 目標空気量：4.5 %, 混和剤は AE 減水剤を標準量 ($C \times 0.6$ %) とした。

6. スケーリング試験

舗装は、打設面が直接気象作用を受けるため、その面のスケーリング試験(表面の凍結融解試験)を行なった。また、舗装表面がすり減ってくれば粗骨材も露出することから、切断面のスケーリング試験も行なった。図—4のように150×150×300 mmの供試体を切断して、打設面、切断面を試験面とした。各供試体側面には図—5のようにプラスチック板を貼り付け、塩水が溜められるようにした。



図—4 スケーリング供試体



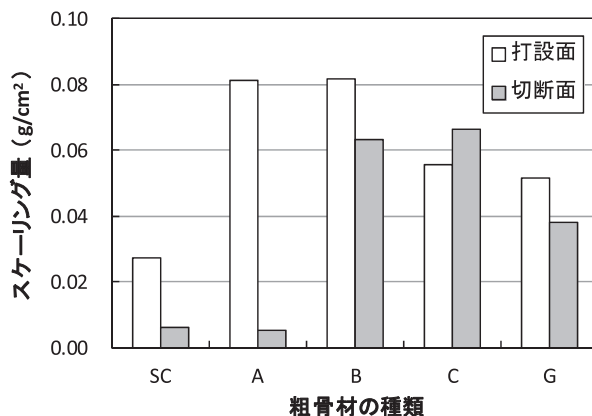
図—5 スケーリング試験(水を溜める囲い)

スケーリング試験は、ASTM C672を参考に、試験面に濃度3%の塩水を深さ6 mm溜め、 $-20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ で16時間、 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ で8時間のサイクルで凍結融解させた。スケーリング量は、はく離した試料の質量を試験面の面積で除して求めた。

試験した粗骨材は、コンクリートに用いた際に凍結融解抵抗性(図—3)が最も低下したSCと、表—2の安定性または骨材の凍結融解損失質量の大きかったB, C, G, いずれも良好であったAの5種類とした。

100サイクル時のスケーリング量は図—6のとおりである。SCはそのほかの粗骨材よりも良好であった。打設面と切断面の結果は、B, C, Gは同程度であるが、SC, Aでは切断面のスケーリング量が小さかった。

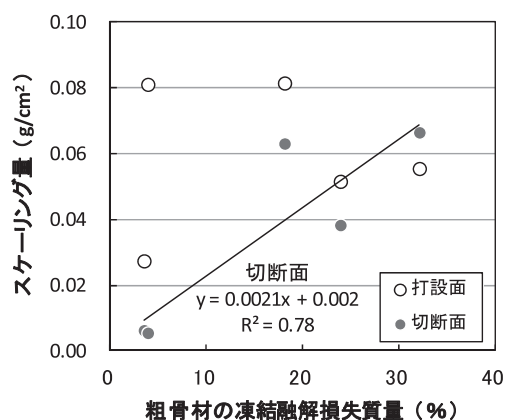
はく離状況を観察すると、打設面はほとんどがモルタルのはく離であった。切断面は、B, C, Gを用い



図—6 スケーリング量(100サイクル)

た場合にモルタルとともに粗骨材自体もはく離し、スケーリング量が多くなった。このように、JIS A 1148によるコンクリートの凍結融解試験(A法)とスケーリング試験では、凍結融解時に悪影響を生じさせる骨材が必ずしも一致しなかった。

図—7に粗骨材の凍結融解損失質量とスケーリング量の関係を示す。打設面のスケーリング量と、粗骨材の吸水率、安定性、凍結融解損失質量との関係を求めたが、相関関係は不明瞭であった。打設面は供試体成形時に表面のこて仕上げを行うため、表面にモルタル分が集まりやすく、粗骨材は下に存在し表面に露出することはない。このため、打設面のスケーリング試験を行うと、粗骨材の品質よりは、モルタルの品質の方がスケーリング量に大きな影響を与えやすかったものと考えられる。これに対して、切断面の場合は、切断面に現れる粗骨材も凍結融解作用を受けることとなり、粗骨材の品質の影響も無視し得なくなるものと考えられる。



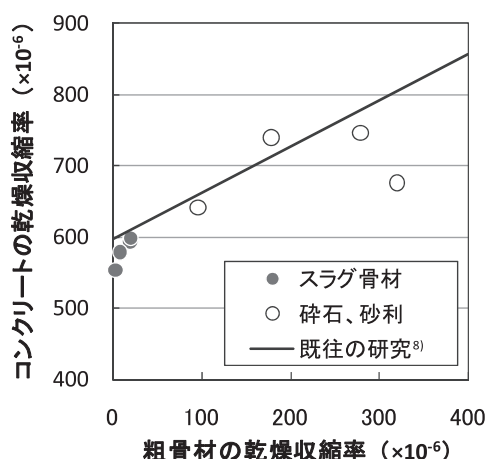
図—7 切断面の粗骨材の凍結融解損失質量とスケーリング量の関係

従って、舗装コンクリートとして、路面に粗骨材がある程度露出する状況を想定すれば、粗骨材の凍結融解損失質量を、舗装コンクリートのスケーリング抵抗

性の指標として考えられる可能性がある。ただし、今回検討した範囲では、切断面のスケーリング量が顕著に大きいものはなかった。粗骨材露出面におけるスケーリング影響への定量的な評価については、今後の検討課題である。

7. 乾燥収縮率試験

粗骨材の乾燥収縮率試験結果（表—2）と、JIS A 1129-2 によるコンクリートの乾燥収縮率試験結果の関係を図—8 に示す。スラグ粗骨材の乾燥収縮率は極めて小さく、コンクリートの乾燥収縮率は 600×10^{-6} 以下であった。天然骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮率は、粗骨材の乾燥収縮率に応じて増加しており、既往の研究結果（図中の直線）⁸⁾ とほぼ一致していた。スラグ骨材を用いることによりコンクリートの乾燥収縮率を抑制できる可能性がある。



図—8 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮率の関係

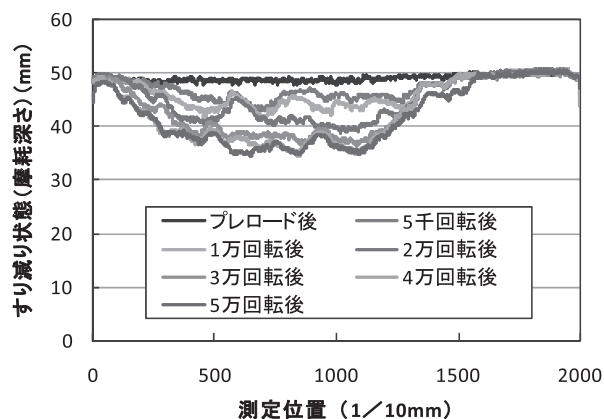
8. すり減り試験

コンクリートのすり減り試験として、スパイクチェーンによる回転ラベリング試験を文献⁵⁾により行なった。試験条件は表—4 のとおりである。

ラベリング供試体は台形であり、上辺 21 cm、底辺 32 cm、高さ 20 cm、厚さ 5 cm である。28 日水中養生後に、同一条件の供試体を 2 体ずつ 6 種類、合計 12 体を円形状に並べ、試験を開始した。

スパイクチェーンを用いたラベリング試験前に供試体をなじませるために、テーブルに供試体を設置後にノーマルタイヤで 5 千回転させた（プレロード）。

ラベリング試験は、タイヤにスパイクチェーンを装着し、5 千回転、1 万回転、その後は 1 万回転ごとに摩耗深さを測定しながら、5 万回転まで実施した。摩耗深さは、走行直角方向の 3 断面をレーザー変位計によって測定した。図—9 のタイヤの回転数ごとの摩耗深さの測定から摩耗した面積を求め、すり減り量 (cm^2) を求めた。



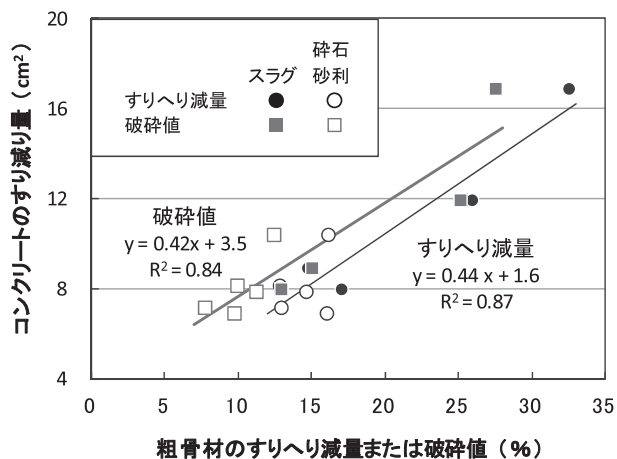
図—9 回転数ごとの摩耗深さの結果（A20 の場合）

検討に用いたすり減り量は、表面のモルタルのすり減りの影響を取り除くため、5 万回転時と 1 万回転時のすり減り量の差を用いた⁹⁾。粗骨材のすりへり減量または破砕値とコンクリートのすり減り量の関係を図—10 に示す。いずれも良い相関関係があり、粗骨材のすりへり減量または破砕値は、すりへり抵抗性の指標値として有効と考えられる。

また、図—1 の粗骨材のすりへり減量と破砕値の相関関係だけでなく、粗骨材の破砕値とコンクリート

表—4 ラベリング試験の条件

プレロード および ラベリング	テーブル	試験温度	20 ℃	輪荷重	1.47 kN
		速度	20 km/h	供試体個数	12 個
	タイヤ	種類	145/80 R13	空気圧	157 kPa
		速度	20 km/h	キャンバー角	1.5 度
		シフト幅	± 20 mm	シフト速度	20 mm/min
ラベリング	スパイク チェーン	ピン数	54 本	散水量	2 L/min



図—10 粗骨材のすりへり減量または破砕値とコンクリートのすり減り量の関係

のすり減り量の関係も良好であったことから、JIS A 1121 のロサンゼルス試験機によるすりへり減量の代替として BS 812-110 の破砕値を適用できる可能性は高い。

9. すべり試験

粗骨材の露出がすべりに及ぼす影響を確認するため、徐々にコンクリート表面を削り骨材露出面積を増やしながらすべり (BPN) を測定する方法ですべり試験を行なった (写真—1)。BPN は、振り子式スキッドレジスタンステスターによる値 (British Pendulum Number) である⁶⁾。

粗骨材を露出させるため、すり減り試験と同じラベリング試験装置を用いて表面を削っていった。ラベリング試験条件は、表—4 のスパイクチェーンを用い



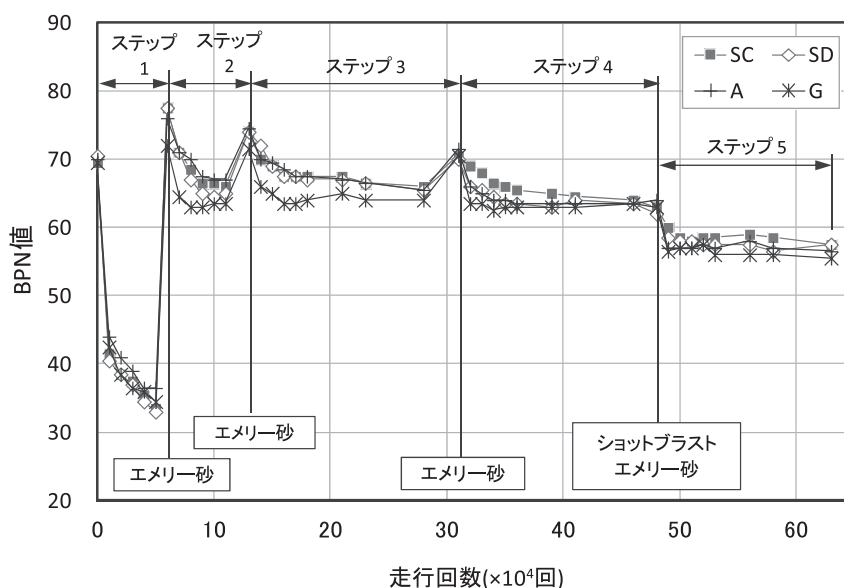
写真—1 すべり試験の状況

なかったこと以外は同じ条件で実施した。

試験手順は次のとおりである。

- ①こて仕上げした供試体表面の BPN を測定した。
- ②ノーマルタイヤを走行させ、BPN を 1 万回ごとに測定した (ステップ 1)。
- ③砂 (エメリー砂) を散布しながら 1 万回走行させ表面を研磨した。
- ④骨材露出率 (コンクリート面積に対する粗骨材面積の比率) 測定後、BPN を測定し、②を実施した (ステップ 2)。
- ⑤③、④をさらに 2 回実施した (ステップ 3、4、研磨量は表面から約 1 mm)。
- ⑥ショットブラストを行なって、研磨量を表面から数 mm 増やした後、③、④を実施した (ステップ 5)。

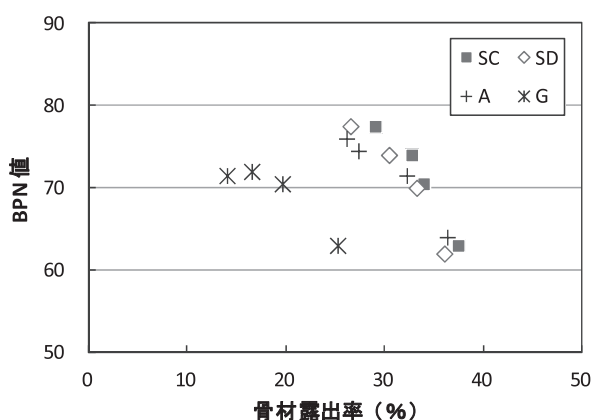
すべり試験結果を図—11 に示す。ステップ 1 の BPN 値が小さい理由としては、コテ仕上げで供試体を仕上げたため表面に集まったペーストの影響と、



図—11 すべり試験結果

ノーマルタイヤによる擦り磨きの影響が考えられる。

表面を徐々に削ることにより骨材露出率を増加させており、ステップ2～ステップ5までの骨材露出率とBPN値の関係を図—12に示す。スラグ骨材SC、SDと砂岩Aの骨材露出率とBPN値の関係はほぼ同じであり、今回の実験ではスラグ骨材を用いてもすべり試験結果に顕著な影響はなかった。なお、砂利GのBPN値は、ほかの粗骨材よりもわずかに小さくなっている。この原因は、砂利の表面が滑らかなため、わずかに表面のモルタルが削られることによって、滑らかな表面が露出してすべりやすくなったものと考えられる。



図—12 骨材露出率とBPNの関係

10. おわりに

以上の結果より、スラグ骨材を舗装コンクリートに用いた場合、乾燥収縮、スケーリングは改善される可能性がある。スラグ骨材の品質によってはすり減り抵抗性が低下するおそれがあるが、その程度については、粗骨材のすりへり減量または破碎値から推測できることなどが明らかになった。

この研究は、東京農業大学、セメント協会、太平洋セメント、日本道路との共同研究で実施したものである。本文の詳細な結果や表—1に示したそのほかに検討した結果は、文献10)～14)に取りまとめているので、必要に応じて参照願いたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) (公社) 日本道路協会：コンクリート舗装に関する技術資料，pp.7～12，2009.8
- 2) 森濱和正ほか：スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性，土木技術資料，Vol.57，No.12，pp.20-25，2015.12
- 3) (公社) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧第3分冊，pp.204～206，2007.6
- 4) 前掲書3) 第3分冊，pp.269～276
- 5) 前掲書3) 第3分冊，pp.17～38
- 6) 前掲書3) 第1分冊，pp.92～97
- 7) 渡辺博志，片平博，伊佐見和大，山田宏：骨材がコンクリートの凍結融解抵抗性と乾燥収縮に与える影響と評価試験法に関する研究，土木研究所資料第4199号，2011.3
- 8) (公社) 日本コンクリート工学会：コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響に関する調査研究委員会報告書，pp.195～201，2012.8
- 9) 森濱和正ほか：砕石，砂利を用いた舗装コンクリートの強度，すりへり抵抗性，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.1624～1629，2014.7
- 10) 骨材資源を有効活用した舗装用コンクリートの耐久性確保に関する共同研究報告書第455号Ⅰ各種粗骨材の舗装コンクリートへの適用性(1) 骨材試験，コンクリートの配合および強度試験，2014.3
- 11) 前掲書10) 第462号，(2) 舗装コンクリートの耐久性試験，2015.3
- 12) 前掲書10) 第477号，(3) 舗装コンクリートの施工性，走行安全性および耐久性試験，2016.1
- 13) 前掲書10) 第482号，(4) 舗装コンクリートの曲げ疲労試験，2016.3
- 14) 前掲書10) 第483号，Ⅱ舗装コンクリートの要求性能に対する粗骨材品質の影響並びに品質管理試験の提案，2016.3

〔筆者紹介〕

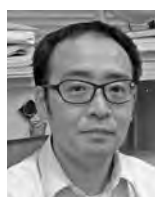
森濱 和正（もりはま かずまさ）
（国研）土木研究所
先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ
特任研究員



加藤 祐哉（かとう ゆうや）
（国研）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



古賀 裕久（こが ひろひさ）
（国研）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



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

山口 治・三澤 孝史・廣中 哲也

既存の地下構造物など、片側からの施工が合理的な場合に適用できる、六角ナット定着型せん断補強鉄筋「ベストグラウトバー」(以下「本開発品」という)を用いる後施工せん断補強工法を開発した。先端の挿入位置が埋込み側既設主鉄筋の手前までで耐震性能を確保できるため、埋込み側既設鉄筋の損傷リスクを大幅に低減できる。既設構造物と本開発品は、プレミックス型の可塑性モルタルにより一体化する。専用の充填治具と鉄筋挿入具を使用することで上向きでも確実な施工が可能となる。本報では、本開発品による後施工せん断補強工法の概要、力学的性能、せん断補強効果の評価および施工方法について報告する。

キーワード：RC 構造物、既設躯体、耐震補強、後施工せん断補強、可塑性モルタル

1. はじめに

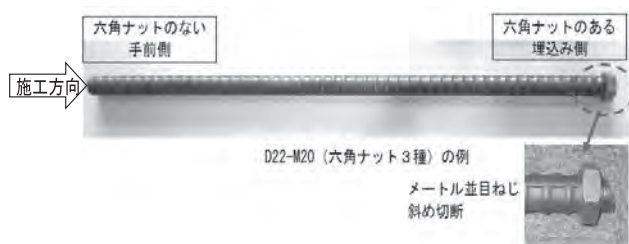
1980 年以前の設計基準¹⁾に従って設計・施工された RC 構造物の中には、現在の設計基準の照査においてせん断破壊先行型となり、耐震性能を満たさないものが多数存在する。これら耐震性能を満たさない構造物の耐震補強は、ボックスカルバートなどのように背後に地盤がある場合が多く、片側面からのみ施工可能という制約を受ける。そこで、供用中の既存 RC 構造物の部材に対して、本開発品を用いて内面から施工が可能なせん断補強工法を開発し実用化に至った。本工法は、大型機械を用いずに人力運搬・施工が可能で、専用充填材の注入と本開発品の挿入を同時に実施できるため、工程短縮および省力化が図れる。本報では、本開発品による後施工せん断補強工法の概要、せん断補強効果および施工方法について報告する。

2. 工法概要

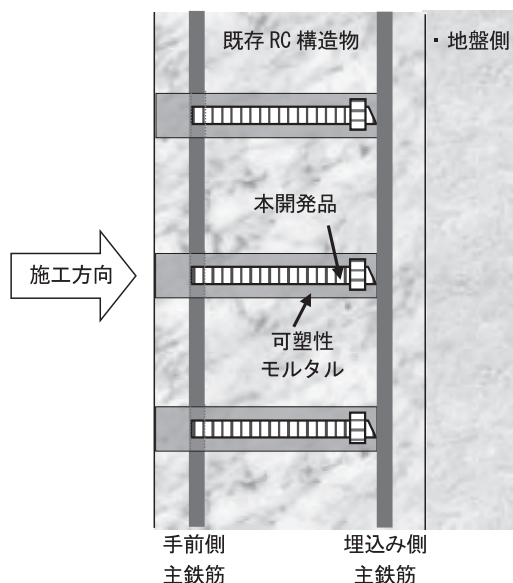
本開発品による後施工せん断補強工法は、既存 RC 構造物の表面からコアドリル等を用いて削孔し、その孔内に定着材のプレミックス型可塑性モルタルを充填した後、本開発品を挿入して、構造体と一体化させることで部材のせん断耐力を向上する工法である。図一

1 に本開発品、図二に本開発品の施工概要を示す。

本開発品は、ねじ切りおよび斜め切断加工した埋込み側先端に、六角ナットを装着することにより、挿入の円滑性と位置決めの容易性を確保すると共に、定着

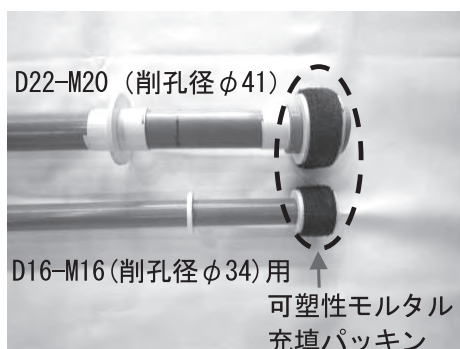


図一 本開発品の概要

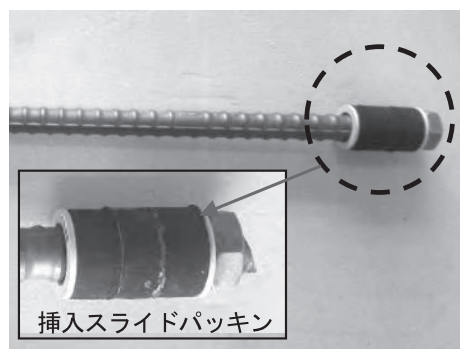


図二 本開発品の施工概要

性能を向上させ、後施工によるせん断補強効果を確実にする機構である。既存 RC 構造物の主鉄筋位置の推定には、電磁波レーダー等の非破壊検査により実施することが一般的であるが、埋込み側の主鉄筋は、コン



写真—1 充填・挿入専用治具



クリート表面からの距離が長く鉄筋位置の探査が困難である。そこで、削孔による埋込み側主鉄筋の損傷を防ぐために、削孔深さおよび本開発品の埋込み側先端の挿入位置を埋込み側主鉄筋の手前までとした。これにより、本開発品の埋込み側の定着長は、手前側に比べて短くなるため、埋込み側先端に前述の六角ナットを装着することで定着性能の向上を図っている。また、本開発品と既存 RC 構造物を一体化する定着材には、充填後に垂れを生じない無機系無収縮のプレミックス型の可塑性モルタルを使用し、写真—1 に示す専用のモルタル充填治具と本開発品挿入治具を組み合わせることで、確実な充填と定着性能を確保している。

3. 力学性能確認試験

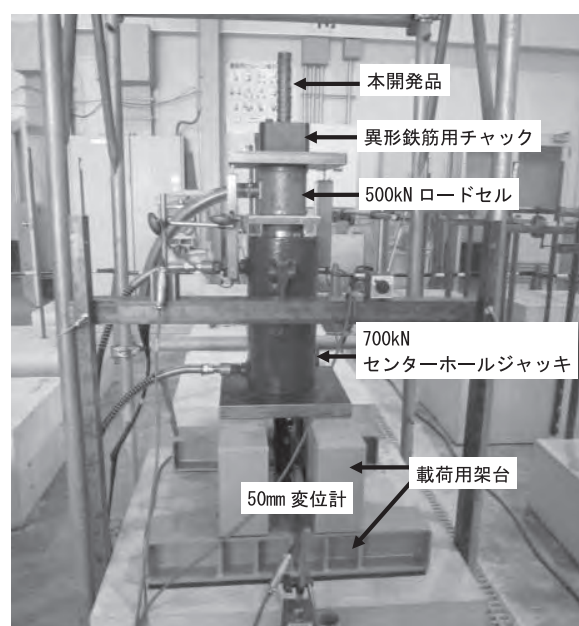
(1) 定着性能試験

本開発品の定着力を評価するため、コンクリートブロックに本開発品を挿入・定着した試験体による引き抜き試験を実施した。写真—2 に引き抜き試験状況を示す。引き抜き試験は、鉄筋の種類 (SD345, SD390)、本開発品の先端の種類 (六角ナットの有無)、鉄筋の呼び名 (D16 ~ D22)、定着長 (鉄筋径 D の整数倍) をパラメータとし、本開発品の規格降伏強度以上の定着力を確保する定着長 (以後、「必要定着長」と称す) を算出した。

試験の結果を表—1 に示す。SD390 の場合、六角ナットがある埋込み側で 4D ~ 5D、六角ナットのない手前側で 6D ~ 7D の定着長を確保することで、本開発品の規格降伏強度以上の定着力を確保できることを確認した。

(2) 梁状試験体の正負交番载荷試験

本開発品によるせん断補強効果の確認およびせん断耐力の評価を目的に、本開発品で補強した梁状試験体



写真—2 引き抜き試験状況

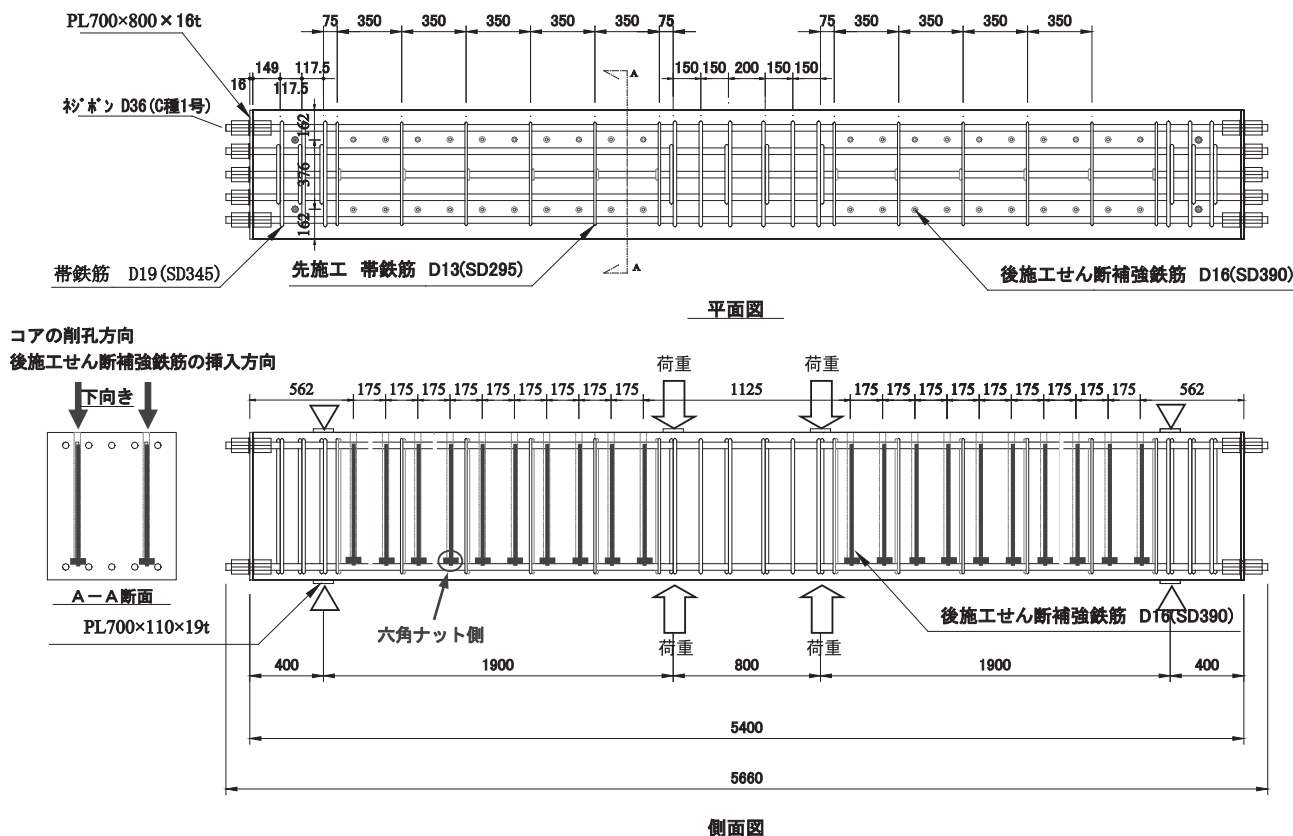
表—1 本開発品の必要定着長

鉄筋の種類	SD390		SD345	
	六角ナットあり	六角ナットなし	六角ナットあり	六角ナットなし
呼び名	埋込み側	手前側	埋込み側	手前側
D16	4D	6D	4D	6D
D19	5D	7D	5D	6D
D22				

(D：鉄筋径)

の正負交番载荷試験を実施した。表—2 に試験ケース、図—3 に試験体の配筋図の一例を示す。

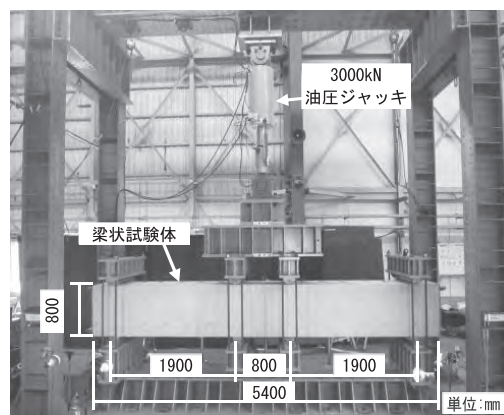
試験は、通常の既設部材を模したせん断破壊先行型の梁状試験体 (幅 700 × 高さ 800 × 長さ 5,400 mm) に、D16@175 mm および D22@265 mm × 2 列の後施工せん断補強鉄筋を配置した試験体 2 体 (CASE-2, 4) と、比較用として、後施工せん断補強していない試験体 2 体 (CASE-1, 3) の計 4 体について行った。試験実施状況を写真—3 に示す。



図—3 梁状試験体配筋図 (CASE-2)

表—2 正負交番载荷試験ケース

	後施工せん断補強鉄筋			先施工せん断補強鉄筋		
	呼び名	種類	設置間隔	呼び名	種類	設置間隔
CASE-1	—	—	—	D13	SD295	350 mm 3 列
CASE-2	D16	SD390	175 mm 2 列	D13	SD295	350 mm 3 列
CASE-3	—	—	—	D10	SD345	265 mm 3 列
CASE-4	D22	SD390	265 mm 2 列	D10	SD345	265 mm 3 列

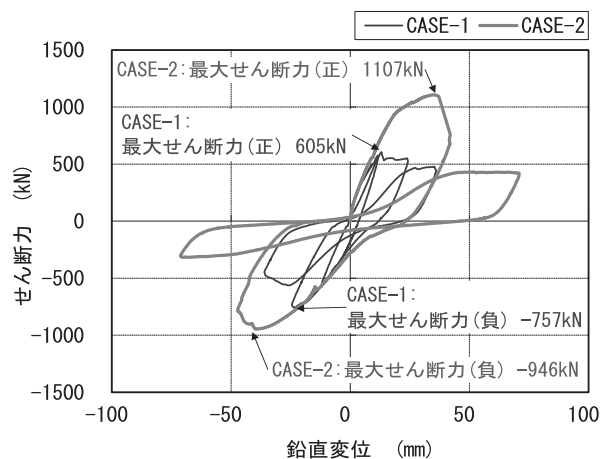


写真—3 正負交番载荷試験状況

载荷方法は、1 サイクル目に計算上のせん断耐力を
 载荷し、以降1 サイクル目の変位 δ_0 の整数倍を変位
 制御により载荷し、各サイクルにおける繰り返し回数
 は1回の载荷とした。試験結果の一例として、D16で
 補強した試験体と無補強の試験体によるせん断力—鉛
 直変位関係を図—4に示す。本開発品による補強に
 より、せん断耐力が増加し、後施工せん断補強効果が
 確認された。

(3) 本開発品によるせん断耐力の評価

本開発品は、既設構造物のせん断補強鉄筋に比べて
 定着性能は小さいため、既存のせん断耐力式²⁾にお
 いて算出される値に対して、上限値を設けた有効係数
 β_{aw} を乗じることにより評価できることを梁状試験体



図—4 せん断力—鉛直変位関係 D16 (CASE-1, 2)

の正負交番載荷試験結果より確認した。この時、本開発品の有効係数 β_{aw} は式 (3) で算出し、D16, D19 の場合に 0.68, D22 の場合に 0.71 を上限とすることで、安全側に評価できることが確認された。

$$V_{pyd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{bd} \cdots \cdots \text{式 (1)}$$

$$V_{bd} = \beta_{aw} \cdot V_{awd}$$

$$= \beta_{aw} [A_{aw} \cdot f_{awy} (\sin \alpha_{aw} + \cos \alpha_{aw}) / S_{aw}] z / \gamma_b \cdots \cdots \text{式 (2)}$$

$$\beta_{aw} = 1 - (l_{y1} + l_{y2}) / 2(d - d') \cdots \cdots \text{式 (3)}$$

ただし、

$$\begin{cases} \beta_{aw} \leq 0.68 : \text{「本開発品」が D16, D19 の場合} \\ \beta_{aw} \leq 0.71 : \text{「本開発品」が D22 の場合} \end{cases}$$

ここで、

V_{cd} : セン断補強鉄筋を用いない RC 部材の単位長さ当りのせん断耐力

V_{sd} : 既存のせん断補強鉄筋により負担される RC 部材の単位長さ当りのせん断耐力

V_{bd} : 「本開発品」により負担される単位長さ当りのせん断耐力

V_{awd} : 「本開発品」を通常のせん断補強鉄筋と見なして求められる単位長さ当りのせん断耐力

β_{aw} : 「本開発品」のせん断耐力向上の有効性を示す係数 (ただし部材厚 400 mm 未満は適用外)

A_{aw} : 単位長さ当りの区間 S_{aw} における「本開発品」の総断面積

f_{awy} : 「本開発品」の設計降伏強度で $25f_{cd}$ (N/mm²) と 800 N/mm² のいずれか小さい値 (f_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度)

α_{aw} : 「本開発品」が部材軸となす角度

S_{aw} : 「本開発品」の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般に $d/1.15$ としてよい (d : 有効高さ)

γ_b : 一般に 1.1 としてよい

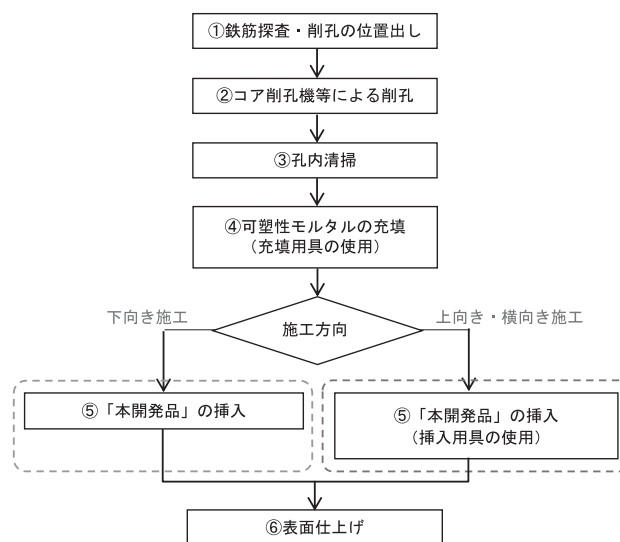
l_{y1} : 「本開発品」の必要定着長 (ナット側)

l_{y2} : 「本開発品」の必要定着長 (ナットなし側)

$d - d'$: セン断補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋の間隔

4. 施工方法

本開発品による後施工せん断補強の標準的な施工手順は、図—5 に示す通り、①削孔の位置出し、②削孔、③孔内清掃、④モルタルの充填、⑤本開発品の挿入、⑥表面仕上げ、である。本開発品は、横向き、下向きおよび上向きの施工が可能である。上向きおよび横向きの可塑性モルタルの充填および本開発品の挿入は、



図—5 標準施工フロー

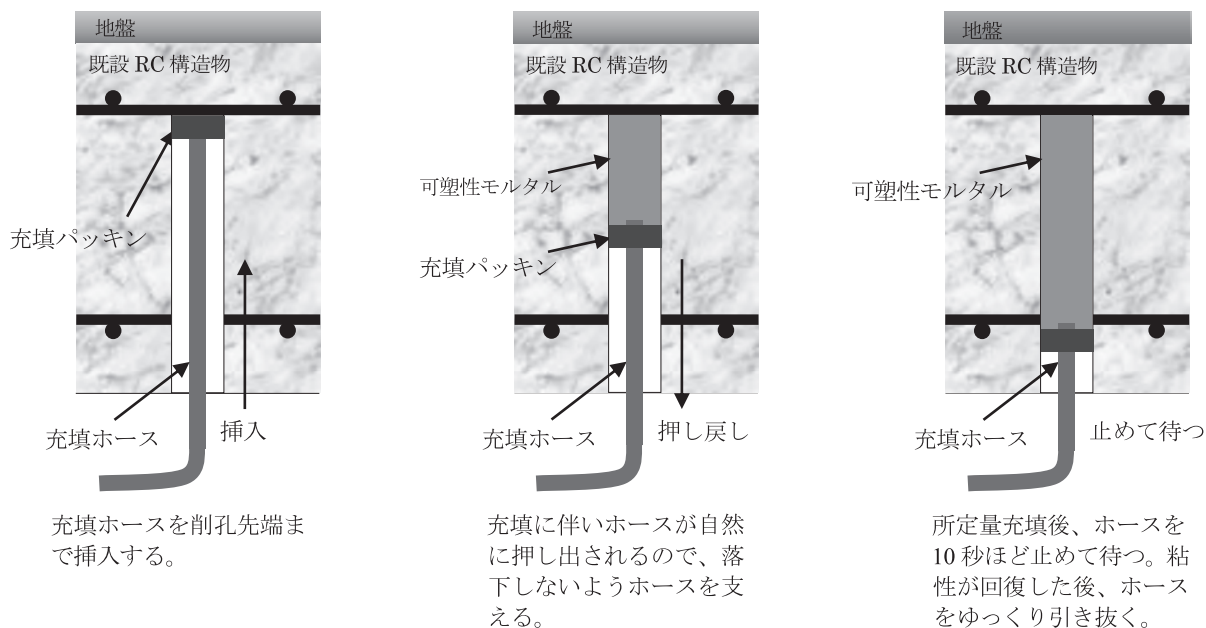
モルタル充填時の空隙の発生および鉄筋挿入時の垂れによる充填不良を回避するため、充填・挿入専用治具を用いて図—6, 7 に示す手順で実施する。

上記の方法により定着させた本開発品をモルタル硬化後に割裂・切断し内部の状況を確認した結果、写真—4 に示すとおり、全体にモルタルが充填され空隙が無いことが確認できた。

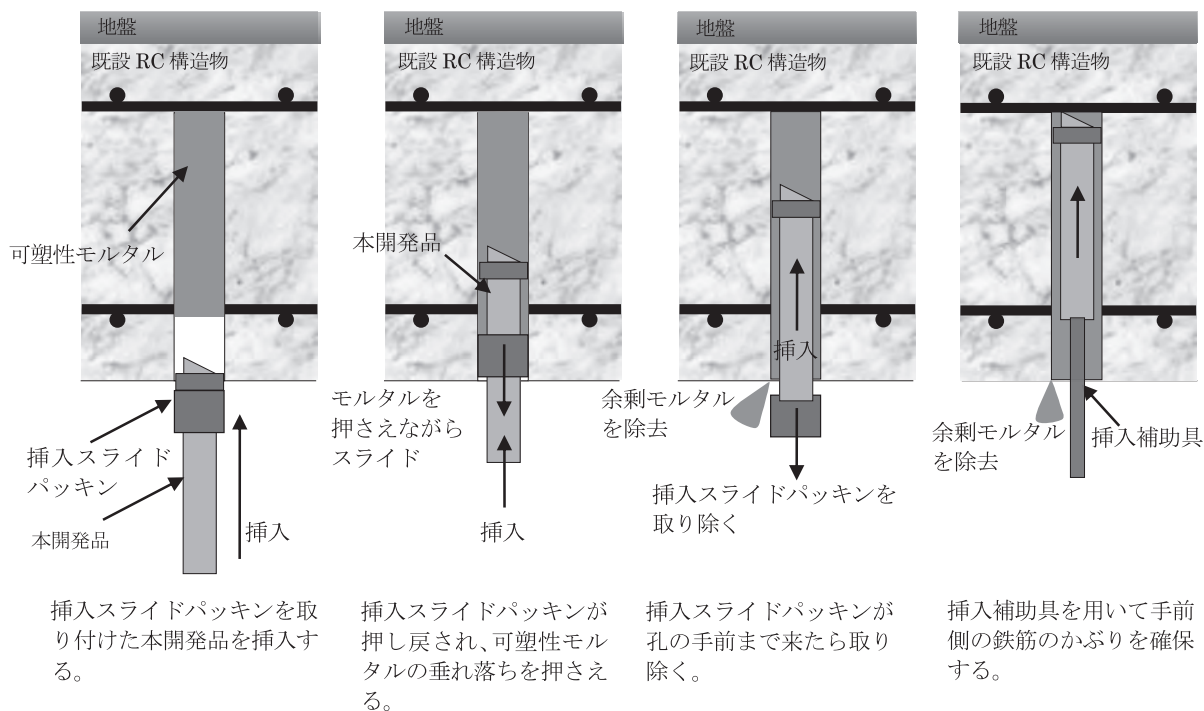
5. 適用範囲

本開発品によるせん断補強工法は、一般財団法人土木研究センターから後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋「ベストグラウトバー」として、建設技術審査証明（建技審証 第 1506 号）を平成 27 年 11 月に取得している。耐震補強の目的で使用するにあたり、以下に示す適用範囲を設定している。

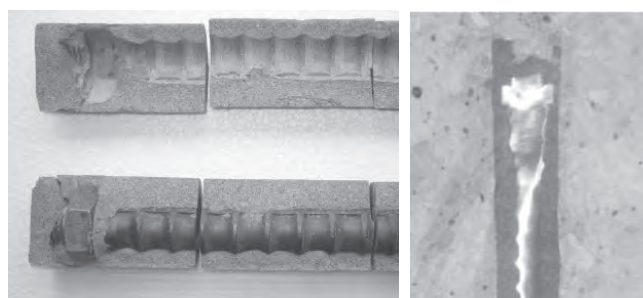
- (1) 背面に地盤等がある構造物、鉄道や道路等に近接した構造物および施工の合理性が求められる構造物等において、地上および地下の既存鉄筋コンクリート構造物の部材（壁、底版、頂版、柱、梁等）に対して、片側面からの後施工によるせん断補強の目的で用いる。
- (2) 適用可能な構造物の部材厚は、下向き・横向き施工で 400 ～ 4000 mm, 上向き施工で 400 ～ 2000 mm とする。
- (3) 原則として、圧縮強度 20 ～ 40 N/mm² 程度の既存鉄筋コンクリート構造物に用いる。
- (4) 「本開発品」は、JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」に適合する異形棒鋼（SD345 と SD390 の D16 ～ D22）および JIS B 1181「六角ナット」に適合する六角ナット（3 種）を用いる。



図一6 可塑性モルタルの充填詳細図



図一7 本開発品の上向き挿入・固定詳細図



試験用パイプへ充填後に割裂

充填後に切断

写真一4 モルタルの充填確認

6. おわりに

本開発品ベストグラウトバーによるせん断補強工法は、施工の確実性と省力化が図れる後施工せん断補強工法として開発し、建設技術審査証明の取得後に下水道施設に適用した。既設構造物の長寿命化が求められるなか、背面に地盤等がある構造物、鉄道や道路等に近接した構造物および施工の合理性が求められる場合など、片側面からの後施工によるせん断補強工事の必要性がさらに高くなると考えられる。今後は、本技術

の性能向上および適用範囲の拡充等を目指すとともに、安全で安心な社会の維持発展の一助となるよう、工法の普及展開に努めたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 土木学会,「昭和 49 年制定 コンクリート標準示方書[昭和 55 年版]」, 1980.4
- 2) 土木学会,「2012 年制定 コンクリート標準示方書設計編」, pp.177-187, 2013.3

【筆者紹介】

山口 治 (やまぐち おさむ)
 ㈱奥村組
 東日本支社 リニューアル技術部技術課
 上席課員



三澤 孝史 (みさわ たかし)
 ㈱奥村組
 技術研究所 土木研究グループ
 グループ長



廣中 哲也 (ひろなか てつや)
 ㈱奥村組
 技術研究所 土木研究グループ
 上席研究員



電子制御式コンクリートミキサー車の紹介

川 島 茂

コンクリートミキサー車は、バッチャプラントで製造した生コンクリートをドラム内に投入し、コンクリート性状を維持しながら、土木・建設物の現場まで輸送する車両である。電子制御式コンクリートミキサー車は、負荷に応じ、ECU（Electronic Control Unit）で油圧ポンプからの、油圧モータへの流量を制御することができ、ドラムの高速回転作業時におけるエンジン回転数を、従来車両の半分程度に抑えることができる。これにより、工事現場や、生コンクリートプラントで、課題となっていた騒音を低減したと共に、燃費、作業性、安全性の向上も一挙に実現した。この技術的特長と効果について紹介する。

キーワード：コンクリートミキサー車、生コンクリート、電子制御、低騒音、低燃費

1. はじめに

電子制御ミキサー車とは、コンクリートミキサー車の油圧駆動制御をマイクロプロセッサを内蔵した専用のECU（Electronic Control Unit）により、電子化したものである。それにより、ポンプの流量制御、モータの変速、アクセル制御を可能にし、エンジン回転数を従来のコンクリートミキサー車の約半分に抑え、低騒音・低燃費を実現している。また、従来はレバー操作により、ドラムの回転制御を行っていたが、電子化に伴いコンパクトなハンディタイプのリヤコントローラで操作する。それにより操作範囲が広がり、生コンクリートの排出口付近でも操作可能となった。自動洗浄・自動混練のプログラム運転、走行時の自動攪拌、逆転防止といったユーザのニーズに合わせた機能も装備している（写真—1）。



写真—1 電子制御コンクリートミキサー車

また、2004年に発売されて、出荷台数は累計約1200台になる。その優れた環境性から、平成19年度第28回優秀省エネルギー機器表彰【日本機械工業連合会会長賞】を受賞している。

2. コンクリートミキサー車の作業パターン

コンクリートミキサー車は、生コンクリートを製造するバッチャプラントで練り上げた生コンクリートをドラム内に投入し、低速回転させながら排出現場まで運搬する。現場到着後、停車して排出の順番がくるまで低速回転で待機し、排出前に生コンクリートの分離を防ぐため、生コンクリートを高速で混練した後、排出する。排出完了後は、生コンクリートが付着している排出口付近を洗浄し、バッチャプラントまで帰り、ドラム内を洗浄し排出するというのが一般的な一連のパターンである。

この他には、生コンクリートにファイバー等の補強材を入れコンクリートミキサー車で混練する作業や、まれに道路の側溝工事などで低速走行しながら排出する作業もある。

コンクリートミキサー車は排出現場までの往復を除きほとんど停車で作業している。停車作業中にドラム回転数を上げて使うこともあり、その騒音が問題になることもある。

3. システム構成

電子制御コンクリートミキサー車のシステムブロック図を図—1に示す。

本システムは、従来型のコンクリートミキサー車にあった操作レバーに代わり、キャブ内コントローラまたは、リヤコントローラの操作に応じて、ECUによりエンジンPTO（Power Take Off：エンジンからの動力を取り出す装置）に接続された電子制御油圧ポンプおよび可変油圧モータを制御し、減速機を介してドラムを回転させる。ドラム回転により発生する負荷圧力を圧力センサで常時監視し、エンジンPTOのトルクに余裕があると判断した場合に、可変油圧モータを小容量に切換えると同時に、エンジン回転数を低減させて、電子制御油圧ポンプの吐出流量を抑えることにより、低騒音・低燃費を実現している。

電子制御油圧ポンプと可変モータの回転数は、それぞれ回転センサにより検出され、フィードバック制御されている。

また、パーキングブレーキ信号を検出し、走行状態を把握することで、停車時／走行時のドラム回転制御切換えや、誤作動防止等の安全制御を行っている。

4. 特長

電子制御コンクリートミキサー車の主な特長を以下に示す。

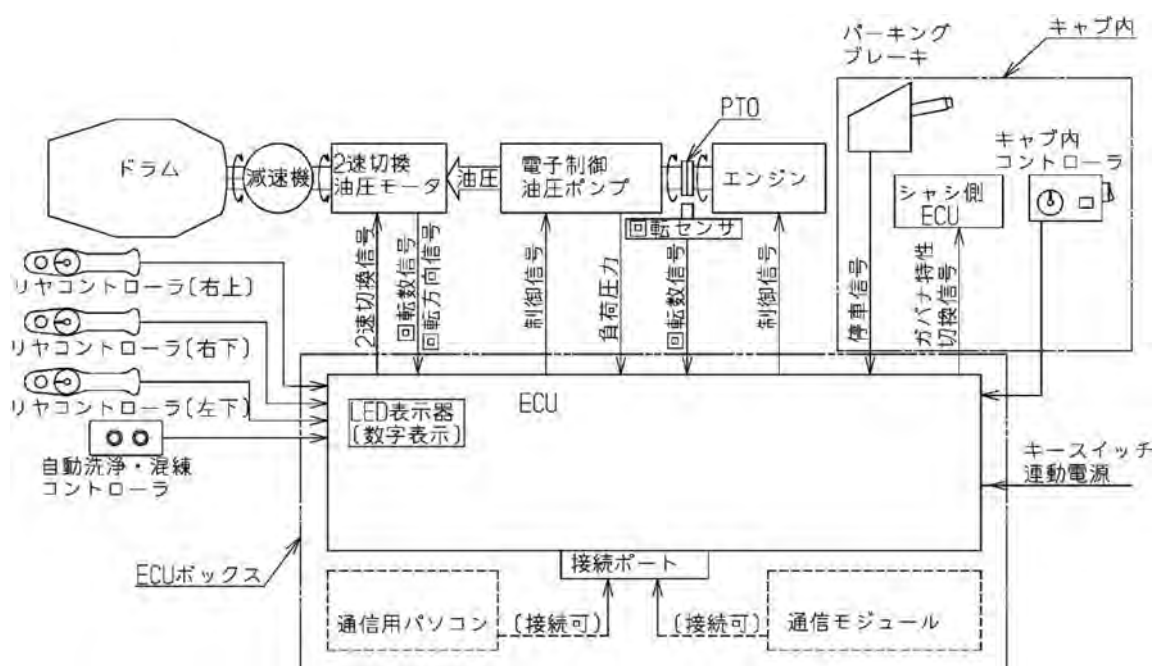
(1) 低騒音・低燃費

可変油圧モータの採用により、生コンの中～高スランプ（約12 cm以上）積載時の投入／排出や混練、及びドラム内部の洗浄等の軽負荷作業においては、従来と同一のドラム回転数を得るのに必要なエンジン回転数を従来の約半分に低減させ、低騒音・低燃費を実現している。

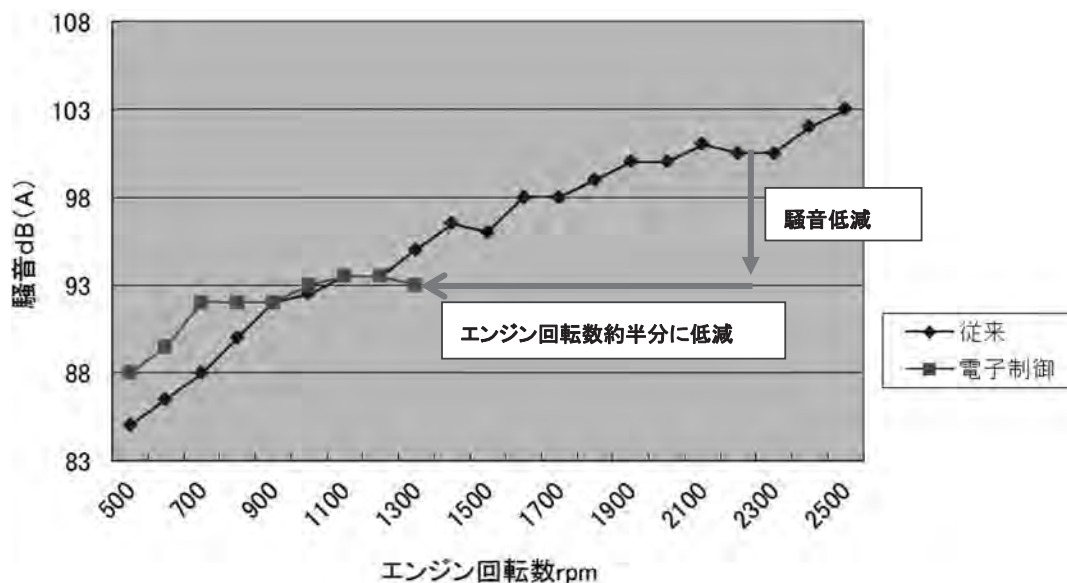
低騒音効果としては、軽負荷時の騒音を従来比最大7 dB（A）低減することができた（図—2）。また、低燃費効果としては、標準的な使われ方で停車作業時の年間低減量は1台当たり軽油約240ℓ（CO₂排出量換算で640 kg）、全作業パターン平均で従来比約14%低減を達した（図—3）。

(2) 走行時の自動攪拌

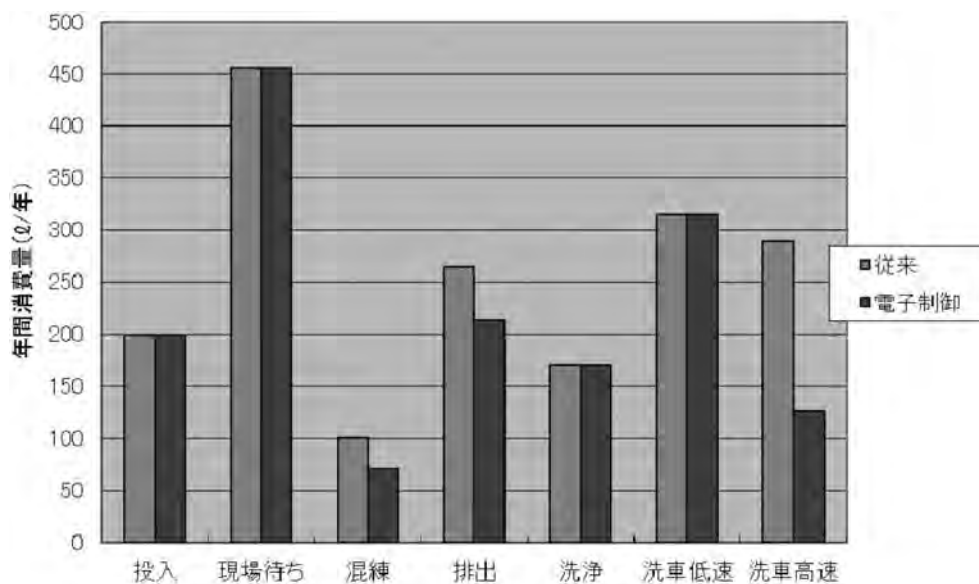
運搬走行においては、従来あった攪拌操作を不要にし、走行開始時にパーキングブレーキを解除するだけでドラムが自動的に攪拌回転となる。また、走行中の路上排出事故防止のため、従来オペレータまかせであった手動の逆転防止レバー操作の代替として、攪拌回転開始と同時に全てのコントローラを使用できなくすることで走行中の生コンクリート排出事故や誤操作を防止し、オペレータの負担軽減と安全性向上を図っている。またこの他、ユーザ評価結果から、低速走行での排出作業に対応するため、キャブ内に追加設定したスイッチの操作により、キャブ内でのみ走行中の排出回転を可能とする機能も設け、ユーザのニーズに合わせて使い易くしている。



図—1 システムブロック図



図一 2 停車作業時の年間燃費消費

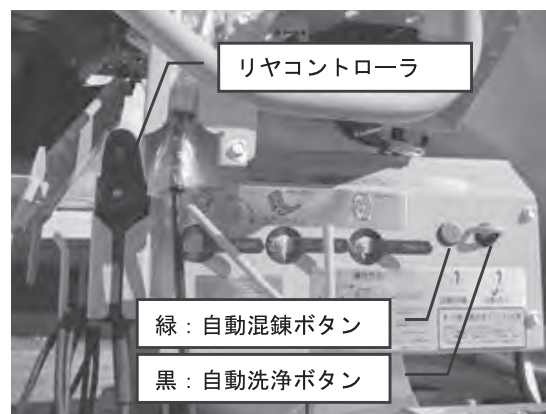


図一 3 軽負荷時の騒音比較

(3) ドラム内自動洗浄機能

生コンクリート排出後ドラム内壁には生コンクリートが付着している。特にドラム後方は洗浄し難くコンクリートが固まって排出口を狭めて排出性能の低下を招く。通常、コンクリートのハツリ（ドラム内に付着したコンクリートをハンマ等でかき落とすこと）は年に1～2回手作業で行うが、排出口付近は狭くハツリ作業も重労働である。

自動洗浄機能は定量の水をドラム内に入れてボタン（写真一2の黒ボタン）を押すと、自動的にドラムが高速回転して投入と排出を繰り返し、排出口付近にも洗浄水が回り込むように運転する。従来は、オペレータが直接排出口を覗いて、操作レバーでこの運転を行っていた。



写真一 2 リヤコントローラと自動洗浄・混練ボタン

(4) 自動混練機能

生コンクリート排出前に生コンクリートの分離を防ぐため混練を実施するが、ボタン（写真—2の緑ボタン）を押すと、自動的に一定時間ドラムが高速回転し均一な生コンクリートに仕上げることができる。

(5) ハンディタイプのコントローラ

リヤコントローラは小型・軽量のハンディタイプ（4 m のコード付）で（写真—3）、生コンクリート排出時にシュート上を流れる生コンクリートを見ながら操作可能で、ポンプ車への排出はもちろんネコ取り（手押し車への微量排出）にも機敏な操作が可能である。



写真—3 ハンディタイプのリヤコントローラ

従来型のコンクリートミキサー車ではシュートと操作レバーの位置が離れているため、生コンクリートの流れを見ながらの操作性に劣り、勘に頼っての操作で生コンクリートをあふれさせてしまうこともあった。

5. おわりに

油圧機器を電子制御することにより、従来のコンクリートミキサー車では不可能であった高機能化が実現できるようになった。ユーザからは、特に高速回転時の低騒音や走行時の自動攪拌が好評である。今後ともユーザの意見を伺い、電子制御の特徴を生かし、さらに安全、使い易い、環境にやさしいコンクリートミキサー車へ発展させていく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

川島 茂（かわしま しげる）

KYB ㈱

特装車両事業部 熊谷工場 技術部

専任課長



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

奥野 功一・鈴木 好幸・田中 聖一朗

中性子は放射線の一種である。中性子の利用範囲はがん治療であるホウ素中性子捕捉療法や燃料電池の開発、材料ナノ解析、非破壊検査等、非常に幅広い。しかし、中性子は放射線の一種であるため十分に遮蔽した施設の中で用いる必要がある。一般的に遮蔽は厚い壁で構成されるが、遮蔽をコンパクトにすることにより狭い敷地にも施設が建設できる可能性が出てくる。このような背景のもと、中性子遮蔽性能を高めた中性子遮蔽コンクリートが開発された。しかし、このコンクリートは骨材の影響によるコンクリートの硬化遅延があった。そこで製造に係る技術改良を実施して遅延を改善し、従来品と比べて約5%のコストダウンを実現した。

キーワード：建築、コンクリート、中性子、放射線、遮蔽

1. はじめに

中性子とは放射線のうちの一つである。医療分野や検査分野に代表されるように放射線の利用は多様化しているが、中性子の利用範囲は特に幅広い。例えば、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）と呼ばれる癌の治療に用いられ、また水素の可視化や分析ができるという中性子の特徴を利用し、近年話題となっている燃料電池や水素吸蔵合金の開発にも用いられている。さらには材料の結晶構造解析や応力解析等を行う材料ナノ解析、自動車のエンジン等の透過画像を非破壊で撮影する中性子ラジオグラフィ等、中性子は様々な分野で用いられている。

このように便利な中性子であるが、中性子は放射線のうちの一つであるため十分に遮蔽した施設の中で用いる必要がある。放射線の遮蔽方法は、放射線の発生源近くで遮蔽する局所的な遮蔽方法と、壁など発生源から離れた場所で遮蔽する方法の大きく2つに分けられる。局所遮蔽では、主に高性能な遮蔽材料が用いられ、放射線の種類によりその材料を使い分ける。放射線の発生源から離れた場所で遮蔽する場合、大面積を必要とすることやコスト等の観点からコンクリートが使用されることが多い。しかしコンクリートの遮蔽性能は高くなく、分厚いコンクリート壁が必要となる。その結果、施設建設において大きな敷地を必要とし、また室内空間も手狭になってしまうことが多い。そのため、従来から遮蔽をコンパクトしたい、というニーズ

が多くあった。コンパクトにすることにより狭い敷地にも施設が建設できる可能性が出てくる他、室内空間が広くなり施設の設計に余裕が生まれてくる。さらには建物重量が軽減される可能性も出てくるため、基礎工事が簡素化できることが期待される。このような背景のもと、コンクリートとしての力学的特性や施工性は生かしたまま、中性子遮蔽性能を高めた中性子遮蔽コンクリートが開発された。

2. 放射線とその遮蔽の基礎

放射線とはイメージで言うと超高速で飛ぶ粒子である。その速度は、光速から低速と言われる放射線でも秒速数 km で飛ぶ。放射線の挙動を考える場合、原子レベルで物事を考える必要がある。放射線には、大まかに分けてアルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子、重粒子がある。これらのうち、中性子は原子核に存在する陽子と同程度の質量を持つ電氣的に中性の粒子である。原子核から放出された中性子は電荷を持っていないので電氣的な反発力を受けず、他の原子核内に入りやすい。このことは、放射線の中でも電荷を持つ粒子（荷電粒子）であるアルファ線、ベータ線、重粒子より物質を通過する能力が非常に高いことを意味している。

放射線遮蔽の基本的なメカニズムは、遮蔽材料を構成する原子と放射線が、相互作用を繰り返す事によりエネルギーが次第に減衰し、最終的には熱等に変わっ

て消滅してしまうという原理である。ガンマ線は原子核の中に殆ど入り込まないため、多くの場合減衰のみ考慮すれば良いが、中性子は原子核の中に容易に入り込み原子核と直接相互作用を起こすため、ガンマ線に比べ物理現象が遥かに複雑となる。複雑になる要因として、中性子のエネルギーや遮蔽材料の種類によって相互作用の内容や物理過程が複雑に変化することや、中性子が原子核と相互作用した結果、2次放射線と呼ばれる新たな放射線が生成し、この放射線も遮蔽対象として考慮しなければならないこと等がある。

3. 中性子の遮蔽

前述の通り、中性子の遮蔽で重要なことは、元素ごとエネルギーごとに遮蔽のために考慮しなければならない物理現象が変化するということである。そのため中性子の遮蔽は極めて複雑なメカニズムとなり、表計算ソフト等で可能な簡易計算式を用いた遮蔽設計法は一部しかない。よって、遮蔽設計はシミュレーション解析を用いて行われることが多い。

中性子の効果的な遮蔽方法は遮蔽の対象とする中性子エネルギーによって異なるが、一般的にコンクリートが遮蔽材料として用いられる。コンクリートには中性子の遮蔽に有効な水分や鉄分が含まれているが、通常その含有量は数%程度でありコンクリートの中性子遮蔽性能は良いとは言い難く、結果として重厚長大な遮蔽となる。それでも、コンクリートが中性子遮蔽に多く用いられる理由は、コンクリートが一般に広く流通している極めて安価な材料であり、かつ施工が容易で力学的にも安定しているためと考えられる。

中性子を遮蔽するには、まず初めにエネルギーを落とす必要がある。中性子のエネルギーを落とすために効果的な材料は中性子のエネルギーにより異なるが、代表的な材料として高エネルギー中性子に対しては鉄、中高エネルギー中性子に対しては水素がある。しかし、中性子と水素が相互作用すると、中性子のエネルギーは落ちるが2次放射線として中高エネルギーのガンマ線が生成される。そのため単純に水素を増やしただけではガンマ線が増える事となり、遮蔽が不十分になってしまうためガンマ線の遮蔽も別途考える必要がある。鉄や水素等と相互作用を繰返してエネルギーの落ちた低エネルギーの中性子に対しては、今度は鉄や水素は効かず、ホウ素、カドミニウム、リチウム、ガドリニウム等が効果的となる。ホウ素との相互作用でも2次放射線としてガンマ線が生成されるが、そのエネルギーは水素の場合に比べて低くその遮蔽は容易

となる。

4. 中性子遮蔽コンクリートの原料選定

中性子遮蔽材料の研究は原子力の黎明期であった1940～1950年代から行われており、様々な研究がなされていた¹⁾。しかし60年代以降、その数は極めて少なくなる。その理由の1つは、普通コンクリートより安価な材料を開発するのは極めて困難であるためと考えられる。しかし、コンクリートは安価で建設材料として最も一般的で広く使用されている材料であり、他の材料をベースに中性子遮蔽材料を開発した場合よりコスト増加量は抑えられると考えられる事から、我々はコンクリートをベースにした遮蔽材料を開発することとした(図-1)。

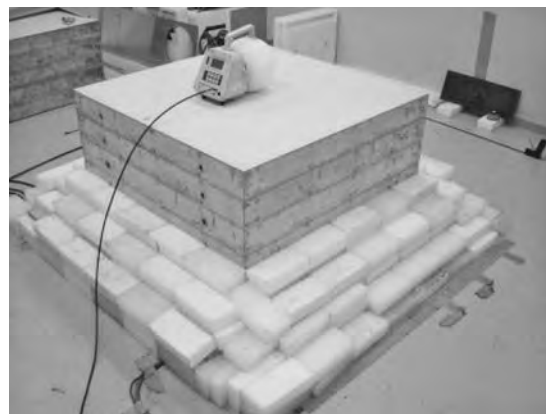
遮蔽のコンパクト化を実現するには、コンクリートの遮蔽性能の高性能化が必要である。よって、高いエネルギーから低いエネルギーまで満遍なく遮蔽性能のあるコンクリートを開発するには、各エネルギー領域に応じた素材を満遍なく混ぜれば良いが、そうすると当然コストは跳ね上がり、コンクリートの施工性も悪化する。以前からガンマ線遮蔽のために鉄鉱石などを骨材に用いた重コンクリートが存在するが、コストや施工性が良いとは言い難い。そこで、我々は高エネルギー中性子に有効な鉄については、開発するコンクリートに混ぜるのではなく、鉄板等の形で別途必要な時に使用した方が有利と判断し、新たに開発するコンクリートには混ぜないこととした。また、コンクリートに混ぜる素材は工業品を混ぜない方がコスト的に有利であるため、全て天然の素材を使用することとした。以前からコンクリートに工業製品である炭化ホウ素を混ぜたコンクリートが作られているが、遮蔽性能は上がるが施工性が悪化すると共にコンクリートのコストも跳ね上がる²⁾。

5. 中性子遮蔽コンクリートの製作

コンクリート内で多くの体積を占めるのは粗骨材と細骨材である。そのため過去の研究では骨材全てにホウ素含有の岩石を用いたコンクリートの研究がなされていた^{3), 4)}。しかし、ホウ素含有の岩石は強度にバラつきがあり、水に若干溶ける等の性質があるためかコンクリート硬化に遅延が生じ、硬化しても強度がポロポロのコンクリートしかできなかった。そのためか、当時はアルミナセメントを用いて小型ブロックを製作するに留まっていた⁵⁾。



図一 1950年代当時の製法で再現したコンクリート



図一 3 中性子遮蔽性能実験の様子

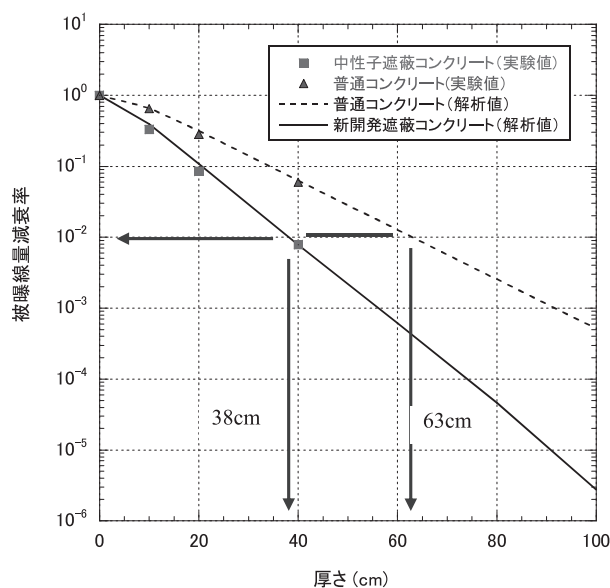
そこで、我々は別のアプローチを考えた。ホウ素は低エネルギーの中性子しか効かないため、ホウ素だけでは遮蔽性能の高性能化は限定的となる。そこで、コンクリート内の水素含有量を多くして低エネルギーから中高エネルギーまでの中性子に対する遮蔽性能を高めることを考えた。この方針に従い、粗骨材に水素原子を多く含む骨材と細骨材にホウ素含有岩石の砂と水素原子を多く含む砂を使用することとした。また、セメントについては容易に入手可能な普通セメントを用いることとした。調合は、放射線挙動シミュレーション解析を行って各骨材の適正な調合を設計し、水素及びホウ素量の最適値を決定した。これらの検討により、普通コンクリートの力学的特性や施工性を生かしたまま、中性子遮蔽性能を向上させたコンクリート「中性子遮蔽コンクリート」の開発に成功した⁶⁾。開発した中性子遮蔽コンクリートを図一 2 に示す。



図一 2 開発した中性子遮蔽コンクリート

6. 中性子遮蔽性能実験

安藤ハザマ技術研究所にある放射線実験室で、 ^{252}Cf 中性子源（カリフォルニウム 252）に対する遮蔽性能を調べた。中性子遮蔽性能実験の様子を図一 3 に、



図一 4 中性子遮蔽性能実験結果

実験結果と放射線挙動シミュレーション解析結果を図一 4 に示す。

図一 4 の横軸はコンクリートの厚さを示し、縦軸は中性子による人体への被曝量の減衰率を示している。図一 4 より、放射線挙動シミュレーション解析は実験値を良く再現していることが判る。これらの結果より、例えば被曝量を 1/100 に落としたい場合、普通コンクリートでは 63 cm 必要であるところを、開発した中性子遮蔽コンクリートを用いると 38 cm で済むことが判る。つまり倍率にすると、普通コンクリートに比べ約 1.7 倍の遮蔽性能を持つことが実験と解析で確認できた。

7. コンクリートの基本特性

いくら遮蔽性能が良くても、コンクリートとしての基本特性が悪ければ実際に使用することはできない。そこで、中性子遮蔽コンクリートに対しコンクリート

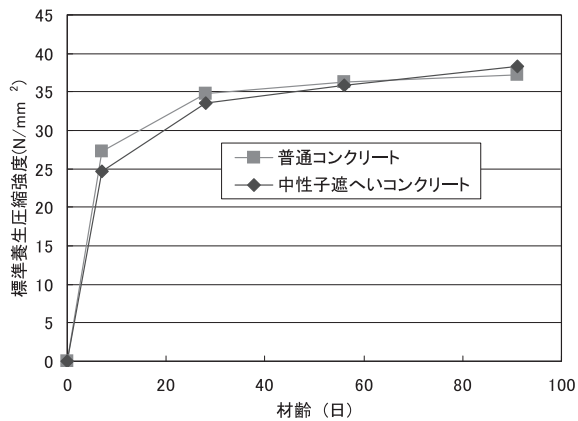


図-5 圧縮強度試験結果

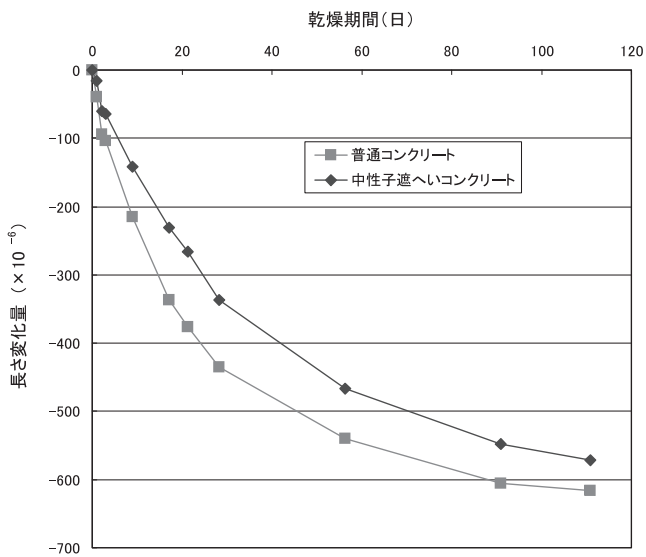


図-6 乾燥収縮試験結果

表-1 促進中性化深さ試験結果 (単位: mm)

	水セメント比 50 %	水セメント比 60 %
普通コンクリート	3.0	4.5
中性子遮蔽コンクリート	2.0	3.5

の基本特性試験である圧縮強度試験, 乾燥収縮試験, 促進中性化深さ試験を実施した。試験結果を図-5, 図-6, 表-1に示す。図には比較用として, 同一水セメント比の普通コンクリートの試験結果も併せて示している。

図-5, 6, 表-1より, 圧縮強度は普通コンクリートと同等で, 長さ変化量が少なく, 中性化深さも小さい事が判った。これら試験により, 中性子遮蔽コンクリートは普通コンクリートと同等以上の強度を持ち, 耐久性に富むことが判った。

8. 中性子遮蔽コンクリートの技術改良

5章で述べたように, 中性子遮蔽コンクリートの調査は, 放射線挙動シミュレーション解析を行って各骨材の適正な調合を設計し, 水素及びホウ素量の最適値を決定している。しかし, 製造過程での生産性の課題として, ホウ素を含んだ特殊骨材の影響によるコンクリートの硬化遅延があった。そこで, 開発した中性子遮蔽コンクリートに対して, 硬化遅延の改善と骨材量の最適化に関する技術改良を実施した。

硬化遅延の改善にあたっては, 中性子遮蔽コンクリートと相性がよい硬化促進剤を選定し, 適切な添加量を凝結試験により確認した。図-7に中性子遮蔽コンクリート従来品と改良品の硬化促進剤添加量による硬化時間の変化を示す。ここで, 従来品は骨材量の最適化を図る前の調合で, 改良品は骨材料の最適化を図った後の調合を示している。図-7には, 目標値として同一水セメント比の普通コンクリートの硬化時間を示すが, 改良品では一定の硬化促進剤添加量によって目標性能を満足できることが確認された。これより, 例えばプレキャストコンクリート工場での製造

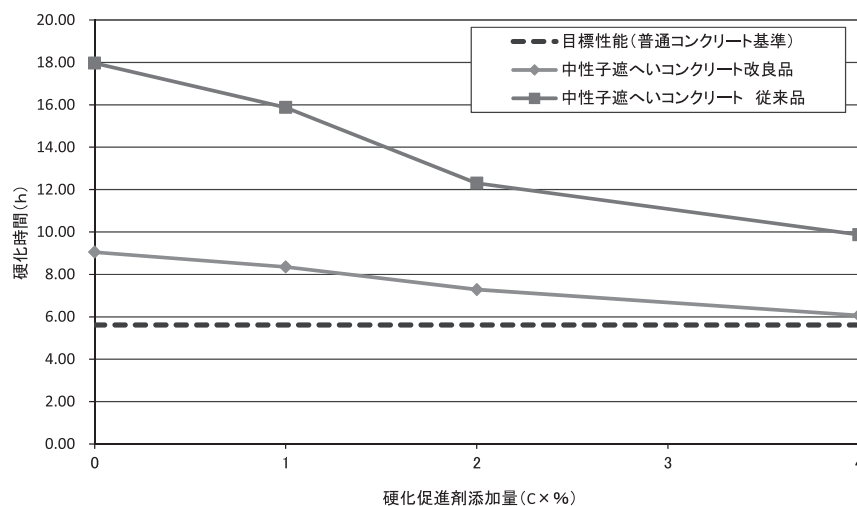


図-7 各種コンクリートと硬化時間の関係

にあたっては、型枠転用回数を従来の2倍以上にすることができ、従来品と比べて約5%のコストダウンが可能となる。

図-8には6章と同様の方法にて行った、中性子遮へいコンクリート従来品と改良品の中性子遮蔽性能実験の結果を示す。骨材量の最適化により、中性子による被ばく量を100分の1に減衰させるために必要な中性子遮へいコンクリートの厚さは、従来品では38cm、改良品で41.5cmとなり、遮へいに必要なコンクリート厚さが増加するが、その幅は従来品と比べ最大でプラス3.5cmにとどまるため、実際の施設設計において計画に対する影響はほとんど無い。

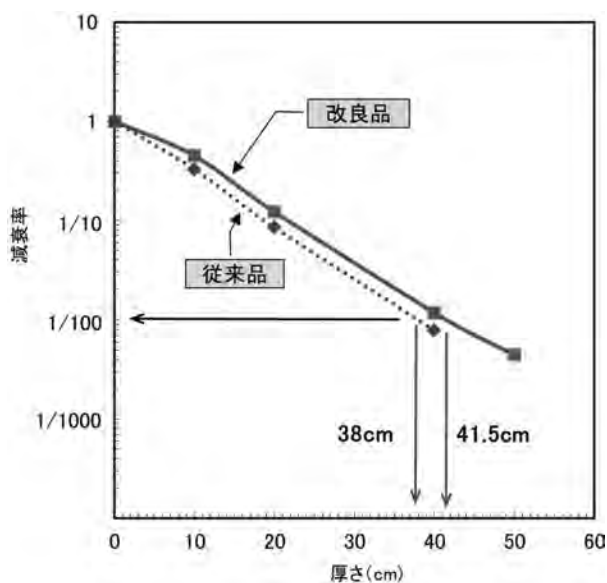


図-8 中性子遮蔽性能実験結果

9. おわりに

初めに述べたとおり、中性子はその特徴（水素の可視化や分析を可能にする）を生かし、燃料電池や水素吸蔵合金の開発等に用いられており、医療分野でもがん治療に用いられる。このように、高度医療や水素社

会の実現に向けて中性子の利用拡大が期待されるが、利用施設に要求される遮蔽性能は、施設の利用目的ごとに異なる。

今回実施した技術改良により、各施設のニーズに合った遮蔽のコンパクト化が可能となった。今後も中性子が問題となる様々な施設に、本技術の導入を積極的に提案していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) A. N. Komarovskii, Shielding Materials for Nuclear Reactors, Pergamon Press (1961).
- 2) 奥野功一, 山田人司, 薬研寺彰, 放射線遮蔽用ホウ素混入コンクリートに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2000.9.
- 3) R.G. Jaeger et al, Engineering Compendium on Radiation Shielding, pp. 336-345, 1975.
- 4) Kiyoshi Okada et al, A few experiment for Shielding Concrete (in Japanese), Technical Annual Report for Cement, pp. 452-459 (1957).
- 5) Harold S. Davis, High Density Concrete for Shielding Atomic Energy Plants, Journal of the American Concrete Institute, pp. 965-977 (1958).
- 6) Koichi Okuno et al, Development of novel neutron shielding concrete, Nuclear Thechnology, Vol. 168, pp. 545-552 (2009).

【筆者紹介】



奥野 功一（おくの こういち）
安藤ハザマ
技術本部 原子力部



鈴木 好幸（すずき よしゆき）
安藤ハザマ
技術研究所 建築研究第二部



田中 聖一朗（たなか せいいちろう）
安藤ハザマ
技術本部 原子力部

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

澁谷 啓¹・片岡沙都紀²・白 濟民³

¹ 神戸大学大学院 教授 工学研究科 市民工学専攻 (〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail : sshibuya@kobe-u.ac.jp

² 神戸大学大学院 助教 工学研究科 市民工学専攻 (〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail : skataoka@people.kobe-u.ac.jp

³ 神戸大学大学院 学術研究員 工学研究科 市民工学専攻 (〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

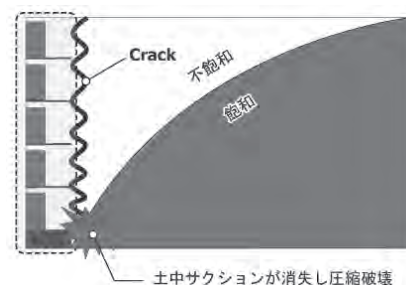
E-mail : baek@people.kobe-u.ac.jp

最近の雨の降り方は尋常ではないのみならず、大地震も多発している。なお、豪雨・地震による宅地・道路盛土の被害が後を絶たない。2004年10月に兵庫県養父市で発生した盛土崩壊現場では、高さ20mもある道路補強盛土が、一夜にしてすべり落ちた。台風による豪雨により盛土内へ雨水が浸入して盛土本体が弱体化し、同時に谷部に雨水が滞水して盛土がダム化し、基礎のすべり破壊が生じたのが原因であった。この破壊事例の最大の教訓は、この種の盛土崩壊を防ぐためには、盛土内および周辺への雨水の浸透および滞水を許さないことであった。それで、本研究では、豪雨・地震に強く、低コストで環境面でも安全な“鉄鋼スラグ補強土壁工法”の研究開発を目指す。研究を具現化するために、①盛土材料となる鉄鋼スラグの材料特性に関して2種類のスラグ(水砕スラグ、製鋼スラグ)とアッシュストーン(2つのメーカーの製品)を用いて実施した室内実験の結果、および②製鋼スラグと土との混合土の環境安全性を評価するために、神戸大学内で施工した小型スラグ混合盛土のアルカリ浸出水の測定結果をまとめている。

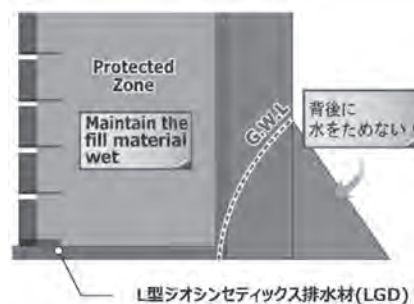
キーワード : Soil-improvement, Steel slag, Fill material, Embankment, L-shaped geosynthetic drain

1. はじめに

近年、雨水浸透に起因して補強土壁が被災する事例が増えている。平成16年台風23号の豪雨災害では、兵庫県内で建設中の補強土壁が、背面部での急激な水位上昇に伴い崩壊した。背部の斜面や地山からの雨水浸透により盛土内の飽和領域が拡大し、サクシヨンの低下による盛土材の剛性および強度低下を引き起こしたことが主たる原因である。一般にシルト質土や砂質土など細粒土を使用した土構造物は透水性が低いことから、一旦盛土内に雨水浸透が生じると排水に時間を要し、飽和状態が長時間継続する傾向が見られる。長期にわたる飽和状態の形成は、図-1(a)に示す様な盛土内部での圧縮破壊を招き、補強材による補強効果を消失させることとなる。したがって補強土壁の被害軽減のためには、盛土内への雨水等の浸入および盛土背部での滞水を許さないことが重要となる。この種の盛土崩壊を防ぐために澁谷ら(2008)^{1)~3)}は、従来の排水工の弱点を改善したL型排水盛土防水工を提案している。この工法は従来の盛土内に設置した



(a) 補強土壁内部の飽和による圧縮破壊



(b) LGD設置による盛土の飽和化防止

図-1 飽和による破壊と LGD 防水工の概念図

排水工とは異なり、盛土内に鉛直に設置したジオシンセティック排水材によって盛土背面からの浸透水を下方に落とし、盛土底部に設置している排水層から速やかに浸透水を盛土外へ排水させる方法である。これは、盛土自体を防水領域と考え、単に遮水するのではなく、十分な排水によって盛土背面からの浸透水を断固として許さず、盛土背部からの浸透水の蓄積を防ぐことに特徴がある(図-1(b))。この特徴から、L型排水盛土防水工は「沢部の腹付け盛土」「大規模盛土」「谷埋め盛土または既設盛土対策」等の用途への適用が提案されている⁴⁾。

一方、細粒土に分類される現地発生土を盛土材として適用しなければならない場合、セメント系改良材による安定処理が行われることが往々にしてある。安定処理により透水性が低下することで、補強土壁背面での滞水が懸念される。

本研究では、研究開発中である新盛土工の実現を目的とし、強度特性が優れる製鋼スラグの盛土材料としての活用性および不良盛土材(例えば、細粒分の多い自然土など)に対する改良効果を検討するため、自然土、製鋼スラグ、製鋼スラグと自然土を混合した混合土について、一連の室内試験を通して物理的特性、透水・pH特性、締固め特性およびせん断強度特性を調査している。

さらに、製鋼スラグと土との混合土の環境安全性を評価するために、神戸大学内で施工した小型スラグ混合盛土のアルカリ浸出水の測定結果をまとめている。

2. 鉄鋼スラグ盛土の力学・耐震性に関する検討

重質で自硬性を有する鉄鋼スラグを土木分野で多用されている面状の補強材で巻いて締固めることにより、L型スラグ鉛直擁壁を築造する。同時に粒状の軽量スラグ(例えば、アッシュストーン)を盛土材として使用する。このような盛土の場合、軽量盛土であるため地震時の水平土圧が軽減され、さらにL型スラグ擁壁が抗土圧構造物として機能するため、地震に強い盛土となる。

鉄鋼スラグは高炉スラグと製鋼スラグ(転炉スラグ、電気炉スラグ)に大別され、冷却方法や化学組成により軽量なものから重質なものまで、種々の特性を有するものがある。また兵庫県で公認され、NETISにも登録されているアッシュストーン(石炭灰固化物)もユニークな材料特性を有している。

2.1 一次的性質および土壌環境特性

表-1は鉄鋼スラグそれぞれの試料の一次的性質を表している。アッシュストーンAおよびBの密度は一般

表-1 用いた試料の基本的な物理特性

区 分	アッシュ ストーンA	アッシュ ストーンB	水砕 スラグ	製鋼 スラグ	電気炉 スラグ	淀川 試料A	
含水比(%)	45	40	4.2	3	0.35	17.1	
密度(g/cm ³)	2.393	2.410	2.691	3.167	3.601	2.667	
間隙比	-	-	$e_{\text{max}}=1.431$ $e_{\text{min}}=0.999$	-	-	-	
吸水率(%)	45.6	39.7	-	2.7	2.0	-	
コンシステンシー	NP	NP	NP	NP	NP	$W_L=33.9$ $W_P=20.8$ $I_P=13.1$	
粒度 特性	均等係数(U _c)	92.6	68.2	3.9	33.17	11.59	185
	曲率係数(U _c ')	1.66	13.2	0.66	4.29	1.26	1.7
	最大粒径(mm)	26.4	19	4.75	37.5	31.7	37.5

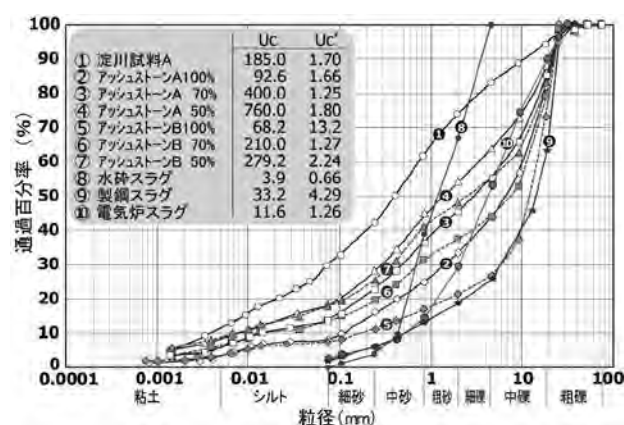


図-2 粒径加積曲線

的な土と比べて軽質であり、吸水率は40%程度と高い。また、水砕スラグの密度(2.691 g/cm³)は自然砂である豊浦砂(2.643 g/cm³)と概ね等しい値であるが、水砕スラグの粒子に気泡が多く含まれている⁵⁾ので、最大・最小間隙比($e_{max}=1.431$, $e_{min}=0.999$)は豊浦砂($e_{max}=0.977$, $e_{min}=0.597$)よりも大きい。一方、製鋼スラグは重質であり、吸収率が2.7%と低い値を示している。

図-2は、それぞれの試料の粒径加積曲線である。アッシュストーンA、Bをシルト質土の淀川試料Aと混合することにより、粒度分布が大幅に改善できることが分かった。一方、鉄鋼スラグを盛土材料として利用する場合、周辺土壌に及ぼす環境的な影響を検討する必要があることに着目して、2種類のアッシュストーン混合土のpH値を測定した。シルト質土と混合すると、pH値が若干小さくなるものの、10以上と高いアルカリ性を示している。水質汚濁防止法による排水基準であるpHの許容値が5.8～8.6(海域5.0～9.0)と定められていることを考慮すると⁶⁾アッシュストーンを単体で盛土材料として利用する際には、しかるべき対策をすべきである。その意味で、浸透水の流入を防ぐ盛土防水工が必須となる。また、水砕スラグの時間経過によるpHの変化を観察するために、締固め度 $D_c=95\%$ で締固めた供試体に水道水(pH7.2)を透水させて、流出水のpHを測定した。

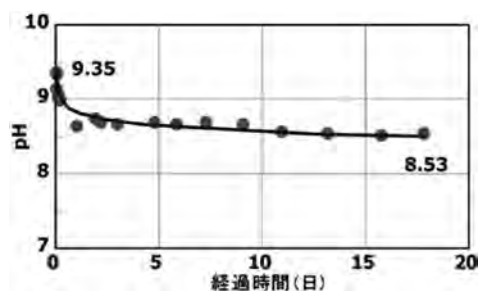


図-3 水砕スラグの経過時間・pH 関係

表-2 定水位透水試験の結果

定水位 透水試験 k_{15} (m/s)	区分	D_c		
		80%	85%	95%
	アッシュストーンA	—	4.7×10^{-4}	5.9×10^{-5}
	アッシュストーンB	—	7.9×10^{-4}	6.7×10^{-5}
	水砕スラグ	6.37×10^{-4}	—	1.72×10^{-4}
	製鋼スラグ	9.41×10^{-5}	—	1.75×10^{-5}
	電気炉スラグ	1.09×10^{-3}	—	3.49×10^{-4}

初期の pH は 9.35 であったが、わずか 1 日で急激に低下している(図-3 参照)。試験開始後、約 18 日経過した時点で pH は収束する傾向が見られた。18 日以後は pH は約 8.53 であり、水質汚濁防止法による排水基準の pH の許容値以内の値となった。

2.2 透水及び締固め特性

鉄鋼スラグを盛土材料として利用するためには高い透水能力と締固め管理が容易でなければならない。したがって、各試料における透水特性及び締固め特性を評価した。表-2 は各試料に対して定水位透水試験を行った結果であり、製鋼スラグの場合は粒度調整(19 mm ふるい通過分)した試料を用いて透水試験を実施した。試験の結果、それぞれの試料の透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ m/s 程度で「中位」の透水性を表している。また、水砕スラグの時間経過による透水係数の変化を観察するために水砕スラグを 10×12.73 cm のモールドに締固め度 95% ($\rho_{dmax} = 1.455$ g/cm³, $w_{opt} = 26.5\%$) で締固めた後、定水位透水試験を実施した。その結果、試験初期の透水係数は 1.76×10^{-4} m/s であったが、試験開始後 18 日経過時の透水係数は 2.13×10^{-5} m/s と当初より低い値に収束していった。これは水砕スラグの潜在水硬性の影響が原因であると考えられる。一方、表-3 は各試料ごとの締固め方法であり、図-4 は JISA1210「突固めによる土の締固め試験」に従って実施した各試料の締固め曲線である。

図-4 は、それぞれの試料の締固め曲線を示している。製鋼スラグ、アッシュストーン A、B と水砕スラグはシルト質土である淀川試料 A と混合して締固め試験を実施した。図-5 に示すように、重質である製鋼スラグを除き、軽質であるアッシュストーン A、B と水砕スラグ

表-3 各試料ごとの締固め方法

区分	締固め方法
電気炉スラグ	A-c (湿潤法、非繰返し)
製鋼スラグ 50%:50% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
製鋼スラグ 70%:30% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
製鋼スラグ 100%:0% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
淀川試料A	B-c (湿潤法、非繰返し)
水砕スラグ 50%:50% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
水砕スラグ 70%:30% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
水砕スラグ 100%:0% 淀川A	A-c (湿潤法、非繰返し)
アッシュストーンA,B 50%:50% 淀川A	B-c (湿潤法、非繰返し)
アッシュストーンA,B 70%:30% 淀川A	B-c (湿潤法、非繰返し)
アッシュストーンA,B 100%:0% 淀川A	B-c (湿潤法、非繰返し)

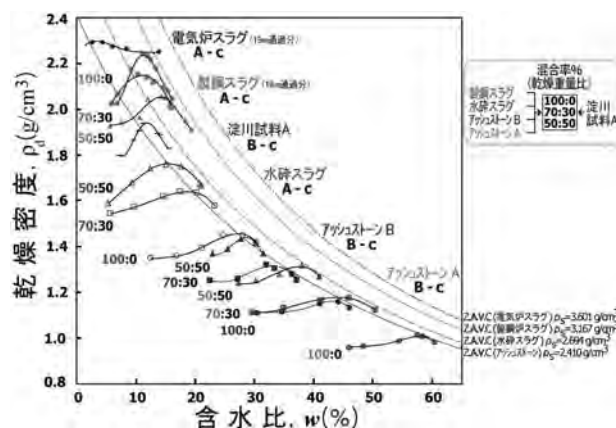
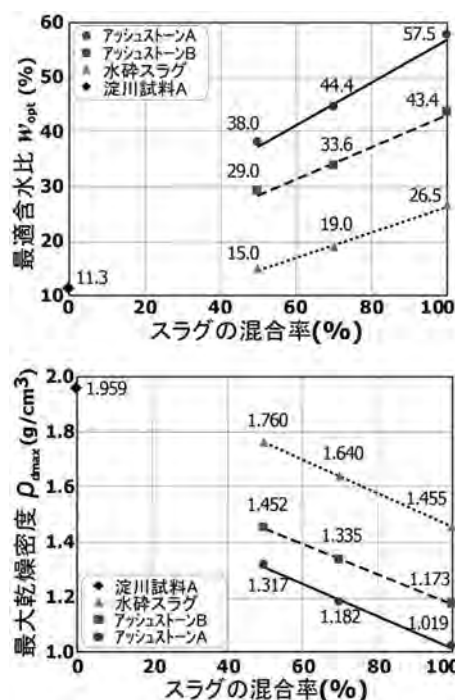


図-4 鉄鋼スラグ及び混合土の締固め曲線

図-5 鉄鋼スラグの混合率と w_{opt} と ρ_{dmax} の関係

の場合は、スラグ混合率が高くなるほど、最適含水比は高くなる反面、最大乾燥密度は低くなることが明らかになった。これは前述したように粒度の改善によって細粒分が多くなったこと⁷⁾とアッシュストーン A、B と水砕スラグが有している軽量性および高吸水性(アッシュス

トーン A, B のみ)に起因すると考えられる。したがって、アッシュストーン A, B と水砕スラグを用いた混合土は、重質である製鋼スラグ混合土とは異なる傾向で、一般の盛土材料より軽量で締固めが容易であり、盛土構造物としての耐震性が大幅に改善できるものと予想される。

2.3 一軸及び三軸試験による強度特性

供試体は、プリキ製モールドに締固め度 95% になるように静的に締固めて作製し、恒温槽で水中(蒸留水)養生した。図-6 は、養生期間が水砕スラグの一軸圧縮強度に及ぼす影響を示している。養生期間が 6 ヶ月(187 日)までの水砕スラグの一軸圧縮強度の増加は認められない。さらに最大圧縮強度は 10 kPa 以下で非常に低い値である。ところが、養生期間 9 ヶ月(285 日)では一軸圧縮強度が若干増加し、1 年間養生した供試体の一軸圧縮強度は著しく増加して 414.8 kPa まで上がった。水砕スラグの特徴である潜在水硬性が発現されているものと考えられる。一方、鉄鋼スラグを盛土材料として利用するために、養生した供試体ではないが、三軸圧縮試験を通して強度特性を評価した。表-4 に三軸圧縮試験の条件を示す。

図-7 にスラグ混合率と粘着力 c_d 及び内部摩擦角 ϕ_d の関係を示している。アッシュストーンの混合土の ϕ_d は

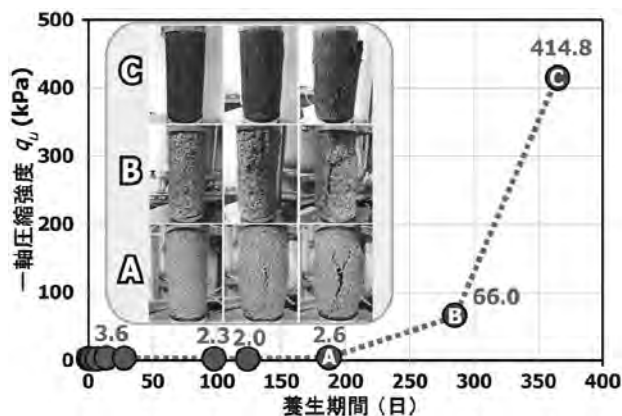


図-6 水砕スラグの時間経過による一軸圧縮強度特性

表-4 三軸圧縮試験の条件

区分	混合率(乾燥重量比) アッシュストーン:淀川試料A	締固め度 $D_c(\%)$	拘束圧力 $\sigma'_v(\text{kPa})$	ひずみ速度 $(\%/min)$
アッシュ ストーン の混合土	0% : 100%	CU試験	98	50, 100, 150
	50% : 50%			0.05
	70% : 30%	CD試験	95	50, 100, 200
	100% : 0%			0.1
区分	混合率(乾燥重量比) 水砕スラグ:淀川試料A	締固め度 $D_c(\%)$	拘束圧力 $\sigma'_v(\text{kPa})$	ひずみ速度 $(\%/min)$
水砕 スラグ の混合土	100% : 0%		49.05	
	70% : 30%	CD試験	95	98.10
	50% : 50%		196.20	0.3

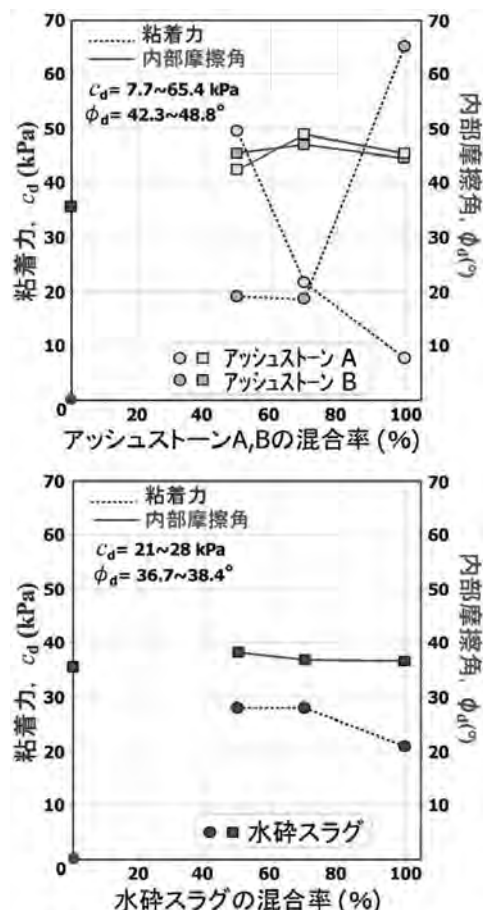


図-7 鉄鋼スラグの混合率と強度定数

40° 以上となり、水砕スラグの混合土の ϕ_d は 36° 以上となる。これは、通常の盛土設計時に使われている値⁸⁾($c_d = 0 \text{ kPa}$, $\phi_d = 30 \sim 35^\circ$)を大きく上回っている。したがって、アッシュストーン・水砕スラグの混合土は、通常の応力レベルにおいて盛土材料として十分な強度を有していると考えられる。

3. 製鋼スラグ混合盛土のアルカリ浸出水の測定

3.1 小型盛土試験に使用した試料の物性

今回使用した建設残土および製鋼スラグの主な物性を表-5 にまとめる。使用した建設残土は、高速道路建設予定地より発生した残土であり、高い細粒分含有量を示す土試料である。また製鋼スラグは、精製過程の異なるものを 2 種類使用した。以下、本文ではスラグ A, B と記載する。スラグの土粒子密度は、建設残土に比べると双方とも高い値を示していることがわかる。また、各試料の初期 pH は、建設残土が 8.8 に対してスラグ A, B は各々 11.5, 10.8 と高い値を示しており、同じ製鋼スラグでも精製方法が異なると成分が異なってくるので得られる pH にも違いが出ていることがうかがえる。図-8 は

表-5 使用した試料の各種物性

区 分	建設 残土	スラグ A	スラグ B
土粒子密度 (g/cm^3)	2.694	3.294	3.051
初期含水比 (%)	30.9	5.2	11.6
液性限界 (%)	38.4	NP	NP
塑性限界 (%)	31.0	NP	NP
粒度 (%)	礫	36	47
	砂	16	48
	細粒土	48	5
初期 pH	8.8	11.5	10.8
最大乾燥密度 (g/cm^3)	1.41	2.32	1.85
最適含水比 (%)	29.3	11.3	18.9

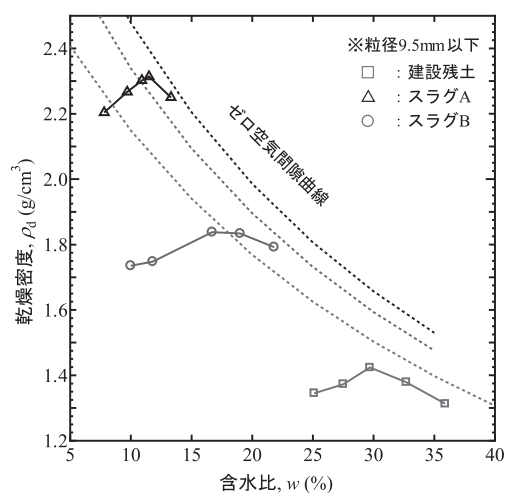


図-8 各試料の締固め曲線

各試料の締固め曲線である。なお、試験は A-a 法にて実施した。双方のスラグに関しては、表-5 で粒度分布に大きな差は見られないものの、締固め曲線上ではスラグ B で最大乾燥密度がスラグ A に比べて低くなっているが、これは土粒子密度の違いが影響していることが一因となっている。ここで、今回の試験は建設残土と製鋼スラグを混合させることによる粒度改善や締固め効果が強度や透水性に与える影響を検討していくことを目的としているが、各製鋼スラグと建設残土との混合土の作製方法に関しては、土と製鋼スラグの土粒子密度に差があること、実際の盛土施工時の配合を考慮し、配合比は体積割合とした。

図-9 には各試料の粒径加積曲線を示す。なお、グラフには建設残土に双方の製鋼スラグを 50% 配合させた試料の粒径加積曲線も示している。ここで、スラグ混合土の最大粒径が建設残土のそれよりも小さくなっているが、これは建設残土の粒径幅が広く、建設残土を採取する際に試料粒径がばらつくことで最大粒径が変動したもののと思われる。図より、建設残土にスラグを混合させる

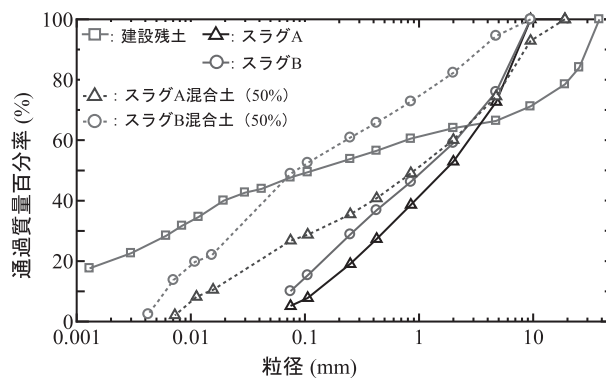


図-9 粒径加積曲線

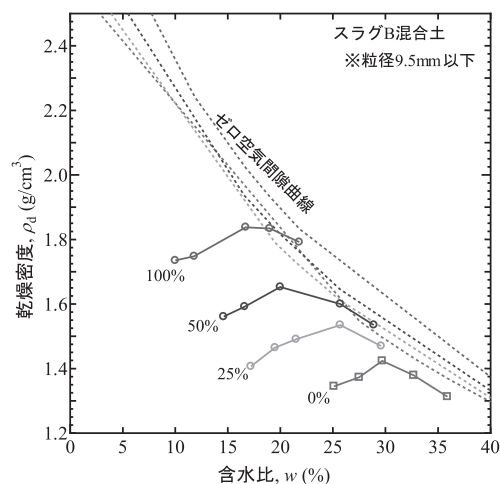
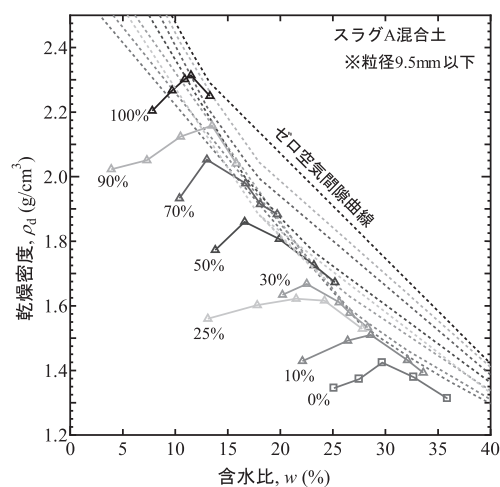


図-10 締固め曲線 (図中の割合は製鋼スラグの混合割合を示す。)

ことにより建設残土単体だと 30% 近く存在していた粘土分含有量が低下し、砂～シルトの粒径割合が増加した。また、各スラグ混合土の平均粒径を比較すると、スラグ A が 0.8 mm、スラグ B が 0.07 mm という結果となった。

所定の配合比で作製したスラグ混合土を用いて得られた締固め曲線を図-10 に示す。なお締固め曲線は、各配合比で建設残土とスラグを混合させたスラグ混合土に対して 9.5 mm 通過試料を用い、A-a 法を用いて実施した結果となっている。図より、双方のスラグ混合土ともス

ラグの混合割合が高くなるほど、締固め曲線は右下から左上に推移する傾向が確認できる。

3.2 施工時の盛土の様子

大学内において小型盛土(幅2 m, 高さ1 m)を施工し、盛土内から浸出する水の pH 計測を実施することでスラグ混合土により施工した盛土のアルカリ浸出水の影響を検討した。写真-1 に小型盛土の様子を、図-11 に盛土の概略図を示す。なお、pH は盛土内部の浸出水のみとして極力雨水の希釈を防ぐために写真-1 b, c に示すように上面以外をブルーシートで覆い、水溜めで受けた浸透水を採取して pH の測定を実施した。また、図-11 中の断面図にも示す通り、盛土底面には防水シートを敷設しており、盛土底面から地盤への雨水の浸透はない。盛土材料は前節の室内試験結果を考慮し、スラグ A 混合土(50%, 75%), スラグ B 混合土(50%, 75%), 建設残土のみの5つのパターンとした。施工後の盛土天端において砂置換による現場密度試験を実施し、施工盛土の乾燥密度と締固め試験(A-a 法, 1Ec にて実施)より得られた最大乾燥密度より、施工盛土の締固め度を算出した。



写真-1 小型盛土の様子 (a: 正面, b, c: 背面, d: 上面)

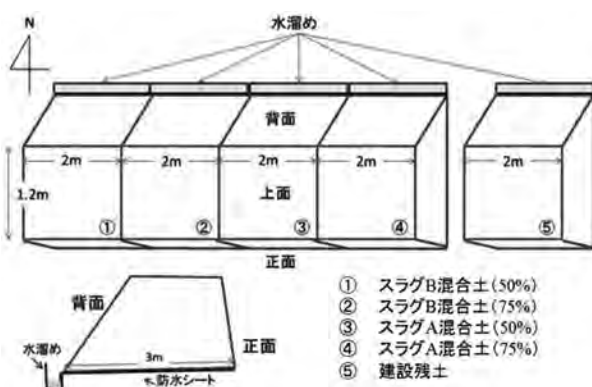


図-11 小型盛土の概略図

表-6 各盛土の詳細

	①	②	③	④	⑤
現場乾燥密度 g/cm^3	1.86	2.22	1.85	1.78	1.88
盛土の含水比 %	13.8	17.4	17.4	24.6	14.4
最大乾燥密度 g/cm^3	1.83	2.07	1.82	1.94	1.81
最適含水比 %	15.7	12.4	10.6	12.9	13.5
締固め度 %	102	107	102	92	104

各盛土の詳細を表-6 に示す(表内の①～⑤は図-11 の①～⑤に対応)。これより、施工後の盛土の締固め度は概ね100%を超える結果となることが確認できた。

3.3 盛土浸出水の pH 計測結果

図-12 には、施工後25日および50日経過時の盛土浸出水の pH 計測結果を示す。ここで、各計測日に採取した浸出水は採取後一度水溜め内に残っている水を排水している。また、施工後25日の浸出水の採取にあたっては、盛土を造成した時期が2月下旬と比較的降雨の少ない時期であったために、雨水による盛土内からの浸出水を十分に得ることができなく、盛土施工直後に人工的に注水を行った。その際、注水した水量は、気象庁 HP より抜粋した2014年度の神戸市の年間平均降水量(約1,216 mm)を参照にし、1日平均降水量(30日/月として計算)を計算して、天端の面積から算出した量(約9ℓ)を盛土天端より注水した。図より、施工後25日では①～④のスラグ混合土はいずれも pH が10～13と高い値を示していることがうかがえるが、施工後50日では概ね pH が8程度になっており、建設残土のみの盛土(⑤)の値と同様な値を示していることがわかる。このように、

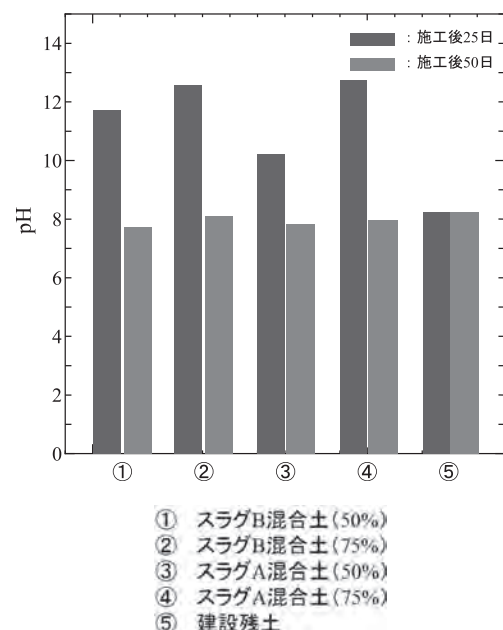


図-12 小型盛土からの浸出水の pH

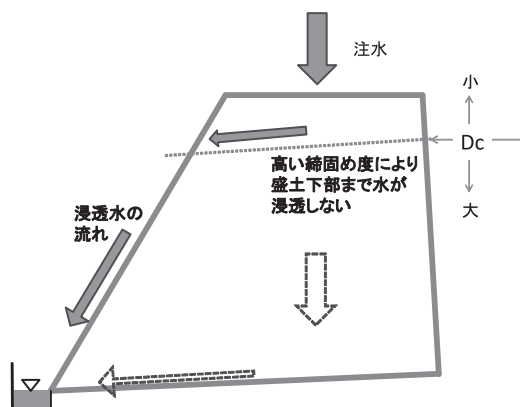


図-13 盛土内部への降雨の浸透（イメージ）

約 50 日程度で pH の値が建設残土と同程度の値にまで低下した原因として、今回の盛土は天端部分の締固め度がどれも 90% 以上と高いこと、盛土は下部にいくほど土被り圧の影響を受けて締固め度が高くなることを考慮すると、天端より浸透した水は下部まで浸透せず、上層部で背面方向に水がしみ出して流れている可能性が考えられる（図-13 にイメージ図を示す。）。これにより、スラグのアルカリ分が低下するのが早く、50 日程度で建設残土と同程度になったものと思われる。以上より、スラグと土が混在している盛土では、締固めを十分に行うことによって盛土深部に雨水が浸透する量はごくわずかであると想定されるため、施工直後は pH が高いものの、施工後 2 か月も経過すると pH が安定する可能性が示唆される。しかし、現時点ではまだデータが少ないので、今後も長期的な pH の経時変化を計測していく必要がある。

4. 結論

本研究では、鉄鋼スラグの有効利用促進の一環として研究開発中である新盛土工の実現のために、それぞれの鉄鋼スラグの材料特性を明らかにした。まず、2 種類のスラグ（水砕スラグ、鉄鋼スラグ）とアッシュストーン（2 つのメーカーの製品）の一次的性質、透水性、pH 値、締固め特性およびせん断強度特性を調査した。また、シルト質土（淀川試料 A）を重量比で混合した複合土を用いて同様な室内試験を実施して混合土の工学的な特性を把握した。

1) アッシュストーンと水砕スラグは一般の盛土材料に比べて軽質であり、鉄鋼スラグと電気炉スラグは重質である。水砕スラグは粒子の中に気泡が多いので最大・最小間隙比が大きい。アッシュストーン A、B の吸水率は高い。したがって、現場において最適含水比よりも湿潤側にあるシルト質土にアッシュストーンを適量混合することにより、粒度特性及び締固め特性が改善

できるであろう。

- 2) スラグは、盛土材料として一般的に使用されている土砂と同等な透水能力を有している。なお、水砕スラグは時間経過とともに透水係数と pH が低下しながら収束して行く。アッシュストーンはシルト質土と混合することにより pH が減少する。
- 3) アッシュストーンと水砕スラグをシルト質土と混合して締固め試験を行った結果、混合率が高くなるほど、最適含水比が高く、最大乾燥密度は低くなる傾向を示した。
- 4) 水砕スラグを蒸留水に水浸させて養生した後、一軸圧縮試験を行った結果、養生期間が 6 ヶ月 (187 日) までの水砕スラグの一軸圧縮強度の増加は認められない。さらに最大圧縮強度は 10 kPa 以下で非常に低い値である。ところが、養生期間 9 ヶ月 (285 日) では一軸圧縮強度が若干増加し、1 年間養生した供試体の一軸圧縮強度は著しく増加して 414.8 kPa まで上がった。水砕スラグの特徴である潜在水硬性が発現されていると考えられる。アッシュストーンの混合土と水砕スラグの混合土は内部摩擦角が通常の盛土材料より大きく、盛土材料として十分な強度特性を有していることが分かる。
- 5) 鉄鋼スラグ混合土を用いて造成した盛土の暴露試験結果より、造成当初は浸出水の pH が高くなるが盛土を十分に締固めることで盛土深部への浸透が低下し、2 か月程度で pH は減少してアルカリ浸出水の影響を抑制することが示唆された。

謝辞：本研究の遂行において、一般社団法人日本建設機械施工協会ならびに鉄鋼スラグ協会からの研究助成金を受けた。記して謝意を表します。

鉄鋼スラグ混合盛土の暴露試験は、神鋼スラグ製品(株)ならびに日鉄住金スラグ製品(株)からの資金援助を受けた。

参考文献

- 1) 澁谷啓、齋藤雅彦、原健二、三井仁哉：ジオシンセティックスを用いた「L 型排水盛土防水工」の提案、第 43 回地盤工学研究発表会発表講演集、pp. 1539-1540, 2008. 7.
- 2) 原健二、齋藤雅彦、三井仁哉、澁谷啓：ジオシンセティックスを用いた L 型排水盛土防水工の模型実験と数値シミュレーション、第 43 回地盤工学研究発表会発表講演集、pp. 1541-1542, 2008. 7.
- 3) 原健二、澁谷啓、齋藤雅彦、鳥居宣之、蔡鍾吉、梶尾孝之：ジオシンセティックスを用いた L 型排水盛土防水工、ジオシンセティックス論文集、Vol. 23, pp. 147-154, 2008.
- 4) 澁谷啓：盛土崩壊のメカニズムと対策工、ジオシンセティックス論文集、Vol. 23, pp. 1-4, 2008.
- 5) 沿岸技術研究センター：港湾・空港における水砕スラグ利用技術マニュアル、沿岸技術ライブラリー No.27, pp.4-5, pp.25-26, 2007.
- 6) 国土交通省：http://www.mlit.go.jp/, pH 及び悪臭に関する留意事項、資料 1-6-9.
- 7) 土質工学会：土質試験結果の解釈と適用例、pp. 335-336, 1979.
- 8) 日本道路公団：設計要領第一集、2009. 7.

(2015. 7. 24 受付, 2016. 5. 31 採用決定)

ENGINEERING PROPERTIES OF THE MIXTURE OF STEEL SLAG WITH FINE-GRAINED SOIL IN USE FOR FILL MATERIAL

Satoru SHIBUYA¹, Satsuki KATAOKA² and Je-Min BAEK³

¹ Professor, Graduate school of Civil Engineering, Kobe University

² Assistant Professor, Graduate school of Civil Engineering, Kobe University

³ Post-doctoral Fellow, Graduate school of Civil Engineering, Kobe University

Steel slag is by-product in the process of producing steel. It is a granular material in shape. The objective of this research is to examine engineering properties of the mixture of various kinds of steel slag with fine-grained soil, bearing in mind the use of it as fill material in geotechnical engineering practice. In this paper, the results of laboratory tests such as the characteristics of grading, compaction, permeability, deformation-strength and pH were presented. It was manifested that the engineering properties of fine-grained soil as fill material are significantly enhanced by adding the steel slag with appropriate amount. In addition to it, the alkali seepage water from the steel slag embankment disappeared in about two month, after the examination in a test fill.



日本コンクリート工学会年次大会 2015(千葉) キングオブコンクリート参加を振り返って

鉄 羅 健 太

本研究室は日本コンクリート工学会年次大会 2015 (千葉) のキングオブコンクリートニアピン部門に参加した。このニアピン部門のルールは、以下のとおりである。①設定圧縮強度は 50 N/mm^2 とする。②あらかじめ規定された条件の材料を使用してコンクリートの円柱供試体を作製する。③作製したコンクリートの円柱供試体を用いて一軸圧縮試験を実施する。④得られた圧縮強度と設定強度との比較を行い、正確さを競う。⑤設定強度未満の場合は失格となる。研究室はニアピン部門で、準優勝した。記録は 49.9 MPa であり、参加チーム中最少誤差を記録した。本稿は、大会に参加するまでの軌跡を記したものである。
キーワード：ニアピン部門、 50 MPa 、コンクリートの圧縮強度

1. はじめに

「キングオブコンクリートというコンテストが学会であるけど、出してみる?」

「はい、やります!」

最初に研究室の先生からこの行事のことを聞いたときは、ただ面白そうと思っただけで、内容に関して、あまり深く考えず二つ返事で参加の旨を伝えた。しかしながら、例え参加しても全国の有名な大学に勝てるとは思っていなかった。当時、研究室には大学院生がおらず、私を含めて4人の学部4年生のみであった。加えて、卒業研究を実施していない状況では、コンク

リートに関する知識や経験が少なく、大学院生がいる大学よりも経験で及ばないと考えていた。しかし、他のチームに負けないように取り組もうと考えた。

本研究室では強度部門とニアピン部門の二つに出場することにした。私はニアピン部門の責任者になった。このニアピン部門のルールは、以下のとおりである。①設定圧縮強度は 50 N/mm^2 とする。②あらかじめ規定された条件の材料を使用してコンクリートの円柱供試体を作製する。③作製したコンクリートの円柱供試体を用いて一軸圧縮試験を実施する。④得られた圧縮強度と設定強度との比較を行い、正確さを競う。⑤設定強度未満の場合は失格となる。

2. 大会までの準備

まずは供試体の作製方針を決定するために、文献調査を行った。その後、配合案を作成して打ち合わせを行った。その結果、これまでに研究室で使用した配合の水セメント比の範囲から 50 N/mm^2 に近い配合を選定し、使用材料は研究室で使用しているものとした。設定された圧縮強度は 50 N/mm^2 であるが、決勝トーナメントからは 50 N/mm^2 未満は原則失格となるので、 50 N/mm^2 を上回るように設定強度に近い圧縮強度の供試体を作製していこうと考えた。また、競技実施時の供試体の材齢を1週間と仮定した。

まずは、基本的な配合を決めて圧縮試験を行い、その結果によって水セメント比 (W/C) の調整を行うことで圧縮強度を 50 N/mm^2 に近づけていくことに



図-1 キングオブコンクリートのポスター

なった。ただ、これまでコンクリートの練り混ぜは授業で行ったのみであり、さらにコンクリートの配合を自分で考えたことがなかったため、基準となる配合の決定に時間がかかった。文献を調査し既往の実験結果より、 50 N/mm^2 の目安は水セメント比の範囲が0.40から0.47であることがわかった。

この水セメント比を用いて、実際に初回の練り混ぜを行い、材令1週間での圧縮強度を求めた。その結果、水セメント比が0.40と0.47はそれぞれ 58.0 N/mm^2 、 51.8 N/mm^2 となった。圧縮強度と水セメント比の関係が把握できたので、圧縮強度を 50 N/mm^2 に近づけるため、第2回の打設では水セメント比を大きくし0.50と0.48に設定した。この配合の圧縮強度は、水セメント比が0.50、0.48それぞれで 47.3 N/mm^2 と 41.9 N/mm^2 となった。圧縮強度と水セメント比の関係から、 50 N/mm^2 に相当する水セメント比が0.482であることがわかった。この作業のなかで、特に注意を要した項目は、骨材の表面水率の管理であった。骨材の表面水率は打設前に測定して補正するが、この精度が強度に影響を与えていた。そこで、表面水率の測定精度をあげるため、試験方法の習得に時間を要した。ここで、水の管理がコンクリートの強度に影響を与えることを改めて実感した。

最終決定した水セメント比0.482で打設したコンクリートで圧縮強度試験を3体で行った結果50.9、47.8、49.9 N/mm^2 となった。多少の誤差はあるもののおよそ 50 N/mm^2 に近い配合を見つけることができた。この配合で勝負することにした。

3. 大会当日

会場に到着すると様々な大学の人たちが競技会場にいた。キングオブコンクリートに参加する大学は事前に知っていたが、どの大学の人たちも賢そうに見えたので、ますます自信がなくなった。会場には、全部門に参加するチームが作成したポスターが展示してあった。どの大学のポスターも素晴らしく、供試体作製のアイデアは個性的で感心したことを覚えている。

いよいよ、ニアピン部門の戦いが始まった。まず、初日は予選ラウンドがあり、グループの上位2チームが翌日の決勝トーナメントに進出することができる。私たちは最終グループだったため他の参加チームの競技を観戦していた。 50 N/mm^2 に近い結果を出すチームがあり、自分たちの作った供試体は良い結果が出るのか非常に不安になった。ようやく自分たちの番になった。競技が開始されると圧縮試験機の強度モニ



写真1 会場の様子

キング・オブ・コンクリート競技スケジュール
ニアピン部門予選 (19:00)

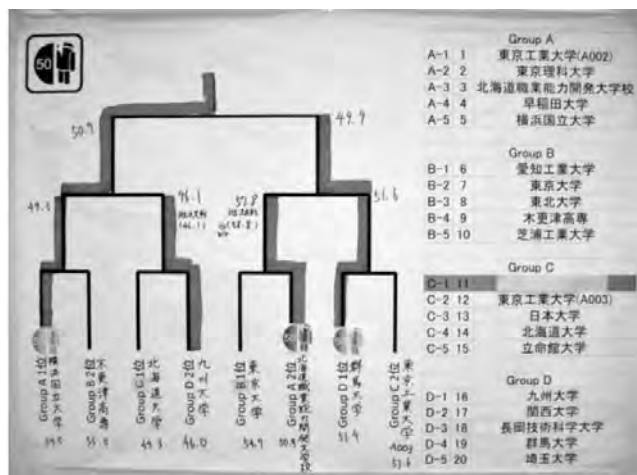
試験順	チームNo.	チーム	レギュレーション	受付開始時刻	終了時刻	試験開始	競技結果
1	A002	東京工業大学		11:00	11:15	11:30	73.7
2	A017	東京理科大学		11:15	11:30	11:45	62.5
3	N001	北海道職業能力開発大学校		11:30	11:45	12:00	62.5 (予選)
4	A006	早稲田大学		11:45	12:00	12:15	84.7 (予選)
5	A011	横浜国立大学		12:00	12:15	12:30	69.2 (予選)
6	N003	愛知工業大学		12:15	12:30	12:45	88.6 (予選)
7	A005	東京大学		12:30	12:45	13:00	62.5 (予選)
8	A012	東北大学		12:45	13:00	13:15	64.3 (予選)
9	A008	水戸大学		13:00	13:15	13:30	62.5 (予選)
10	A010	芝浦工業大学		13:15	13:30	13:45	72.7 (予選)
11	A014	東京工業大学		13:30	13:45	14:00	73.7 (予選)
12	A003	東京工業大学		13:45	14:00	14:15	62.5 (予選)
13	A001	日本大学		14:00	14:15	14:30	61.1 (予選)
14	N009	西武大学		14:15	14:30	14:45	61.1 (予選)
15	A013	立命館大学		14:30	14:45	15:00	65.4 (予選)
16	N002	九州大学		14:45	15:00	15:15	62.5 (予選)
17	A009	関西大学		15:00	15:15	15:30	65.4 (予選)
18	A004	長岡技術科学大学		15:15	15:30	15:45	62.5 (予選)
19	A007	三井大学		15:30	15:45	16:00	62.5 (予選)
20	A016	埼玉大学		15:45	16:00	16:15	62.5 (予選)

写真2 ニアピン部門の予選の結果

ターが数字を表示し始めた。10、20、30…と数値が上昇していく。 50 N/mm^2 にはまだまだ達しない段階であってどこまで上昇するのか、供試体の強度が高く、あっという間に 50 N/mm^2 を超えてしまうのではないかという不安から、とても緊張したことをよく覚えている。この緊張感は、日常生活の中ではなかなか味わえないものであった。モニターの数値が45を超えたあたりから数字が上昇する速度がゆるやかになり、数字が50を超えると早く止まってくれと願うばかりであった。‘結果は 51.6 N/mm^2 !’グループ1位で予選突破することができた。さらにこの結果は予選において全20チーム中1位の結果だった。競技前には勝てるイメージをあまり持っていなかったが、予選グループの中で一番の成績を収めることができたので、決勝トーナメントでもいい勝負ができるのではないかと思った。

4. 決勝トーナメント

決勝トーナメントは予選の翌日に行われた。決勝トーナメントからはルールが少し変更になった。決勝



写真—3 ニアピン部門の決勝トーナメントの結果



写真—4 決勝戦での競技結果

トーナメントでは50 N/mm²未満の結果は失格となるというものである。予選グループの結果から決勝トーナメント一回戦は東京工業大学との対戦となった。東京工業大学の予選の結果は56.8 N/mm²であったので可能性はあるかなと感じていたが、勝負の世界は何があるかわからないので油断はできなかった。結果は群馬大学が51.4 N/mm²、東京工業大学は53.6 N/mm²となり、群馬大学が勝利を収めた。これで準決勝進出となり非常に喜んでしたが、その一方で複雑な気持ちになった。

なぜなら準決勝と決勝の時間は研究発表するセッションの時間と重なり、競技に参加することができないからである。

準決勝の時間となった。自分の研究発表の準備をしているときに連絡が入り、決勝進出の知らせだった。非常に嬉しかったが自分自身も初の学会発表ということで非常に緊張しており、それどころではなかったことを覚えている。

自分の研究発表を終え、携帯を見ると連絡が入った。携帯の通知画面を見ると一枚の画像と‘ドラマ残しました’の一文であった。これだけを見てひょっとして



写真—5 ニアピン部門の結果発表



写真—6 キングオブコンクリートの入賞者の集合写真



写真—7 表彰後の記念撮影

優勝したのか…?!とも思ったが、優勝したなら直接的な表現を選ぶような気がしたので、どちらなのかわからなかった。その後の連絡を見て準優勝であることが分かった。結果は49.9 N/mm²であった。前述したとおり50 N/mm²未満は失格になるという規定から失格となった。対戦相手となった横浜国立大学も50.9 N/mm²という素晴らしい結果であった。しかしながら49.9 N/mm²という結果は競技全体を通して50



写真—8 準優勝の賞状

N/mm^2 に最も近く誤差が最少であった。ルールは規定されているものの $49.9 \text{ N}/\text{mm}^2$ という結果であったことから、悔しい気持ちは大きかった。後から競技の際の動画を見せてもらったが、チームメイトの会場の盛り上がりや結果が出たときの落胆の声や歓喜の声があった。

先輩曰く、会場が一番盛り上がった瞬間だったと…。結果を聞いたときは落ち込むほどの悔しさはなかったが、動画を見た後はかなり悔しい気持ちになった。同時に「競技に参加したかったな…」と強く思った。

5. 大会を振り返って

この大会に参加することができ、非常に良い経験ができた。この大会の事を教えてくださった先生、一緒に頑張った研究室の仲間には感謝している。さらにこの大会に参加することで、ほかの大学の人たちと知り合いになれた。普段は大学内の人たちとしか交流がないため、学会や他大学との交流はとても新鮮だった。

研究室に配属されてそれほど時間の経っていない自

分たちが、この大会に参加するためコンクリートの作製に本気で取り組んだ。配合の勉強、論文検索、圧縮実験の繰り返し、良い結果が出ない時の対応方法の検討など、初めての経験をたくさんすることができた。この経験のおかげで、卒業論文の実験をスムーズに行うことができた。

結果的には $49.9 \text{ N}/\text{mm}^2$ で準優勝となったが、 $50 \text{ N}/\text{mm}^2$ までの誤差は全チーム中最少であった。ルールなので仕方がないが非常に悔しい結果だった。一方、競技では3部門（曲げ靱性、最高強度、ニアピン）全てに参加しているチームがあった。特に、曲げ靱性部門とニアピン部門は同じコンクリートの配合で競技を行う必要があった。それに比べて、本研究室はニアピン部門のみに参加したため、全部門に参加したチームに比べると制限が少なく比較的精度の良いコンクリートを作ることができたと考える。一方、決勝で対戦した横浜国立大学は全部門に参加して、どの部門でも上位に入賞しており、素晴らしいなと感じた。見習う部分は多いと思う。ただ、大会前の準備期間にはこの結果を収めることができるとは思っていなかったの、胸を張ってもよいのではないかなと思う。今回の経験は、「目標に対して、どのような準備をしていけばよいのか…？」という問いに対してひとつの答えを与えてくれた。今後の研究や社会に出てからも重要なことではないかと考えている。この経験を糧に今後も頑張っていきたい。最後に、この大会に参加するにあたり、お世話になった関係者の皆様に謝意を表します。ありがとうございました。

JCM A

【筆者紹介】

鉄羅 健太（てつら けんた）
群馬大学 大学院 理工学府 理工学専攻
環境創生理工学教育プログラム1年
コンクリート工学研究室



ずいそう

富岡製糸場の世界遺産に思う

今井 幹夫



2014年5月、カタールのドーハで開催されたユネスコの世界遺産委員会において『富岡製糸場と絹産業遺産群』は世界文化遺産に記載された。特に富岡製糸場は産業としての製糸技術をフランスから早い時期に日本へ完全に移転し、わが国の製糸技術の革新を果たしたという顕著で普遍的な価値が認められたのである。事実、製糸器械等の機器類並びに首長ポール・ブリュナをはじめとする設計士・生糸検査人技師・女性の繰糸指導者（女性）及び医師等はすべて明治政府が雇い入れたフランス人であった。

当時、国内ではあまり類例のない木骨煉瓦造の大規模建造物群は、その後、三井家に払い下げられ、さらに原合名会社、片倉工業㈱の経営に引き継がれたが、創建当初の建造物群をほぼ完全に残しながら生糸一筋の生産活動が続けられた。この間、生糸の量産化、効率化を図るため繰糸機及び関連機械は常に最新式な機械を導入した。つまり経営主体が替わっても箱物は旧来のままで、中身は新陳代謝の繰り返しの経営方針が貫かれたのである。

しかし、1980年代になると、海外からの安価な絹製品の大量輸入や良質な化学繊維の普及等によって、わが国の輸出産業の首座を担ってきた製糸業は壊滅的な打撃を受け国内の製糸場は閉鎖され取り壊されていった。1987年3月、富岡製糸場もついに機能を停止し、通算115年間の生産活動が終息した。

しかし所有者の片倉工業㈱は当工場の歴史の重さを深く受け止め、「売らない・貸さない・壊さない」という社是のもとに完全な維持管理体制を続けた。ここで官営模範器械製糸場としての役割を以てスタートした富岡製糸場はすべての工程の設備を損なうことなく、停止時の姿のままで保存されたのである。

2003年8月、当時の小寺弘之知事は富岡製糸場を世界遺産にする研究プロジェクトを発表し、世界遺産準備室を新設した。この趣旨に賛同した片倉工業㈱は2005年に建物一切を富岡市に寄贈したのである。富岡市では世界遺産部を新設すると共に富岡製糸場総合研究センターを立ち上げて新たな調査研究をスタートさせた。

このような経過を振り返る中で筆者は深い因縁を感じる。1972年10月、富岡市は富岡製糸場の創業百年を記念して操業中の工場を借りて「近代産業発祥100

年祭」を実施し、創業以来の貴重な資料を集めて展覧会を開催した。当時、わが国はバブル経済の頂点にあり、また富岡製糸場は創業以来からの最高の生産量に達していた。まさに意気軒高の時であった。当時筆者は製糸場に近い小学校で教師であったので、児童を引率して創業時からの各種資料の展覧会を見て回った。この新事業が成功裏に終わったことから翌年には発展事業として製糸場に関する資料収集並びに資料集の編さん計画が策定され、その編さん担当として筆者が命を受けて教育委員会事務局に配属となった。根本資料集の編さんには4か年かかったが、資料総数700点、上下巻併せて2000ページ余の『富岡製糸場誌』が刊行された。今回の世界文化遺産を議する政府提出の推薦書には『富岡製糸場誌』が多く活用されたとのことである。この編さん事業が終わると、『富岡市史』の編さんが始まり筆者が編さん室長の命を受け、さらに膨大な資料を調査することができた。こうして全7巻に亘る『富岡市史』編さん事業を終了させ、筆者は小学校長として教育委員会事務局から転出した。以後、4校の小中学校の校長を歴任し1995年3月に定年退職した。同じ頃、富岡美術博物館兼福沢一郎記念美術館の開館が迫っていたため初代館長として着任し特に歴史資料の調査収蔵に努めた。

2007年4月、富岡製糸場の世界遺産登録を目指して世界遺産部が新設され、さらに富岡製糸場総合研究センターが置かれると筆者が初代の所長に任命されて現在に至っている。

因みに富岡市が近代産業発祥百年祭を実施した1972年はユネスコにおいて世界遺産条約が制定された年であり、その翌年度から『富岡製糸場誌』の編纂が始まったわけである。そして世界遺産登録を目指した世界遺産部が新設され、その組織内に富岡製糸場総合研究センターが設置されるに及び、さらなる資料の収集整理やその情報発信の役目を仰せつけられた。振り返ってみると、富岡製糸場の変化の節目々々に関わることで、尚且つ調査研究を深めることができた。この道程は筆者の人生の半分を超えていたのである。自分自身よく続いたものと改めて深く思うところである。

ずいそう

「仕事」と「癒やし」

有田衣里



□はじめに

歴代執筆の方々のような文面ではなく申し訳ありませんが、少しおつきあい下さい。

□仕事

「けんせつこまち」や「トラガール」など、土木建設業界や、今まで女性とはあまり結びつきのない業種での女性の活躍が目立っています。

女性も働きやすい職場環境など取り組みは進んでいますが、これまで男性が主である業種で女性が働くということはなかなか容易ではないと思います。

私も女性現場技術員として工事現場の管理補助業務を日々奔走・迷走？しながら毎日を送っています。

ある日、現場で打合せをし、事務所に帰って報告をした時のことです。

伝えたいことが伝わらずどんどん焦ってきて頭が真っ白になり、的確に答えられませんでした。理解していると思っていただけに、悔しい情けない気持ちでいっぱいでした。

しかし立ち止まっている時間はありません。しっかり！と自分に言い聞かせリベンジ。

緊張しながらもなんとか自分なりの説明をすることができました。もちろんこれで満足はしていませんが、改めて気が引き締まる思いでした。

熟練の人が言うならば、できて当たり前、そんな甘い世界でない！ それも十分承知ですが、マイペースに、いろんなことを経験しながら、少しずつでもパワーアップしていきたいです。

先輩方にいろいろ教わり理解出来た時や、点と点が結びついた時、私の頭の中の豆電球がピカッと光る、その瞬間が仕事の楽しさへと変わっていきます。

また「説明用にどうぞ」とわかりやすい資料を作ってくれる方もいて、本当に嬉しくありがたいと思い、また、やる気にも繋がります。

男性で心配りが細やかな人、女性で体力に自信があり豪快な人等労働環境にはいろいろな「個性」があります。

「自分らしさ」を大切にして、周りの方とコミュニケーションをとりながら、物づくりに携わっていきたいです。

そんな「毎日勉強！」「毎日修行！」と戒めて日々過ごしていますが、さきほどお話しした様に、なかなか思い通りにいかず悩み、心が折れ、忙しい毎日に疲れて元気をなくすこともあります。

それを癒やしてくれる3つの事をご紹介します。

□息子

まず1つ目は、工業高校土木専攻で勉強中の息子との会話です。息子と車で移動中に橋梁の現場が見えました。そこは以前息子が学校の現場見学で行ったところでした。

息子：「僕、エレベーターで上がらせてもらったけど、怖かった！ 高いところはムリ！」

私：「そうね。いくら慣れていると言っても作業する人は凄いやね〜」

息子：「でも、もうこんなに工事が進んでいる！ 早いね」

という会話や、「あれ、何作っているんだろう」とか、杭打ち作業をしているところでは、「すごい機械だね」など話しました。（後で先輩にその機械を「ダウンザホールハンマ」だと教えてもらいました）少しでもその現場のことを知れば気になるし、出来上がっていくのを見ていたら楽しいねと話したことでした。

今年受験生の息子とあれこれ会話をする事は楽しいだけでなく、「よし！ 私もっと頑張らないと！」と励みになります。

□ママ友

2つ目。私には息子が2人おり、2人とも小学1年生からサッカーを続けている関係で数年来のママ友がいます。

試合の時はもちろん、それ以外でもたびたび集まって「夜の部」でも大騒ぎします。

遠征に応援に行っては、ご当地おすすめ料理やスイーツ店めぐり。どちらが本当の目的なのか判らない時もあります。



子ども達にも手がかからなくなったので、今年は温泉1泊旅行の計画を立てています。そしてその計画の為にまた集合です。

補足ですが、「高知の女性は酒豪のはちきん！」とよく言われますが、それはあくまで「うわさ」です。

□茶道

そして3つ目。(これは最近新たに私の癒やし・リフレッシュに加わりました。)

昨年末、インターネットを見ていたら、茶道についての事柄が目に残りました。

以前華道は習っていたのですが、茶道には全く興味がありませんでした。しかし不思議とこの時「茶道」という文字に惹かれました。戦国時代にお茶を好み時間を大切にしたり利休や戦国武将の事を想像すると長い年月親しまれてきた茶道に興味がわきました。茶道はとても奥が深く、一期一会のおもてなしの作法など、私はみるみる茶道の世界に引き込まれました。

(これは習っておくべき！)とすぐに茶道教室に入門しました。

華道とは違い、道具や所作等覚えることがたくさんあり、物覚えがますます悪くなっている私は少々パニック気味になりましたが、先生や他のお弟子さんの流れるような美しい所作を見ると、気持ちが安らぎま



す。(私もこんな風になりたいな〜)と思い、焦らず地道に身につけて行こうと思いました。

まだ始めて間もない茶道ですが、よい点は「美味しいお茶とお菓子が頂ける♪」ことはいまでもありませんが、それに加え、茶室の構え(道具)・掛け軸・花・お菓子にいたるまで、季節に合わせたものを用意し、そこで四季を感じ、バタバタと慌ただしい日常から離れ「静」「癒」「凜」の時間を堪能出来ることです。

私のめざす「お点前」には、まだまだ道のりは長そうですが、楽しみながら上達していきたいと思っています。

最近テレビで知ったのですが「野点(のだて)」と言って堅苦しくないピクニック感覚のお茶の楽しみ方もあるようです。

みなさまも機会がありましたら、是非お茶を一服いかがでしょうか。

一人前の「けんせつこまち」になるためにはこれからも山あり谷ありだと思いますが、「ON」と「OFF」の切り替えをして、充実した毎日を送っていきたいです。

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—

佐藤 充弘・稲葉 友喜人

1. はじめに

建設施工における地球温暖化対策は、機械の燃料等エネルギー消費に係る対策と資材に係る対策が主要なものとなる¹⁾。

建設機械が消費する燃料の削減を図るためには、機械本体の燃料消費量を低減する方法と施工方法（運転方法を含む）を改善すること（以下、「省エネ施工」とする）で燃料消費量を削減する方法がある。

前者については2013年3月「燃費基準達成建設機械認定制度」（国土交通省）の制定（2014年6月改正）により図—1に示す土工主要機種対策が図られた。

一方、後者の省エネ施工については、一部企業で取り組まれているが普及には至っていない。省エネ施工が普及に至っていない原因の一つに、削減効果が特定の機械のものであったり、定性的であったりして、現場の機械に適用しにくいことが推察される。

そこで、省エネ施工の取り組みの進展を図るため、建設機械を代表する油圧ショベルについて、その代表的な省エネ施工の燃費削減効果を明確にすることを目的に検証試験を実施した。

本稿は、上記検証試験の結果として試験車の全てに効果が確認された4種類の省エネ施工を報告するもの

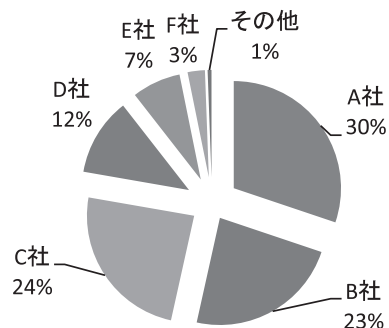
で、検証試験は主に「平成26年度 建設機械施工における低炭素化・低燃費化技術に関する調査検討業務」（発注者：国土交通省 総合政策局，受注者：（一社）日本建設機械施工協会）によるものである。

2. 試験油圧ショベル

試験油圧ショベルは、油圧ショベルを代表するバケット山積容量0.8m³（排出ガス2006年規制）とし、図—2に示す販売シェア上位4社各1台とした。上位4社の総販売シェアは約9割に達する。

0.8m³クラスは、各土木工事での使用頻度が高く、検証結果の適用性は高いものと考えられる。

0.8m³クラス油圧ショベル各社販売率



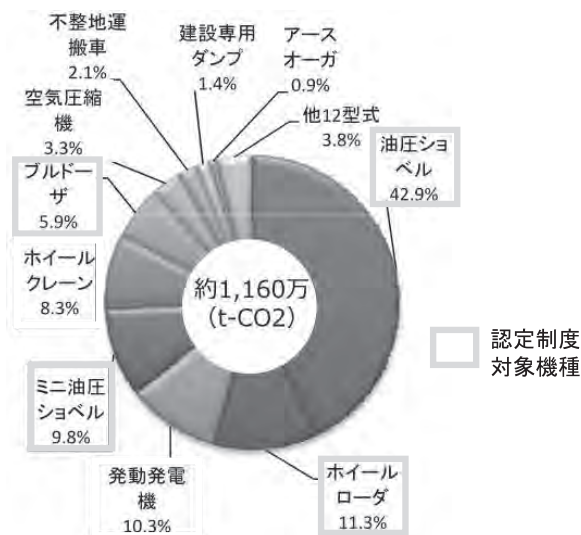
図—2 0.8m³クラス国内販売シェア（1998～2005年度）

3. 検証した省エネ施工と試験方法

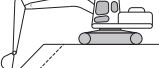
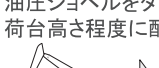
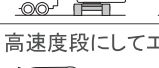
図—3に示すように、油圧ショベルの主要動作である掘削→旋回→排土→旋回（戻り）を1サイクルとして、掘削方法、旋回角度、積込み高さに対する省エネ施工について検証した。また、走行方法に対する省エネ施工についても検証した。

（1）掘削に関する検証試験

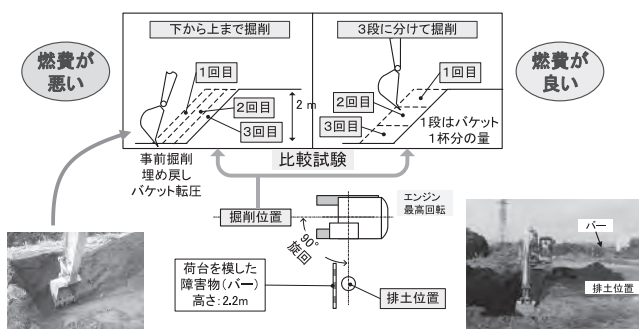
掘削に関する省エネ施工の一つに“深掘りするとき、何段かに分けて掘削する方が効率的”³⁾とされている方法がある。この方法の効果を確認するため、図—4に示す比較試験を行った。



図—1 機種別CO₂寄与率²⁾と認定制度対象機種

分類	試験方法	燃費の良い動作 ³⁾
① 掘削方法	サイクル 掘削	深掘りするときは、何段かに分けて掘削 
② 旋回角度	旋回 ↓ 排土	旋回角度は、できるだけ小さく 
③ 積み込み高さ	↓ 旋回(戻り)	油圧ショベルをダンプトラックの荷台高さ程度に配置して積み込み 
④ 走行方法	走行	高速度段にしてエンジン回転を抑える 

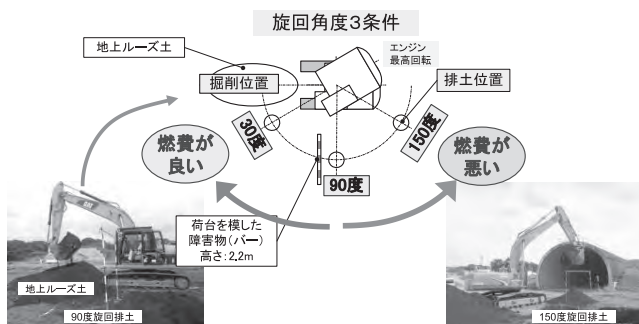
図—3 検証した省エネ施工



図—4 掘削方法に関する検証試験方法

(2) 旋回に関する検証試験

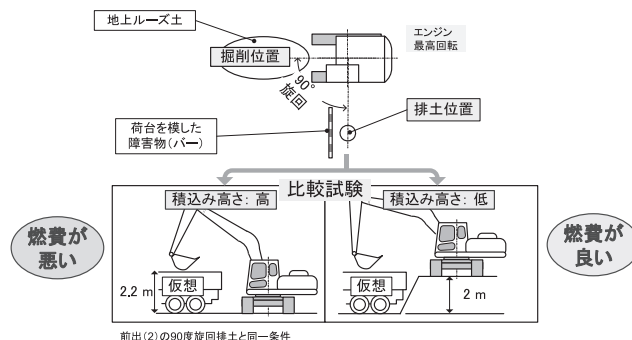
旋回に関する省エネ施工として“ダンプトラックは、油圧ショベルの旋回角度ができるだけ小さくなるように配置する”³⁾とされている。旋回角度の燃費への影響を確認するため、図—5に示す3条件で試験を行った。



図—5 旋回に関する検証試験方法

(3) 積み込みに関する検証試験

積み込みに関する省エネ施工として“ベンチカット工法等では、掘削切羽の高さをダンプトラックの荷台高さ程度に設定して上段から積み込む”³⁾とされている

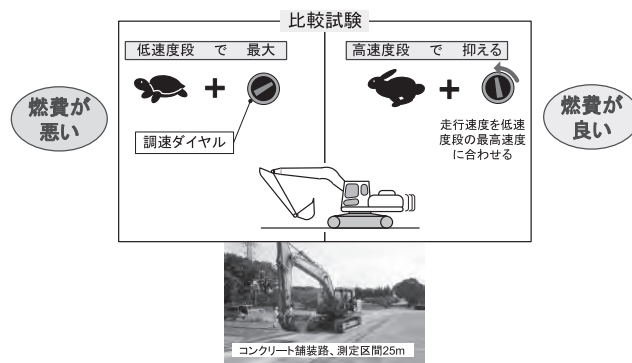


図—6 積み込みに関する検証試験方法

方法がある。この方法の効果を確認するため、図—6に示す比較試験を行った。

(4) 走行に関する検証試験

走行に関する省エネ施工として“待機場から作業場所への移動など、長距離走行を行う場合は、走行変速段を高速段にして、エンジン回転を抑える”³⁾とされている方法がある。この方法の効果を確認するため、図—7に示す比較試験を行った。



図—7 走行に関する検証試験方法

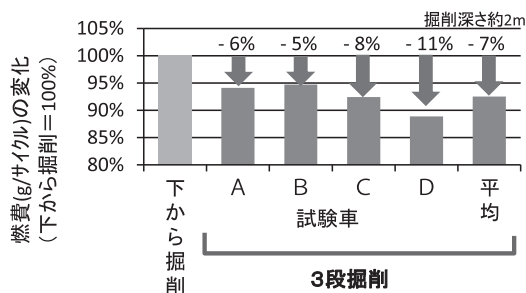
4. 検証結果

省エネ効果の評価は、同じ仕事量を処理したときの消費量で行うのが適当である。現場では土量当たり消費量で評価するのが現実的であるが、掘削土量は土の密度や固さなどの変動要素を含むので評価尺度として適当ではない。そのため、掘削積み込み作業についてはサイクル当たり消費量 (g/サイクル) で評価した。サイクル当たり消費量は、バケットに入る土量を一定と見なした仕事量当たり消費量に相当する。走行については走行距離当たり消費量 (g/m) とした。

(1) 掘削手順の改善による省エネ効果

(a) 試験結果

深さ2mを掘削した事例として、3段に分けて掘削



図—8 掘削方法の改善による省エネ効果

した場合、下から上まで掘削した場合と比較して平均7%燃費(g/サイクル)が削減した(図—8)。

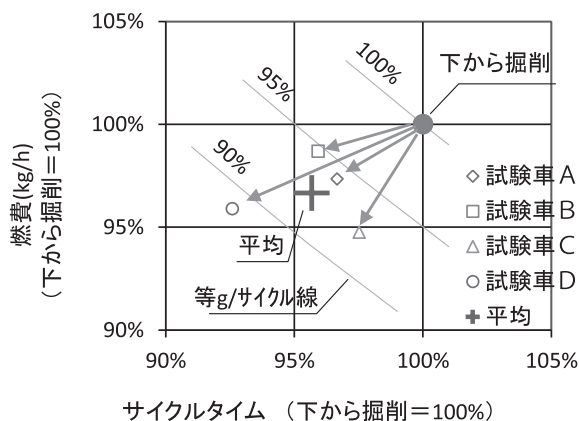
(b) 省エネ効果の分析

燃費の評価に用いたサイクル当たり消費量は、値が小さくなる要素として次の2項目があり、これらの積がサイクル当たり消費量になる。

- ・時間当たり消費量(g/s)の減少
- ・サイクルタイム(s/サイクル)の短縮

サイクル当たり消費量が小さくなる現象の中には、時間当たり消費量の減少が大きければサイクルタイムが延びている場合もある。サイクルタイムの延びは、工事においては施工能力の低下に繋がることから、サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は図—9に示すとおりであり、サイクル当たり消費量がサイクルタイムの短縮と時間当たり消費量の減少の両方で削減していることが分かる。



図—9 掘削方法の改善による省エネ効果の分析

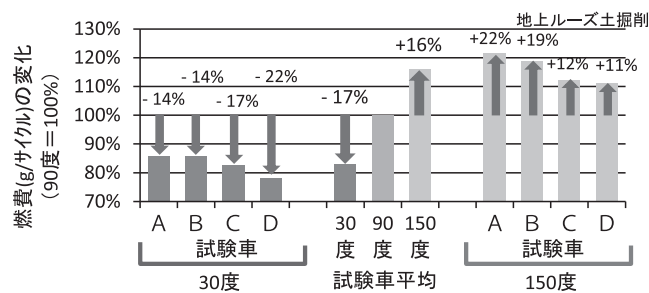
(2) 旋回角度を小さくしたときの省エネ効果

(a) 試験結果

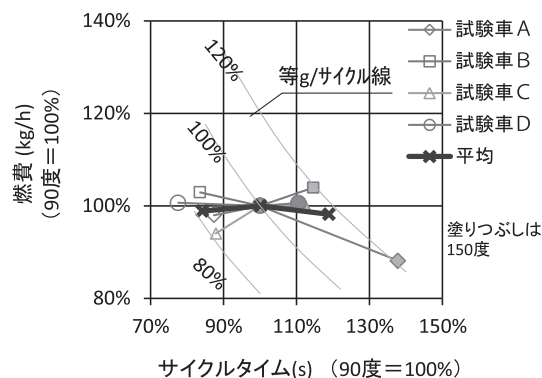
30度旋回の場合、90度旋回と比較して平均17%燃費(g/サイクル)が削減し、150度旋回の場合、90度旋回と比較して平均16%燃費(g/サイクル)が増加した(図—10)。

(b) 省エネ効果の分析

掘削手順の改善による省エネ効果と同様、サイクル



図—10 旋回角度を小さくしたときの省エネ効果



図—11 旋回角度を小さくしたときの省エネ効果の分析

当たり消費量(g/サイクル)の変化の内訳として、サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は図—11に示すとおりであり、大まかに見ると、試験車に関わらずサイクルタイムの変化が大きく、時間当たり消費量の変化は小さい。したがって、旋回角度の変化がサイクル当たり消費量に与える影響は、サイクルタイムの変化が支配的であることが分かる。

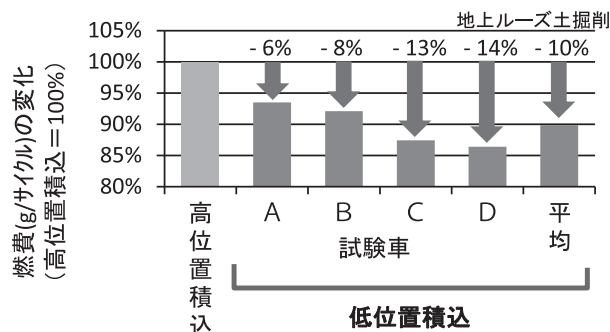
(3) 積み高さを低くしたときの省エネ効果

(a) 試験結果

油圧ショベルをダンプトラックの荷台高さ程度に配置して積み高さを低くした場合、ダンプトラックを油圧ショベルと同一面に配置したときと比較して平均10%燃費(g/サイクル)が削減した(図—12)。

(b) 省エネ効果の分析

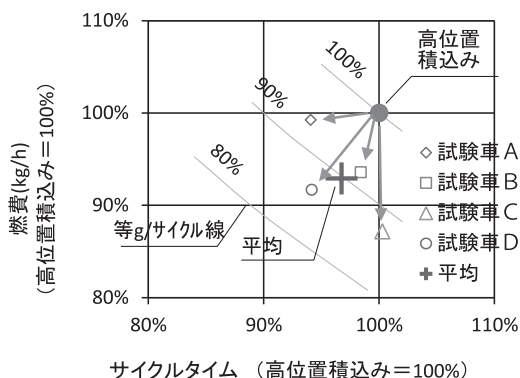
掘削手順の改善による省エネ効果と同様、サイクル



図—12 積み高さを低くしたときの省エネ効果

当たり消費量 (g/サイクル) の変化の内訳として、サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は図—13に示すとおりであり、積み込み高さを低くした場合のサイクル当たり消費量の減少の内訳は、サイクルタイムの短縮が効いている試験車 (A)、時間当たり消費量の減少が効いている試験車 (C)、および両方が効いている試験車 (B,D) があり、試験車で異なることが分かった。

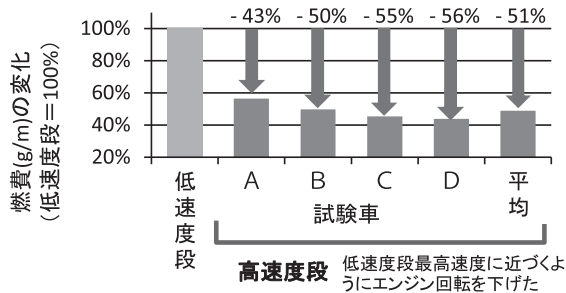


図—13 積み込み高さを低くしたときの省エネ効果の分析

(4) 高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果

(a) 試験結果

高速度段にして低速度段の最高速度までエンジン回転を抑えた場合、低速度段最高速度で走行したときと比較して平均 51 % 燃費 (g/m) が削減した (図—14)。



図—14 高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果

(b) 省エネ効果の分析

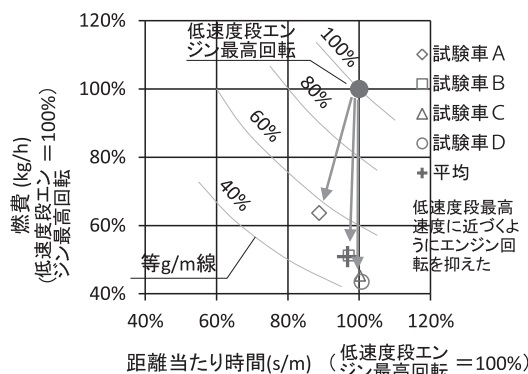
燃費の評価に用いた距離当たり消費量は、値が小さくなる要素として次の2項目があり、これらの積が距離当たり消費量になる。

- ・時間当たり消費量 (g/s) の減少
- ・距離当たり走行時間 (s/m) の短縮 (速度の増加)

走行方法の比較は、走行速度が合うように試験したものであるが、エンジン調整ダイヤルのステップの関係で必ずしも走行速度が一致していないため、その影

響を調べた。

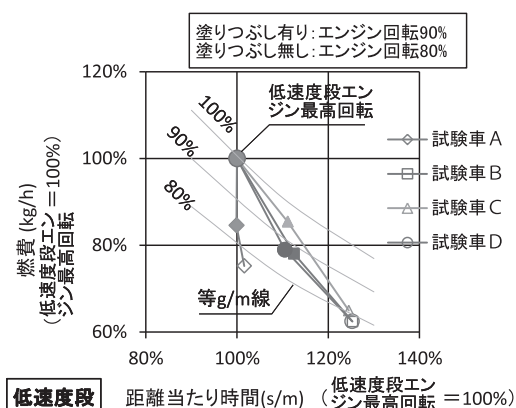
結果は図—15に示すとおりであり、試験車 (A) に走行速度の設定誤差が見られるが、時間当たり消費量の大幅な減少に比べて十分に小さいことが分かる。



図—15 高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果の分析

(c) 低速度段でエンジン回転を抑えた場合の変化

作業中の走行は、低速度段の使用が多いことから、低速度段でエンジン回転を 90 % と 80 % に下げた条件を追加して燃費の変化を調べた (図—16)。



図—16 低速度段でエンジン回転を抑えたときの変化

エンジン回転を 80 % まで抑えて走行したときの走行距離当たり消費量は、全ての試験車で 20 % 程度の削減効果が確認された。試験車 (A) については、走行速度を落とさずに時間当たり消費量を下げる制御を行っていた。

5. おわりに

今回の検証試験は排出ガス後処理装置の装着を要さない排出ガス 2006 年規制車 (3 次基準車) で実施したものであるが、2 次基準車と 3 次基準車の燃費差は小さい⁴⁾ ことから、2 次基準車に適用しても大きな違いは生じないと推察される。したがって、今回確認し

た削減効果は、多くの現場に対して省エネ施工の取り組みを推進するための資料として有用な成果と考える。

しかし、今後は燃費基準達成建設機械認定制度で認定された低燃費の排出ガス 2014 年規制車の普及が進むと予想される。認定車は、大幅な燃費低減を達成するためにこれまでの制御方法などを見直す可能性もあり、今回確認した削減効果が適用できない可能性があることから、排出ガス 2014 年規制車の普及を待って見極める必要があると考える。

JCMIA

《参考文献》

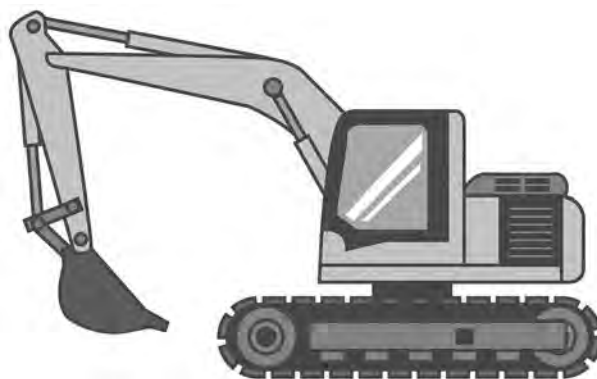
- 1) (社)日本建設機械化協会：地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル，pp.6，2003 年 6 月
- 2) 国土交通省：平成 24 年度 建設施工の地球温暖化対策検討分科会 配布資料，pp.20，2013 年 2 月
- 3) (社)日本建設機械化協会：地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル，pp.9～15，2003 年 6 月
- 4) 稲葉，前羽，佐藤：実作業燃費との比較による JCMAS 油圧ショベル燃費試験規格の検証，平成 23 年度建設施工と建設機械シンポジウム 論文集・梗概集，pp.132，2015 年 11 月

【筆者紹介】

佐藤 充弘（さとう みつひろ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
上席研究員



稲葉 友喜人（いなば ゆきと）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
主席研究員



部 会 報 告

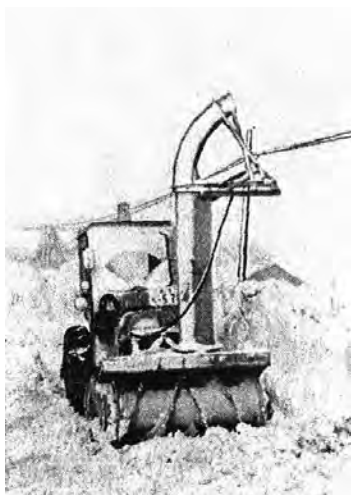
除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）

機械部会 除雪機械技術委員会

7-2-2 小型除雪車

(1) 昭和 40 年代

昭和 43 年，北海道開発局は，2 ステージの小型除雪車（日熊工機(株)のロモート S31A など）を導入した。

写真 7-25 20PS 級小形除雪車 北海道開発局 昭和 43 年¹⁾写真 7-27 小形除雪車 NR311 (株新潟鐵工所^(注3)，北陸地建 昭和 43 年写真 7-28 小形ロータリ除雪機 SC81 プロア式ワンステージ，
(株)日本除雪機製作所 昭和 44 年頃写真 7-26 小形除雪車 ロモート S31A 40 PS 北海道開発局，
日熊工機(株) 昭和 43 年

昭和 44 年，新潟鐵工所^(注3)は，国交省（旧建設省）の要請により，歩道用除雪車 NR311（カッタ形ワンステージ，除雪幅 1.3 m，80 PS）を開発した。

昭和 44 年頃，(株)日本除雪機製作所は，主に農道用除雪車として 50～60 PS クラスの農用トラクターに装着するため，プロア形除雪装置 SC81 およびツーステージ形除雪装置 SC50 を開発した。

本格的な歩道除雪車への要求に応えるため，昭和 44 年，(株)日本除雪機製作所は，北海道開発局の指導のもと，歩道用小形除雪車 MR12（スクリュウ形オー

ガ式ツーステージ，130 PS，除雪幅 1.46 m）を開発した。これには，ロータリ除雪車として世界初のセンターピンステアリング方式が採用された。また，走行動力系に無段階変速が可能な HST（Hydro Static Transmission）方式を採用し，除雪装置は，チップバック，チルト機構付きであった。

写真 7-29 ロータリ除雪車 MR12 北海道開発局，
(株)日本除雪機製作所 昭和 44 年

昭和 46 年，(株)新潟鐵工所^(注3)は，除雪能力，機動性能を向上させた小形除雪車 NR421（ツーステージ，

除雪幅 1.5 m, 133 PS) を開発した。これは、初めての車体屈折型ステアリングであり、走行駆動方式に HST を採用した。



写真 7-30 小形除雪車 NR421 (株新潟鐵工所^(注3) 昭和 46 年²⁾)

昭和 47 年、北海道開発局が(株)日本除雪機製作所と共同で MR12 のモデルチェンジである小形除雪車 MR120 (リボンスクリュー形オーガ式ツーステージ、除雪幅 1.60 m) を製作した。

これは、130 PS の強力なエンジンを有し、車体屈折式で、除雪装置はチップバックおよびチルト可能であった。また、シュートを中空構造にして、視界を改良したモデルもあった。



写真 7-31 小形除雪車 MR120 (株)日本除雪機製作所 昭和 44 年



写真 7-32 小形除雪車 (ブレード装置装着) MR120 (株)日本除雪機製作所 昭和 44 年

開発農機(株)が、昭和 48 年に小形除雪車 HK60B を、翌年、HK60 (改良型) を製作した。



写真 7-33 小形除雪車 HK60 開発農機(株) 昭和 49 年

(2) 昭和 50 年代

昭和 51 年、北海道開発局は、(株)日本除雪機製作所と共同で HST 併用、ゴム履带式小形除雪車 KBR80 (ツーステージ、80 PS (ガソリンエンジン)、除雪幅 1.50 m) を開発した。

これは、新雪除雪ではブレード、拡幅除雪ではロータリをワンタッチで付け替えて使用するマルチ小形ロータリ除雪車であって、足廻りはゴム履帯、走行駆動系は HST (油圧式) 式と機械式併用形、機関はガソリンエンジンを採用し、履帯により強力な牽引力を得た。また、アングリングブレードを装着して使用することもできた。



写真 7-34 小形除雪車 (ロータリ装置装着) KBR80 北海道開発局, (株)日本除雪機製作所 昭和 51 年



写真 7-35 小形除雪車 (ブレード装置装着) KBR80 北海道開発局, (株)日本除雪機製作所 昭和 51 年

昭和 53 年、開発農機(株)^(注9) は、小型除雪車 HK60P (作業用ディーゼルエンジン 50 PS, 走行用ディーゼルエンジン 60 PS, 作業幅 1.5 m) を製作した。これは、

昭和 50 年から製作していた HK-60 型（排土板装着）にツーステージロータリ装置を取り付けたものである。

操行方式は信地旋回式で主に歩道除雪用として使用された。



写真 7-36 小形除雪車 HK-60P 開発農機株式会社^(注9) 昭和 53 年



写真 7-37 小形除雪車 NR321 (株新潟鐵工所)^(注3) 昭和 55 年³⁾

昭和 54 年、(株新潟鐵工所)^(注3) は、除雪作業時の安定性を向上させた、後輪履带式小形除雪車 NR321（ツーステージ、除雪幅 1.3 m, 68 PS, 半装軌車体屈折式（前軸：車輪、後部：ゴム履帯）を開発した。



写真 7-38 小形除雪車 NR321 (株新潟鐵工所)^(注3) 昭和 54 年

昭和 55 年、旧建設省北陸地方建設局は、サイドバケット式除雪機（本体は小型トラクタショベル）を開発した。

昭和 56 年、開発農機株式会社^(注9) が小形除雪車 HK130（車体屈折式、作業用ディーゼルエンジン 75 PS, 走行用ディーゼルエンジン 50 PS, 作業幅 1.35 m および 1.5 m）を製作した。これは、操行方式にセンターピン方式を採用し、主に歩道除雪に使用された。



写真 7-39 小形除雪車（サイドバケット式）北陸地方建設局 昭和 55 年



写真 7-40 小形除雪車 HK-130 開発農機株式会社^(注9) 昭和 56 年

同年、旧建設省東北地方建設局は、(株新潟鐵工所)^(注3) と共同で小形除雪車 SC- 11（搭乗式、1 ステージ、クローラ式）を開発した。



写真 7-41 小形除雪車 SC-11 東北地方建設局, (株新潟鐵工所)^(注3) 昭和 56 年³⁾

同年、(株日本除雪機製作所) が小型除雪車 HTR80（ホイール式、ツーステージ、75 PS, 除雪幅 1.50 m（総輪ダブルタイヤ）、除雪幅 1.30 m（総輪シングルタイヤ）を開発した。これは、ロータリ除雪装置以外のアタッチメントを装着可能で、クローラ式をタイヤ式に変更したものである。アングリングブレード装着する場合は、除雪幅 1.50 m であった。

昭和 56 年、(株新潟鐵工所)^(注3) は、小形除雪車 NR231（ゴム履带式、カッタ形ワンステージ、除雪幅 1.0 m, 38 PS）を製作した。これは、クローラ式ハンドガイド除雪機をベースとし、小形特殊の免許で運転可能だった。



写真 7-42 小形除雪車（ロータリ装置装着） HTR80
(株)日本除雪機製作所 昭和 56 年



写真 7-43 小形除雪車（ブレード装置装着） HTR80
(株)日本除雪機製作所 昭和 56 年

昭和 57 年，日本フレキ工業(株)は，小型除雪車 HLS-1 を製作した。



写真 7-44 小形除雪車 HLS-1 日本フレキ工業(株) 昭和 57 年^③



写真 7-45 小形除雪車 NR231 (株)新潟鐵工所^(注3) 昭和 56 年^②

同年，(株)新潟鐵工所^(注3)は，小形除雪車 NR421B を製作した。これは，シュート全旋回伸縮式で，走行方式はパワーシフトミッションであった。

同年，(株)日本除雪機製作所は，小形除雪機 KBR81

(ツーステージ，除雪幅 1.50 m，ゴム履帯) を製作した。これは，走行駆動系を HST（油圧式）のみの一系統へ簡素化し，また走行履帯装置，懸架装置，ブレーキ，操縦装置の改良を行ったものである。アングリングブレードを装着する場合は，除雪幅 1.50 m であった。



写真 7-46 小形除雪車（ロータリ装置装着） KBR81
(株)日本除雪機製作所 昭和 57 年



写真 7-47 小形除雪車（ブレード装置装着） KBR81
(株)日本除雪機製作所 昭和 57 年

昭和 58 年，(株)日本除雪機製作所はロータリ除雪車 MR120 をモデルチェンジし，出力，除雪量，居住性を向上させた HTR140（ツーステージ，135 PS，除雪幅 1.50 m および 1.80 m）を開発した。これは，夏季作業への活用を図るため草刈り装置を装着可能な構造であった。



写真 7-48 小形除雪車（ロータリ装置装着） HTR140
(株)日本除雪機製作所 昭和 58 年

昭和 59 年，(株)新潟鐵工所は，NR231 の後継機として，ツーステージ型 NR241（除雪幅 1.0 m，38 PS）を開発した。

写真 7-49 小形除雪車 NR241 (株新潟鐵工所^(注3) 昭和 59 年

同年, (株新潟鐵工所^(注3)) は, NR421 の後継機として, 最高速度を 40 km/h に上げた小形除雪車 NR423 (ツーステージ, 除雪幅 1.5 m, 135 PS) を開発した。

写真 7-50 小形除雪車 スライダー付 NR423
(株新潟鐵工所^(注3) 昭和 59 年

同年, ヤンマー農機(株)は, 小形除雪車 YSR420 を製作した。

写真 7-51 小形除雪車 YSR420 ヤンマー農機(株) 昭和 59 年⁽³⁾

(3) 昭和 60 年代

昭和 61 年, (株)日本除雪機製作所は, 6 輪駆動, 世界初の 2 軸タンデム方式小形ロータリ除雪車 KBR100 (ツーステージ, 100 PS, 除雪幅 1.5 m) を製作した。これは, KBR81 形小形除雪車をモデルチェンジし, エンジン是他機と同様なディーゼルエンジン, またフロント 2 軸タンデムで 4 輪タイヤ, リヤアクスルはノンスピンドルフを装備した 1 軸であった。アングリングブレード装着する場合は, 除雪幅 1.50 m であった。

写真 7-52 小形除雪車 HTR-81 (株)日本除雪機製作所 昭和 62 年⁽²⁾写真 7-53 小形除雪車 (ロータリ装置装着) KBR100
(株)日本除雪機製作所 昭和 61 年写真 7-54 小形除雪車 (ブレード装置装着) KBR100
(株)日本除雪機製作所 昭和 61 年

昭和 62 年, (株)日本除雪機製作所は, HTR80 をモデルチェンジし, エンジン出力を 75 PS より 86 PS に, 走行速度を 32 km/h より 40 km/h にアップした小形除雪車 HTR81 (ツーステージ, 除雪幅 1.35 m および 1.50 m) を製作した。

同年, (株)新潟鐵工所^(注3) は, NR423 の小形版として, 小形除雪車 NR322 (ツーステージ, 除雪幅 1.3 m, 85

写真 7-55 小形除雪車 (ロータリ装置装着) HTR81
(株)日本除雪機製作所 昭和 61 年



写真 7-56 小形除雪車 NR322 (株新潟鐵工所^(注3)) 昭和 62 年

PS) を製作した。

昭和 63 年, (株)日本除雪機製作所は, HTR140 をモデルチェンジし, 除雪性能, 最高速度を向上し, また走行速度制御操作を従来のレバー式からペダル式にした小形除雪車 HTR141 (ツーステージ, 135 PS, 除雪幅 1.50 m および 1.80 m) を開発した。これは, 平成 2 年度に, 履带式に代わる車輪式小形除雪車として初めて旧建設省東北地方建設局に導入された。



写真 7-57 小形除雪車 (ロータリ装置装着) HTR141
(株)日本除雪機製作所 昭和 63 年

同年, (株)新潟鐵工所^(注3) は, 除雪装置に HST を採用し, 全油圧駆動の小形除雪車 NR222 (1.0 m 級, 40 PS, 4 輪ホイール式) を製作した。



写真 7-58 小形除雪車 NR222 (株新潟鐵工所^(注3)) 昭和 63 年

J C M A

注 3: 現新潟トランス(株)

注 9: 現開発工建(株)

《参考文献》

- 1) 北海道開発局における除雪機の変遷 昭和 55 年 3 月 編集発行
北海道開発局建設機械工作所
- 2) 道路除雪 30 年史 平成 3 年 3 月 30 日 編集 建設省東北地方建設局
道路部道路管理課・機械課 発行 社団法人東北建設協会
- 3) 除雪機械の歴史 平成 3 年 3 月 監修 建設省北陸地方建設局 発行
社団法人日本建設機械化協会北陸支部

支部報告

古川工業高等学校の情報化施工セミナー

三浦 克洋

1. はじめに

(1) 宮城県古川工業高等学校

本校は、今年度創立 82 年を迎え、「友愛 (F)、誠実 (T)、勇気・健康 (H)」を校訓とし、教育目標には「文武両道、質実剛健、そして社会に貢献できる志をもった工業人の育成」を掲げ、地域防災への協力も含め、まさに歴史と伝統を誇る工業高校として地域に信頼され魅力と活力ある学校づくりに取り組んでいる。現在、全日制課程には、土木情報科、建築科、電気電子科、機械科、化学技術科の 5 学科 18 クラス、定時制課程には、電気科、機械科 2 学科 8 クラスを設置しており、在籍数も全日制課程 712 名、定時制課程 33 名（平成 28 年 4 月 8 日現在）と宮城県内でも大規模な工業高校である。

各学科ともに地域との連携を密に図りながら、生徒の個に応じた教育活動や、工業に関する専門的な知識や技能の習得に努め、スペシャリストを目指し積極的・意欲的に高度な資格取得に挑戦するなど、様々な特色ある取り組みを行っている。

本校の進路状況については、早期から、就職・進学ともに、継続した志教育や進路指導を行い、将来を見据えた工業教育を徹底していることで、例年、ほぼ全員の生徒が希望する進路を 100% 達成している。

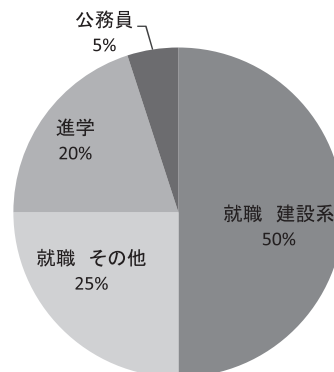
また、本校では、充実した工業の教育活動とともに、課外活動にも力を入れており生徒会活動や部活動が大変活発で、PTA や同窓会等の強力な支援体制のもと、宮城県内でも各分野で上位の成績を収め、東北大会、全国大会、インターハイに出場している。

(2) 土木情報科

本科では、土木に関する基礎的・基本的な知識と技術を学ぶとともに、情報に関しては、アプリケーションの活用、CAD の学習など情動的技術も習得させ、土木技術に関する諸課題を主体的に解決する能力と実践的態度を育成している。

卒業生は、官公庁や建設関連会社で土木技術者として各地で活躍している。

今年度 3 年生の進路希望は下図の通りである。



図一 今年度 3 年生の進路希望一覽

(3) 情報化施工とは

情報化施工とは、建設事業における「施工」において、情報通信技術 (ICT) の活用により、各プロセスから得られる電子情報をやりとりして高効率・高精度な施工が実現できる。施工で得られる電子情報を施工後の維持管理等に活用することによって、建設生産プロセス全体（調査、設計、施工、監督・検査、維持管理）における生産性の向上や品質の確保を図ることを目的としたシステムである。

現在、建設現場では汎地球測位航法衛星システム (GNSS) やトータルステーション (TS) などの高度な測位システムの導入が進み、測量や検査に使用されている。このような ICT と電子化された施工図などのデータを活用することによって、施工現場では測量などの計測作業の合理化、建設機械の自動制御やナビゲーションによる品質、精度の向上、丁張なしでの施工による施工効率の向上が期待できる。また、出来形管理においても施工中のデータを電子的に記録できることから、任意点での計測が容易となり、施工者の品質管理・帳票作成作業、発注者の監督・検査業務においても、効率化できることとなる。

(4) 情報化施工セミナー導入

平成 25 年度の入学生より高等学校等で新学習指導要領が導入された。

特に、職業教育に関する配慮すべき事項として、「キャリア教育を推進するために、地域や産業界等と連携を図り、産業現場等における長期間の実習を取り入れるなどの就業体験の機会を積極的に設けるとともに、地域や産業界等の人々の協力を積極的に得よう配慮するものとする」ことが明記された。

本科では、JCMA（一般社団法人日本建設機械施工協会、以下「JCMA」とする。）と連携を図り、3学年において、最新の情報化施工セミナーの講義を課題研究の施工班にて行った。

昨年度は、導入初年度ということもあり、課題研究施工班16名を対象に11月に2日間実施した。受講した生徒や教職員の感想、JCMA講師の方々からの助言を基に平成28年度からは、進路の一助となるよう本科3学年全員を対象に5月に2日間実施することとした。

(5) キャリア教育の必要性

キャリア教育とは「一人一人の社会的職業的自立に向け、必要な基盤となる能力や態度を育てることを通して、キャリア発達を促す教育」と中央教育審議会の答申で定義された。子ども・若者のキャリアの形成にとって重要なのは、自らの力で生き方を選択していくことができるよう必要な能力や態度を身に付けることである。

今回のセミナーでは情報化施工を通じて、キャリア教育の定義に基づき、学ぶ面白さや仲間との協同学習を経験することにより、社会的職業的自立に向け、必要な基盤となる能力や態度を身に付けさせる機会とした。

2. セミナー日程

1日目「座学」

タイトル：最新の建設施工技術（情報化施工）

時間：11：45～15：05

場所：本校土木情報科融合実習室

対象：土木情報科3年40名

内容：情報科施工の概要

道路建設事業の流れ

建設機械の自動制御技術

位置情報（測位座標）

情報化施工技術の方法

情報化施工導入の効果

情報化施工活用のための要求技術

講師：一般社団法人日本建設機械施工協会

情報化施工推進委員会

委員長 鈴木 勇治 様

2日目「実習」

タイトル：最新の建設施工技術（情報化施工）

時間：11：45～15：05

場所：本校中庭 グラウンド ピロティ

対象：土木情報科3年40名

内容：情報化施工

時間	1 班	2 班	3 班	4 班
11：45～	実習説明・建設機械の安全教育			
12：10～	TS 出来形管理		GNSS	2DMG
13：15～	TS 出来形管理		2DMG	GNSS
13：40～	GNSS	2DMG	TS 出来形管理	
14：15～	2DMG	GNSS	TS 出来形管理	
14：40～	UAV 写真測量			

講師：一般社団法人日本建設機械施工協会

情報化施工推進委員会

3. 情報化施工セミナー実施報告

(1) 情報化施工の概要と導入効果

「最新の建設施工技術（情報化施工）」というタイトルで本校の特別教室において、情報化施工の概要や導入した際の効果について学習した。



写真—1 授業の様子

情報化施工の概要や導入効果に関して、受講前に理解していると回答した生徒は若干名であったが、受講後は80%以上が理解できていた。

(2) TS出来形管理

出来形管理とは土木工事において施工されたものが、発注者の設計通りにできているかを管理するものである。

事前に現場データを入手してもらい、実習では単心曲線（道路）を設置する設定で、道路の中心点、端点のデータを取得したり、逆引照により損失した点を復元する方法などを学習した。



写真一 2 TS 出来形管理実習の様子

出来形管理写真は、二年次の現場実習で実施する企業もあり、理解している生徒も多い。生徒は、測量機器が現況を測るものという認識が強く、施工後における管理に用いることについてはあまり理解していない。また、本校で TS の使用は据付・観測・トラバース計算の基礎的な学習からするため、これまでの学習に比べ、TS による出来形管理が非常に効果的であり、容易に観測できるとの感想が多かった。

(3) 衛星測位システム (GNSS)

衛星測位システム (GNSS) とは、衛星からの電波を受信する測量機器 (自分) の位置座標を知ることができるものである。

実習では事前に原点を設置していただき、生徒は任意となる場所からナビゲーターを視ながら、原点がどこにあるのかを探し出す学習を行った。



写真一 3 衛星測位システム実習の様子

衛星測位システムについては、測量の教科で学習していることや、測量士補の資格試験に取り組んでいることから、他の分野に比べ、「聞いたことがある」と回答した生徒が多数見られた。GNSS の実習は初めてであったが、受講後に「十分理解できた」「理解できた」と回答した生徒が 90% 以上と多く、今回の実習成果が顕著に現れた。

(4) 二次元マシンガイダンス (2DMG)

マシンガイダンス (以下、「MG」という。) 技術とは、自動追尾式 TS や GNSS などの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステムである。

本校で所有する建設機械にブーム、アーム、バケットの傾斜を感知するスロープセンサやコントロールボックスなどの二次元ガイダンス装置を取り付けた。

実習では、バックホウの刃先をコントロールボックスの切土 (盛土) ラインに合わせて、作業装置を操作する学習を行った。



写真一 4 二次元マシンガイダンス実習の様子

実習前に重機を操作する上での安全講習や概要、操作の説明を受け、さらに体験することで理解を深めることができた。実際にモニターで、現在位置の切り出し位置や設計データに対するバケット位置の差分を視覚的にとらえることで、生徒にはより具体的で最もわかり易い内容であった。

(5) 無人航空機 (UAV) による写真測量

写真測量では、無人航空機 (UAV) を利用した測量の方法について学習した。UAV は、人が搭乗することなく飛行できる航空機であり、自律制御あるいは、地上からの遠隔操作によって飛行することができる。さらに UAV にデジタルカメラを搭載することで、写真測量に必要となる写真を空中から撮影することができる。

今回、事前に本校敷地の写真測量を行い、さらにグラウンドに道路を敷設する計画の図面を作成してもらった。



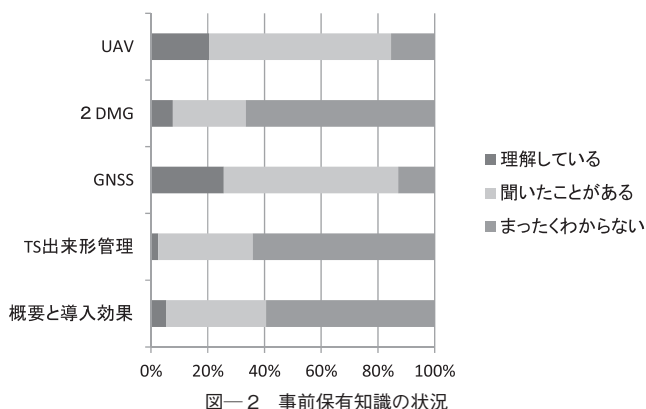
写真一 5 UAV 写真測量実習の様子

測量の授業において、写真測量はすでに学習している。写真測量における知識だけでなく、ドローンによるトラブルのニュースが話題になっていることから、多くの生徒が大変興味深く熱心に聞いていた。セミナーを受講する以前は、UAV は興味本位で使用すると思っていたものが、今回の学習でこのような活用

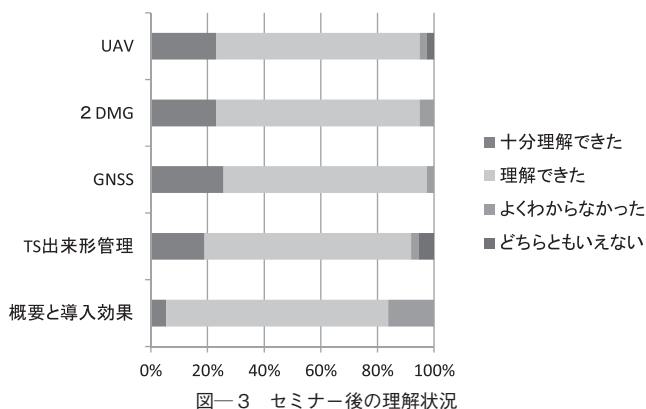
方法があると学んだ。

4. アンケート集計結果

今回、セミナーの受講前と受講後の理解度を調査した。



図一 2 事前保有知識の状況



図一 3 セミナー後の理解状況

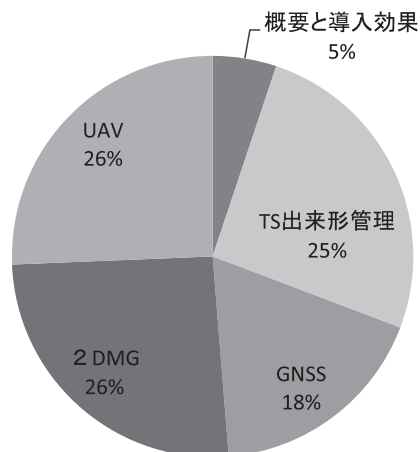
全体を通して、「TS 出来形管理」「衛星測位システム (GNSS)」「二次元マシンガイダンス (2DMG)」「UAV 写真測量」の 4 分野について、「理解していない」若しくは「聞いたことがある程度」と回答した生徒がほとんどだったが、実習受講後には 4 分野に関しても「充分理解できた」「理解できた」と回答する生徒が 90% 以上となった。

さらに、興味を持った内容についての回答は、図一 4 の通りである。

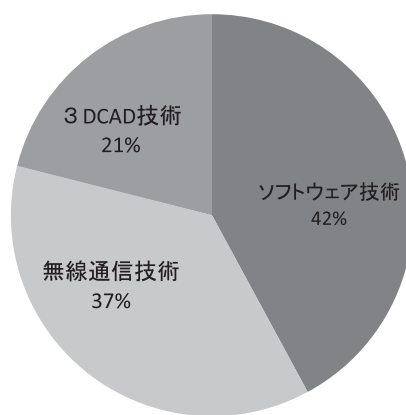
生徒の回答からは、どの分野においても大きく偏らず、バランスよく興味を持てたようである。

セミナー内で、情報化施工を活用するために要求される技術として、特にどんな知識が必要であるかの問いに対し、図一 5 のような回答を得た。

また、今後の建設業において情報化施工が必要であるかの質問に対し、受講したすべての生徒が必要であると回答している。



図一 4 今回の講義で興味を持った内容



図一 5 情報化施工を進める上で必要な知識

5. 情報化施工セミナーにおける課題

本校で使用している土木施工の教科書では、情報化施工に関する事項は、挿絵で 1 ページ記載されているだけで、その挿絵を用いて生徒に広い知識を提供していただかなければならない。新技術である情報化施工の大枠を捉えるものと考え、今回のセミナーを計画し実施した。

本校においては、一般的な土木に関して学習を進めているため、現場実習や課題研究を活用し最新技術を深く追究していくことを検討していかなければならない。

教員側も企業との連携を図り、授業へ発展できるように研修を行い、最新の技術や知識を習得していかなければならない。ICT の活用に関しては、土木施工だけでなく、どの業種においても必要であり、工業系教育でも今後の大きな課題である。

また、情報化施工を実施する上で、生徒は土木に関する基本的・基礎的な知識や技術の習得だけでなく、さらなるソフトウェア技術の活用や通信技術などの情報処理能力についての知識も身に付けていかなければ

ならない。

6. おわりに

建設事業を取り巻く課題には、生産効率の向上・技能者不足・施工現場の安全確保・環境負担軽減といったものがあげられる。ICTを活用した情報化施工の導入により、施工速度向上・技能者の技量に頼らない安定した品質・自動制御による危険範囲内に作業員が立ち入らない安全な施工・環境負担軽減はもちろん人員削減・経費削減といった効果も期待できる。まだまだ広く普及しているとはいえないが、今後の土木工事において不可欠なものになると考える。

高校生を対象としたセミナーということで、JCMAの方々には生徒が理解しやすいよう、興味を持たせられるようご配慮頂いた。セミナー当日だけでなく、打ち合わせや装置の取り付け、実習場所の確認などの事前準備にも時間を費やして頂いたおかげで、生徒たち

の興味・関心や理解も向上し、最新の建設施工技術についての認識を深めることができ、当初の目的が達成できた。

謝 辞

最後に、ご指導賜りました一般社団法人日本建設機械施工協会東北支部情報化施工技術委員会の方々に深く感謝申し上げます。

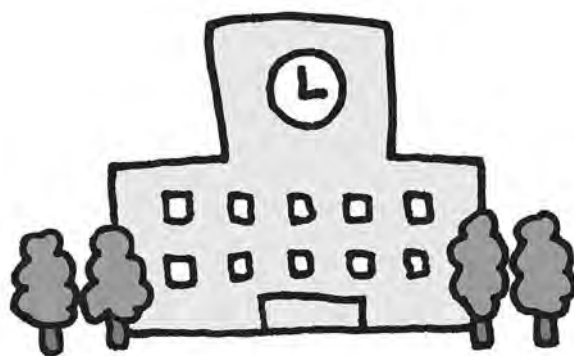
JCMA

《参考文献》

文部科学省中央教育審議会キャリア教育・職業教育特別部会資料
国土交通省情報化施工の定義

【筆者紹介】

三浦 克洋（みうら かつひろ）
宮城県古川工業高等学校
土木情報科 科長



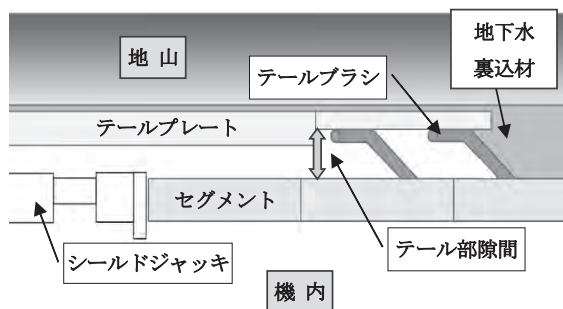
新工法紹介 機関誌編集委員会

04-366	FH ブラシシール	フジタ
--------	-----------	-----

▶ 概 要

通常、シールドマシン内への地下水や裏込材の流入は、マシン後端部に装備されるブラシで防止する（図—1）。このブラシの止水性は、ブラシ本体と充填されるパテグリス（ペースト状のパテ）により行われ、止水性維持にはこのブラシの追従性とパテグリスの地山流出防止が重要となる。しかし、線形が複雑なシールド工事では、テール部隙間の変位によるブラシの形状変形やパテグリスの地山流出が発生し止水性が低下や裏込材や土砂・地下水がシールド機内へ逆流することになり、出水事故やブラシ交換が発生する。

FH ブラシシール（写真—1）は、液性ゴムを主剤とした2液反応型弾性シール材をテールブラシに充填する構造で、液状ゴムがブラシと一体化するため、弾性ゴム本来の優れた伸縮性と耐久性を活かすことができ、曲線施工や高水圧の施工条件でも高い追従性と遮水性を発揮する。これにより、ブラシ内部の裏込材固着によるセグメント拘束力を軽減し、ひび割れなど不具合が発生するといった問題も解消することができる。



図—1 シールドテール部イメージ



写真—1 FH ブラシシール

▶ 特 徴

①高止水性

0.3 MPa の場内水圧試験で実証し従来の3倍の止水性能を確保します。

②曲線施工時で高い追従性

弾性シール材の伸縮性を活かし、曲線施工での高い追従性を発揮します。

③優れた耐久性

橋のジョイント部にも充填されるシール材を使用しており、多くの施工実績により、耐候性・耐久性が実証されています。

④施工（充填）が簡単

充填中は液状ゴム状態でムラなくテールブラシ内に注入し、常温硬化するため能率的に施工ができます（写真—2,3 参照）。



写真—2 ブラシ注入作業



写真—3 FH ブラシ注入完了

▶ 用 途

・シールド及び推進工事

▶ 実 績

・泥土圧シールド、マシン径 2,890 mm、延長 1,930 m

▶ 問 合 せ 先

(株)フジタ 広報室

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2

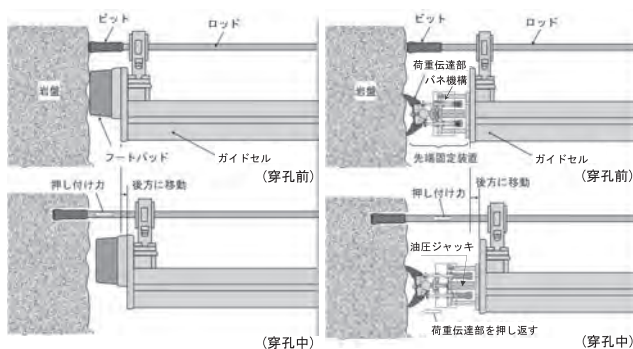
TEL：03-3402-1911

04-367	ガイドセル先端固定装置	奥村組
--------	-------------	-----

▶ 概 要

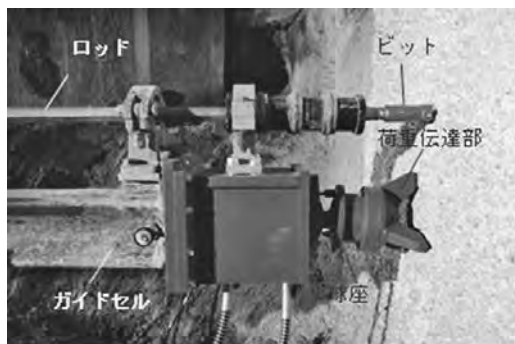
山岳トンネル工事に用いられる油圧削岩機は、ドリルジャンボのガイドセル上を移動し、ロッド先端のビットを岩盤に押し付けながら打撃と回転により穿孔する。ガイドセルの向きにより穿孔する方向が決まるため、穿孔方向が変化しないように、ガイドセル先端に装備されている硬質ゴム製の固定パッドを岩盤に当てガイドセルを固定した状態で穿孔を開始する。しかし、穿孔時にはビットを切羽に押し付ける荷重の反力により固定パッドが岩盤から離れ、ガイドセルが動くことで穿孔方向にずれを生じることがある（図—1）。この場合、孔の奥になるほど計画した位置とのずれが大きくなるため、発破後に計画していた断面よりも過剰に掘削される「余掘り」や、逆に掘削が不足する「あたり」等の発生原因になる。

そこで、奥村組は穿孔中のガイドセル先端の固定状態を維持することにより、穿孔精度を向上できる「ガイドセル先端固定装置」を開発した（写真—1、図—2）。



図—1 従来方法の場合

図—2 本装置を使用した場合



写真—1 装置の設置状況

▶ 特 徴

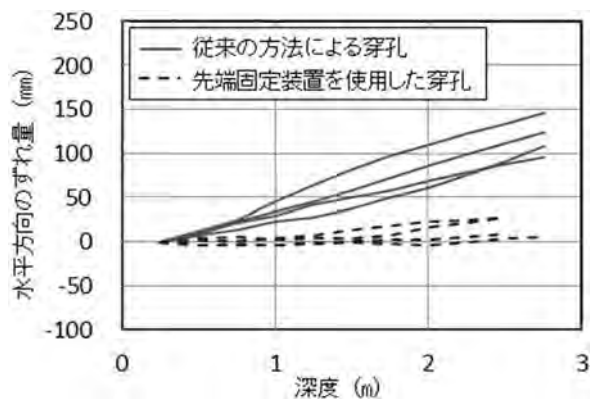
①作動原理

開発した「ガイドセル先端固定装置」は、ガイドセルの押し付け荷重を切羽に伝えるツメ型形状の荷重伝達部、荷重伝達部の押し付け荷重を一定に保持する油圧ジャッキ、荷重伝達部を岩盤面に向けるためのバネ機構からなる（図—2）。油圧ジャッキのシリンダーには一定圧の圧油が供給されるようになっている。ビットを切羽に押し付ける際の反力によりガイドセルが押し戻された場合には、油圧ジャッキのロッドが自動的に伸び、荷重伝達部を切羽に押し付ける荷重を一定に保持する。これにより、穿孔中のガイドセル先端の固定状態を維持し続けることが可能となり、穿孔の精度を向上できる。

②適用結果

本装置を油圧削岩機のガイドセル先端に取り付け、実工事での性能を検証した。

その結果、本装置を使用せず、従来の方法により穿孔した場合には、孔の口元から奥行 2.5 m の位置における計画位置からのずれが最大 150 mm であったのに対し、本装置を用いて穿孔した場合には、同じ奥行位置で 30 mm 以内に収まり、穿孔位置のずれを大幅に低減できることを確認した（図—3）。



図—3 穿孔位置のずれ量（水平方向）

▶ 用 途

- ・山岳トンネルの装薬孔、ロックボルト孔、先受け鋼管打設孔の穿孔

▶ 実 績

- ・山岳トンネル 1 現場（現在 4 現場を予定）

▶ 問 合 せ 先

（株）奥村組 技術研究所 土木研究グループ

〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387

TEL：029-865-1521

新工法紹介

04-368	覆工コンクリート養生工法 「うるおい（給水タイプ）」	西松建設 岩野物産
--------	-------------------------------	--------------

▶ 概 要

一般的に、山岳トンネルの覆工コンクリート工事では、コンクリートの打込みが完了してからわずか16～18時間後の極めて早期に型枠（セントル）を取り外す。このため、コンクリートの品質を安定的に確保するため、セントル脱型後に適切な養生を行う必要がある。最近では各種の養生技術が開発され、多くのトンネル現場で養生が標準工法として採用されている。

当社では、覆工コンクリートの品質・耐久性確保の観点から養生の必要性にいち早く着目し、2003年には「トンネルバルーン」、その後、2009年に「うるおい」を開発し、すでに数多くの現場に活用して、コンクリートの品質向上に努めてきた。

この内、「うるおい」は、型枠を取り外した後の覆工コンクリート面に3層構造の独自養生パネルを密着して設置し、覆工コンクリートを保温・湿潤養生する技術であるが、安定した湿潤性能を養生開始直後から早期に確保できるようにするため、新たに給水装置を取り付けた「うるおい（給水タイプ）」（図—1）を実用化し、現場に適用した。

▶ 特 徴

うるおい（給水タイプ）は、一定温度に管理された養生水を、トンネル天端部（縦断方向）に配置した特殊ポリエチレン製の灌水ホースを通じて、覆工コンクリート面と養生パネルとの間に流下させ、覆工コンクリートに連続的に養生水を供給する構造となっている。また、養生パネルの大きさや配置、接合方法などは、従来技術から給水タイプ用に改良した。

本技術による給水養生の性能をトンネル現場で確認した結果、覆工コンクリート表面において、養生開始直後から95% RH以上の安定した高い湿潤性能を得られた（写真—1）。養生



写真—1 うるおい（給水タイプ）の養生状況



写真—2 移動用台車（自動昇降装置付）

水の温度を常温20℃以上に調整して用いることで、保温性の高い養生パネルとの相乗効果により、冬期でも表層コンクリートの急激な温度低下による強度発現の遅延を防止でき、コンクリートの内外温度差に起因した内部拘束ひび割れの発生低減などに有効である。この他、給水機能が付いたことで自重が大きくなった養生材を次の覆工スパンに移動・設置する作業を効率化するため、移動用台車を改良した（写真—2）。自動昇降装置により養生材を設置する際の上下作業が容易となり、また、一度に1スパン分を移動できるように台車を大型化した。

▶ 用 途

・山岳トンネル覆工コンクリート工事（養生工）

▶ 実 績

・二車線道路トンネル工事（トンネル延長約900m、覆工コンクリート標準巻厚300mm、内空断面積77m²）

▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 技術研究所

〒105-0004 東京都港区新橋六丁目17番21号

TEL：03-3502-0247 FAX：03-3502-0236

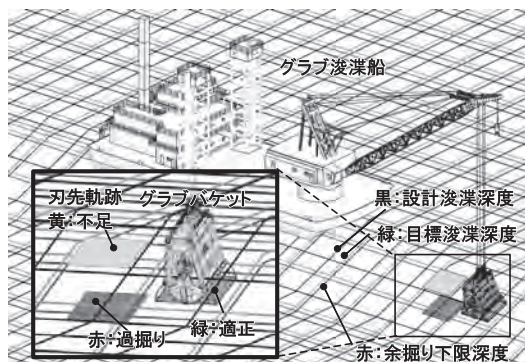


図—1 養生概要図

08-51	グラブ浚渫トータル 施工システム	東洋建設
-------	---------------------	------

▶ 概 要

従来のグラブ浚渫では、グラブバケットの位置と掘削深度を色分け表示して施工履歴とし、施工管理している。また、法面掘削を行う場合には勾配に合わせてバケットの深度を変化させて階段状に掘削を行っている。当社が開発した「3D 浚渫施工管理システム」は、設計浚渫深度、目標浚渫深度、下限浚渫深度を3次元情報として設定し、法面部においてバケットの平面位置から演算した目標浚渫深度をリアルタイムにガイダンスする。オペレータはガイダンスに従い、目標浚渫深度に合わせてバケットを停止させることが可能となる。本システムでは、グラブバケット下端の刃先履歴を不足時は黄色、適正時は緑、深掘りは赤色で表示し、容易にバケット深度を調整可能となり、浚渫深度が変化する法面部でも容易に深度管理が可能となる（図—1）。

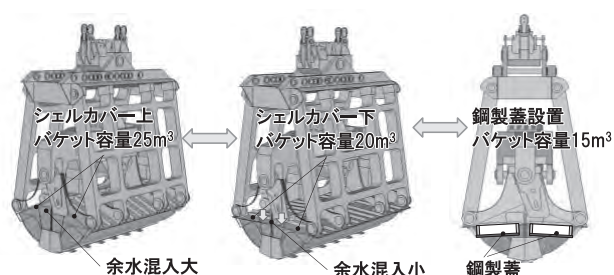


図—1 3D 浚渫管理システム概要図

また当社は、浚渫厚に合わせてグラブ容量を変更でき、法面部は勾配に合わせてバケットを変更して浚渫が可能な「3D グラブバケット（写真—1）」を開発した。掘削勾配は、バケット支持ワイヤーの吊り点を移動させることで変化させることができ、法面勾配に合わせた浚渫が可能となる。薄層浚渫や仕上げ掘りでは、バケットの容量に対して掘削する土砂の量が少なく、バケット内に多くの余剰水が混入するため、土運船の船倉には大量の余剰水が混入することで、運搬効率が低下するとともに、汚濁発生の原因となっていた。バケットの容量は、シェルカバーを上下に回転させることで 25 m^3 と 20 m^3 に切り替えることができる（特開 2015-121022）。さらにシェルカバー内側には直方体の鋼製枠があり、鋼製蓋をボルト止めすることで、 15 m^3 まで容量を減少させることができる（図—2）。



写真—1 3D グラブバケット装備



図—2 バケット容量切り替え概要

▶ 特 徴

① 3D 浚渫施工管理システム

- ・浚渫目標深度を3次元情報として設定することで、法面部においてバケットの平面位置から演算した目標浚渫深度とバケット深度との差をリアルタイムに表示する。
- ・3次元で掘り跡を表示可能
- ・浚渫必要範囲、岸壁・防波堤等の構造物も表示可能。

② 3D グラブバケット

- ・法面浚渫対応 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 水平の6段階で勾配切り替えが可能。
- ・グラブ容量は、 25 m^3 、 20 m^3 、 15 m^3 で切り替え可能。

これらトータルのグラブ浚渫施工システムを活用することで浚渫出来形精度向上、施工効率向上や作業にともなって発生する汚濁拡散防止を図ることができる。

▶ 用 途

- ・法面部を含むグラブ浚渫工事

▶ 実 績

- ・広島港廿日市地区航路（-12 m）浚渫工事

▶ 問 合 せ 先

東洋建設(株) 土木事業本部 技術営業部
〒135-0064 東京都江東区青海二丁目4番24号
TEL：03-6361-5463

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈16〉 高所作業車，エレベータ，リフトアップ工法，
横引き工法および新建築生産システム

16-〈16〉-02	アイチコーポレーション 自走式高所作業車 SP10/12CSN, SR10/12CSM	'16.01 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

造船，建築，設備メンテナンス等で使用される 10 m，12 m クラスの自走式高所作業車である。

ホイール式は，オフロード法 2014 年基準に適合しており，作動速度に合わせてエンジン回転数を自動的に調整するオートアクセル制御方式により，従来機種と比較し燃費を改善している。

クローラ式は，オフロード法 2014 年基準の対象外となる，出力が 19 kW 未満のエンジンを搭載している。

ホイール式，クローラ式共に，他揚程機種と同様のレバー配置を採用し，使いやすさ，安全性の向上，操作ミスの防止を図っている。また，バスケットが構造物への押付け等により変形した場合でも作動するバー式セーフティスイッチにより，ワイヤー式と比較し安全性を向上させている。

表―1 SP10/12CSN, SR10/12CSM の主な仕様

型式	SP10CSN	SP12CSN	SR10CSM	SR12CSM
走行体	ホイール	ホイール	クローラ	クローラ
作業床最大 積載荷重 (kg)	250	250	200	250
作業床 最大地上高 (m)	9.9	12.0	9.8	12.1
最大作業 半径 (m)	8.8	10.0	8.0	10.7
全長×全幅× 全高 (m)	6.80×2.00 ×1.99	6.80×2.00 ×1.99	5.12×2.25 ×1.985	6.36×2.25 ×2.005
車両重量 (kg)	7,800	8,530	4,600	4,710
標準価格 (税込) (百万円)	19.44	20.52	17.28	18.36



写真―1 アイチコーポレーション SR12CSM 自走式高所作業車



写真―2 アイチコーポレーション SP12CSN 自走式高所作業車

問合せ先：(株)アイチコーポレーション
〒362-8550 埼玉県上尾市大字領家字山下 1152 番地の 10

建設企業の海外展開

1. はじめに

わが国の建設企業や建設コンサルタントなどにより構成される建設産業は、60年以上前に戦後初の海外工事が行われて以来、世界140か国以上で事業展開してきている。インフラシステム海外展開は、わが国の成長戦略の最重要施策の一つに位置づけられてきており、人口減少、少子高齢化が進行するわが国の成長戦略の柱であり、政府を挙げて取り組むこととしている。

2015年度の（一社）海外建設協会会員企業48社の海外工事受注実績について、同協会ホームページを用いて紹介する。

また、今後注目されるプロジェクトについて、「国土交通省インフラシステム海外展開行動計画」により紹介する。

2. 2015年度海外受注状況

(1) 海外建設受注実績について

海外建設受注実績は、前年度より223件減少し1,764件であり、受注額は1,329億円減少し1兆6,825億円であった。件数、受注額ともに減少となったが、歴代二番目の高水準となった。

本邦法人の受注額は、1,798億円減少し6,000億円であったが、現地法人の受注額は、470億円増加し1兆824億円であった。

地域別にみると、アジアは8,614億円、中東は665億円、アフリカは97億円、北米は4,994億円、中南米は645億円、欧州は110億円、東欧は302億円、大洋州は1,397億円となった。

資金源別にみると、自己資金案件は1兆4,553億円、無償資金案件は239億円、有償資金案件は1,882億円となった。

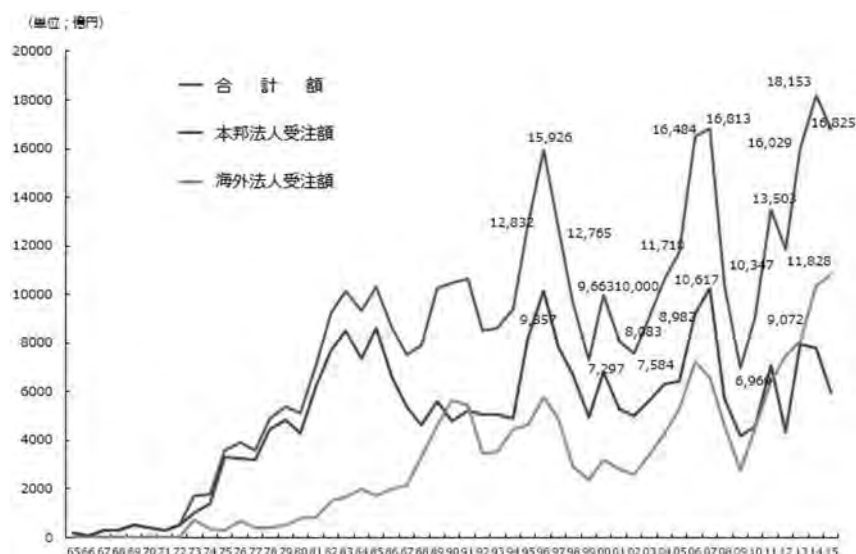
ODA全体（無償、有償の合計）は、前年度より1,094億円増加し2,120億円であった。なお、前年度0.7億円であった世界銀行融資案件、前年度37億円であったアジア銀行融資案件の受注はなかった。

発注者別にみると、公共機関からの受注案件は5,270億円、民間企業からの受注案件は1兆1,554億円であり、公共機関と民間案件の受注比率は、31：69となった。

契約形態別では、施工のみの案件は1兆1,714億円、ターンキー案件は15億円、設計施工案件5,071億円、PM/CM案件は7億円、その他案件は17億円となった。また、本年度は技術指導案件の受注はなかった。

	2014年度		2015年度		対前年比：増減件数・額	
	(件数)	(金額：億円) (%)	(件数)	(金額：億円) (%)	(件数)	(金額：億円) (%)
本邦法人	557	7,799 (43.0%)	464	6,000 (35.7%)	-93	-1,798 (-23.1%)
現地法人	1,430	10,355 (57.0%)	1,300	10,824 (64.3%)	-130	470 (4.5%)
計	1,987	18,153 (100.0%)	1,764	16,825 (100.0%)	-223 (-11.2%)	-1,329 (-7.3%)

「海建協調べ」



図一 海外建設受注実績の推移（1964年度～2015年度）「海建協調べ」

統計

(2) 地域別海外受注状況について

海外受注額を地域別にみると、アジア地域における受注件数は前年度より200件減少し1,275件であり、3,682億円減少し受注額は8,614億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注は2,137億円減少し2,752億円であり、民間企業からの受注は1,545億円減少し、5,862億円であった。

北米における受注は、前年度より12件増加し178件であり、受注額は495億円増加し4,994億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注は605億円増加し1,410億円であったが、民間企業からの受注は111億円減少し3,584億円であった。

中東における受注は、前年度より2件減少し10件であったが、受注額は579億円増加し665億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注額は588億円増加し650億円となったが、民間企業からの受注額は9億円減少し15億円となった。

欧州における受注は前年度より1件減少し36件であり、受注額

も70億円減少し110億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注額は19億円減少し2億円となり、民間企業からの受注額も51億円減少し、108億円となった。

東欧における受注は、前年度より15件減少し68件であり、受注額も47億円減少し302億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、前年度7億円であった公共機関からの受注はなく、民間企業からの受注額は40億円減少し302億円であった。

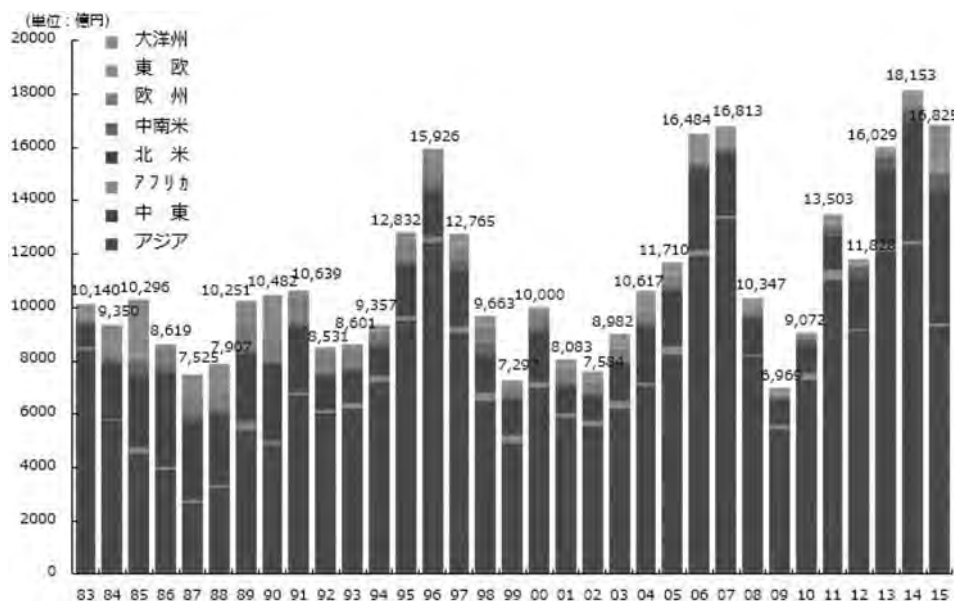
中南米における受注は、前年度より51件減少し133件であったが、受注額は138億円増加し645億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注額は1億円減少し27億円となったが、民間企業からの受注額は139億円増加し618億円となった。

アフリカにおける受注は、前年度より3件減少し12件であったが、受注額は21億円増加し97億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注額は14億円増加し91億円であり、民間企業からの受注額は6億円増加し6億円であった。

表－1 地域別海外工事受注額「海建協調べ」

(単位：百万円)

地域	2014 年度			2015 年度			増減額 (伸び率)
	件数	受注額	構成比	件数	受注額	構成比	
アジア	1,475	12,296	67.7%	1,275	8,614	51.2%	-3,682 (-30.0%)
中 東	12	86	0.5%	10	665	4.0%	579 (675.0%)
アフリカ	15	76	0.4%	12	97	0.6%	21 (25.4%)
北 米	166	4,500	24.8%	178	4,994	29.7%	495 (11.0%)
中南米	184	507	2.8%	133	645	3.8%	138 (27.2%)
欧 州	37	181	1.0%	36	110	0.7%	-70 (-38.9%)
東 欧	53	349	(1.9%)	68	302	(1.8%)	-47 (-13.5%)
大洋州	45	158	(0.9%)	52	1,397	(8.3%)	1,239 (785.2%)
計	1,987	18,153	(100.0%)	1,764	16,825	(100.0%)	-1,329 (-7.3%)



図－2 海外建設受注額の地域別推移（1983年～2015年）「海建協調べ」

統計

大洋州における受注は、前年度より7件増加し52件であり、受注額も1,239億円増加し1,397億円であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関からの受注額は195億円増加し338億円であり、民間企業からの受注額は1,045億円増加し1,059億円であった。

(3) 本邦・現地法人海外受注状況

法人別にみると、本邦法人の受注は前年度より93件減少し464件であり、受注額も1,798億円減少し6,000億円であった。

本邦法人の受注を地域別にみると、アジアでは3,983億円、中東では667億円、アフリカでは97億円、北米では340億円、中南米では505億円、欧州では5億円、大洋州では403億円であった。本年度は東欧地域での受注はなかった。

一方、現地法人の受注は前年度より130件減少し1,300件であったが、金額は470億円増加し1兆824億円であった。

現地法人の受注を地域別にみると、アジアでは4,631億円、北米

では4,654億円、中南米では140億円、欧州では105億円、東欧では302億円、大洋州では994億円であった。本年度、前年度ともにアフリカでの受注はなかった。

この結果、本邦法人と現地法人の比率は36:64で、前年度(43:57)と比べ本邦法人の比率は減少し、現地法人の比率は増加した。

(4) 月次別本邦法人、現地法人海外工事受注状況

2015年度の本邦法人、現地法人の海外工事受注額を月次別にみると表2～4のようになる。

2015年度の本邦法人の合計受注額は、6,000億円であった。受注額の多い月をみると、2015年11月に1,046億円、12月に1,316億円、2016年1月に835億円であった。

また、対前年同期比については、23.1%の減少となった。月別にみると、大きく増額となった月は、2015年9月の162.5%、11月の293.7%、2016年1月の498.2%であった。大きく減少した月は、

表2 地域別本邦法人、現地法人海外工事受注額「海建協調べ」

(単位：百万円)

地域	法人	2014年度		2015年度		増減額
		件数	受注額	件数	受注額	
アジア	本邦法人	325	700,093	282	398,275	301,818
	現地法人	1,150	529,486	981	463,078	66,408
	計	1,475	1,229,579	1,275	861,353	368,226
中東 北アフリカ	本邦法人	12	8,582	9	66,716	-58,134
	現地法人	0	0	1	-207	207
	計	12	8,582	10	66,509	-57,927
アフリカ	本邦法人	15	7,754	12	9,721	-1,967
	現地法人	0	0	0	0	0
	計	15	7,754	12	9,721	-1,967
北米	本邦法人	20	10,279	18	34,043	-23,764
	現地法人	146	439,683	160	465,371	-25,688
	計	166	449,962	178	499,414	-49,452
中南米	本邦法人	138	32,100	104	50,476	-18,376
	現地法人	46	18,643	29	14,049	4,594
	計	184	50,743	133	64,525	-13,782
欧州	本邦法人	2	4,524	3	515	4,009
	現地法人	35	13,545	33	10,520	3,025
	計	37	18,069	36	11,035	7,034
東欧	本邦法人	2	861	0	0	861
	現地法人	51	34,008	68	30,170	3,838
	計	53	34,869	68	30,170	4,699
大洋州	本邦法人	43	15,686	36	40,290	-24,604
	現地法人	2	100	16	99,439	-99,339
	計	45	15,686	52	139,729	-124,043
累計	本邦法人	557	779,879	464	779,879	0
	現地法人	1,430	1,035,465	1,300	1,082,420	-46,955
	総合計	1,721	1,555,837	1,722	1,524,727	31,110

統 計

表一 3 月次別本邦法人、現地法人海外工事受注額「海建協調べ」
(単位：百万円)

月	本邦法人	現地法人	総計
2015 年 4 月	7,710	102,104	109,814
2015 年 5 月	24,636	128,174	152,810
2015 年 6 月	47,813	23,965	71,778
2015 年 7 月	11,724	37,501	49,225
2015 年 8 月	9,246	160,144	169,390
2015 年 9 月	65,062	84,042	149,104
2015 年 10 月	25,920	120,543	146,463
2015 年 11 月	104,646	92,815	197,461
2015 年 12 月	131,568	171,905	303,473
2016 年 1 月	83,472	23,035	106,507
2016 年 2 月	17,567	43,239	60,806
2016 年 3 月	70,672	94,683	165,355
2015 年 4 月～2016 年 3 月	600,036	1,082,420	1,682,456

表一 4 月次別本邦法人、現地法人海外工事受注額対前年同期比「海建協調べ」
(単位：%)

月	本邦法人	現地法人	総計
2015 年 4 月	▲24.8%	▲7.1%	▲8.6%
2015 年 5 月	▲67.1%	125.3%	15.9%
2015 年 6 月	50.2%	▲72.3%	▲39.3%
2015 年 7 月	▲87.0%	▲25.1%	▲64.9%
2015 年 8 月	▲94.3%	▲232.5%	▲19.8%
2015 年 9 月	162.5%	35.5%	71.8%
2015 年 10 月	▲77.4%	▲21.3%	▲45.3%
2015 年 11 月	293.7%	▲2.7%	61.9%
2015 年 12 月	73.2%	87.4%	81.0%
2016 年 1 月	498.2%	▲62.9%	39.0%
2016 年 2 月	▲20.3%	▲52.4%	▲46.2%
2016 年 3 月	▲46.3%	▲26.0%	▲36.3%
2015 年 4 月～2016 年 3 月	▲23.1%	4.5%	▲7.3%

2015 年 7 月の 87.0%，8 月 94.3%，10 月 77.4%であった。

2015 年度の現地法人の合計受注額は、10,824 億円であった。受注額の多い月をみると、2015 年 5 月に 1,282 億円、8 月に 1,601 億円、12 月に 1,719 億円であった。

また、対前年同月比については、7.3%の減少となった。月別にみると、大きく増加となった月は、2015 年 5 月の 138.4%，8 月 202.5%，12 月の 90.5%であった。大きく減額となった月は、2015 年 7 月の 87.0%，2016 年 1 月の 62.3%，2016 年 2 月の 54.0%であった。

3. 今後注目されるプロジェクトについて

ASEAN 地域は、今後の世界経済の成長の大きな部分を占めるこ

とが予想され、我が国とのつながりも極めて大きいことから、この地域への取組みに注力することとする。ASEAN 地域のうち、特にメコン地域諸国（カンボジア、ラオス、ミャンマー、タイ、ベトナム）は、人口約 2 億 4,000 万人、GDP 合計約 6,600 億米ドル強を誇る経済圏であり、アジアの巨大な新興成長市場の結節点に位置し、地政学的にも経済的にも非常に重要な地位を占めている。今後、高い経済成長が期待されているカンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナムにおいても、その成長の実現のためには、地域の更なる連結性強化が不可欠となっており、上記のような取組みは更に強化される必要がある。このような状況の中、我が国は、2015 年 7 月、東京において第 7 回日本・メコン地域諸国首脳会議を開催し、地域への横断的な協力を進めている。同会議では、今後 3 年間の協力方針である「日・メコン協力のための新東京戦略 2015」を採択し、(i) 域内外連結性を高めるハード面での取組み、(ii) 制度的連結性なソフト面での取組み、(iii) 持続的発展に向けたグリーン・メコ

表一 5 各国の主要プロジェクト

国名	プロジェクト名
ベトナム	・南北高速鉄道整備事業
	・ハノイ市都市鉄道 1 号線及び 2 号線整備事業
	・ホーチミン市都市鉄道 1 号線及び 3A 号線整備事業
	・南北高速道路(ダナン～クワンガイ)ITS パッケージ事業
	・南北高速道路(ベンルック～ロンタイン)ITS パッケージ事業
	・北部ラックフェン港整備・運営参画事業
	・ハノイ市エンサ下水道整備事業
	・南部ビンズン省 BRT 運営参画事業
	・ホーチミン市地下街開発事業
	・ヤンゴン～マンダレー鉄道整備事業
ミャンマー	・ヤンゴン環状鉄道改修事業
	・東西経済回廊整備事業(道路)
	・ティラワ港事業及びティラワ経済特区関連インフラ整備
	・ハンタワディー新国際空港建設・運営事業
	・ヤンゴン丸の内ランドマークプロジェクト
	・貨物鉄道コンテナターミナル整備・運営事業
	・ワットタイ国際空港ターミナル運営事業
カンボジア	・南部経済回廊・国道 5 号線改修事業
	・チュルイ・チョンバー橋(日本橋)改修事業
タイ	・バンコク～チェンマイ高速鉄道整備事業
	・南部経済回廊沿線鉄道整備・改良及び貨物輸送サービス改善事業
	・バンコク都市鉄道レッドライン整備事業
	・バンコク都市鉄道ピンクライン・イエローライン整備事業

ンの実現、(iv) 国際機関等多様なプレーヤーとの連携の4つの柱に基づいて、我が国は2016年から2018年の3年間で7,500億円規模のODA支援を実施することとしている。これを踏まえ、地域の連結性の向上等に資する交通インフラ整備の協力を進めていくこととしている。新たな受注を獲得する観点から、今後3～4年間に注視すべき各国の主要プロジェクトは以下のとおりである。

4. おわりに

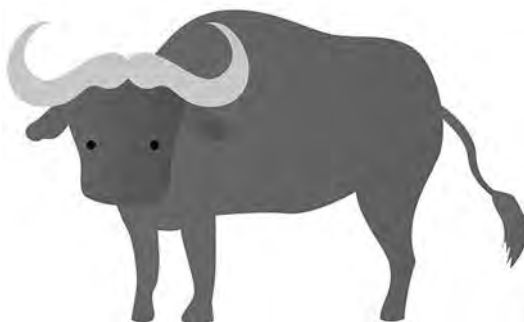
国内建設投資は、東日本大震災後の復興工事、東京オリンピック・パラリンピック開催に係る関連施設工事、熊本地震からの復旧・復

興工事等により一時的に持ち直す動きが見られるものの、長期的に見れば人口減少、少子高齢化の進展等の要因も重なり、今後の見通しは不透明感を強めている。

一方、海外の建設市場に目を向けると、新興国をはじめとして膨大なインフラ需要が存在し、海外市場は有望な成長市場である。我が国の建設企業が継続的な発展を続けていくためには、拡大する建設市場に積極的に進出していくことが求められる。

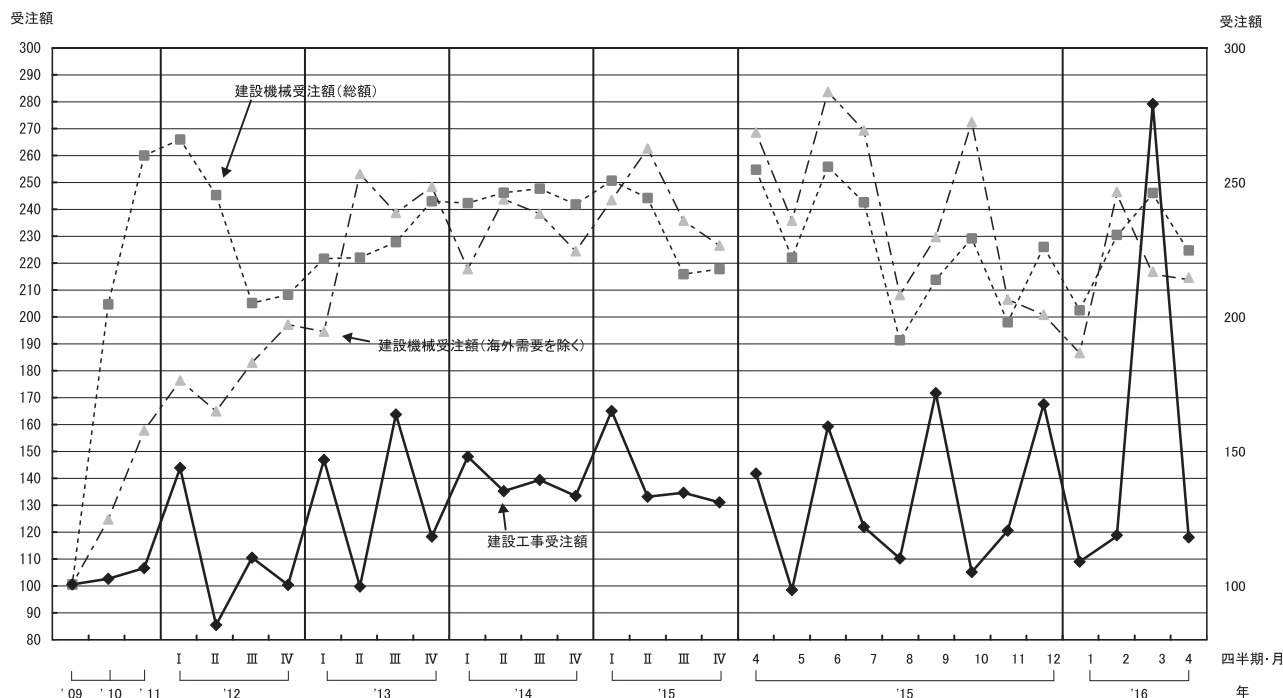
このため、欧米企業や中国、韓国企業との競合に勝ち抜いていくための官民一体となる体制を整備する必要があると思われる。

(文責：清水)



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 2009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 2009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							
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
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
2015 年 4 月	11,836	8,791	2,135	6,656	2,383	557	105	8,489	3,347	145,449	9,296
5 月	8,193	5,622	1,131	4,491	1,958	353	260	5,284	2,908	145,260	9,626
6 月	13,316	8,635	1,525	7,110	3,445	502	734	8,758	4,558	146,253	12,424
7 月	10,167	7,221	2,122	5,099	2,454	372	120	7,202	2,965	146,731	8,728
8 月	9,178	5,975	1,867	4,108	2,455	370	378	5,928	3,251	142,165	10,141
9 月	14,360	10,758	1,572	9,187	2,877	450	274	10,831	3,529	143,650	14,223
10 月	8,754	5,681	1,632	4,049	2,439	377	258	5,862	2,893	141,723	10,835
11 月	10,045	5,942	1,466	4,477	2,670	417	1,016	6,293	3,752	140,930	11,339
12 月	14,004	9,426	1,855	7,572	3,210	390	977	10,085	3,919	141,461	13,853
2016 年 1 月	9,081	5,789	1,017	4,772	2,189	344	758	6,103	2,978	144,221	9,496
2 月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3 月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4 月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	—	—

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	15 年 4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	16 年 1 月	2 月	3 月	4 月
総 額	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	1,593	1,388	1,600	1,517	1,195	1,336	1,433	1,237	1,413	1,265	1,441	1,539	1,405
海 外 需 要	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	973	844	945	895	715	806	804	761	950	835	872	1,039	910
海外需要を除く	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	620	544	655	622	480	530	629	476	463	430	569	500	495

(注) 2009～2011 年は年平均で、2012～2015 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2015 年 4 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

(2016年5月1日～31日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：5月11日(水)

出席者：関徹也委員長ほか14名

議 題：①平成27年度活動の深度立坑施工調査の纏め説明 ②平成27年度の基礎工事用機械アタッチメント分類について纏め説明 ③メーカーのアタッチメント例の紹介 ④空気注入不飽和工法について情報提供 ⑤省エネ運転マニュアルの見直しについて

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：5月12日(木)

出席者：藤内隆委員長ほか7名

議 題：①平成28年度の活動テーマ「省エネルギー・省資源技術」の推進について ②6月のトンネル工事現場見学会について ③4月28日のトンネル技術委員会代表者・国交省・環境省との意見交換についての報告

■路盤・舗装機械技術委員会 アスファルトプラント変遷分科会

月 日：5月17日(火)

出席者：吉野友純分科会長ほか15名

議 題：①アスファルトプラント変遷原稿の2005年から2015年までの修正部分の確認 ②掲載原稿の区切りの確認 ③まとめ年表の検討

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：5月17日(火)

出席者：山口達也委員長ほか11名

議 題：①平成28年度の活動計画の内容確認と具体的な進め方について ②平成27年度の情報化施工機器保有アンケートについて ③次期委員会総会の内容について ④ホームページの更新について ⑤省エネ運転マニュアルの改訂作業について ⑥委員会名簿について確認

■ダンプトラック技術委員会

月 日：5月19日(木)

出席者：田中哲委員長ほか6名

議 題：①各社トビックスについて ②安全作業ガイドの内容改訂について ③品質確保・人材育成のテーマについて ④重ダンプ・不整地運搬車工法の文献調査について ⑤その他

■ショベル技術委員会

月 日：5月20日(金)

出席者：尾上裕委員長ほか10名

議 題：①JCMAS エネルギー消費量試験法の国際規格化推進について ②建設機械の燃費測定方法について経産省へ説明した報告 ③労働災害事例調査について ④ホームページのメンテナンスについて ⑤業界情報(バウマ展示会の情報収集)について ⑥その他

■情報化機器技術委員会

月 日：5月27日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議 題：①次期合同技術連絡会での報告内容の取り纏め ②規格関連の情報共有について ③ISO委員会におけるその後の動きについて(ISO190014・ISO13766) ④i-Constructionについて ⑤除雪作業現場見学への参加について

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：5月12日(木)

出席者：落合博幸主査ほか10名

議 題：①10月の機電技術者意見交換会について、テーマの決定、講演会の候補 ②機電職員確保に向けたPR活動パンフレット作成について検討、原稿作成担当者決め ③その他

■建設機械事故調査 WG

月 日：5月23日(月)

出席者：松藤敏夫主査ほか6名

議 題：①4/18 締切見直しデータの確認、DVD 複写データの確認 ②部会長宛て文書の検討 ③その他

■三役会

月 日：5月27日(金)

出席者：中田晴久部会長ほか5名

議 題：①各WG報告 ②現場見学会について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：5月11日(水)

出席者：田中康順委員長ほか22名

議 題：①平成28年8月号(第798号)の計画の審議・検討 ②平成28年9月号(第799号)の素案の審議・検討 ③平成28年10月号(第800号)の編集方針の審議・検討 ④平成28年5～7月号(第795～797号)の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：5月18日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議 題：①「平成28主要建設資材価格の動向」原稿検討 ②その他

■新機種調査分科会

月 日：5月26日(木)

出席者：江本平分科会長ほか4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



■第5回支部通常総会

月 日：5月11日(水)

場 所：札幌市 センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか98名

内 容：①平成27年度事業報告(案)及び決算報告(案)承認の件 ②平成28年度事業計画及び収支予算に関する件 ③本部からの事業概要報告 ④感謝状贈呈式 ⑤建設機械優良運転員・整備員の表彰

■支部講演会

月 日：5月11日(水)

場 所：札幌市 センチュリーロイヤルホテル

演 題：建設技術の新たなステージ

i-Construction

講 師：立命館大学理工学部環境システム工学科教授 建山和由氏

出席者：熊谷勝弘支部長ほか98名

■請負工事機械経費積算に関する講習会

月 日：5月19日(木)

場 所：札幌市 北海道教育会館ホテルユニオン

受講者：123名

内 容：①積算体系と機械経費 ②建設機械等損料の改正と動向 ③施工パッケージ型積算方式 ④損料表の見方及び使い方 ⑤一般土木請負工事の機械経費積算例 ⑥道路維持請負工事の機械経費積算例

■平成28年度除雪機械技術講習会(メーカ)打合せ

月 日：5月24日(火)

場 所：北海道支部会議室

出席者：秋場健治技術委員会委員ほか4名

内 容：①平成28年度除雪機械技術講習会 ②講習会テキストの改定 ③その他

■第3回技術部会技術委員会

月 日：5月27日(金)

場 所：さつげんビル 6階会議室

出席者：服部健作部会長ほか24名

議 題：平成 28 年度除雪機械技術講習
会講師打合せ会

東 北 支 部

■企画部会

月 日：5月6日（金）
場 所：東北支部 事務局会議室
出席者：阿部新治企画部会長ほか6名
議 題：第1回支部運営委員会について
内 容：①平成 27 年度事業報告について ②平成 27 年度事業決算について ③表彰について ④平成 28～29 年度役員について

■EE 東北'16 第2回実行委員会

月 日：5月9日（月）
場 所：仙台市 フォレスト仙台
出席者：鈴木研司委員長（東北地方整備局企画部長）ほか38名
内 容：①EE 東北'16 開催概要 ②EE 東北'16 実施計画（案） ③EE 東北'16 広報（案） ④EE 東北'16 予算（修正案） ⑤今後の予定

■第1回支部運営委員会

月 日：5月11日（水）
場 所：仙台市 パレス宮城野
出席者：高橋弘支部長ほか20名
内 容：①平成 27 年度事業報告について ②平成 27 年度事業決算について ③表彰について ④平成 28～29 年度役員について

■「最新の建設施工技術（情報化施工）」講習会（座学）

月 日：5月16日（月）
場 所：大崎市 古川工業高等学校
受講生：土木情報科 3 年生 40 名
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか6名
内 容：①情報化施工技術 ②衛星測位 ③実習について（安全講習）

■平成 28 年度 第5回 通常総会

月 日：5月18日（水）
場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス
出席者：支部会員：119 社（委任状 60 社、議決権総数 132 社）、出席者総数：高橋支部長ほか99名
内 容：①平成 27 年度事業報告について ②平成 27 年度決算報告について ③平成 28・29 年度役員の改選（案）について ④平成 28 年度事業計画（案）について ⑤平成 28 年度予算（案）について ⑥本部関係報告

■「最新の建設施工技術（情報化施工）」講習会（実習）

月 日：5月23日（月）
場 所：大崎市 古川工業高等学校

受講生：土木情報科 3 年生 40 名
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか16名
内 容：① TS 出来形管理 ②衛星測量（VRS） ③二次元マシンガイダンスバックホウの操作体験 ④ UAV 写真測量のデモンストレーション

■平成 28 年度 馬淵川・高瀬川総合水防演習

月 日：5月29日（日）
場 所：青森県八戸市長苗代地先 馬淵川左岸（大橋上流）
出席者：高橋弘支部長、山岸嗣宏技術部会長
内 容：①第1部 洪水対応訓練、情報収集訓練 ②第2部 関係機関の連携訓練

■橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算、及び建設機械等損料講習会

月 日：5月30日（月）
場 所：仙台市 ハーネル仙台
受講者：57 名
出席者：阿曾貢貴事務局長ほか8名
内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④ PC 橋架設の施工技術と積算

北 陸 支 部

■第1回企画部会

月 日：5月10日（火）
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか13名
議 題：①平成 27 年度支部事業報告及び決算報告について ②平成 28 年度事業計画及び収支予算について ③優良建設機械運転員並びに整備員の表彰について

■平成 28 年度長岡国道事務所雪氷研究会

月 日：5月11日（水）
場 所：長岡国道事務所会議室
出席者：穂苅正昭企画部会長
議 題：冬期道路管理に関わる雪氷対策や課題の調査・研究、取組に関する意見交換、検討

■第1回運営委員会

月 日：5月17日（火）
場 所：ホテルラングウッド新潟
出席者：丸山暉彦北陸支部長ほか21名
議 題：①平成 27 年度支部事業報告及び決算報告に関する件 ②平成 28～29 年度役員改選に関する件 ③平成 28 年度事業計画及び収支予算に関する件 ④優良建設機械運転員並びに整備員の表彰に関する件

■北陸支部第5回総会

月 日：5月17日（火）
場 所：ホテルラングウッド新潟
出席者：丸山暉彦北陸支部長ほか115 社（77 名）
議 題：①平成 27 年度支部事業報告及び決算報告に関する件 ②平成 28～29 年度役員改選に関する件 ③平成 28 年度事業計画及び収支予算に関する件
記念行事：優良建設機械運転員並びに整備員の表彰、記念講演会

■北陸雪氷技術研究会第1回幹事会

月 日：5月23日（月）
場 所：北陸地方整備局会議室
出席者：宮村兵衛事務局長
議 題：①北陸雪氷研究会の開催予定について ②北陸雪氷技術研究会の規約及び北陸雪氷シンポジウム実施要領の改正について

■平成 28 年度「建設技術報告会」第1回 実行委員会

月 日：5月26日（木）
場 所：新潟国道事務所会議室
出席者：宮村兵衛事務局長
議 題：①「建設技術報告会」実行委員会規約について ②平成 28 年度「建設技術報告会」実施計画（案）及び予算（案）について

中 部 支 部

■技能検定実技試験実施事務打合せ会議

月 日：5月10日（火）
出席者：永江豊事務局長出席
議 題：建設機械整備技能検定に関する実務打合せ

■第5回支部通常総会実施

月 日：5月18日（水）
場 所：ウィル愛知 女性総合センター
出席者：所輝雄支部長ほか約110名
議 題：①平成 27 年度事業報告及び決算報告承認の件 ②平成 28 年度事業計画及び収支予算承認の件等

■平成 28 年度木曽三川連合総合水防演習・広域連携防災訓練

月 日：5月29日（日）
出席者：原一儀災害対策部長
場 所：愛知県稲沢市祖父江町地先
内 容：木曽三川流域における洪水被害等を想定した大規模水防演習

■中部圏インフラロボットコンソーシアム

月 日：5月30日（月）
出席者：永江豊事務局長出席
場 所：名古屋市中区・桜華会館
内 容：災害分野のロボットに関する説

明会

関西支部



■支部通常総会

月 日：5月19日（木）

場 所：大阪キャッスルホテル 会議室

出席者：深川良一支部長以下 114 名

議 題：①平成 27 年度事業報告及び決算報告の件 ②任期満了に伴う運営委員選任に関する件 ③平成 28 年度事業計画及び収支予算の件 ④本部事業概要報告 ⑤平成 28 年度会長表彰 ⑥優良建設機械運転員等表彰

講 演：『稲盛経営哲学とアメーバ経営』
講 師：京セラコミュニケーションシステム(株) 理事 コンサルティング事業統括本部長 松井達朗氏

中国支部



■第 5 回支部通常総会

月 日：5月18日（水）

場 所：ホテルセンチュリー 21 広島

出席者：河原能久支部長ほか 66 名

議 題：①平成 27 年度事業報告及び同決算報告承認の件 ②平成 28 年度事業計画（案）及び同収支予算（案）報告の件 ③本部事業概要及び事業計画説明 ④本部感謝状・表彰状贈呈 ⑤講話「国土交通行政の最近の話題」中国地方整備局企画部長 吉田敏晴氏

■平成 28 年度「建設の機械化施工優良技術者」表彰式

月 日：5月18日（水）

場 所：ホテルセンチュリー 21 広島

受賞者：運転・整備部門 2 名、管理部門 4 名、技術開発部門 1 名 計 7 名

■記念講演会

月 日：5月18日（水）

場 所：ホテルセンチュリー 21 広島

演 題：「技術者復権－見える化の技法」

講 師：熊本大学大学院自然科学研究科教授 小林一郎氏

四国支部



■平成 28 年第 1 回運営委員会

月 日：5月11日（水）

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」(高松市)

出席者：風間優副支部長ほか 26 名

内 容：①平成 27 年度事業報告に関する件 ②平成 27 年度決算報告に関する件 ③平成 27 年度会計及び業務監査報告に関する件 ④平成 28 年度優良建設機械運転員・整備員等の表彰者に関する件 ⑤平成 28～29 年度役員等候補者（案）に関する件

■四国支部平成 28 年（第 5 回）通常総会

月 日：5月11日（水）

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」(高松市)

議決権総数：131 社

出席社数：118 社（うち、委任状提出 41 社）

出席者総数：長谷川修一支部長外 120 名

議 題：第 1 号議案 平成 27 年度事業報告承認の件、第 2 号議案 平成 27 年度決算報告承認の件、第 3 号議案 平成 27 年度会計及び業務監査報告に関する件、第 4 号議案 平成 28～29 年度役員選任に関する件、第 5 号議案 平成 28 年度事業計画に関する件、第 6 号議案 平成 28 年度収支予算に関する件

その他：①平成 28 年度本部等事業概要説明 ②永年会員及び優良建設機械運転員・整備員等表彰 ③特別講演「公共事業の進め方の改革」…四国地方整備局企画部長 畠中秀人氏

九州支部



■平成 28 年度第 1 回運営委員会

月 日：5月11日（水）

場 所：福岡リーセントホテル

出席者：江崎哲郎支部長ほか 21 名

議 題：①平成 27 年度事業報告及び決算報告 ②平成 28 年度事業計画及び収支予算 ③平成 28・29 年度支部役員の選任 ④平成 28 年度優良建設機械運転員等表彰

■第 5 回通常総会

月 日：5月11日（水）

場 所：福岡リーセントホテル

出席者：江崎哲郎支部長ほか 63 名

議 題：①平成 27 年度事業報告及び決算報告 ②平成 28 年度事業計画及び収支予算 ③平成 28・29 年度支部役員の選任

■優良建設機械運転員等表彰

月 日：5月11日（水）

場 所：福岡リーセントホテル

表彰者：10 名

■特別講演

月 日：5月11日（水）

場 所：福岡リーセントホテル

出席者：江崎哲郎支部長ほか 63 名

議 題：現場に未来がやってくる！スマートコンストラクション…コマツ執行役員スマートコンストラクション推進本部長 四家千佳史氏

編集後記

編集後記を草稿している現在、世界で最も話題になっているのはイギリスのEU離脱です。

パナマ運河の開通やソ連陸上界のリオオリンピック参加資格停止といった明暗分かれる話題もあります。

国内では第24回参議院議員通常選挙が公示され18歳以上の若者の投票が可能となって初めての選挙で、その投票率が非常に注目される場所です。

7月号はコンクリート特集で多くの方々に執筆していただきましたが、編集担当者自身が改めてコンクリートについての知識を得る良い機会となりました。

コンクリートが固まる原理とか高強度コンクリートとはどのようなもの

のでどのような原理・構造で製造されるのか、水分さえ絶やさなければ永久に硬化を継続するものであるとか、練り混ぜ水が少ないほど高強度となるがワーカビリティを落とさずに練り混ぜ水を減少させるには減水剤等の混和剤を添加する等、添加剤の役割なども表面上だけですが学ばう切っ掛けとなりました。

一時「コンクリートから人へ」という言葉があたかも日本の方針になったような時期もありましたが、今回報文を収集するに当たりコンクリートに対する高度な研究が継続して行われていたと感じ、個人的ではありますが安堵致しました。

お忙しい中ご執筆に労を厭わず投稿して下さいました方々、またその仲介をして下さった方々に御礼申し上げます。

(赤神・中村)

8月号「i-Construction 特集」予告

・建設現場へのICT技術の全面的な活用 ・ICT導入協議会 ・ドローン（無人機）の飛行禁止区域などを定めた改正航空法 ・建設技能労働者の経験が蓄積されるシステムの構築に向けた官民コンソーシアム ・IoTで建設現場の生産性向上 ・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 ・重力式コンクリートダム取水塔施工での4Dモデル・3Dモデルの活用 ・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 ・VRによる安全管理 ・土木・建築分野における高品質、高精度な測量機器の最新技術の紹介 ・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 ・福岡201号筑豊烏尾トンネル（糸田工区）新設工事 ・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

【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）

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

田中 康順	鹿島道路(株)
-------	---------

編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
田中 忠重	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
北原 成郎	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
中川 明	コマツ
大塚 清伸	キャタピラージャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
原 幹生	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

建設機械施工

第68巻第7号（2016年7月号）（通巻797号）

Vol.68 No.7 July 2016

2016（平成28）年7月20日印刷

2016（平成28）年7月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

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
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL：03-3664-0118 FAX：03-3664-0138

E-mail：san-mich@zam.att.ne.jp 担当：田中

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

KOBELCO

低燃費の進化は、止まらない。

進化は、大胆に。次世代テクノロジーを結集した、コベルコの「新世機」。
燃費の限界を超えて、低燃費の最先端へ。

AGERA
Geospec SK200

-18%の低燃費*1で、新登場。

新開発エンジンを搭載し、ECOモードで最大約18%の燃費を低減*1。
3つのカメラで約270°の後方視界を提供する「イーグルアイビュー」を新採用*2。
さらに、カーナビのように掘削作業をナビゲーションしてくれる「ホルナビ」を新規設定*2。
大胆な進化を遂げた、コベルコの次世代マシン。 ※1. 従来機Sモード比/新ECOモード ※2. オプション設定



コベルコ建機株式会社

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

www.kobelco-kenki.co.jp



YouTube



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 サテレタ リンカー 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
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随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・特殊
スイッチ装着可能

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

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
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

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

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

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

セットで
17万円
(税別価格)

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リレーまで
対応可能

セットで
22万円
(税別価格)

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。

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

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

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

裏面
スイッチ

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

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
特殊スイッチ装着可能

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

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)

マイティサテレタ

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

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)

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
2本装着オーダー例

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!

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

トコト機能に絞って
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

コンパクトという選択肢!!

トコト機能に絞って
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

特許!

ケーブルには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

ケーブルには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

ケーブルには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

ケーブルレスミニ N/Rシリーズ

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

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

ケーブルレスミニ

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

ポケットサイズの本格派!

標準型
RC-4303N/R

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

標準型
RC-4303N/R

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

標準型
RC-4303N/R

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

リリンカー 離操作

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-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LED電池残量告知ランプ付

セットで
22万円
(税別価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

データケーブルレス

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)

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)

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)

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)

データケーブルレス

●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)

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)

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)

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)

工次第で用途は無限!

送信機
(外部接続入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

工次第で用途は無限!

送信機
(外部接続入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

工次第で用途は無限!

送信機
(外部接続入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

送信機
(外部接続入力型)

MAX サテレタ

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

標準型
RC-9300U

●多機能多操作
(比例制御対応可)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

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)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

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)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

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)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

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)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

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)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

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



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/

Stucchi®

ハンスピル

TOHTO®

土壤汚染防止・水質汚濁防止



フラットフェース 油圧カップリング



VEP シリーズ

高圧大容量
残圧ありでの着脱可能
1/4～ 2 インチ
Max.600bar

FIRG/A/AX(SUS316)シリーズ

ISO16028 対応
シリーズ間で互換性有
1/8～ 2 インチ
Max.420bar



STOP!! 環境破壊



«出展致します
11/17-22 JIMTOF2016
東京ビッグサイト(W4058)



世界の大手建設機械メーカーが環境対応型カップリングを採用
CAT, HITACHI, KOMATSU, MITSUBISHI, ABB, SONSUB,
JCB, JOHN DEER, FIAT, VOLVO, KOBELCO 他

TOHTO 株式会社

TOHTO HYDRAULICS CO., LTD.

〈ホームページ〉

<http://www.tohto-hydraulics.co.jp>



本 社 〒140-0013 東京都品川区南大井6-20-8 マルイト大森第2ビル9F E-mail:tohto@tohto-hydraulics.co.jp
TEL.03-3768-2371 (代) FAX.03-3768-2238 IPフォン.050-3785-5916
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島3-7-13新大阪サクスビルイースト501 E-mail:osaka@tohto-hydraulics.co.jp
TEL.06-6304-7995 FAX.06-6304-3067 IPフォン.050-3785-5920



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14
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

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POCH **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

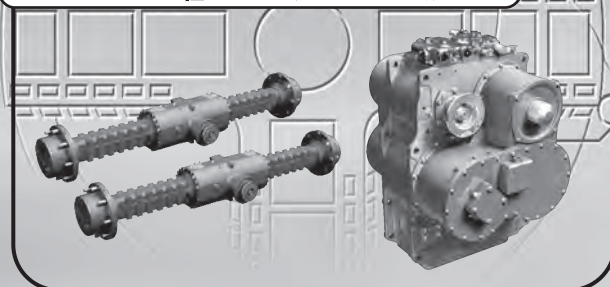
<http://www.cosmo-lube.co.jp/>

カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

MARUMA

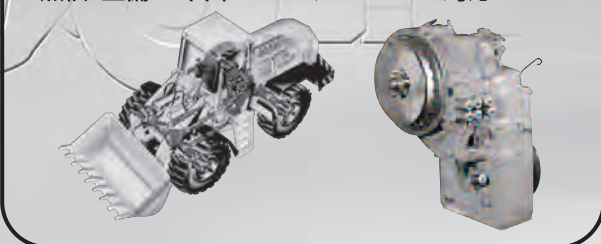
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

イタリアDANA社のアクスルトランスミッション



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



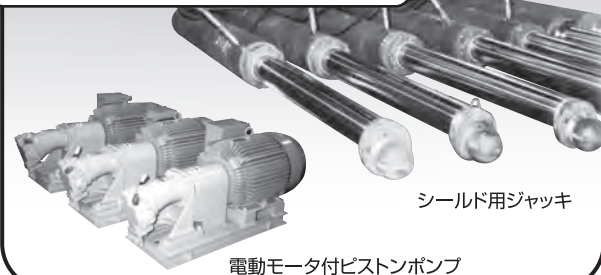
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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



ストップ！ 石跳ね事故！

～草刈りの労災事故防止～

逆回転
ハサミ刈り

お手持ちの刈払機に
取付けOK



平成28年度

「日本建設機械施工大賞」地域貢献賞 受賞

エンジン刈払機アタッチメント

スーパー **カルマー** プロ
Rotary Scissors

飛び石による **物損事故**
キックバックによる **切創事故** を
未然に防ぐ



スーパー **カルマー** プロ の特徴

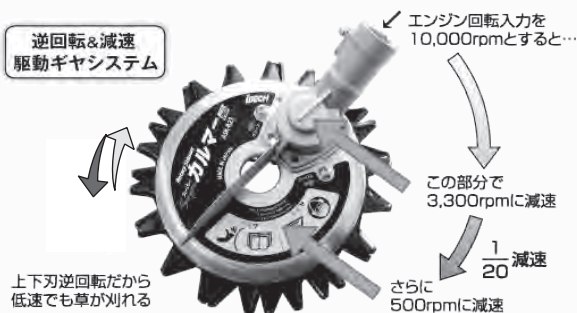
- 飛散を抑える
- キックバックを抑える
- 低振動
- 刈刃のブレーキ機能

賠償事故、切創傷害事故 対策

草刈りを安全に

これが安全のメカニズム!!

逆回転&減速
駆動ギヤシステム



ウェブサイトにて
動画をご覧頂けます



<http://www.idech.co.jp>

国土交通省
NETIS登録製品

道路維持修繕工の道路除草工の安全草刈機
【登録番号 KK-020031-VE】

製品に関するお問い合わせ・資料請求は

IDECH 株式会社 **アイデック**
IDECH CORPORATION

〒675-2302 兵庫県加西市北条町栗田182
TEL: 0790-42-6688 FAX: 0790-42-6633
E-mail: info@idech.co.jp

進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した
コマツハイブリッド油圧ショベルは、
国内で1,200台を超える実績を重ね、
確かな信頼を得ました。
さらなる進化を遂げて誕生した
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。
実際の作業では、作業内容により上記以下に
なる場合があります。



KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

雑誌 03435-7



4910034350766
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)